



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ESTUDIO DE LA SINIESTRALIDAD Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PASOS DE FAUNA PARA GRANDES MAMÍFEROS EN CARRETERAS DE ASTURIAS.

Trabajo realizado por:

Íñigo García Martínez de Albéniz.

Dirigido por:

Jorge Rodríguez Hernández.

Juan Antonio Ruiz de Villa.

Titulación:

Grado en Ingeniería Civil

Santander, febrero de 2017.

TRABAJO FINAL DE GRADO

ESTUDIO DE LA SINIESTRALIDAD Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PASOS DE FAUNA PARA GRANDES MAMÍFEROS EN CARRETERAS DE ASTURIAS.

AUTOR: Iñigo García Martínez de Albéniz.

DIRECTORES: Jorge Rodríguez Hernández y Juan Antonio Ruiz de Villa.

Febrero 2017, Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Civil,
Mención Construcciones Civiles.

PALABRAS CLAVE: Ecología de las carreteras, ingeniería civil, fragmentación, accidentes con fauna silvestre, oso, pasos inferiores, vallado.

RESUMEN:

Este trabajo se enmarca en la “ecología de las carreteras” y aborda, desde la ingeniería civil y en el ámbito territorial de Asturias (NW de España), cuestiones relacionadas con dos de las interacciones que se producen entre las carreteras y la fauna silvestre: las colisiones y la fragmentación.

En el trabajo se realiza, inicialmente, una revisión bibliográfica para presentar el estado del conocimiento en el momento actual, yendo de lo general a lo particular. Así, se empieza debatiendo la forma en que las infraestructuras de transporte generan fragmentación y su influencia sobre los animales para, tras mostrarla en Europa y en la península Ibérica, concluir presentado algunos modelos sobre corredores ecológicos, fragmentación e infraestructuras en Asturias. De forma análoga, se comienza comentando los factores generales que intervienen en el riesgo de colisión entre animales salvajes y vehículos para finalizar exponiendo que Asturias es una de las provincias españolas en las que este problema tiene una mayor incidencia.

Además, en el marco de esa revisión, se han identificado 27 tipos de medidas o herramientas que están a disposición de los ingenieros para eliminar o minimizar estos problemas, intentando, en primer lugar, una clasificación de las mismas, y luego confeccionando un catálogo sistematizado de ellas. Se presentan dos sistemas de clasificación. El primero las agrupa según se dirijan a facilitar conexiones para el paso de la fauna o impermeabilizar la vía, aunque muchas tienen un poco de ambas cosas. En el segundo se ordenan atendiendo al sujeto sobre el que pretendan incidir: el animal o el conductor. Y luego, para los animales, fijándose en si la influencia es para limitar o facilitar la movilidad entre ambos márgenes de la infraestructura. El catálogo se aborda a través de otras tantas fichas normalizadas que recogen la definición de la medida, las especies a las que está destinada, su eficacia, la tipología constructiva, las dimensiones, las prescripciones técnicas básicas, las recomendaciones adicionales de construcción o de uso, u otras observaciones necesarias, y un apartado de figuras que da cabida a fotografías descriptivas y a dibujos o esquemas de detalle.

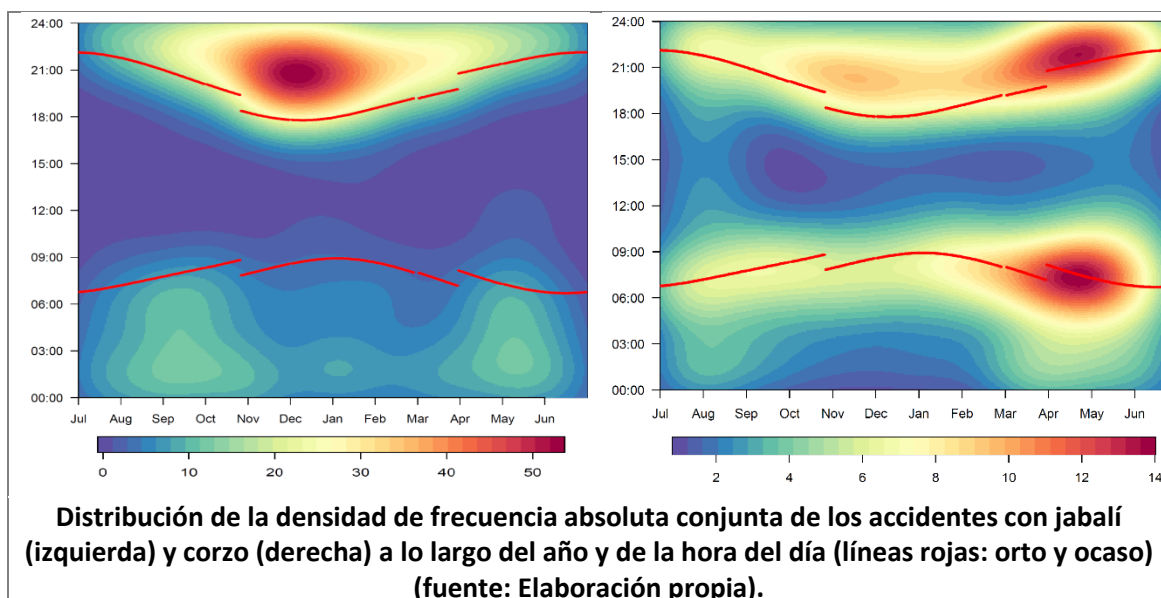
Concluido el análisis bibliográfico, el trabajo aborda el estudio de la siniestralidad por fauna silvestre en Asturias en el periodo 2007-2014. Acudiendo a las diversas fuentes de información existentes se construye una base de datos que identifica los 6377 accidentes ocurridos en ese periodo en los que intervino algún animal silvestre, y recoge circunstancias sobre ellos: especie causante, fecha, hora y lugar –carretera y

pk-, al menos. Estos accidentes supusieron el 21,31% del total de los siniestros registrados en Asturias (n = 29195) en ese periodo, aunque su importancia fue distinta en cada año, observándose una tendencia creciente a lo largo del tiempo, si bien en 2013 y 2014 comenzaron a disminuir. No obstante, la evolución fue diferente en la Red de Carreteras del Principado de Asturias –la caída fue nueve puntos más fuerte–, que en la Red del Estado en esta región y, dentro de ésta, en las vías convencionales que en las de alta capacidad, que superan ya en número absoluto de siniestros a las primeras. Este fenómeno parece estar relacionado con la disminución de las intensidades de tráfico –mayor en las vías convencionales– y el crecimiento de las vías de alta capacidad. No es desdeñable que la evolución creciente de las poblaciones de ungulados, más intensa en la zona media y baja de la región, haya repercutido en la progresiva separación entre el número de accidentes de la Red de Carreteras del Estado –cuyos viales se ubican preferentemente en esas áreas– y el de la del Principado de Asturias –distribuidas más homogéneamente–. En cualquier caso, la tasa de accidentes –expresada como el número de siniestros por fauna silvestre/intensidad de tráfico– es sensiblemente inferior en las vías de alta capacidad que en las convencionales.

Los ungulados son los responsables de casi el 92% de los accidentes y, dentro de este grupo, corresponden al jabalí (60,36%) y al corzo (29,95%) una posición muy predominante. La distribución entre estas dos especies es más equilibrada en las vías convencionales (42,34% de accidentes con corzos y 57,66% con jabalí) que en las de alta capacidad (8,92% de corzo frente a 91,08% de jabalí), lo que indica que las vallas que las rodean las aíslan bastante bien de los corzos, pero tienen una eficacia mucho menor en lo referente a los jabalíes.

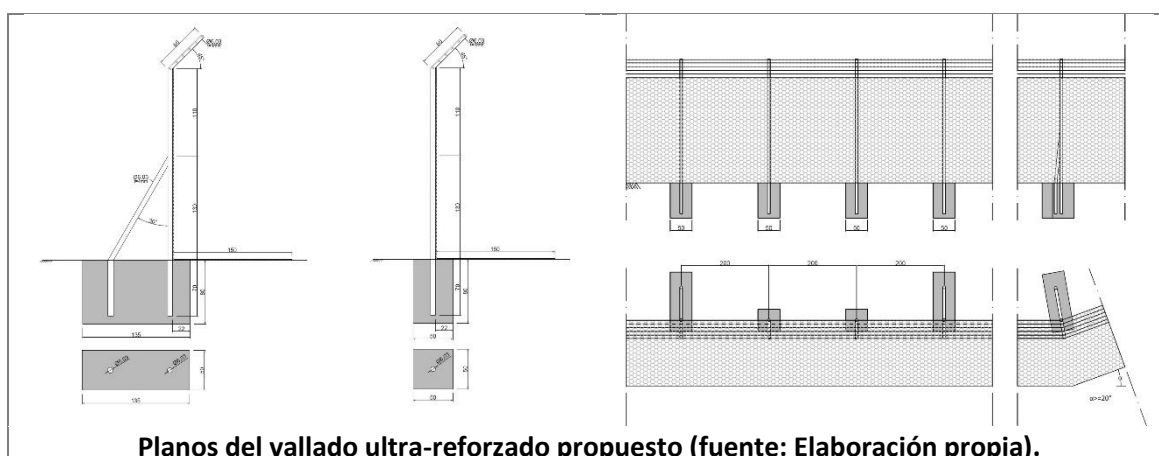
A continuación, se estudia la influencia de distintos factores sobre la siniestralidad con fauna, tales como la caza o la intensidad relativa del tráfico, y se describe la distribución de los accidentes por meses, días de la semana, horas, condiciones de luminosidad o circunstancias meteorológicas. Finalmente se propone una interpretación conjunta de varios de estos aspectos mediante una gráfica de distribución de la densidad de frecuencia absoluta de los accidentes y se debate sobre los factores, humanos y naturales, que pueden incidir en ella, haciéndose especial hincapié en la necesidad de recurrir a una explicación que atienda a varios de ellos en el contexto de la capacidad del jabalí y del corzo para adoptar estrategias diferentes y, a veces, aparentemente contradictorias, para hacer frente o adaptarse a las perturbaciones de origen humano, incluidas las carreteras, o a distintas situaciones ambientales.

Para la aplicación práctica de estos conocimientos a la gestión de las carreteras se analiza la distribución geográfica de los accidentes y se procede a la determinación de “Tramos de Acumulación de Accidentes por Fauna Silvestre” (TAAF) mediante la comparación de la distribución espacial de las colisiones con la que se esperaría si éstas ocurrieran al azar, identificándose 175 TAAF. A fin de hacer operativa una propuesta de intervención, se escogen cuatro criterios para señalar aquellos 10 TAAF cuya intervención resulta prioritaria (TAAF-Prioritarios). De cada TAAF-Prioritario se ha elaborado una ficha que lo caracteriza, resume la información disponible, estudia la siniestralidad por fauna (evolución temporal y caracterización espacial mediante un análisis Kernel), realiza un diagnóstico y propone unas actuaciones.



En lo relativo al efecto barrera y la fragmentación, el trabajo presenta el caso del oso pardo y el tramo asturiano (17 km) de la autopista AP-66, que es la principal barrera entre las poblaciones occidental y oriental del oso pardo en la cordillera Cantábrica. A pesar de su precario estado de conservación, la especie está en crecimiento y ha recolonizando antiguos territorios, entre ellos el valle del Huerna, espacio geográfico donde se asienta la AP-66. Esta situación plantea un doble problema: impermeabilizar la vía y aumentar la permeabilidad de la infraestructura.

No se conoce de ningún oso atropellado en la AP-66, aunque la situación, a la luz de la experiencia en otros lugares, de los datos sobre la presencia de osos en sus alrededores y de las características y estado del actual vallado de la vía, es potencialmente peligrosa y se plantea, por tanto, la sustitución del actual cerramiento. Para ello se analizan diferentes experiencias de vallados para osos en infraestructuras viarias y se acaba proponiendo un cerramiento ultra-reforzado de malla de triple torsión de 8 x 10 cm de luz, alambres de 2,7 mm de grosor y 300 cm de altura, con los 80 cm superiores terminados en espiga con un ángulo de 45° hacia el exterior de la vía, sujeta sobre postes de 60 mm de diámetro exterior y 4 mm de grosor. La parte inferior cuenta, además, con un faldón horizontal de malla de 1,5 m de ancho, enterrado en la parte exterior del cerramiento para evitar que los animales excaven por debajo.



Se desarrolla la propuesta a nivel de estudio de alternativas, aportando las especificaciones técnicas oportunas, detallando el proceso constructivo y estimando un presupuesto de ejecución material para los 31000 m de vallado a sustituir de DOS MILLONES QUINIENTOS CATORCE MIL DOSCIENTOS CUATROCIENTOS DIEZ EUROS (2.514.410 €).

Para incrementar la conexión entre poblaciones se estudian las localizaciones de osos en el perímetro de la AP-66 y los pasos potenciales existentes, dividiéndose la infraestructura en tres sectores: norte, centro y sur. Se considera que éste último tiene pasos suficientes, mientras que el centro y el norte requieren de intervenciones. Se inventarían los nueve pasos inferiores potencialmente más adecuados en esos sectores y, a través de un análisis multicriterio, que considera aspectos naturales (requerimientos y hábitos de la especie), constructivos (limitaciones al desarrollo de los trabajos) y socioeconómicos (intervenciones proporcionales al fin perseguido), se acaba eligiendo dos de ellos (uno por sector) para mejorar sus características. A continuación, se estudian las alternativas constructivas más viables para ello, proponiéndose la sustitución de los actuales pasos inferiores de arco metálico de chapa corrugada de 3,7 m x 3 m y de 4 m x 3,2 m (ancho x alto) de sección, respectivamente, por otros de marco articulado prefabricado de hormigón que se pretenden tenga una luz libre interior de 5 m x 4 m.



Finalmente se desarrolla esta propuesta con el detalle de un estudio de alternativas, incluyendo la definición de las unidades de obra, la explicación del proceso constructivo y la elaboración de un presupuesto de ejecución material que asciende a TRESCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS (359.702,36 €). Se adicionan también los correspondientes anejos sobre climatología, geología, estudio ambiental, gestión de residuos y seguridad y salud por resultar de interés para la elaboración posterior del proyecto.

STUDY OF WILDLIFE VEHICLE COLLISIONS AND ANALYSIS OF ALTERNATIVES TO WILDLIFE CROSSINGS CONSTRUCTION FOR BIG MAMMALS IN ROADS OF ASTURIAS

AUTHOR: Iñigo García Martínez de Albéniz.

DIRECTORS: Jorge Rodríguez Hernández, Juan Antonio Ruiz de Villa.

February 2017, Degree Thesis in Civil Engineering, Civil Constructions Major.

Keywords: Road ecology, civil engineering, fragmentation, wildlife vehicle collisions, brown bear, underpasses, fence.

ABSTRACT

This work is included in the “roads ecology” and discusses, from civil engineering point of view in the region of Asturias (NW Spain), issues related to two of the interactions that occur between roads and wildlife: collisions and fragmentation.

First of all, a bibliographic review is made to introduce the current state of the art, going from general to particular. Thus, it starts with a discussion about how transport infrastructures generate fragmentation and their influence upon wildlife to, after showing the situation in Europe and Iberian Peninsula, concludes showing some models about wildlife corridors, fragmentation and infrastructures in Asturias. Similarly, it begins summarizing the general factors involved in risk collisions between vehicles and wildlife to finish exposing Asturias as one of the Spanish regions where this problem has bigger impact.

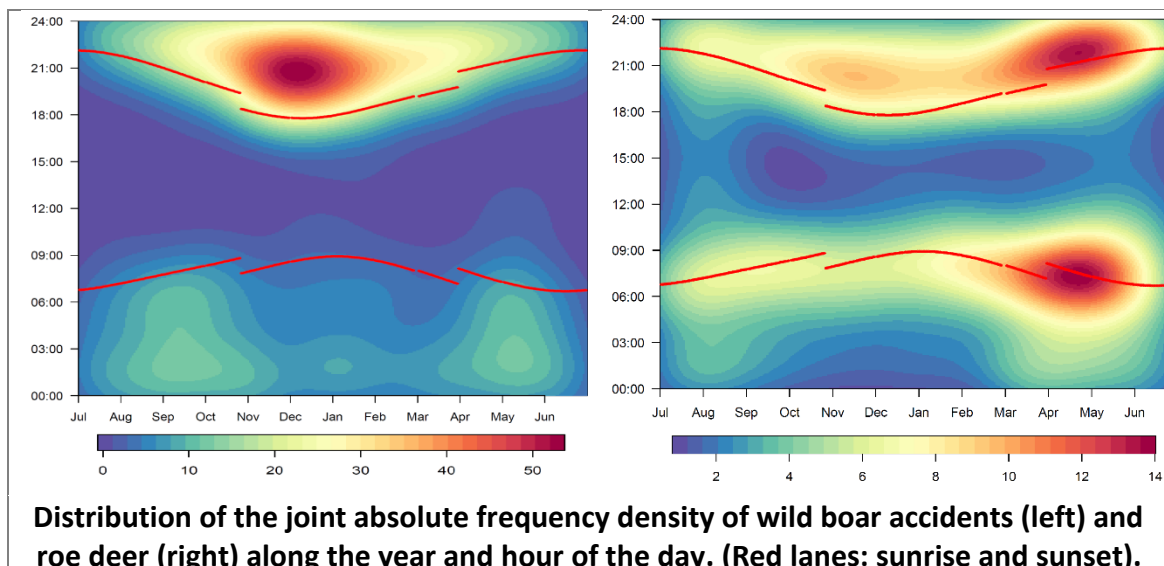
Moreover, during this review, 27 actions or tools have been identified which are available to engineers to eliminate or minimize these problems, first, gathering them in a ranking, and then making a detailed catalog. Two criteria are used to ranking. First one list per use to ease wildlife road crossings or reduce the accidents, even many of them have a bit of both. Second one list according to the subject who aims to influence: the animal or the driver. Next, for the animals, looking if they limit or ease the connections between the borders of the infrastructure. The catalog contains one standard file for each tool what collect the definition, the species aimed, effectiveness, construction typology, measures, basic technical prescriptions, additional construction or use advices, and a section of figures which contains descriptive photographs, drawings and detailed diagrams.

Concluded the bibliographic analysis, the paper addresses the study of wildlife vehicle collisions in Asturias for period 2007-2014. After consulting the available information sources, a database is made, who identifies 6377 wildlife vehicle collisions occurred in this period, and gather circumstances about them: animal species, data, time and place (road and kilometric point), at least. These accidents represent the 21.31% of the total registered in Asturias (n=29195) in this period, although their relevance was different each year. A rising trend is observed, reaching the top in 2012, and decreasing during 2013 and 2014. Nevertheless, the evolution was different in the Government Road Network of Principality of Asturias –reduction nine points bigger– than in the State Road Network in this region, and inside this last, there were also a difference between conventional roads and highways, which have more collisions than

the first ones. This phenomenon seems to be related with the descent of the traffic intensity -bigger in conventional roads– and the increase of highways kilometers. It is remarkable that the crescent evolution of ungulates population, more intense in the middle and lower zone of Asturias, has also affected in the progressive division between the number of accidents in the State Road Network –which roads are mostly in these areas– and the Government Road Network of Principality of Asturias –which roads are homogeneously distributed–. In any case, the accident rate –expressed as the number of wildlife vehicle collisions/traffic intensity– is slightly lower in highways than in conventional roads.

Ungulates are responsible of almost the 92% of wildlife collisions, and within this group, the wild boar (60.36%) and the roe deer (29.95%) have a prominent position. The distribution between both species is more equilibrated in conventional roads (42.34% of collisions with roe deer and 57.66% with wild boars) than in highways (8.92% with roe deer versus 91.08% with wild boars), which point that the fences along them are effective against roe deer but no against wild boars.

The influence of many factors upon the wildlife vehicle collisions are studied, such as the hunt or the relative traffic intensity, and a description of accidents distribution by month, days of the week, hours, lighting conditions or weather conditions is made. Finally, a combined interpretation of these factors is proposed, by plotting in a graph the distribution of absolute frequency density of accidents and other factors, human and naturals, which can influence on it. It is made special emphasis on the need for find an explanation considering many factors in the context of the wild boar and roe deer capacity to assume different strategies and, sometimes, apparently conflictive, to face off or adapt the human disturbances, including roads, or diverse environmental situations.

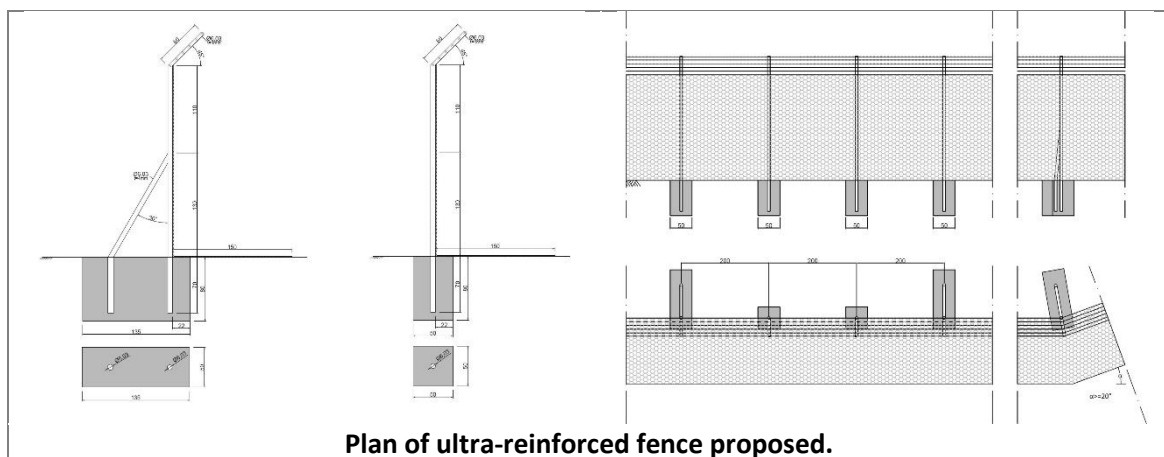


After that, for the practical application of this knowledge to the roads management, the geographic distribution of accidents is made and “Wildlife High Accident Concentration Sections” (WHACS) are determined doing a comparison between the previous distribution and the one expected if the collisions were random, identifying

175 WHACS. In order to do an intervention proposal, four criteria are chosen to remark 10 WHACS where the intervention must be prioritized. For each of these a standard file is made, summarizing the available information, studying in detail the wildlife collisions (temporal evolution and spatial Kernel analysis), doing a diagnostic and putting forward solutions.

Regarding the barrier effect and fragmentation, in this work is shown the brown bear situation in Asturias, exactly their relation with the highway AP-66, which is the biggest barrier (17 km) between the west and east population of brown bear in Cantabrian mountain range. Despite their fragile conservation status, the specie is in growing and has resettled territories inhabited in the past, for example Huerna valley where the AP-66 is located. This new scenario poses a double problem: avoid potential collisions and increase the connection among natural areas

It is not known about any case of brown bear that has been run over in the AP-66, although, considering the experience in other countries, the data about brown bear presence in the surroundings and the characteristics and current state of the fence, is potentially dangerous. According to this, the changing of the current fence is proposed. Thereby, different experiences with road fences specially designed for brown bear are analysed ending with the project of new fence ultra-reinforced with triple torsion mesh (8 x 10 cm light), wire of 2.7 mm diameter and 300 cm height, with the top 80 cm in herringbone pattern finished with a 45° angle towards the outside of the road, fastened on posts with 60 mm outside diameter and 4 mm wall thickness. Bottom has also a horizontal mesh with 1.5 m wide, buried outside the fence to prevent animals from digging under.

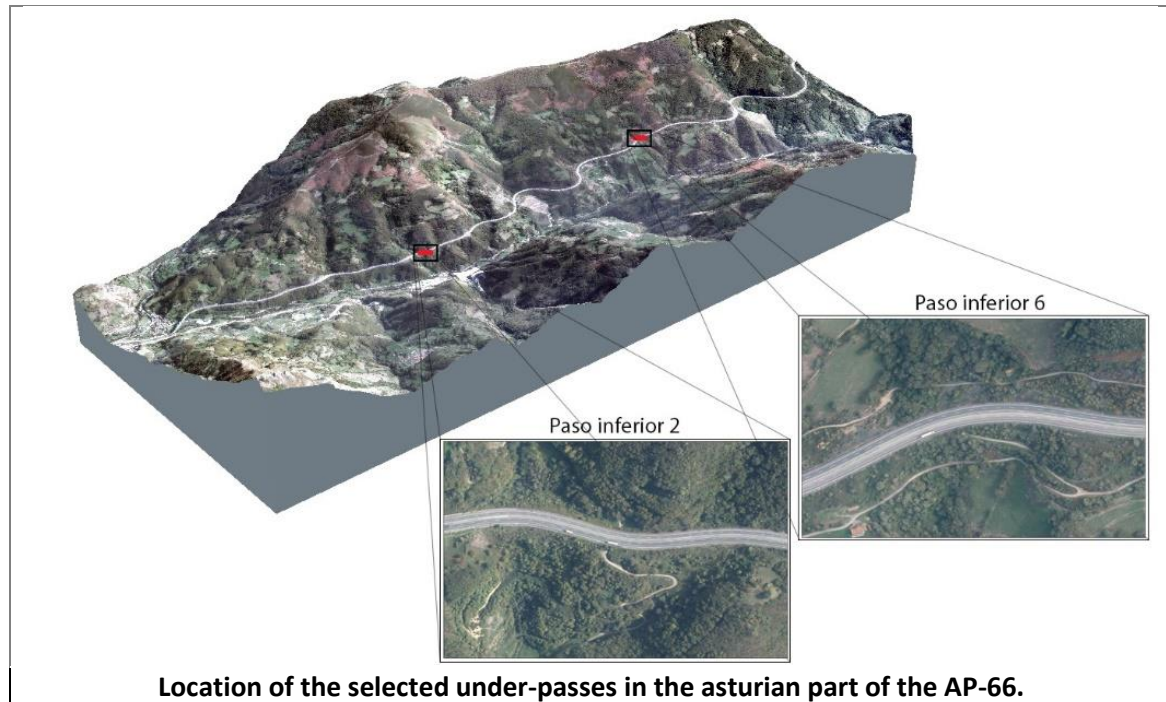


The proposal develops the study of alternatives, giving technical specifications, detailing the construction process and estimating the construction cost of 31000 m of fence that should be changed in TWO MILLION, FIVE HUNDRED AND FOURTEEN THOUSAND, FOUR HUNDRED AND TEN EUROS (2,514,410 €).

Increase the connection among natural areas is very important, for this reason brown bear locations around the AP-66 are studied, same as the potential wildlife crossings, dividing the infrastructure in three sections: north, middle and south. It is concluded

that the last has enough crossings, while north and south need study and modifications. Potential underpasses were studied and put in a list.

After that, multi-criteria analysis is made, considering natural agents, constructive and socioeconomic factors, to finally choose two of them to be replaced. Then, the constructive alternatives are studied, using the most practicable, proposing the replacement of existing corrugated metal arc underpasses 3.7 m x 3 m x 3.2 m and 4 m (width x height) of section, respectively, by other articulated precast concrete with a free light inside of 5 mx 4 m.



Finally, this proposal is developed with the detail of a study of alternatives, including the definition of work units, the explanation of the construction process and the preparation of a material execution budget, amounting to THREE HUNDRED AND FIFTY-NINE THOUSAND, SEVEN HUNDRED AND TWO POINT THREE SIX EUROS (359,702.36 €). It is also added the annexes of climatology, geology, environmental studies, waste management and health and safety which are interesting for further development of a detailed project.

AGRADECIMIENTOS.

El estudio de las relaciones entre la fauna silvestre y las carreteras no es una autopista bien trazada por la que transitar cómodo y seguro hacia un destino determinado, por mucho que existan numerosas guías y mapas de viaje, a modo de publicaciones científicas o técnicas, con itinerarios marcados en los que inspirarse y orientarse. A pesar de ello, el viajero no está exento de tomar desviaciones que no conducen a ninguna parte. Por fortuna, en los tiempos en que vivimos, las nuevas tecnologías han venido en mi auxilio y, a modo de GPS siempre funcionado, los directores de este trabajo de fin de grado, Jorge Rodríguez Hernández y Juan Antonio Ruiz de Villa, han estado muy atentos a que no me extraviara. Sus orientaciones, sugerencias, correcciones, consejos y aportaciones han tenido un valor incalculable. Por ello, mi más profundo agradecimiento.

El viaje no hubiera sido posible de no disponer de un vehículo adecuado, es decir de no contar con los datos sobre siniestralidad con fauna silvestre, así como toda la información relativa al “corredor oso del Huerna”, que generosa y desinteresadamente pusieron a mi disposición las Direcciones Generales de Transporte e Infraestructuras y de Recursos Naturales del Principado de Asturias, la Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias y la Fundación Oso Pardo. Pero, como creo que conviene poner cara y nombre a quienes están detrás de las “máquinas”, este agradecimiento a las instituciones y organizaciones debo personificarlo en José María Pertierra de la Uz, Carlos Rayón Martín, José Ángel Perez Morandeira, Serafina Álvarez Murias, Cesar Fernández Nespral, Javier Uriarte Pombo, José Antonio Martínez Arpírez y Guillermo Palomero García.

Mi deuda de gratitud se extiende a todos los que me prestaron auxilio en carretera. A Alejandro González Costales y, especialmente, a Orencio Hernández Palacios que me enseñaron los rudimentos de los Sistemas de Información Geográfica. A Jesús Fernández Fernández, del Departamento de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación de la Universidad de Cantabria, que me ofreció su tiempo para construir las gráficas de las Figuras 152 y 153 con R-Project. A Jorge Marquínez García y Elena Fernández Iglesias, del Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio de la Universidad de Oviedo, que me ayudaron con los riesgos geológicos y me sugirieron que utilizara modelos digitales de elevaciones. A Fernando Ballesteros Bienzobas, de la Fundación Oso Pardo, que me acompañó a las visitas de campo a los pasos. A Chelo Martínez de Albéniz Casi y José Félix García Gaona, mis padres y biólogos de profesión, que me guiaron por el complicado mundo, para mí, ingeniero de formación, de los conceptos zoológicos que hacían falta para no estrellarse con un corzo, un jabalí o un oso.

A todos, muchas gracias.

CONTENIDOS

1.- INTRODUCCIÓN.	4
2.- OBJETIVOS.	6
3.- INTERACCIÓN FAUNA-CARRETERA.	7
3.1.- GENERALIDADES.	7
3.2.- EL EFECTO BARRERA Y LA FRAGMENTACIÓN DEL TERRITORIO.	8
3.3.- ATROPELLOS Y SINIESTRALIDAD POR FAUNA.	15
4.- MEDIDAS DE GESTIÓN DE LA FAUNA EN LA CARRETERA.	18
4.1.- GENERALIDADES Y CLASIFICACIÓN.	18
4.2.- CATÁLOGO DE MEDIDAS.	21
4.2.1.- PASOS SUPERIORES.	21
ECODUCTO	21
PASO SUPERIOR EXCLUSIVO	24
PASO SUPERIOR MULTIFUNCIONAL	27
PASO ENTRE ÁRBOLES	29
4.2.2.- PASOS INFERIORES.	31
VIADUCTO ADAPTADO	31
PASO INFERIOR ESPECÍFICO PARA GRANDES MAMÍFEROS	33
PASO INFERIOR MULTIFUNCIONAL	35
PASO INFERIOR ESPECÍFICO PARA PEQUEÑOS VERTEBRADOS	37
DRENAJE ADAPTADO ANIMALES TERRESTRES	39
DRENAJE ADAPTADO PARA PECES	41
PASO PARA ANFIBIOS	43
4.2.3.- MEDIDAS ESPECÍFICAS.	45
VALLADOS PERIMETRALES	45
SISTEMAS DE ESCAPE EN VALLADOS PERIMETRALES	47
SEÑALIZACIÓN DE ADVERTENCIA	48
DISPOSITIVOS DISUASORIOS ÓPTICOS	49
DISPOSITIVOS DISUASORIOS SONOROS	51
DISPOSITIVOS DISUASORIOS O ATRACTIVOS OLFATIVOS	52
SISTEMAS DE LIMITACIÓN DE ACCESOS A LA VÍA	54
4.2.4.- ADAPTACIÓN DEL HABITAT	56
GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN DE MÁRGENES Y MEDIANAS	56
4.2.5.- ADAPTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	57
PANTALLAS PARA AVES	57

ADAPTACIÓN DE ARQUETAS, SIFONES, CUNETAS Y BORDILLOS	58
4.2.6.- TECNOLOGÍAS AVANZADAS EN EL VIAL.	59
DETECCIÓN DE ANIMALES.....	59
CARRETERAS INTELIGENTES	61
4.2.7.- TECNOLOGÍAS AVANZADAS EN EL VEHÍCULO.	64
VISIÓN NOCTURNA.....	64
EMISIÓN DE ULTRASONIDOS	65
FRENADO AUTOMÁTICO	66
VEHÍCULO SIN CONDUCTOR.....	67
4.3.- MÉTODOS DE ELECCIÓN.....	72
4.4.- SEGUIMIENTO	78
5.- CASO PRÁCTICO 1: SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE EN ASTURIAS.....	84
5.1.- MARCO TERRITORIAL.	84
5.2.- ANÁLISIS DE LA SINIESTRALIDAD POR FAUNA EN ASTURIAS Y DETERMINACIÓN DE PUNTOS NEGROS.	91
5.2.1.- GENERALIDADES.....	91
5.2.2.- LOS DATOS.....	92
5.2.3.- CARACTERIZACIÓN DE LA SINIESTRALIDAD.....	99
5.2.4.- DETERMINACIÓN DE TRAMOS DE ACUMULACIÓN DE ACCIDENTES CON FAUNA SILVESTRE.	134
5.3.- CATÁLOGO DE TRAMOS DE ACUMULACIÓN DE ACCIDENTES CON FAUNA SILVESTRES PRIORITARIOS Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE ACTUACIÓN.	147
5.3.1.- GENERALIDADES.....	147
5.3.2.- FICHAS TAAF-PRIORITARIOS.....	148
1 ^{er} TAAF PRIORITARIO, Nº 1	148
2 ^º TAAF PRIORITARIO, Nº 144.....	153
3 ^{er} TAAF PRIORITARIO, Nº 4	157
4 ^º TAAF PRIORITARIO, Nº 163.....	162
5 ^º TAAF PRIORITARIO, Nº 133.....	166
6 ^º TAAF PRIORITARIO, Nº 2.....	171
7 ^º TAAF PRIORITARIO, Nº 142.....	175
8 ^º TAAF PRIORITARIO, Nº 167.....	179
9 ^º TAAF PRIORITARIO, Nº 64.....	183
10 ^º TAAF PRIORITARIO, Nº 140.....	187
6.- CASO PRÁCTICO 2: MEJORA DE LOS CORREDORES DE CONEXIÓN DEL OSO PARDO CANTÁBRICO EN ASTURIAS.	191
6.1.- ANÁLISIS DEL CORREDOR INTERPOBLACIONAL DEL OSO PARDO CANTÁBRICO.	191

6.1.1.- SITUACIÓN ACTUAL DE LA ESPECIE.	191
6.1.2.- MODELOS TEÓRICOS DE MIGRACIÓN.	195
6.1.3.- ACTUACIONES PRÁCTICAS ORIENTADAS A MEJORAR LA CONEXIÓN.	199
6.1.4.-BARRERA GENERADA POR LA AP-66.	199
6.2.- PROPUESTA DE MEJORA DEL VALLADO PERIMETRAL DE LA AP-66.	203
6.2.1.- VALLADOS PERIMETRALES PARA OSOS.	203
6.2.2.- EL VALLADO ACTUAL EN LA AP-66.	209
6.2.3.- CARACTERÍSTICAS DEL NUEVO VALLADO PROPUESTO.	211
6.2.4.- DETALLES DE DESMONTAJE Y MONTAJE.	215
6.2.5.- FASES Y PROCESO CONSTRUCTIVO.	216
6.2.6.- ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LAS PRINCIPALES UNIDADES DE OBRA.	217
6.2.7.- PLAN DE OBRA.	220
6.3.- PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PASOS INFERIORES DE LA AP-66.	221
6.3.1.- PASOS DE FAUNA PARA OSOS.	221
6.3.2.- LOS PASOS INFERIORES ACTUALES EN LA AP-66.	226
6.3.3.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE ACTUACIÓN.	230
6.3.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS ELEGIDOS.	231
6.3.5.- DIMENSIÓN DE LOS NUEVOS PASOS INFERIORES.	240
6.3.6.- DETALLE DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.	243
6.3.7.- ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LAS PRINCIPALES UNIDADES DE OBRA.	253
6.3.8.- PLAN DE OBRA.	265
6.4.- INFORMACIÓN DESTACADA PARA EL PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LAS MEJORAS PROPUESTAS.	267
6.4.1.- JUSTIFICACIÓN.	267
6.4.2.- CLIMATOLOGÍA.	267
6.4.3.- GEOLOGÍA.	271
6.4.4.- ESTUDIO AMBIENTAL.	282
6.4.5.- GESTIÓN DE RESIDUOS.	291
6.4.6.- SEGURIDAD Y SALUD.	295
7.- CONCLUSIONES.	313
REFERENCIAS.	316
ÍNDICE DE FIGURAS.	347
ÍNDICE DE TABLAS.	363

1.- INTRODUCCIÓN.

El estudio de las relaciones entre carreteras y fauna data ya de hace algunas décadas (ver, por ejemplo, HODSON 1960, HODSON 1962, HANSEN 1969 o VAN GELDER 1973), pero el interés por el tema se ha ido acrecentando en la medida que se ha extendido la sensibilidad conservacionista y medio ambiental de la sociedad, que se han incrementado las vías de comunicación –tanto en número, como en dimensiones–, y que ha aumentado el parque automovilístico y la movilidad a él asociada –con sus efectos derivados, como la siniestralidad–.

En España, en particular, se produjo un despegue de esa preocupación paralela a la aprobación de la primera normativa sobre evaluación de impacto ambiental (Real Decreto Legislativo 130/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental, y el Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el reglamento para su ejecución), momento a partir del cual se da una profusión de publicaciones (ver, por ejemplo, GOMEZ GONZÁLEZ 1987, NORES y MORO 1988, SUÁREZ 1989 o LIZAÑA 1991) y jornadas y seminarios (Simposio sobre el Impacto Ambiental de las Carreteras –organizado en 1988 por la Asociación Técnica de Carreteras y la Diputación Foral de Guipúzcoa–, Jornadas para el Estudio y Prevención de la Mortalidad de Vertebrados en las Carreteras –organizado en 1992 por la Coordinadora de Organizaciones de Defensa Ambiental– o II Simposio Nacional sobre Carreteras y Medio Ambiente –organizado en 1993 por la Asociación Técnica de Carreteras–, entre otros) en los que, de una u otra forma, el tema es abordado.

No obstante, el principal desarrollo se produjo cuando 16 países, entre ellos el nuestro, integrados en la organización Infra Eco Network Europe (IENE) lanzaron, en 1998 y apoyado por la Comisión Europea, el proyecto Acción COST 341 para abordar los problemas asociados a la fragmentación del hábitat causada por las infraestructuras de transporte.

Entre los principales productos elaborados en el marco de ese proyecto, que pueden consultarse en la página web de la organización (www.iene.info), destaca la publicación “Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions” (IUELL y col. 2003) que, por contener directrices para el conjunto de participantes en la acción, tiene un carácter genérico y debe ser concretado en función de las circunstancias de cada lugar. Por lo que se refiere a España, COST 341 está en la base de la creación de un grupo de trabajo sobre fragmentación de hábitat dependiente de la Comisión Nacional del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en el que se integran representantes de distintas administraciones responsables tanto de las infraestructuras de transporte, como de los recursos naturales, así como especialistas en la materia. Este grupo ha promovido la elaboración y publicación de una colección de documentos técnicos integrada, hasta el momento, por seis volúmenes (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE 2006 –edición aumentada y revisada por MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO 2015–; MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO 2008, 2010a y 2010b; MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE 2013a y 2013b).

La intensa actividad generadora de documentos y trabajos técnicos al respecto que, desde luego, superan con mucho los hasta ahora citados, no hace sino mostrar la importancia del tema, mayor aun en un momento en el que, consecuencia en buena parte de la aplicación de los Fondos Comunitarios (FEDER y Fondo de Cohesión), la proliferación de infraestructuras de transporte ha sido muy significativa. En cualquier caso, el tema no está agotado, entre otras razones por la necesidad de realizar propuestas y articular soluciones para infraestructuras previas existentes o por la aparición de problemas no detectados en su momento, y es ahí donde se engarza el presente trabajo.

2.- OBJETIVOS.

Los objetivos generales de este trabajo son:

- Ofrecer una panorámica del conflicto entre carreteras y fauna silvestre analizando la interacción entre ambas.
- Clasificar las medidas de gestión de la fauna en su relación con las carreteras y proponer unas pautas de selección de las mismas en función de los objetivos que se persigan, de la fase de desarrollo de la infraestructura y de los condicionantes socioeconómicos.

Además, en el ámbito particular, circunscrito al territorio de la Comunidad Autónoma de Asturias, pretende:

- Estudiar la siniestralidad causada por la fauna silvestre, determinar la existencia de tramos de acumulación de accidentes por esa causa, establecer prioridades entre ellos y analizar alternativas de actuación en los principales.
- Profundizar en el problema particular generado con el oso, y estudiar las alternativas constructivas para minimizar los posibles conflictos con dicha especie en la parte asturiana de la AP-66.

Por otra parte, y al realizarse este Trabajo de Fin de Grado como requisito previo para la obtención del título de Graduado en Ingeniería Civil conforme a lo expresado en el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, y de acuerdo a la normativa de la Universidad de Cantabria, también tiene como objetivo “aplicar y desarrollar los conocimientos y capacidades adquiridos a lo largo de la titulación, demostrando que se ha alcanzado las competencias previstas en el plan de estudios”. En ese sentido, aun considerando ese carácter global, debe destacarse que se han aplicado conocimientos vinculados en especial con las siguientes asignaturas: Estadística y Métodos Numéricos, Informática y Programación, Impacto Ambiental, Inglés, Construcción de Obras Públicas, Organización y Control de Obras, Obras Geotécnicas, Sostenibilidad en la Construcción, Caminos y Maquinaria, Equipos y Plantas.

3.- INTERACCIÓN FAUNA-CARRETERA.

3.1.- GENERALIDADES.

Las carreteras y otras infraestructuras lineales son citadas habitualmente entre las principales amenazas a la biodiversidad, y así se refleja en la clasificación realizada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en colaboración con el Conservation Measures Partnership (CMP) (SALAFSKY y col. 2008), en la que de las once principales categorías consideradas la cuarta está dedicada a ellas. Además, hoy se reconoce la existencia de una disciplina llamada “ecología de las carreteras” dedicada a explorar la relación entre el medio natural y el sistema de carreteras (FORMAN y col. 2003) o, lo que viene a ser lo mismo, a la identificación y cuantificación de los impactos causados por las carreteras, así como a la propuesta y evaluación de la efectividad de las medidas mitigadoras orientadas a paliar dichas afecciones (COLINO-RABANAL 2011). Para AMENT y col. (2015) es un campo interdisciplinario de la ciencia y la ingeniería que estudia la miríada de impactos de las infraestructuras de transporte terrestre en el medio ambiente.

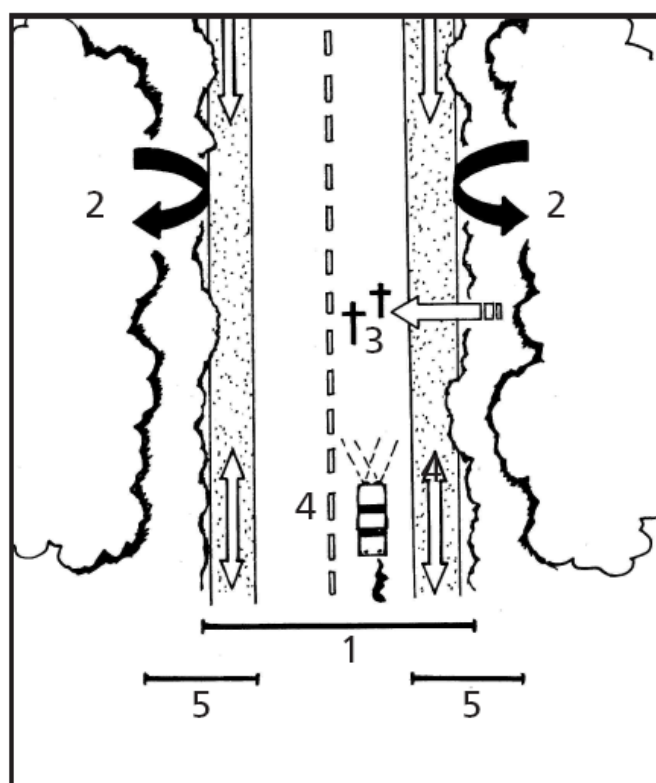


Figura 1.- Efectos de las infraestructuras de transporte sobre las poblaciones de fauna silvestre: pérdida de hábitat (1), efecto barrera (2), atropellos (3), perturbaciones (4) y funciones ecológicas de las márgenes (5) (fuente: IUELL y col., 2003).

La Figura 1 describe de forma gráfica los efectos de las infraestructuras de transporte, y en particular de las carreteras, sobre las poblaciones de fauna silvestre. Aunque todos tienen cierta importancia, y suelen presentarse relacionados entre sí, los principales y mejor conocidos son el efecto barrera, con la fragmentación del territorio de él derivada, y los atropellos.

3.2.- EL EFECTO BARRERA Y LA FRAGMENTACIÓN DEL TERRITORIO.

El efecto barrera pasa por ser el impacto ecológico más negativo de las infraestructuras de transporte. El efecto se produce por la dificultad que tienen los animales para atravesar las vías de transporte, ya sea por la existencia de barreras físicas (vallados) o a consecuencia del rechazo que les generan aspectos tales como la superficie asfaltada o el tráfico con sus consecuencias asociadas (ruido, contaminación, etc...), es decir, la llamada barrera ecológica.

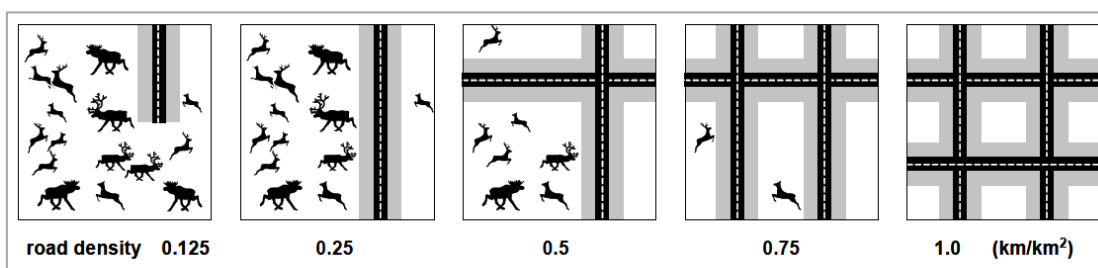


Figura 2.- Descripción del proceso de fragmentación del hábitat debido a infraestructuras viales y su repercusión sobre la fauna (umbrales de densidad, simplemente ilustrativos) (fuente: SEILER, 2001)

Estas barreras van fragmentando el hábitat original de las distintas especies, cuya conservación es requisito imprescindible para la supervivencia de las mismas. De esta manera, el área de distribución inicial va siendo dividida, reduciéndose su tamaño y existiendo menos lugares donde las perturbaciones son inexistentes, y la comunicación entre los distintos territorios que les resultan necesarios, al menos en alguna fase de su ciclo vital, se va complicando hasta hacerse, en su caso, imposible. Los fragmentos finales que contienen remanentes de hábitat adecuado pueden llegar a ser demasiado pequeños y demasiado aislados como para evitar que las poblaciones locales se extingan (Figura 2), aunque los umbrales críticos de densidad de carreteras dependerán de las distintas especies, así como de las características del paisaje y de las infraestructuras (Figura 3).

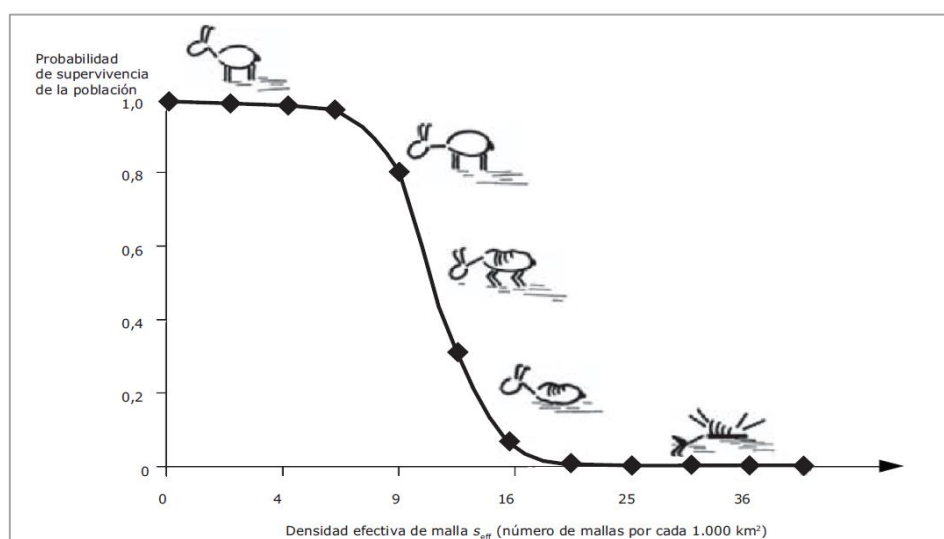


Figura 3.- Ejemplificación de umbrales en el efecto de la fragmentación del paisaje sobre la viabilidad de las poblaciones de fauna silvestre (fuente: JAEGER Y HOLDEREGGER, 2005).

Todo lo relacionado con la fragmentación, la conectividad ecológica, que es como se denomina la necesidad de conexión entre esos fragmentos de hábitat, y con los pasillos o corredores ecológicos, que es el nombre que reciben los vectores que sirven de comunicación entre ellos, han ocupado y ocupan el interés de buena parte de los investigadores y de los gestores de la naturaleza y del territorio en los países desarrollados en los que sus paisajes están formados por manchas de hábitats adecuadas para la fauna primigenia –además, y por lo habitual, muy reducidas–, y para la vida silvestre en general, interceptadas por barreras y ambientes inhóspitos.

Es admitido que el patrón más recurrente fruto de la eliminación de hábitats es su fragmentación, que constituye además una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad (WILCOX Y MURPHY 1985). Por ello, en opinión de MATA (2007) la fragmentación de hábitats “es, y posiblemente será, uno de los temas más abordados y discutidos en el siglo XXI dentro de la ciencia de la Biología de la Conservación”, quien cita para ilustrar esa afirmación que, a febrero de 2007, existían más de 3300 publicaciones científicas (Base de datos ISI) en las que, desde diferentes perspectivas, se trataba de la fragmentación de los hábitats y que el 65% de las mismas habían visto la luz en los últimos seis años.

Aunque algunos autores (por ejemplo, FORMAN y col. 1997) sugirieron el uso de la densidad de las infraestructuras como una medida simple pero directa de la fragmentación, lo cierto es que el impacto total de las carreteras en la vida silvestre no puede evaluarse sin tener en cuenta un contexto más general: el propio paisaje. Las carreteras son siempre parte de una red más amplia, donde se producen efectos sinérgicos con otras infraestructuras que causan pérdida de hábitat y aislamiento adicional. Los estudios sobre los efectos acumulativos de la fragmentación causada por las infraestructuras de transporte deben abordar áreas más grandes y cubrir períodos de tiempo más largos que los estudios que sólo se ocupan de los efectos primarios de un solo enlace por carretera o ferrocarril (SEILER 2002).

Evaluar el grado de fragmentación no es una tarea sencilla, ya que es el resultado de complejas interacciones entre las políticas, las características geofísicas del paisaje y las fuerzas motrices socioeconómicas del desarrollo (MUNROE y col. 2005) y todavía no se conocen bien las interacciones entre todos esos factores (AEMA-OFMA 2011). Se han utilizado numerosos sistemas de medición del paisaje para cuantificar su fragmentación (ver, por ejemplo, GUSTAFSON 1998 o LEITÃO y col. 2006), aunque todos los sistemas tienen puntos fuertes y débiles. En el momento actual, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) está trabajando con un método denominado «tamaño efectivo de malla» (JAEGER 2000, MOSER y col. 2007) que se basa en la probabilidad de que dos puntos de una región elegidos al azar estén conectados, es decir, que dos animales hipotéticos, ubicados en esos puntos, puedan encontrarse sin tener que cruzar una barrera como una carretera, una zona urbana importante u otra. Al multiplicar esta probabilidad por la superficie total de la unidad informativa, se convierte en el “tamaño efectivo de malla”. Cuanto más pequeño es el tamaño efectivo de malla, más fragmentado está el paisaje. Adicionalmente, y como parámetro derivado, se puede calcular la “densidad efectiva de malla”, que ofrece el número efectivo de mallas por km², o dicho de otro modo, la densidad de las mallas. Por ejemplo, si el tamaño efectivo de la malla es 25 km², la densidad efectiva de malla

correspondiente es 1 malla/25 km², o lo que es lo mismo 40 mallas por cada 1000 km². Las dos medidas contienen la misma información sobre el paisaje, pero la densidad efectiva de malla es más útil a la hora de identificar tendencias y cambios en las mismas.

En la aplicación de este método, algunos modelos incorporan no sólo los elementos artificiales del paisaje, tales como carreteras, vías férreas o zonas urbanizadas, sino que también toman en consideración barreras naturales importantes, como los ríos grandes o las montañas muy altas, intentando reflejar el hecho de que la fragmentación provocada por el hombre afecta a la biodiversidad en combinación con la fragmentación natural. La fragmentación encontrada con un modelo de ese tipo en el territorio de la Unión Europea, aplicada sobre la base de cuadrículas de 1 km² de la red LEAC, que se utiliza para las actividades de contabilidad del suelo y los ecosistemas en este grupo de países, se muestra en la Figura 4 (AEMA/OFMA 2011).

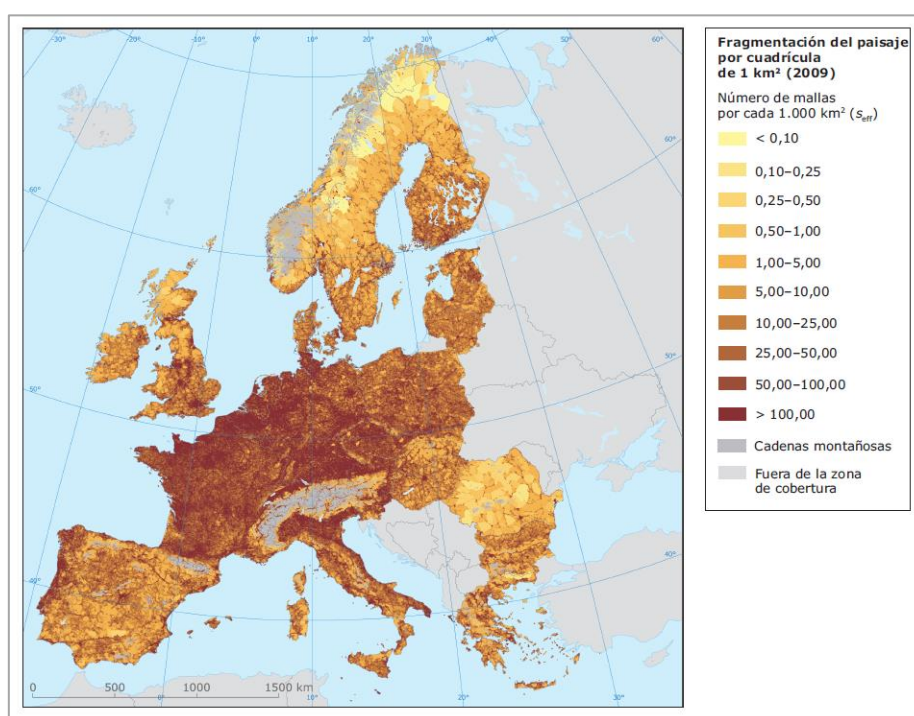


Figura 4.- Fragmentación del paisaje en la Unión Europea por cuadrícula de 1 km² en 2009 (fuente: AEMA/OFMA 2011).

La mayoría de las estrategias de conservación de la biodiversidad ponen el acento en la salvaguarda de las grandes zonas no fragmentadas. Por ejemplo, la Figura 5 nos muestra la superposición en la península Ibérica de los resultados de un modelo de fragmentación en el que se han utilizado sólo las barreras de origen antrópico con la red Natura 2000, la red europea de Espacios Protegidos (AEMA/OFMA 2011), donde tal cuestión se ve con claridad. Sin embargo, por muy importante que pueda resultar delimitar corredores sin barreras para mantener flujos ecológicos en el territorio, las iniciativas de gestión no deberían dirigirse sólo hacia estos lugares, sino también a evitar una fragmentación posterior allí donde el paisaje ya esté muy fragmentado o proponerse solucionar los problemas ya existentes, es decir a desfragmentar territorios.

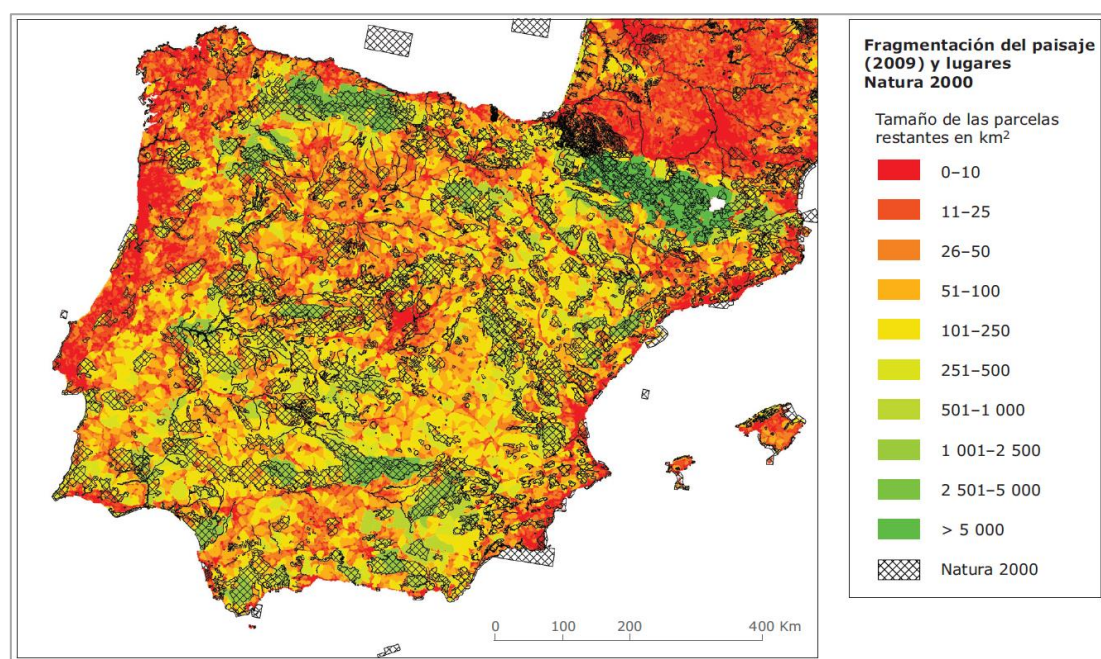


Figura 5.- Superposición de la red Natura 2000 en España con la fragmentación antropogénica (fuente: AEMA/OFMA, 2011).

La modelización a pequeña escala ya ha sido aplicada para la identificación y delimitación de corredores en relación con la existencia de zonas naturales y del impacto de las carreteras. Por ejemplo, GURRUTXAGA y col. (2011) abordaron el caso de la identificación de conectores clave en un estudio transnacional desde la cordillera Cantábrica hasta los Alpes occidentales, en el que llegaron a señalar los territorios clave donde deberían ser implementadas actuaciones de desfragmentación o que pudieran verse afectados en mayor medida por las redes de transporte (Figura 6), trabajando con un modelo de los denominados de “menor resistencia o mínimo coste distancia” que se basaba en la probabilidad de dispersión de un grupo genérico de mamíferos forestales a los que se atribuyó unas dispersiones medias de uno, cinco, diez y veinticinco kilómetros respectivamente, y mediante la comparación de los valores encontrados con y sin el efecto de las vías de gran capacidad –autopistas y autovías–.

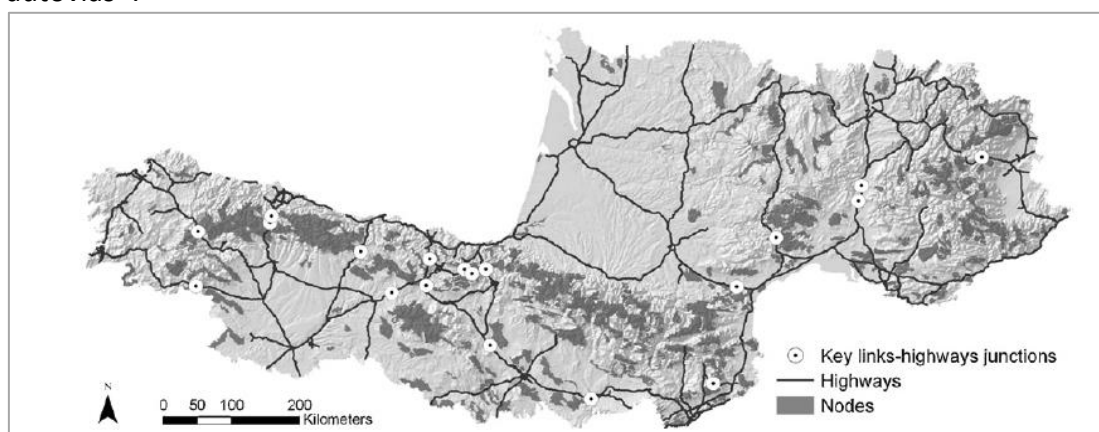


Figura 6.- Señalamiento de las 20 intersecciones más importantes entre vías de alta capacidad –autovías y autopistas– y conectores claves en el arco cordillera Cantábrica-Alpes occidentales (fuente: GURRUTXAGA y col. 2011).

También existen trabajos a mayor escala con una orientación similar o que pudieran tener una aplicación en tal sentido. Así, GARCÍA (2009) partiendo de la realización de un análisis de carencias (gap) de la red de espacios protegidos de Asturias abordó la modelización, también con un sistema de mínimo coste distancia, de corredores ecológicos utilizando tres niveles de escala, que iban desde la unión de grandes núcleos a través de caminos óptimos hasta la unión de los pequeños fragmentos de hábitat con alguno de los núcleos medianos o grandes. Para ello, tuvo en cuenta la información de la matriz (que tomaba en consideración aspectos tales como la localización de las especies de fauna consideradas focales –así como la información sobre su hábitat, áreas de campeo y hábitat útil actual–, la cartografía de 79 unidades de vegetación actual o la ubicación de los espacios naturales protegidos y su nivel de protección) y la resistencia debida a las grandes zonas agroganaderas, las grandes áreas libres de infraestructuras o las barreras de tránsito creadas por edificaciones e infraestructuras de comunicación. De tal análisis se deriva que por el sur de la región, a través de su zona más montañosa, se organiza el eje principal que mantiene en la actualidad la función de corredor (Figura 7), formando casi un continuo de este a oeste, de importante valor porque se dispone en torno a zonas con núcleos de gran tamaño, excepto en la conexión de los núcleos más alejados en ambos extremos (este y oeste de la región –zonas A1 y A3 en el mapa–) y en las proximidades del principal eje de infraestructuras en dirección norte-sur (Huerna-Pajares –zona A2 en el mapa–), donde transitan paralelamente una autopista, una carretera nacional, una línea de ferrocarril convencional y una línea de AVE.

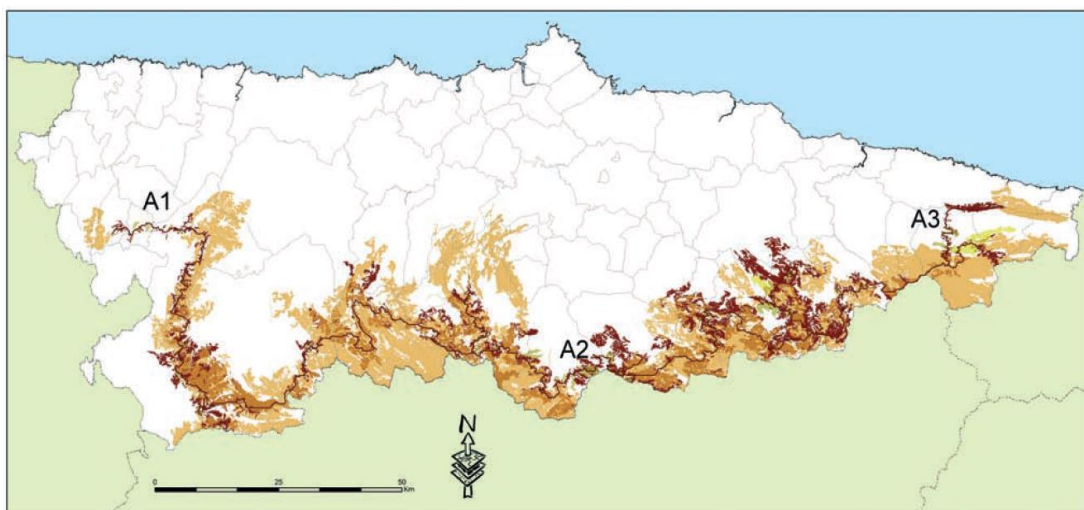


Figura 7.- Corredor ecológico en la montaña asturiana definido con un modelo de coste distancia y señalando las áreas (A1, A2, A3) de mayor debilidad (fuente: GARCÍA 2009).

Otros modelos aspiran a explicitar aún más la trascendencia de las carreteras y vías de transporte en su relación con las principales zonas de vida silvestre o con la fauna. Así el Departamento de Transporte de Florida en Estados Unidos creó un programa para identificar y priorizar zonas de corredor de hábitat que se cruzaban con las carreteras (SMITH 1999). Su propósito era considerar posibles lugares para favorecer los cruces seguros de las infraestructuras por los animales con el fin de restaurar la conectividad de los hábitats y los procesos ecológicos. Este método utilizó un Sistema de Información Geográfica para combinar múltiples factores, tales como la mortalidad en carretera, los puntos de acceso, las áreas ribereñas, las vías verdes, los espacios

protegidos y las rutas conocidas de movimiento de la fauna. Una salida gráfica de ese intento se muestra en la Figura 8.

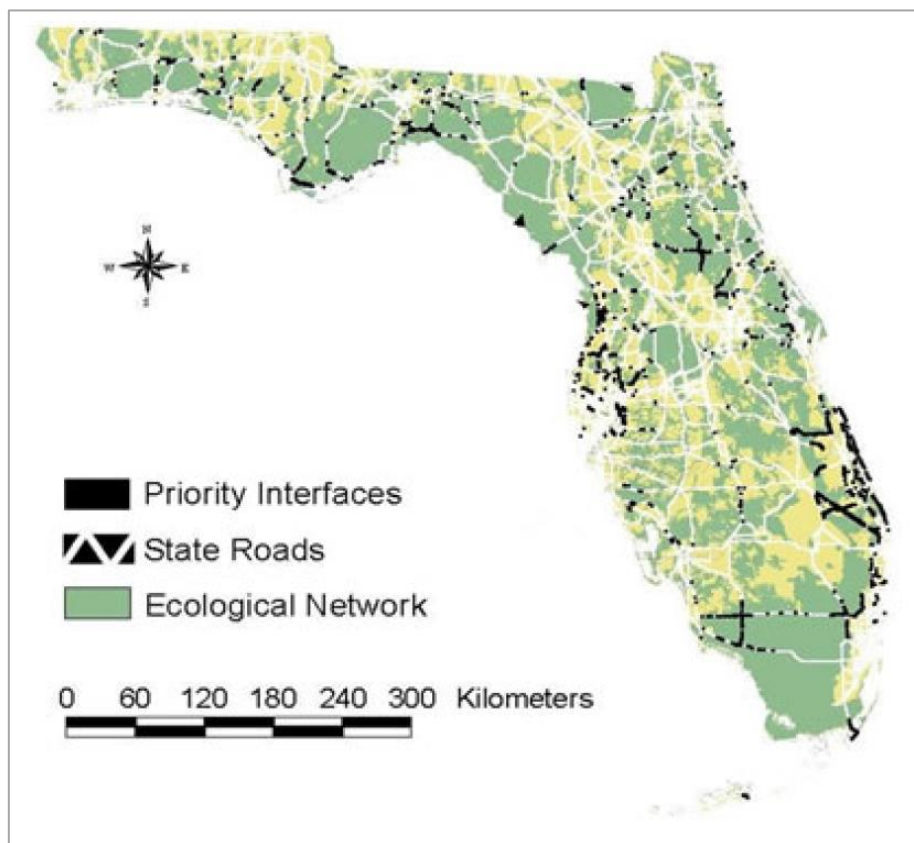


Figura 8.- Mapa de Florida (USA) mostrando los principales lugares a desfragmentar en carreteras en interés de la fauna silvestre (fuente: SMITH 1999).

Ha habido otras muchas experiencias de intención equivalente, pero una especialmente significativa en nuestro ámbito geográfico es la desarrollada por el MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2013b) que se propuso de forma explícita la identificación de áreas prioritarias a desfragmentar para reducir los impactos de las infraestructuras lineales de transporte en la biodiversidad en España. El trabajo se realizó sobre una base cartográfica de cuadrículas UTM de 1 km² y se calcularon, para cada una de ellas, dos índices de patrimonio natural generados por dos modelos diferentes que partían, sin embargo, de los mismos datos previos, referidos a la vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, a la densidad de la red de transporte y al tamaño efectivo de malla. El primer índice hacía referencia al patrimonio natural poco fragmentado y hacía pesar más, elevando el valor al cuadrado, la densidad de la red de transporte. El segundo, por el contrario, quería reflejar el patrimonio natural muy fragmentado, de manera que en él la carga se puso en la vulnerabilidad biológica a las infraestructuras de transporte. Por último, para elegir las áreas prioritarias a desfragmentar se utilizaron dos límites arbitrarios referidos a las 5000 cuadrículas en el ámbito estatal de mayor valor en cada índice (en total 10000 cuadrículas), por una parte, y al 1% de las cuadrículas con mayor valor en ambos índices en el ámbito de cada Comunidad Autónoma (en total 10362 cuadrículas). Las Figura 9 y Figura 10 reflejan, a modo de ejemplo, las salidas gráficas de ambos métodos de selección de áreas prioritarias en Asturias.

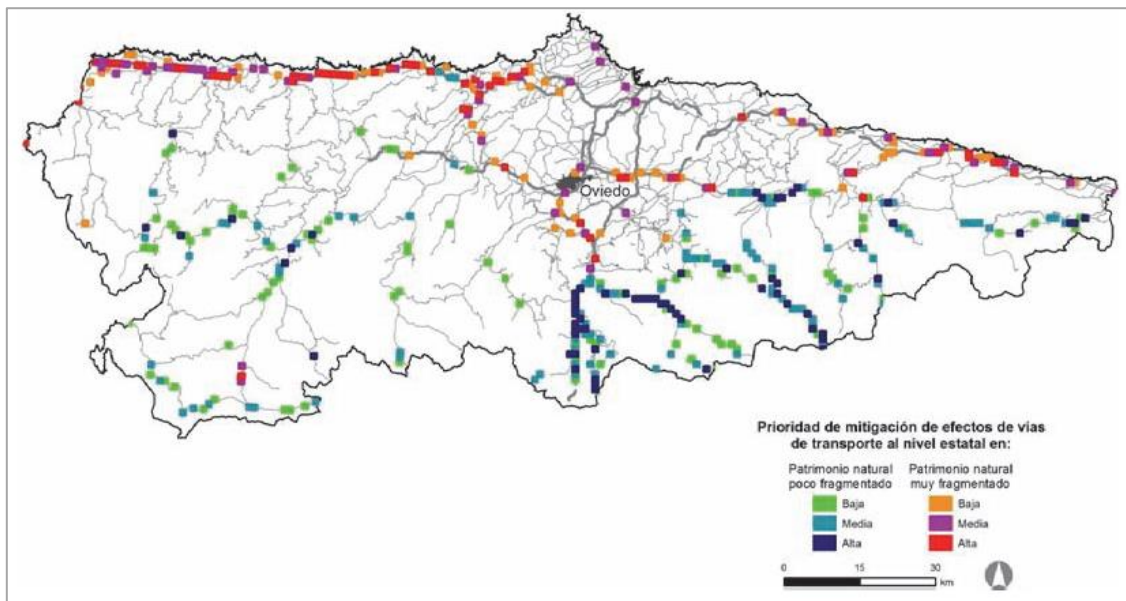


Figura 9.- Áreas prioritarias a desfragmentar correspondientes a Asturias en “ámbito estatal” (fuente: MAGRAMA 2013b).

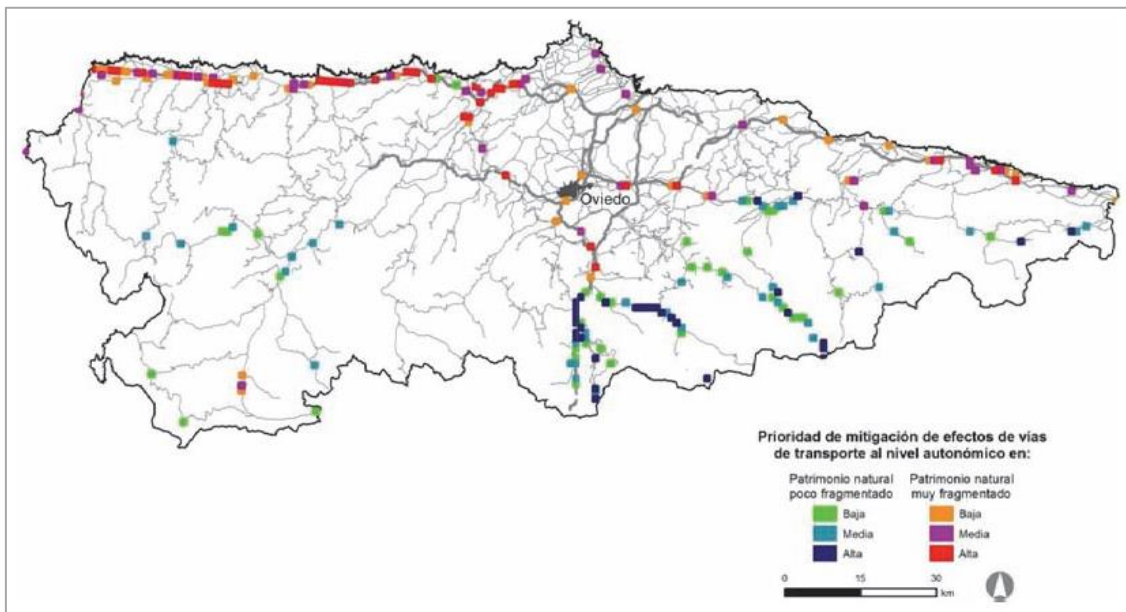


Figura 10.- Áreas a prioritarias a desfragmentar correspondientes a Asturias en “ámbito autonómico” (fuente: MAGRAMA 2013b).

La modelización se ha vuelto una herramienta muy útil, cuando no imprescindible, en las fases de planificación y trazado, momentos que se revelan críticos para introducir el principio de precaución desde el mismo instante de concepción de las infraestructuras. La consideración de los posibles efectos sobre la biodiversidad, o sobre una parte de ella, como la fauna, permite desde el principio evitar, reducir o compensar sus impactos, y ello a unos costes ambientales, sociales y económicos habitualmente mucho menores a los que se producen cuando las medidas a aplicar deben ser ya únicamente correctoras. Muchos de esos modelos, en particular los que trabajan a escalas de más detalle, toman en consideración datos sobre la siniestralidad por fauna, en definitiva, sobre los atropellos a animales que, como dijimos al principio, es uno de los efectos mejor conocidos de la relación carreteras-fauna.

3.3.- ATROPELLOS Y SINIESTRALIDAD POR FAUNA.

En consonancia con el enfoque general del estudio de esos efectos, el aspecto concreto de la mortalidad y de la siniestralidad por atropellos interesó al principio, sobre todo, a los colectivos profesionales vinculados a la conservación de la fauna, que advertían de las consecuencias derivadas de los siniestros sobre las especies amenazadas o, incluso, sobre el conjunto de los animales.

A priori, cualquier especie puede ser atropellada y la mortalidad por esta causa no tiene restricciones geográficas o taxonómicas (TAYLOR y GOLDINGAY 2004), pero algunas son más proclives que otras a sufrir este tipo de percances, como aquellas que realizan desplazamientos periódicos entre hábitats cruzados por carreteras, las que tienen grandes áreas de campeo, las que acuden a alimentarse a los márgenes de las carreteras, etc...(ILLANA y col. 2004), siendo varios los factores que intervienen para determinar el riesgo (Figura 11). En cualquier caso, el impacto de los atropellos sobre las poblaciones de vertebrados se ha demostrado como uno de los factores más importantes de mortalidad no natural directa de la fauna vertebrada (TROMBULAK y FRISSELL 2000, JAARSMA y col. 2006, FAHRIG y RYTWINSKY 2009).

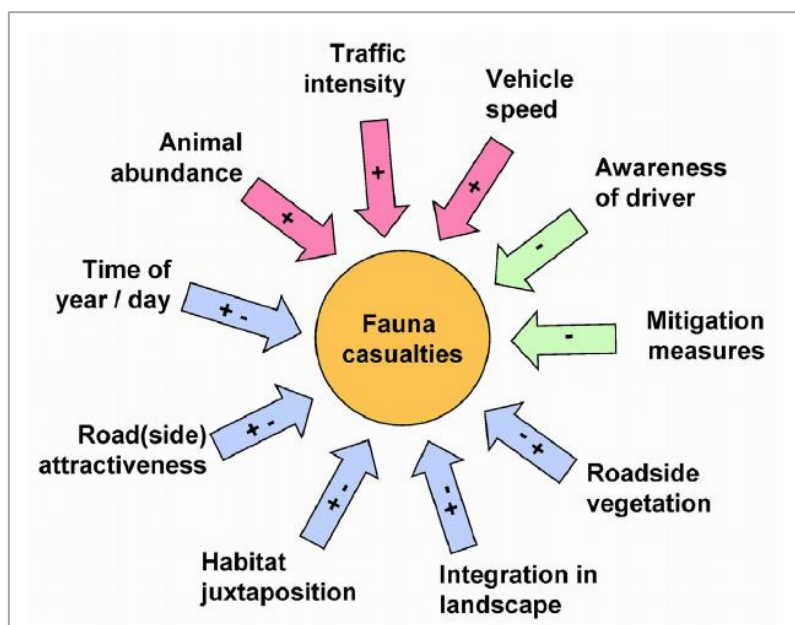


Figura 11.- Factores que intervienen en el riesgo de colisión entre animales salvajes y vehículos (fuente: SEILER 2002)

Los estudios que analizan la repercusión de los atropellos sobre los grupos de vertebrados presentan resultados distintos, aunque las diferencias encontradas pueden deberse a muchos factores, tales como la metodología de estudio, su temporalidad, las características del medio... (ESPINOSA y col. 2012). La mayor parte de los trabajos indican, aun así, que los anfibios son el grupo que presenta un mayor porcentaje de atropellos (GONZÁLEZ-PRIETO y col. 1993, GLISTA y col. 2007, D'AMICO y col. 2015), con datos muy elevados en algunos países –por ejemplo, en algunas localidades de Hungría con mortalidades próximas al 90% del tamaño de la población (PUKY y col. 1990) o en Dinamarca con cerca de 3.000.000 de ejemplares muertos al año (HANSEN 1982; BRUUN-SCHIMDT 1994)–, llegando incluso en ocasiones a

atribuir el declive de sus poblaciones a la mortalidad vial (GIBBS 2005). Sin embargo, otros autores encuentran que la mayor mortalidad se produce en los reptiles (RICO-GUZMÁN 2011) o en las aves (ESPINOSA y col. op. cit.) que, a veces, también acumulan registros sorprendentes –como en el Reino Unido, con estimaciones de mortalidad entre 30 y 70 millones de aves al año (HARWOOD y col. 1992)–.

Por contra, los mamíferos nunca encabezan los grupos más afectados y cuando adquieren cierta relevancia numérica se debe, más bien, a la aportación de los micromamíferos, aunque como señalan SÁENZ-DE-SANTA-MARÍA, A. y TELLERÍA, J. L. (2015) para el caso particular de los carnívoros su escasa importancia como inductores de colisiones de vehículos con la fauna es revertida al considerar el estado de conservación de estas especies.

Sin embargo, es aquí cuando entra en juego también otra perspectiva, que ha hecho que la preocupación por el tema de los accidentes con fauna haya alcanzado otros ámbitos, en particular a los de las administraciones y profesionales gestores del tráfico o encargados de las infraestructuras viarias, que evidencian un notorio incremento del número de accidentes causados por la irrupción en la calzada de animales de gran tamaño (ROSELL 2006), tales como jabalíes (*Sus scrofa*), corzos (*Capreolus capreolus*) o ciervos (*Cervus elaphus*) que, incluso, llegan a la paradoja de, en algunos lugares, aumentar en proporciones importantes en tanto la siniestralidad general en el mismo territorio disminuye notablemente (ROSELL 2012). Ciertamente, la simple comparación a primera vista (Figura 12) de los tamaños relativos de los ungulados que habitualmente se ven inmersos en estos accidentes y de un vehículo turismo basta para imaginar el alcance del percance en este tipo de colisiones, aunque algunos de los siniestros se producen por las maniobras evasivas de los conductores al intentar evitar el choque.

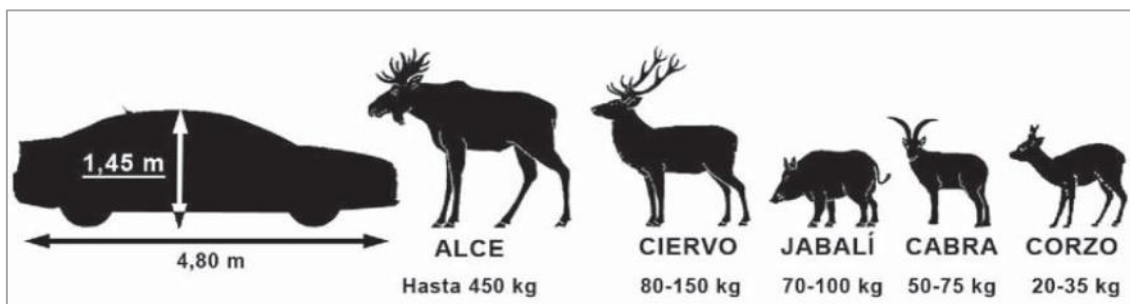


Figura 12.- Comparación entre el tamaño relativo y peso aproximado de los machos de algunas especies de ungulados presentes en España, un turismo y un alce (fuente: IGLESIAS 2010).

En el periodo 2006-2012, los animales salvajes estuvieron involucrados en España, conforme a los datos derivados de los sistemas de registro de los mismos que mantienen la Dirección General de Tráfico y las Comunidades Autónomas del País Vasco y Cataluña, en al menos 74600 colisiones de vehículos, lo que representa el 8,9% del total de los 840000 accidentes de tráfico registrados por dichos sistemas, tuvieron un coste estimado del orden de 105 millones de euros por año y supusieron 2911 personas heridas, aunque el número de muertes sólo alcanzó el 0,22% del total de

mueritos en el conjunto de accidentes de vehículos en nuestro país (SÁENZ-DE-SANTA-MARÍA y TELLERÍA 2015).

Según dichos autores, los accidentes se distribuyen principalmente por la mitad norte de la España peninsular (Figura 13), en particular en las provincias montañosas, boscosas y con pequeñas poblaciones humanas, siendo los ungulados los animales que se vieron involucrados en la mayoría de las colisiones (85%), con los jabalíes y los corzos a la cabeza (79%), lo que relacionan tanto con que son las especies que más se han expandido en toda España en décadas recientes (MATEOS-QUESADA 2005) como consecuencia del abandono rural en los años 1960 y 1970 (DELIBES-MATEOS y col. 2009, ACEVEDO y col. 2011, MULERO 2013), como con el sistema de gestión de estos animales en el norte peninsular donde, a diferencia del sur, viven en un ambiente sin fincas cercadas.

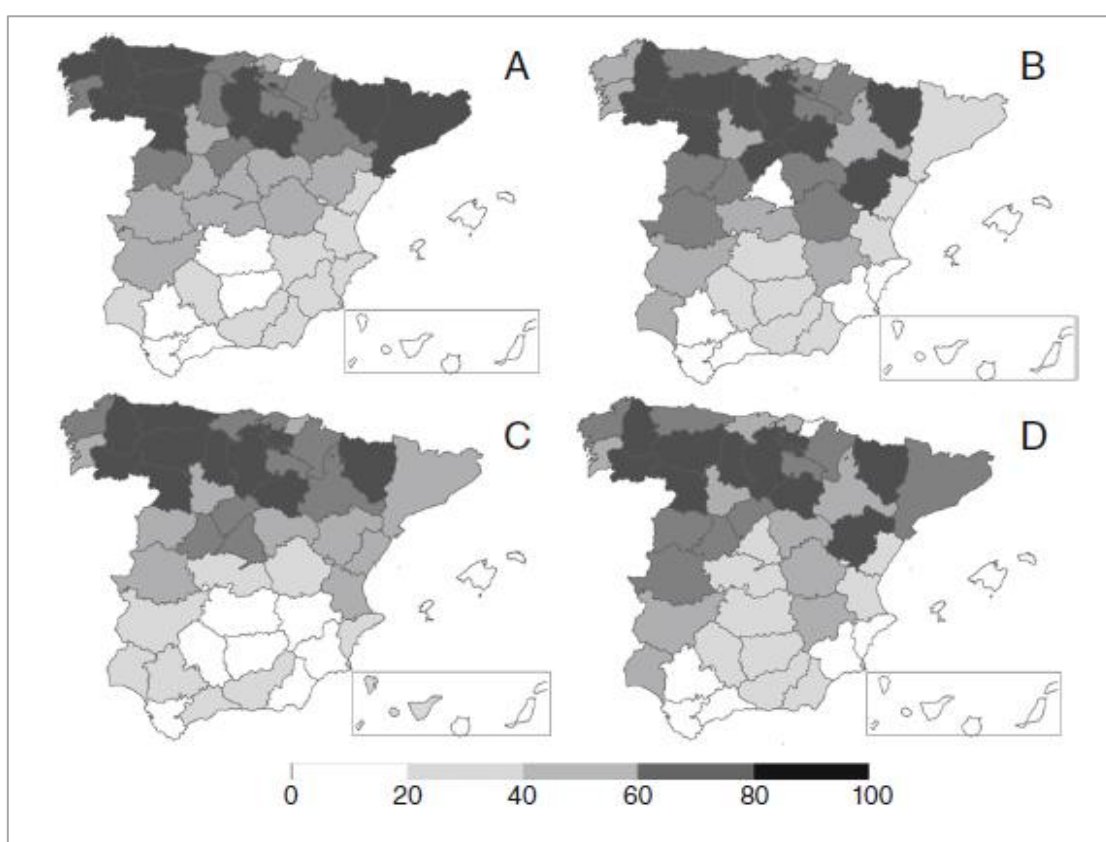


Figura 13.- Distribución de las colisiones fauna-vehículos en España 2006-2012. A: Media anual de colisiones. B: Media anual de colisiones por cada 100000 habitantes. C: Media anual de colisiones por cada 100 km de carreteras. D: Media anual de colisiones por cada 100000 vehículos. Representación en cinco categorías de 0 (mínimo) a 100 (máximo) (fuente: SÁENZ-DE-SANTA-MARÍA y TELLERÍA 2015).

4.- MEDIDAS DE GESTIÓN DE LA FAUNA EN LA CARRETERA.

4.1.- GENERALIDADES Y CLASIFICACIÓN.

Superada la etapa de la planificación –tanto en el marco general de la ordenación territorial como en el de la sectorial, es decir, en la programación de las infraestructuras de transporte o, específicamente, de las carreteras– y ya en la fase de diseño y proyección de la infraestructura concreta cabe establecer medidas correctoras en torno a sus previsibles efectos, estimados a través de los correspondientes procesos de Evaluación de Impacto Ambiental. Es en esa ocasión, o con motivo de la corrección de impactos no previstos en infraestructuras de transporte ya construidas, cuando debemos contar con un catálogo de medidas técnicas que permitan abordar, por una parte, los objetivos de desfragmentación (es decir, de facilitar las conexiones para el paso de la fauna) y, por otra, los de aumentar la seguridad vial y reducir la propia mortalidad de los animales.

En cualquier caso, aunque puede mantenerse esta división por motivos de claridad explicativa, debe recalarse que todas las medidas están profundamente conexionadas con independencia de su inclusión en uno u otro grupo. Para facilitar su consulta, en este trabajo se ofrecen sinópticamente, en el capítulo denominado “catálogo de medidas”, las distintas opciones en un conjunto de 27 fichas normalizadas, que han sido elaboradas a partir de la información contenida, sobre todo, en ROSELL y VELASCO (1999), IUELL y col. (2003), MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2006 y edición revisada y ampliada por MAGRAMA 2015), HERVÁS y col. (2006), FONSECA y col. (2010), VALLADARES y col. (2011) y ROSELL (2012), por la similitud de las características de sus áreas de trabajo con la nuestra, y en HUIJSER y col. (2008a y 2008b) y CLEVENGER y HUIJSER (2011), por el volumen de información que integran al referirse al conjunto de accidentes por fauna que se producen en los Estados Unidos (entre uno y dos millones al año, de los que se reportan a la policía unos 300.000), con inclusión por último de otras referencias puntuales que se citarán oportunamente en las propias fichas.

Las distintas medidas presentadas en las fichas se han organizado conforme a la estructura que se presenta en la Figura 14, que contiene una clasificación basada, en principio, en la sugerida por IUELL y col. 2003, pero a la que se han incorporado modificaciones importantes atendiendo a nuestro propio criterio. Estos cambios se refieren, sobre todo, a la inclusión de dos nuevos grupos de medidas destinadas a poner de relieve la trascendencia que pueden tener, más en el futuro que en el momento actual, las tecnologías avanzadas aplicadas al aumento de la seguridad vial y la minoración de la mortalidad de los animales.

En efecto, por ejemplo, de momento los vehículos sin conductor tienen un carácter más bien experimental, ya que pocos lugares cuentan con legislación que permite la operación de coches sin conductor, pero las pruebas de estos automóviles sufren un ritmo creciente en todos los países desarrollados y las compañías adaptan sus estrategias comerciales a un futuro que algunos estiman próximo (Google cree que su tecnología estará lista para lanzarse totalmente al mercado en 2020 –Diario Expansión,

16 de diciembre de 2015–). Buena parte del objetivo de estos coches es, precisamente, aumentar la seguridad vial y, de llegar a conseguirse (se estima que podrían eliminar el 90% de los accidentes –GAO y col. 2014–), la repercusión sobre los accidentes provocados por la fauna silvestre será obvia.

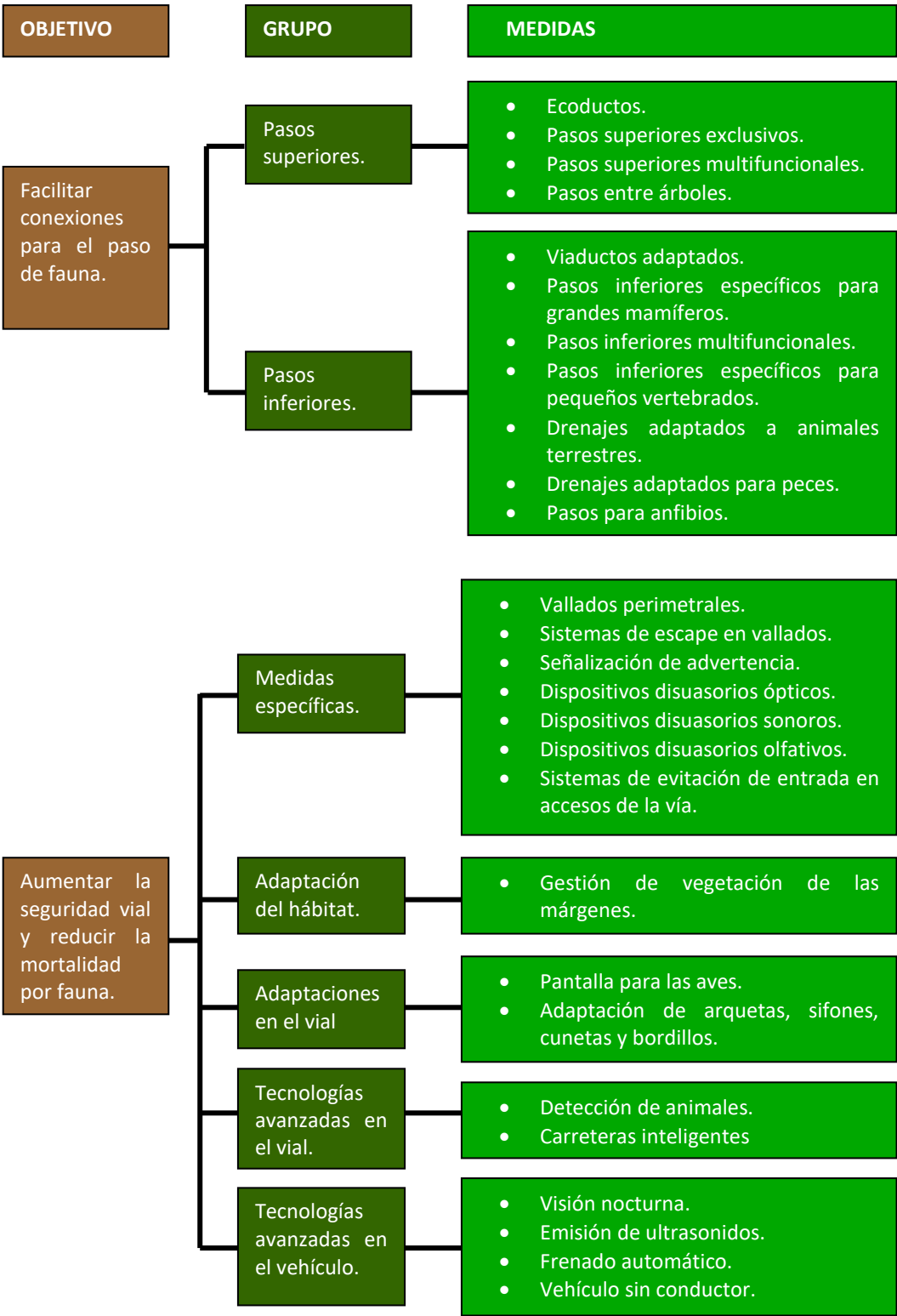


Figura 14.- Clasificación de las medidas de desfragmentación y minoración de accidentes
(fuente: Elaboración propia a partir de IUELL y col. 2003)

Cualquier clasificación tiene cierto grado de arbitrariedad, pero en este caso es elevada. En efecto, aunque las medidas han sido agrupadas atendiendo a su finalidad principal –facilitar el flujo de los animales entre ambos lados de la carretera, es decir colaborar a desfragmentar, o aumentar la seguridad vial y reducir la mortalidad de la fauna, es decir minorar la siniestralidad– muchas medidas, por una parte, podían figurar en ambos listados y, por otra, resultan complementarias y necesarias simultáneamente –por ejemplo, no es posible concebir el vallado de una autovía, sin habilitar medios para que los animales crucen la infraestructura de forma segura para ellos y para los conductores–.

Desde ese punto de vista, otras clasificaciones pueden realizarse o proponerse, pero también presentan limitaciones. Por ejemplo, en la línea de la utilizada en EDI (2015), sería posible organizar las medidas atendiendo al sujeto sobre el que pretendan incidir: el animal o el conductor (Figura 15). E incluso, dentro de ellas y en el caso de los animales, fijándose en si la influencia se plantea desde una perspectiva de limitar (efecto negativo) o facilitar (efecto positivo) la movilidad entre ambas márgenes de la infraestructura, o si desde ese punto de vista puede resultar indiferente o actuar de una u otra forma según las circunstancias.

SOBRE EL ANIMAL	+	Ecoductos. Pasos superiores exclusivos. Pasos superiores multifuncionales. Pasos superiores entre árboles. Viaductos adaptados. Pasos inferiores específicos para grandes mamíferos. Pasos inferiores multifuncionales. Pasos inferiores específicos para pequeños vertebrados. Pasos para anfibios. Drenajes adaptados a animales terrestres. Drenajes adaptados para peces. Adaptaciones de arquetas, sifones, cunetas y bordillos. Atrayentes olfativos. Gestión de la vegetación de las márgenes. Sistemas de escape en vallados.
	–	Vallados perimetrales. Pantallas para aves. Dispositivos disuasorios ópticos. Dispositivos disuasorios acústicos. Dispositivos disuasorios olfativos. Sistemas de limitación de accesos a la vía.
SOBRE EL CONDUCTOR		Señalización de advertencia. Carreteras inteligentes. Detección automática de animales. Visión nocturna. Frenado automático. Vehículo sin conductor.

Figura 15.- Clasificación de las medidas desfragmentación y minoración de accidentes en función del sujeto sobre el que inciden (fuente: Elaboración propia a partir de EDI, 2015)

4.2.- CATÁLOGO DE MEDIDAS.

4.2.1.- PASOS SUPERIORES.

ECODUCTO

DEFINICIÓN

Paso que, por sus grandes dimensiones y por la restauración y naturalización de su superficie, permite la mejor integración posible en el entorno y da continuidad a la cobertura vegetal y a los hábitats situados a ambos lados de la infraestructura (Figura 16).

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Todo tipo de especies terrestres (principalmente ungulados y grandes y medianos carnívoros).

EFICACIA

Es el dispositivo más eficaz para garantizar la conectividad en grandes y medianos mamíferos. En otros grupos requiere desarrollos específicos.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Falso túnel, bóveda y otras tipologías utilizadas para la construcción de puentes, incluyendo algunas específicamente pensadas para la fauna (Figura 17).

DIMENSIONES

Anchura mínima: 80 m.

Gálibo recomendado sobre calzada: 7,5 m.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

Debe ubicarse en los sectores de desplazamiento habitual de la fauna, dando preferencias a los tramos en los que la vía discurre entre desmontes (trincheras profundas), aunque son posibles otras disposiciones.

Restaurar completamente su superficie, procurando una heterogeneidad de hábitats y microhábitats similar a la de su entorno.

Instalar apantallamientos opacos en los márgenes laterales (altura mínima: 2 m), incluyendo motas laterales, vallas de madera, muretes de piedra y plantaciones densas de arbustos (casi imprescindibles) (Figura 18).

Velar por un correcto drenaje de la superficie.

Grosor mínimo de la capa de tierra vegetal: 0,3 m para cobertura herbácea, 0,6 m para arbustiva y 1,5 m para arbórea.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Las plantaciones en la superficie deben ser heterogéneas (Figura 19), combinando los espacios abiertos de los sectores centrales, con franjas longitudinales de árboles y arbustos, más densas y altas, en las márgenes laterales para facilitar el apantallamiento del paso y evitar así las perturbaciones generadas por los vehículos.

En las revegetaciones se utilizarán exclusivamente especies autóctonas de la zona,

con características de hábitats del entorno y adaptadas a las condiciones de la superficie del ecoducto.

Los accesos deben situarse al mismo nivel que los terrenos adyacentes, con rampas si fueran necesarias, poco pronunciadas (pendiente máxima de un 15 %, pudiéndose elevar hasta el 25 % en los ecoductos situados en zonas montañosas), y buscando una óptima integración de la estructura en su entorno.

Es necesario el acondicionamiento del entorno, mediante plantaciones y cerramiento perimetral, para guiar la fauna hacia las entradas del paso y procurando la continuidad de las formaciones vegetales entre la de las zonas adyacentes.

El diseño en planta en forma de diábolo amplía las posibilidades de que los animales localicen las entradas del paso (Figura 20).

Actuaciones adicionales, como la construcción de pequeñas charcas, pueden favorecer la atracción de la fauna hacia la instalación y promueven su utilización por un mayor número de especies (Figura 21).

Evitar el acceso incontrolado de vehículos o la utilización de la instalación para otros fines que los proyectados, siendo útil al efecto la disposición de montones o hileras de piedras y troncos en el acceso y a lo largo de la estructura que, además, ofrecen refugios y microhábitats para la fauna y favorecen la presencia de invertebrados, reptiles y otros pequeños animales (Figura 22).

FIGURAS



Figura 16.- Vista general de un ecoducto (fuente: MAGRAMA, en prensa).



Figura 17.- Diseño específico de un ecoducto mediante un sistema de membrana (fuente: ZWARTS y JANSMA 2010).

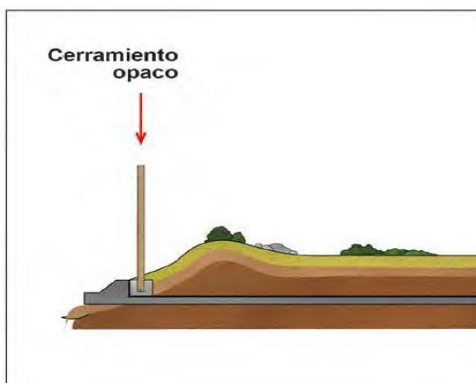
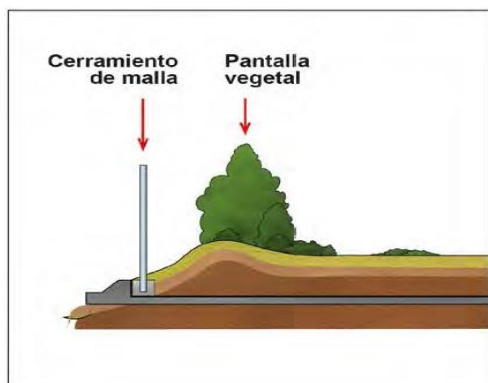


Figura 18.- Detalles de la sección de un ecoducto que muestran distintas opciones de apantallamiento (fuente: MAGRAMA, en prensa).

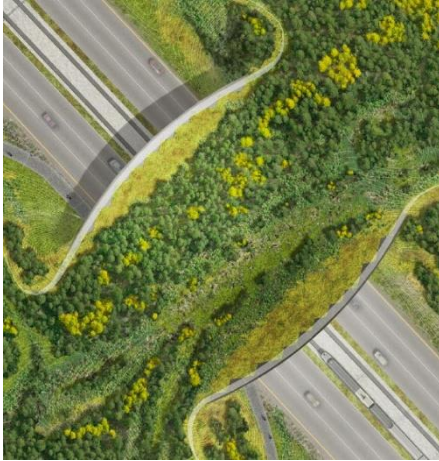


Figura 19.- Heterogeneidad en las plantaciones de la superficie de un ecoducto (fuente: THE OLIN STUDIO 2010)



Figura 21.- Pequeña balsa para atraer animales y crear microhábitats en un ecoducto (fuente: ROSELL y VELASCO 1999).



Figura 22.- Piedras colocadas en el acceso a un ecoducto para impedir el paso de vehículos motorizados y crear microhábitats (fuente: IUELL y col. 2003).

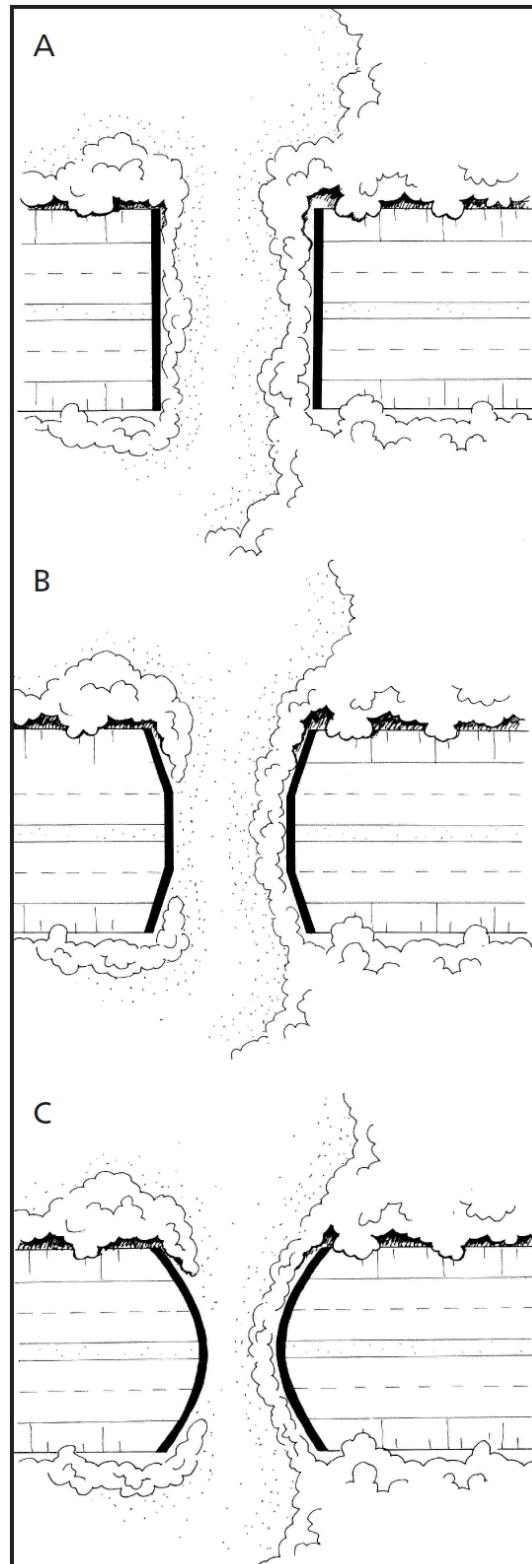


Figura 20.- Plantas en forma recta (A) de embudo (B) o diábolo (C) en un ecoducto. (fuente: IUELL y col. 2003).

PASO SUPERIOR EXCLUSIVO

DEFINICIÓN

Estructura específica de paso para fauna, de menor dimensión que un ecoducto, pero con restauración completa de su superficie y en el que no se admiten otros usos distintos, evitando así las perturbaciones generadas por la actividad humana. Su menor tamaño, implica limitaciones para la restauración de hábitats, por lo que su misión es facilitar exclusivamente el cruce de la fauna (Figura 23).

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Principalmente ungulados y grandes y medianos carnívoros, aunque puede ser utilizado por otros grupos.

EFICACIA

Muy eficaz.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Falso túnel, bóveda y otras tipologías utilizadas para la construcción de puentes, incluyendo algunas específicamente pensadas para la fauna (Figura 24).

DIMENSIONES

Anchura mínima: 20 m.

Anchura recomendada: 40–50 m.

Relación anchura/longitud superior a 0,8.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

Debe ubicarse en los sectores de desplazamiento habitual de la fauna, dando preferencias a los tramos en los que la vía discurre entre desmontes.

Restaurar completamente su superficie, procurando una heterogeneidad de hábitats y microhábitats similar a la de su entorno.

Instalar apantallamientos opacos en los márgenes laterales (altura mínima: 2 m), incluyendo motas laterales, vallas de madera, muretes de piedra y plantaciones densas de arbustos (casi imprescindibles) (Figura 25).

Velar por un correcto drenaje de la superficie (Figura 26).

Grosor mínimo de la capa de tierra vegetal: 0,3 m para cobertura herbácea, 0,6 m para arbustiva y 1,5 m para arbórea.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Las plantaciones en la superficie deben ser heterogéneas, combinando los espacios abiertos de los sectores centrales, con franjas longitudinales de árboles y arbustos, más densas y altas, en las márgenes laterales para facilitar el apantallamiento del paso y evitar así las perturbaciones generadas por los vehículos.

En las revegetaciones se utilizarán exclusivamente especies autóctonas de la zona, con características de hábitats del entorno y adaptadas a las condiciones de la superficie del paso.

Los accesos deberán situarse al mismo nivel que los terrenos adyacentes, con rampas si fueran necesarias, poco pronunciadas (pendiente máxima de un 15 %, pudiéndose

elevar hasta el 25 % en los pasos situados en zonas montañosas –Figura 27–), y buscando una óptima integración de la estructura en su entorno.

Es necesario el acondicionamiento del entorno, mediante plantaciones y cerramiento perimetral, para guiar la fauna hacia las entradas del paso y procurando la continuidad de las formaciones vegetales entre la de las zonas adyacentes.

Actuaciones adicionales, como instalación de pequeñas charcas, pueden favorecer la atracción de la fauna hacia la instalación y promueven su utilización por un mayor número de especies.

El diseño en planta en forma de diábolo amplía las posibilidades de que los animales localicen las entradas del paso.

Es importante evitar el acceso incontrolado de vehículos o la utilización de la instalación para otros fines que los diseñados, siendo útil al efecto la disposición de montones o hileras de piedras y troncos en el acceso y a lo largo de la estructura, que además ofrecen refugios y microhábitats para la fauna y favorece la presencia de invertebrados, reptiles y otros pequeños animales.

FIGURAS



Figura 23.- Vista general de un paso de fauna (fuente: MAGRAMA, en prensa).



Figura 24.- Diseño específico de un paso de fauna mediante un sistema romboidal (fuente: THE OLIN STUDIO 2010).



Figura 25.- Apantallamientos opacos en los márgenes laterales de un paso de fauna, incluyendo vallas de madera, muretes de piedra y plantaciones de arbustos (fuente: MAGRAMA 2015).



Figura 26.- Construcción de drenaje en un paso de fauna (fuente: MAGRAMA 2015).



Figura 27.- Ejemplo de pendientes de acceso suaves a un paso de fauna (fuente: IUELL y col. 2003).

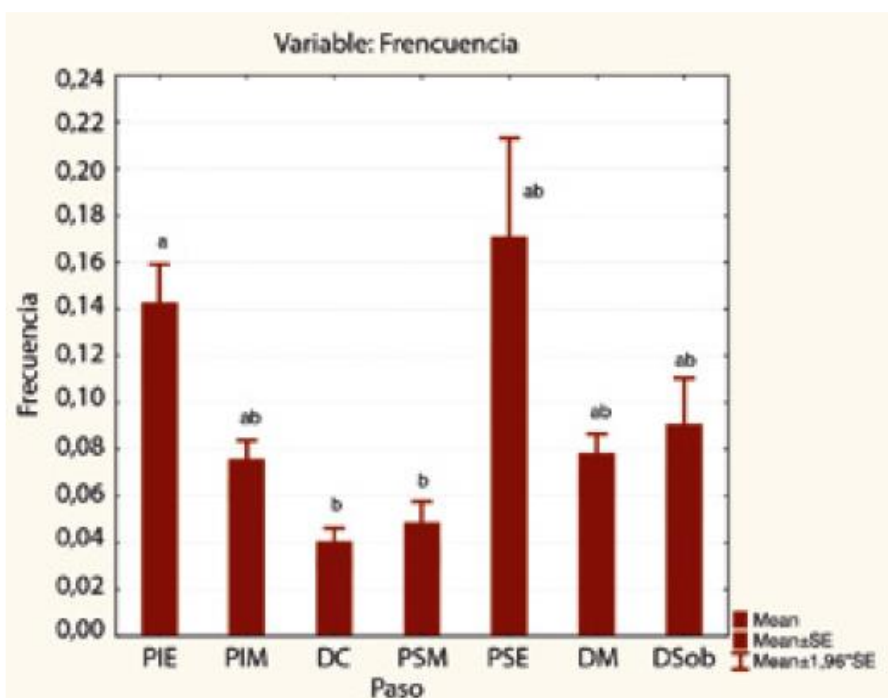


Figura 28.- Frecuencias medias diarias de uso de diferentes estructuras de paso (PIE = paso inferior específico, PIM = paso inferior mixto, DC = drenaje circular, PSM = paso superior mixto, PSE = paso superior específico, DM = drenaje tipo marco, DSob = drenaje tipo marco sobredimensionado) (fuente: GARCÍA y col. 2014).

OBSERVACIONES

Los pasos específicos y, en particular, los superiores (incluyendo los ecoductos) son las estructuras de cruce más utilizadas por la fauna silvestre (Figura 28). En promedio, en la península Ibérica, dos veces más que los pasos inferiores multifuncionales, los drenajes en marco de 2 m x 2 m y mayores y, también en promedio, hasta 4 veces más que los drenajes circulares y los pasos superiores multifuncionales (GARCÍA y col. 2014).

PASO SUPERIOR MULTIFUNCIONAL

DEFINICIÓN

Estructura que combina un uso como camino o vía pecuaria con el paso de fauna silvestre (Figura 29 y Figura 30).

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Todo tipo de especies terrestres (principalmente ungulados y grandes y medianos carnívoros).

EFICACIA

Elevada, aunque dependiente de la intensidad de circulación humana por el paso y de la superficie útil disponible para la fauna (anchura neta de los pasillos laterales).

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Habitualmente bóveda o tablero.

DIMENSIONES

Anchura mínima: 10 m

Anchura recomendada: 20–50 m.

Relación anchura/longitud superior a 0,8.

Anchura mínima, en su caso, de las bandas laterales revegetadas o con sustrato natural: 1 m.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

La adaptación consistirá, básicamente, en mantener la base de la plataforma con sustrato natural o, como mínimo, mantener dos franjas laterales cubiertas con sustrato natural y, a ser posible, revegetadas a cada lado de la superficie pavimentada.

El camino se ubicará en el eje central de la estructura (Figura 31) o en uno de sus márgenes si se dispone de una gran anchura. Si se requieren elementos lineales de separación de usos se recurrirá a setos vegetales, paredes secas o cercas de madera que no interfieran los movimientos de fauna. Se evitará el uso de barreras de seguridad tipo biondas o similar.

Instalar apantallamientos opacos en los márgenes laterales (altura mínima: 2 m), incluyendo vallas de madera, muretes de piedra y plantaciones densas de arbustos.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

En las revegetaciones se utilizarán exclusivamente especies autóctonas de la zona, con características de hábitats del entorno y adaptadas a las condiciones de la superficie del paso superior.

Es necesario el acondicionamiento del entorno, mediante plantaciones y cerramiento perimetral, para guiar la fauna hacia las entradas del paso y procurando la continuidad de las formaciones vegetales entre la de las zonas adyacentes.

FIGURAS



Figura 29.- Vista general de un paso de fauna multifuncional (fuente: MAGRAMA 2015).



Figura 30.- Vista general de un paso de fauna multifuncional (fuente: MAGRAMA 2015).

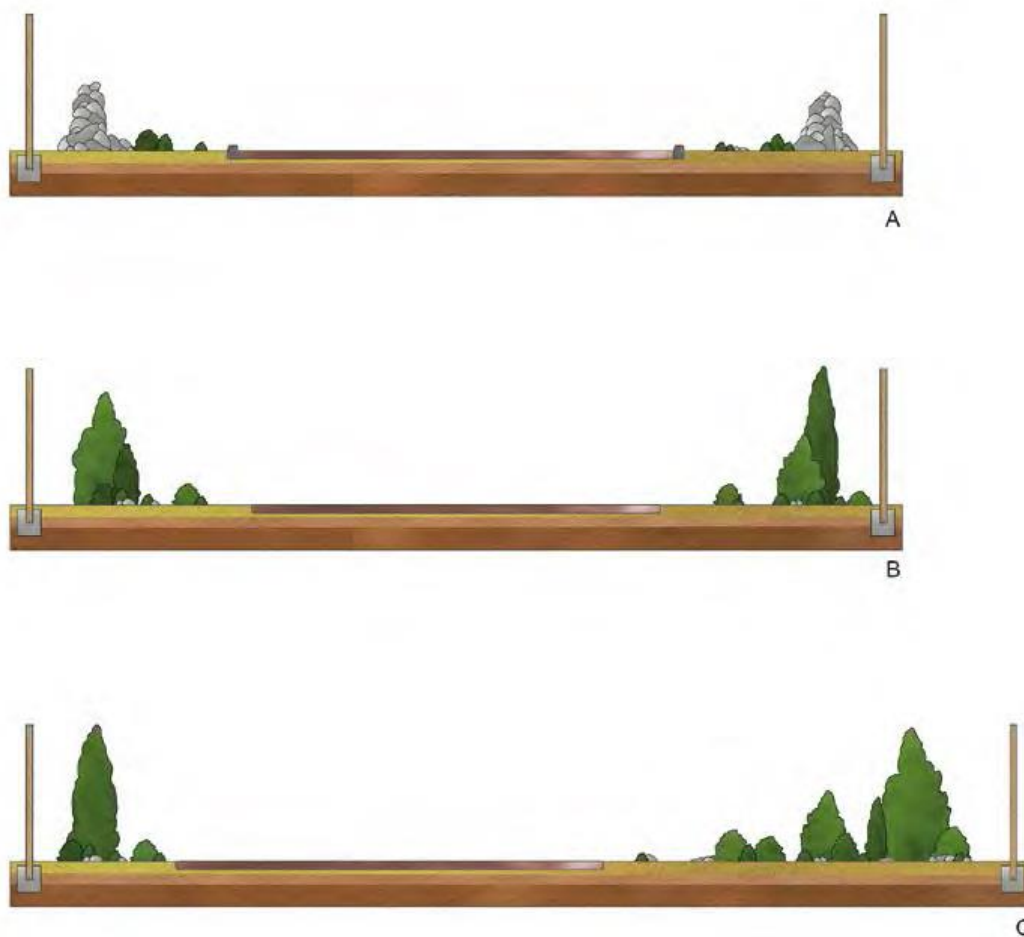


Figura 31.- Disposición de los caminos en el sector central (A y B) o en el lateral (C) y acondicionamiento de márgenes en un paso superior multifuncional. En pasos situados en zonas áridas la vegetación puede sustituirse por muretes de paredes secas o hileras de piedras (A) (fuente: MAGRAMA 2015).

PASO ENTRE ÁRBOLES

DEFINICIÓN

Paso muy específico destinado al tránsito de mamíferos arborícolas (Figura 32 y Figura 33)

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Ardillas y otros mamíferos de hábitos arborícolas.

EFICACIA

Elevada en vías de anchos reducidos (10 m).

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Cables, entramados de cables o cuerdas, puentes de malla o plataformas aprovechando las estructuras de soporte de la señalización viaria (Figura 34).

DIMENSIONES

Cables de diámetro igual o superior a 4 cm.

Puentes de malla: dos cables paralelos, separados entre 20 y 30 cm, con una red entre ellos. Plataformas de 30 cm de anchura.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

En carreteras estrechas puede utilizarse un simple cable o plataforma instalada entre las ramas. Para vías de mayor anchura (y por lo tanto, mayor distancia entre árboles) se requieren estructuras más estables y resistentes.

El diseño debe considerar la estabilidad de estos pasos para prevenir la caída de los animales.

El diseño debe atender al problema de los incendios forestales y evitar su propagación, por lo que los materiales empleados deben ser ignífugos.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Debe intentarse que los pasos entre árboles sean lo menos accesibles posible a los depredadores de los animales que los utilicen.

FIGURAS

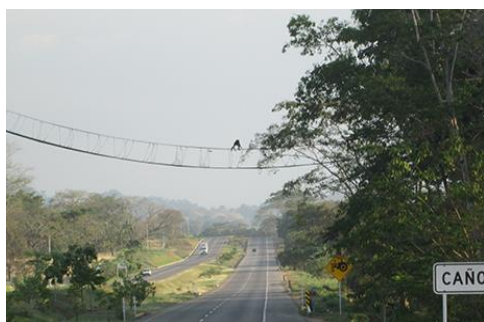


Figura 32.- Paso entre árboles en la Ruta del Sol (Colombia) (fuente: Consorcio Constructor Ruta del Sol -CONSOL-).



Figura 33.- Paso para ardillas de 18 m en Washington (USA) (fuente: The Guardian 2015).

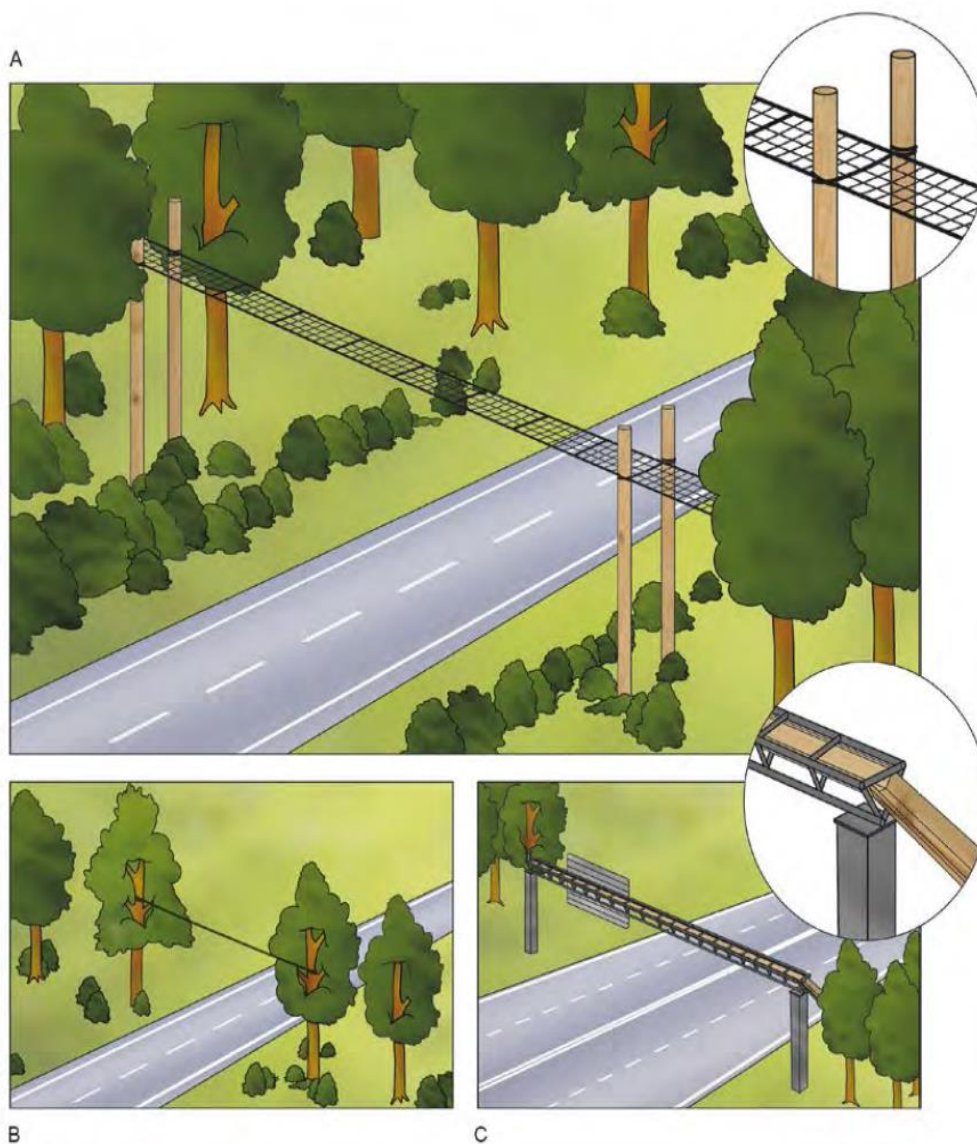


Figura 34.- Esquemas generales de los distintos tipos de pasos entre árboles. A: paso de puente de malla, B: cable entre árboles y C: plataforma para el paso de fauna en soportes de señalización (fuente: MAGRAMA 2015).

OBSERVACIONES

Sólo recomendados en tramos muy concretos en los que una carretera cruce una zona forestal o periurbanas en los que la presencia de ardillas sea notable y las bajas debidas a accidentes sean importantes.

4.2.2.- PASOS INFERIORES.

VIADUCTO ADAPTADO

DEFINICIÓN

Paso adaptado aprovechando el vano libre del viaducto.

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Adecuado para todo tipo de especies.

EFICACIA

Muy eficaz, aunque condicionada por la anchura neta del corredor recuperado. En viaductos de grandes dimensiones es, junto con los ecoductos, el medio más eficaz para sostener la viabilidad de los corredores ecológicos (Figura 35).

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Diversas (losa empujada o autoportante, carro de avance en voladizo, cimbras autoportantes, cimbras tradicionales...) según necesidad del viaducto.

DIMENSIONES

La longitud mínima del viaducto viene dada por los condicionantes hidráulicos y las características topográficas del terreno y constructivas de la vía, pero los requerimientos para que funcione como paso de fauna deben atender a que permita cubrir toda la franja ocupada por vegetación de ribera, ampliando si fuera posible hasta 10 m adicionales a cada lado de la misma (Figura 36).

La distancia entre la vegetación de ribera y las pilas o estribos del viaducto será de 5 m como mínimo, con la finalidad de reducir la afectación a los hábitats naturales y permitir el tránsito de fauna.

La altura mínima de las pilas del viaducto será de 5 m, si se disponen sobre comunidades vegetales arbustivas o herbáceas, y de 10 m si se trata de formaciones arbóreas.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

La adecuación de un viaducto al paso de fauna por su vano consiste sobre todo en minimizar la afectación a la vegetación de ribera y al lecho del río durante la fase de construcción, sobredimensionar la estructura para conservar los hábitats del curso fluvial y sus márgenes y mantener la morfología del terreno recurriendo lo mínimo posible a estructuras artificiales de estabilización.

La sustitución de terraplenes por pilas y el alejamiento de los estribos favorecen la mejor recuperación del medio.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

En las revegetaciones se utilizarán exclusivamente especies autóctonas de la zona, con características de hábitats del entorno y adaptadas a las condiciones de la superficie del paso.

FIGURAS



Figura 35.- Viaducto de grandes dimensiones en el vano que funciona como corredor ecológico (fuente: TORROJA y col. 2011).



Figura 36.- Los viaductos deben dejar libre la vegetación de ribera y no afectar a los cauces (fuente: FERNÁNDEZ y col. 2006).

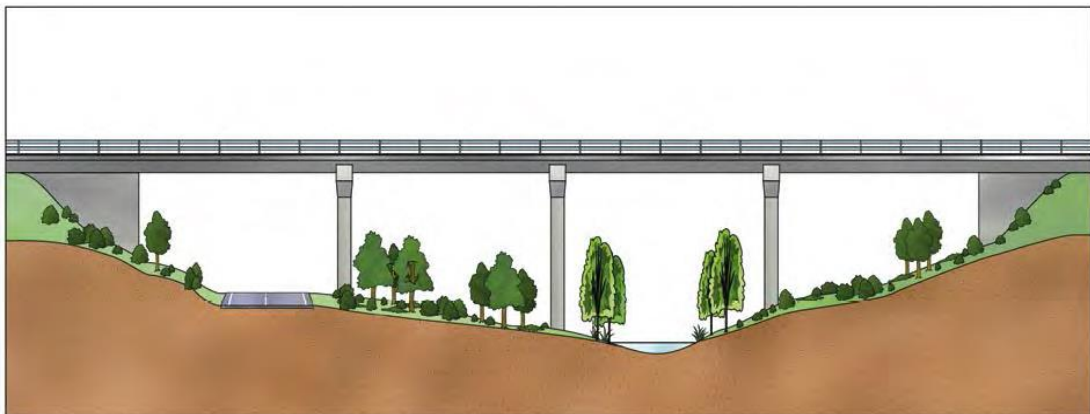


Figura 37.- Detalles de la sección de un ecoducto que muestran distintas opciones de apantallamiento (fuente: MAGRAMA 2015).

OBSERVACIONES

En viaductos de grandes dimensiones es posible compatibilizar la función de conectividad ecológica con la disposición de vías con tránsito de baja intensidad. La instalación de pantallas vegetales (Figura 37) reduce las molestias que esta circulación puede ocasionar.

PASO INFERIOR ESPECÍFICO PARA GRANDES MAMÍFEROS

DEFINICIÓN

Paso de grandes dimensiones específico para fauna bajo el vial (Figura 38).

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Principalmente ungulados (Figura 39) y grandes y medianos carnívoros, aunque puede ser utilizado por otros grupos.

EFICACIA

Eficaz, aunque se reduce en secciones angostas.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Estructuras de sección abierta, tales como cercos y pórticos rectangulares o bóvedas. Los marcos son menos adecuados, ya que no permiten conservar el sustrato natural.

DIMENSIONES

Altura mínima: 3,5 m

Anchura recomendada para optimizar su efectividad: 15 m

Anchura mínima para jabalí y corzo: 7 m con Índice de Apertura ($a \times h \div l$) $> 0,75$

Anchura mínima para ciervo: 12 m y con Índice de Apertura ($a \times h \div l$) $> 1,5$

Longitud máxima recomendada: 60 - 70 m.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

La sección debe ser siempre diáfana (no se consigue el mismo efecto con un solo pórtico que con dos juntos de la mitad de anchura).

Los pasos deben tener la mínima longitud posible, por ello, siempre que sea posible, se construirán perpendiculares a la vía.

Debe asegurarse un buen drenaje de la estructura con el objeto de evitar la inundación del paso, llegando a adecuar franjas laterales que se mantengan secas de, como mínimo, un metro de anchura si se prevé la inundación temporal.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Dado que no es posible la revegetación en el interior del paso se puede, a fin de naturalizar el entorno, colocar elementos inertes (troncos y piedras) que no dificulten el drenaje.

En la canalización de la fauna hacia el paso deben realizarse plantaciones en los alrededores, siempre con especies autóctonas de la zona, que deben ser heterogéneas, combinando los espacios abiertos de los sectores centrales, con franjas longitudinales de árboles y arbustos, que atraigan (por ejemplo, con especies productoras de frutos), conduzcan y ayuden a los animales a encontrar las entradas (Figura 40).

Si es necesario, en las entradas deben colocarse elementos fijos de fisonomía naturalizada (grandes rocas) que, a modo de barreras, impidan la entrada de vehículos.

FIGURAS



Figura 38.- Esquema general de un paso inferior específico de fauna (fuente: MAGRAMA 2006).



Figura 39.- Venado utilizando un paso inferior de fauna (fuente: HERVAS y col. 2006).



Figura 40.- Paso inferior de fauna bien acondicionado (fuente: MAGRAMA 2015).

OBSERVACIONES

La utilización inadecuada de estas estructuras (por ejemplo, como almacén de materiales agrícolas o aparcamiento bajo techo de maquinaria) reduce mucho su eficacia para la fauna, por lo que es aconsejable la inclusión del seguimiento de tales cuestiones en los oportunos programas de vigilancia.

Aunque algunos autores recomiendan el uso de cubierta vegetal en los accesos o entradas a los pasos para dar seguridad a los animales y reducir los efectos negativos, como la iluminación y el ruido asociado a la carretera (CLEVINGER y col. 2001), investigaciones más recientes (IGLESIAS y col. 2012) relativizan el efecto del ruido sobre su utilización, concluyendo que las medidas de reducción del ruido en las carreteras en áreas sensibles para la fauna debe centrarse más en la reducción general de ruido que en la fabricación de lugares de cruce individuales más tranquilos.

PASO INFERIOR MULTIFUNCIONAL

DEFINICIÓN

Estructura bajo el vial que combina un uso mixto como camino o vía pecuaria, e incluso canal, con el paso de fauna silvestre.

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Principalmente ungulados y grandes y medianos carnívoros, aunque puede ser utilizado por otros grupos.

EFICACIA

Eficaz, aunque ésta se reduce en si el uso humano es intenso.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Se puede emplear cualquier tipo de sección y tipología constructiva (cercos y pórticos rectangulares o bóvedas –Figura 41–) siempre que se conserve, o acondicione, un suelo natural. Los marcos son menos adecuados por el rechazo generalizado de la fauna a las soleras de hormigón.

DIMENSIONES

Altura mínima: 3,5 m

Anchura recomendada para optimizar su efectividad: 15 m

Anchura mínima para jabalí y corzo: 7 m y con Índice de Apertura ($a \times h / l$) $> 0,75$

Anchura mínima para ciervo: 12 m y con Índice de Apertura ($a \times h / l$) $> 1,5$

Longitud máxima recomendada: 60 - 70 m.

Anchura mínima de franjas laterales con sustrato natural: 1 m.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

La sección debe ser siempre diáfana (no se consigue el mismo efecto con un solo pórtico que con dos juntos de la mitad de anchura).

Los pasos deben tener la mínima longitud posible, por ello, siempre que sea posible, se construirán perpendiculares a la vía.

Debe asegurarse un buen drenaje de la estructura con el objeto de evitar la inundación del paso, llegando a adecuar al menos una lateral que se mantenga seca de, como mínimo, un metro de anchura.

Si la estructura comparte el paso de fauna con la circulación de vehículos, la superficie central puede estar pavimentada o cubierta de zahorra, pero las franjas laterales deberán recubrirse con sustrato natural.

El camino de los vehículos se ubicará preferentemente en el eje central de la estructura, aunque admite otras disposiciones. No se instalarán elementos lineales de separación entre la zona de uso de los vehículos y la zona de paso de fauna, ni barreras de seguridad tipo biondas o similar.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

En la canalización de la fauna hacia el paso deben realizarse plantaciones en los alrededores, siempre con especies autóctonas de la zona, que deben ser heterogéneas,

combinando los espacios abiertos de los sectores centrales, con franjas longitudinales de árboles y arbustos, que atraigan (por ejemplo, con especies productoras de frutos), conduzcan y ayuden a los animales a encontrar las entradas.

FIGURAS



Figura 41.- Paso inferior mixto abovedado (fuente: IUELL 2003)



Figura 42.- Paso inferior mixto ineficaz (fuente: POLMAN 2014)



Figura 43.- Paso inferior mixto muy utilizado por la fauna debido a su escaso uso humano (fuente: WYOMING DEPARTMENT OF TRANSPORTATION 2010)

OBSERVACIONES

Ante la ausencia de otras estructuras algunos animales aprovechan cualquier paso existente, pero la falta de acondicionamiento –porque que hayan sido diseñados sólo como estructuras de cruce de caminos (Figura 42)– merma mucho su eficacia. Por contra, la ausencia de uso efectivo por el hombre –por ejemplo, debido a las condiciones climáticas, la aumenta (Figura 43).

PASO INFERIOR ESPECÍFICO PARA PEQUEÑOS VERTEBRADOS

DEFINICIÓN

Estructura construida exprofeso para el tránsito de vertebrados de mediano y pequeño tamaño, por debajo del vial.

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Mustélidos, lagomorfos (Figura 44), micromamíferos (Figura 45) y reptiles.

EFICACIA

Eficaz, aunque ésta se reduce mucho si la relación entre anchura y longitud no es adecuada.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Se puede emplear cualquier tipo de sección y tipología constructiva (cercos y pórticos rectangulares o bóveda) siempre que se conserve, o acondicione, un suelo natural. Las secciones rectangulares o cuadradas facilitan una mayor superficie en la base.

DIMENSIONES

Marco mínimo para mamíferos medianos y pequeños (h x a): 2 x 2 m.

Marco mínimo para micromamíferos y reptiles (h x a): 20 cm x 30 cm.

Longitud máxima recomendada: 60 m.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

La sección debe ser siempre diáfana (no se consigue el mismo efecto con un solo pórtico que con dos juntos de la mitad de anchura).

Los pasos deben tener la mínima longitud posible, por ello, siempre que sea posible, se construirán perpendiculares a la vía.

Debe asegurarse un buen drenaje de la estructura con el objeto de evitar la inundación del paso, llegando a adecuar al menos una franja lateral que se mantenga seca siempre (de 50 cm de anchura si es para mamíferos medianos y pequeños).

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Para facilitar el refugio a las especies, y así incitar el paso de los pequeños animales, se pueden instalar hileras de piedras, tocones de árboles, troncos o ramas secas en los márgenes laterales.

Los accesos también pueden ser acondicionados con plantaciones y cerramientos para conducir a los pequeños animales hacia el paso (Figura 46).

El mantenimiento periódico de la estructura, e incluso su limpieza de residuos, aumenta la eficacia de uso.

Pequeñas adaptaciones (como fisuras en el techo de una anchura entre 1,5 y 2 mm) pueden colaborar a la instalación de murciélagos en estas estructuras, en particular los de vuelo raso y ágil, tales como los Murciélagos de Herradura, los Murciélagos Orejudos y los Murciélagos Ratoneros.

FIGURAS



Figura 44.- Fotografía de liebre en un paso inferior específico para pequeños vertebrados en la A-52 (fuente: MATA 2007).



Figura 45.- Ardilla en un paso inferior específico para pequeños vertebrados (fuente: MATA 2007).



Figura 46.- Acondicionamiento de acceso para conducir a los animales hacia el paso (fuente: MAGRAMA 2006).



Figura 47.- Estructura de cruce especialmente acondicionada para el tránsito de Lagartos Bobtail en Australia (fuente: CHAMBERS, B. y BENCINI, R. 2013).

OBSERVACIONES

La simplicidad de estos pasos y, en consecuencia, su por lo general bajo coste ha hecho de ellos una de las estructuras de cruce habitualmente más construidas en todos los viales del mundo, existiendo ejemplos en prácticamente todos los continentes (Figura 47), aunque todavía es más usual la adaptación de los drenajes.

DRENAJE ADAPTADO ANIMALES TERRESTRES

DEFINICIÓN

Estructura de drenaje adaptada para su utilización simultánea como zona de paso por vertebrados terrestres.

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Casi cualquiera, en función del tamaño del drenaje y del grado y frecuencia de la inundación, aunque los ungulados requieren de tamaños elevados.

EFICACIA

Eficacia desigual en el uso por parte de las distintas comunidades faunísticas y, en general, más bajo que otras estructuras (Figura 48).

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Las propias de un drenaje (pórtico, bóveda, cajón...), aunque las estructuras circulares son menos adaptables.

DIMENSIONES

Para ser adaptados al paso de fauna los drenajes deben contar, en general, con una sección de 2 x 2 m (ó 2 m de diámetro en estructuras circulares) (Figura 49).

Dimensiones menores pueden ser adaptadas cuando vayan destinados a mustélidos semiacuáticos (visón, nutria...).

La anchura de las banquetas o andenes laterales será de, al menos, 0,5 m y su altura estará en función de la lámina de inundación.

La rampa de acceso a las banquetas no debe tener nunca una pendiente superior a 45°, siendo recomendable menos de 30°.

El uso por ungulados exige dimensiones equiparables a los pasos inferiores multifuncionales.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

La adaptación de drenajes es relativamente sencilla, bastando la utilización de materiales adecuados (el acero corrugado es poco compatibles con el paso de fauna), la construcción de banquetas laterales (una a cada lado de la estructura) que permanezcan secas (Figura 50) y el acondicionamiento de las entradas (con conexión con las banquetas). En los drenajes circulares es aconsejable el acondicionamiento de una superficie plana en la base.

Es conveniente la adaptación de todos los drenajes existentes en la vía para alcanzar un grado de eficacia elevado en conjunto.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

En las entradas (superior e inferior) del paso deben evitarse la obstaculización por socavones, escalones u otros elementos. Suele ser una buena solución constructiva los encachados en piedra para obviar estos problemas.

Debe atender a que, una vez realizada la adaptación, los requerimientos hídricos del drenaje sigan cumpliéndose.

FIGURAS

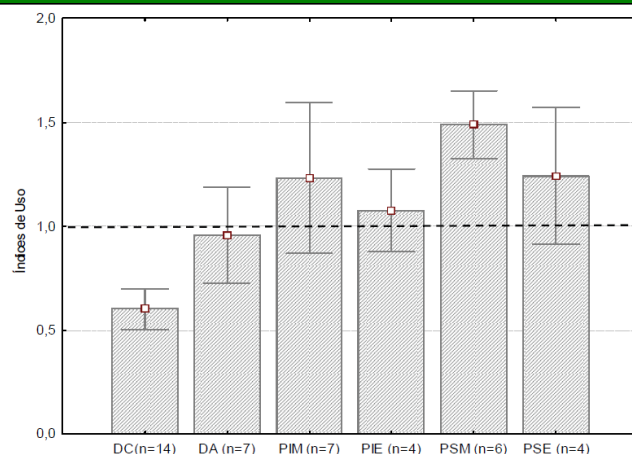


Figura 48.- Índices de uso por animales (valor base esperado = 1) en cada uno de los tipos de estructuras en la A-52. Se muestra la media y el error típico. DC: drenaje circular; DA: drenaje adecuado; PIM: paso inferior mixto; PIE: paso inferior específico; PSM: paso superior mixto; PSE: paso superior específico. N: número de estructuras controladas (fuente: MATA 2007).

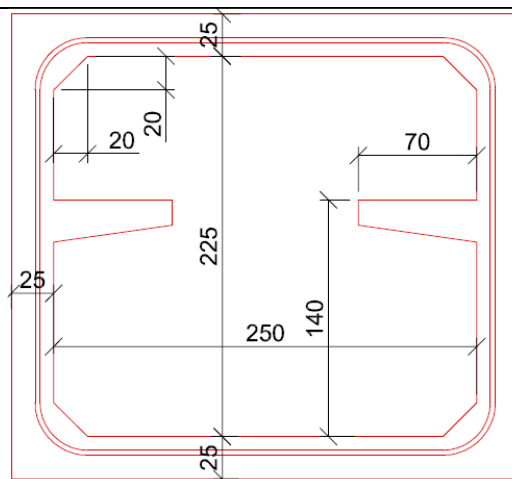


Figura 49.- Dimensiones mínimas (cm) para la sección de un drenaje recomendadas por el Service Ouvrages d'Art del Conseil Général du Morbihan, Francia (fuente: CRENN 2011).

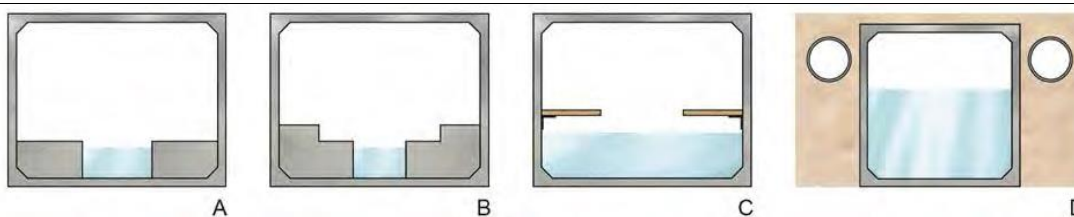


Figura 50.- Secciones transversales de drenajes con plataformas secas. Banquetas de hormigón (A), que pueden ser de diversas alturas si se prevén variaciones del nivel del agua (B). Plataformas (C) que permiten adaptar drenajes sin reducir su sección hidráulica. Solución adecuada sólo para visión europeo y nutria (D) (fuente: MAGRAMA, en prensa).

OBSERVACIONES

Pese a su menor uso, hay que destacar la importante labor ejercida por los drenajes para los vertebrados de pequeño y mediano tamaño, ya que se trata de las estructuras transversales más frecuentes y con menos presencia humana de las existentes en las autovías (CLEVINGER y col. 2001).

DRENAJE ADAPTADO PARA PECES

DEFINICIÓN

Estructura de drenaje adaptada para dar continuidad a la comunidad de peces y otros organismos acuáticos del cauce que desagua.

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Peces y, en su caso, otros organismos acuáticos.

EFICACIA

Muy eficaz.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Las tipologías más adecuadas para la adaptación son las de tipo pórtico y bóveda, mientras que las estructuras de sección cerrada (sean circulares o rectangulares) son menos adecuadas, aunque también pueden ser arregladas (Figura 51).

DIMENSIONES

Las adaptaciones sólo son recomendables con pendientes de drenaje menores a 30°. La profundidad de la lámina depende de las especies a considerar, pero no debe ser inferior a los 20 cm.

La altura de los obstáculos a superar depende de las especies consideradas, pero es un factor limitante (altura máxima indicativa de los obstáculos = 5 – 10 cm).

Velocidad máxima del agua dentro del drenaje = 1,5 m/s.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

La adaptación debe permitir el movimiento de los peces tanto a favor como en contra de la corriente, así como, en su caso, la migración de los anádromos y catádromos.

No son adaptables las estructuras que tengan pozos, arquetas o bajantes escalonadas en sus accesos.

El lecho debe ser natural, por lo que las estructuras de sección circular deben sobredimensionarse y hundirse en el terreno.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Debe velarse porque el paso mantenga agua incluso en estiaje.

El acondicionamiento de pequeñas pozas de agua en la salida del drenaje facilita el remonte de los peces por el mismo.

Si es necesario ralentizar el paso del agua dentro del drenaje los deflectores recomendados son los transversales, pudiendo recurrirse a materiales naturales (troncos o piedras) para su construcción (Figura 52).

Puede ser preciso realizar actuaciones, como pequeñas escalas, que permitan el acceso de los peces al drenaje adaptado (Figura 53).

La limpieza periódica es muy recomendable, en particular para la retirada de los residuos y materiales que hubiera podido arrastrar la escorrentía y que pueden impedir el correcto funcionamiento de la estructura.

FIGURAS

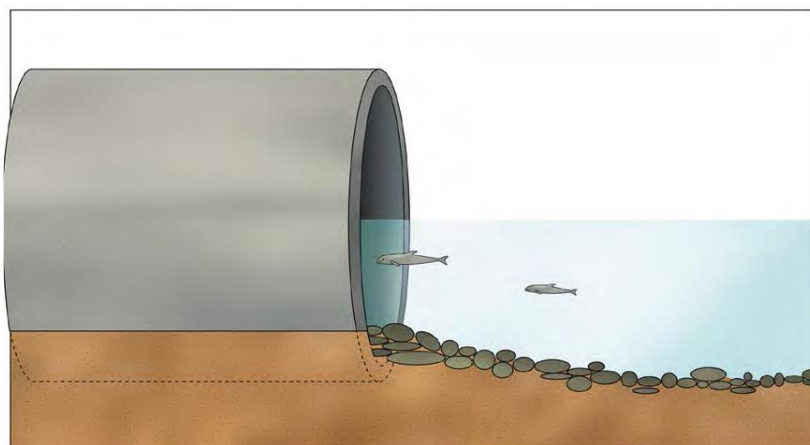


Figura 51.- Adaptación correcta de un tubo de drenaje, con un lecho naturalizado en su interior y una lámina de agua suficiente para permitir el paso de los peces (fuente: MAGRAMA 2006)

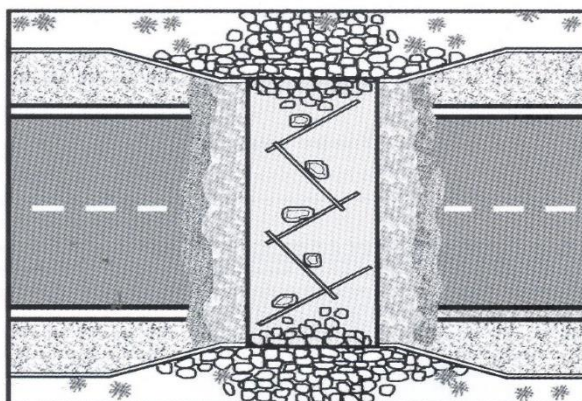


Figura 52.- Planta de drenaje adaptado para peces con deflectores naturales (fuente: FONSECA y col. 2010)



Figura 53.- Escala para salmonidos para acceder a un drenaje adaptado (fuente: MAINE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION 2008).

PASO PARA ANFIBIOS

DEFINICIÓN

Estructura de paso exclusiva destinada a reducir la fragmentación que produce la carretera en los desplazamientos de los anfibios.

ESPECIES QUE PUEDEN UTILIZARLO

Anfibios, aunque ocasionalmente también es usado por pequeños carnívoros, micromamíferos y algunos reptiles.

EFICACIA

Eficaz, pero muy condicionado al correcto emplazamiento y ejecución del paso y del vallado de guía.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Las paredes verticales de los cajones facilitan el avance de los ejemplares, pero pueden adaptarse también estructuras circulares.

DIMENSIONES

La sección del paso debe aumentar con su longitud, conforme al siguiente esquema:

Longitud en m	Sección en m (a x h)
< 20	1 x 0,75
20 – 30	1,5 x 1
30 – 40	1,75 x 1,25
40 – 50	2 x 1,5

Distancia máxima entre pasos de 60 -100 m.

Altura mínima del vallado de guía: 0,4 – 0,6 m.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

Los anfibios tienen para orientarse hacia las obras de paso, por lo que estas deben ser complementadas siempre con un cerramiento específico, que actúa como estructura o vallado de guía (de hormigón, madera tratada u otro material opaco) destinada a interceptar sus desplazamientos y conducirlos hacia los pasos (Figura 54 y Figura 55).

Los pasos no deben presentar ningún escalón u obstáculo ni en los accesos ni en su interior. En caso de desnivel entre el entorno y el interior del paso se debe salvar mediante una rampa de pendiente suave.

Los anfibios requieren humedad, pero no una lámina de agua recubriendo toda la superficie del paso, por lo que deben contar con un buen drenaje para evitar su inundación.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Ajustar bien el cerramiento sin dejar huecos con el terreno.

En las intersecciones con caminos, se deben instalar rejas transversales que eviten que los anfibios accedan a la calzada. Los ejemplares que caigan entre los huecos de las rejas deben poder salir por los laterales y desplazarse siguiendo las estructuras de guía hacia los pasos habilitados.

FIGURAS

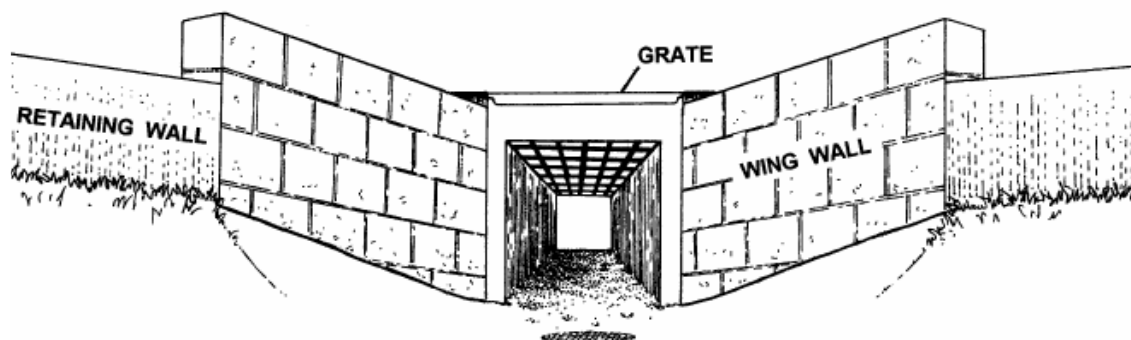


Figura 54.- Esquema general de un paso para anfibios (fuente: MAINE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION 2008).



Figura 55.- Acondicionamiento para paso de anfibios en la HF-6248 (fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA 2010).

OBSERVACIONES

Los principales conflictos con anfibios se localizan en los tramos en los que una vía intercepta las rutas de migración periódica a sus zonas de reproducción (balsas, lagunas o cursos fluviales). En algunas especies tanto la migración hacia estas áreas, como la posterior dispersión de jóvenes hacia los ambientes terrestres, muestran una gran sincronización y acumulación en un tramo concreto, por lo que se produce un desplazamiento masivo de individuos en una determinada dirección y durante unos pocos días, por lo que es posible el diseño de barreras temporales y el traslado manual de los animales en periodo de migración. Un trabajo reciente (CRAWFORD y ANDREWS 2016) muestra como la actitud de los conductores hacia la mayoría de los reptiles, o incluso los pequeños animales (por ejemplo, los anfibios), no es la misma que hacia los grandes (ungulados) o hacia aquellos que pueden ser considerados mascotas (perros, gatos, tortugas...) y que ello puede tener influencia en el número de colisiones que se producen. (PARDO DE SANTAYANA 2009).

4.2.3.- MEDIDAS ESPECÍFICAS.

VALLADOS PERIMETRALES

DEFINICIÓN

Cercado de contención destinado a reducir los atropellos de fauna y disminuir el riesgo de colisión con animales silvestres.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Ungulados (Figura 56) y grandes carnívoros, aunque dependiendo de la densidad de la malla también puede detener el paso de medianos y pequeños carnívoros. Existen adaptaciones para pequeños mamíferos.

EFICACIA

Muy alta si la selección del tipo de vallado es adecuada.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

El cerramiento se realiza con malla anudada rectangular de alambre galvanizado y de densidad progresiva o con malla de torsión. Los postes de tensión son de acero galvanizado.

DIMENSIONES

Según especies, conforme al siguiente esquema:

	Jabalí	Corzo y gamo	Ciervo
Altura mínima sobre el terreno (m)	1,60-1,80	1,60-1,80	2,20
Separación entre postes (m)	2-4	4-6	4-6

Se debe enterrar 20 cm de malla en el suelo.

Recomendable que el poste de tensión forme ángulo hacia el exterior de la vía en el extremo superior –con dos hilos de acero galvanizado adicionales–, a fin de dificultar los intentos de salto de algunas especies.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

Es recomendable instalar cerramientos continuos, además de los exigidos por la legislación vigente, a partir de IMD superiores a 25000 vehículos.

El vallado debe ser vertical en todo el trazado, y las cotas de altura son siempre medidas desde la parte más elevada del terreno.

Existen distintos tipos de malla, pero se recomienda que la distancia entre hilos verticales de la malla anudada sea de 15 cm y la distancia entre hilos horizontales de 15-20 cm en la parte superior disminuyendo progresivamente hasta la base, donde debe ser de 5-15 cm.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Si es necesario un refuerzo en la base se recomienda la malla rígida electrosoldada con rectángulos de 5 x 30 cm (Figura 57).

Debe prestarse especial atención a la resolución de las uniones entre el vallado y otros elementos, tales como viaductos, bocas de túneles, obras de drenaje...

REQUERIMIENTOS ESPECIALES

Por sus especiales características osos y lince requieren de vallados singulares.

Oso: malla de triple torsión de 8 x 10 de luz y alambres de 2,7 mm de grosor; de al menos 3 m de altura, con los 80 cm superiores terminados en espiga con un ángulo de 45° hacia el exterior de la vía. La parte inferior del cerramiento debe reforzarse con un faldón horizontal de malla de 1,5 m de ancho, enterrado en la parte exterior del cerramiento o tendida y anclada sobre el suelo para evitar que los osos excaven por debajo. Los postes de sujeción deben ser también reforzados.

Lince: malla de torsión o electrosoldada, que debe alcanzar una altura de 200-250 cm por encima del nivel del terreno, y con el extremo terminal formando un ángulo de 45° hacia el exterior de la vía. La parte basal debe estar enterrada.

En determinadas circunstancias puede tener interés impedir el paso de pequeños mamíferos y de reptiles o algunas especies singulares, tales como nutrias o visones europeos. Ello exige una adaptación especial, con una malla de menor luz (de 1 x 1 cm a 4 x 4 cm, según el caso) de 60 cm de alta desde el suelo y 20 cm enterrada en el suelo (Figura 58).

FIGURAS



Figura 56.- Ciervo detrás de la valla de una autovía (fuente: FDOT 2009).



Figura 57.- Detalle del refuerzo con malla rígida electrosoldada (fuente: MAGRAMA 2015).



Figura 58.- Detalle de adaptación para pequeños mamíferos (fuente: MAGRAMA 2015).

SISTEMAS DE ESCAPE EN VALLADOS PERIMETRALES

DEFINICIÓN

Dispositivos que permiten a los animales que hayan accedido al interior del vallado salir con facilidad para evitar que deambulen por la carretera.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Generalmente para ungulados y grandes carnívoros, aunque pueden diseñarse para otros animales.

EFICACIA

Alta.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Muy variada: desde simples rampas de tierra (Figura 59) por el interior del vallado hasta puertas batientes (Figura 60).

DIMENSIONES

Distancia entre puertas: según necesidad, pero recomendada 500 m, alternando cada 250 m a uno y otro lado de la calzada.

Rampas de escape: 50 cm inferior a la altura del vallado.

Puertas de escape: desde 80 cm x 40 cm a 150 cm x 90 cm, según necesidad.

Se debe enterrar 20 cm de malla en el suelo.

Recomendable que el poste de tensión forme ángulo hacia el exterior de la vía en el extremo superior –con dos hilos de acero galvanizado adicionales–, a fin de dificultar los intentos de salto de algunas especies.

FIGURAS



Figura 59.- Rampa de tierra de escape para ciervos, dotada de cámaras de seguimiento (círculos rojos), en la Highway 550 (Colorado, USA) (fuente: SIEMERS y col. 2015).



Figura 60.- Puerta de escape para jabalíes en la A51 de Francia (fuente: BUTON y BEROUD 2013).

SEÑALIZACIÓN DE ADVERTENCIA

DEFINICIÓN

Señales de advertencia de la presencia de animales silvestres ajustadas a la normativa de señalización contenida en la Instrucción de Carreteras y Reglamento General de Circulación o que cuenten con autorización de los organismos competentes.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Cualquiera, pero especialmente a aquellas susceptibles de causar accidentes.

EFICACIA

Media o baja, debido a la habituación de los conductores.

DIMENSIONES

Ajustada a la normativa en vigor.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

La señal vertical normalizada que advierte de la probable irrupción de fauna silvestre en la calzada corresponde al código P-24 (Figura 61).

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Debido a la escasa efectividad de la señal P-24, por su profusa utilización, se recomienda, en los casos justificados, reforzar el mensaje con señalización especial, consistente en la inclusión de la normalizada en un cartel con fondo amarillo fluorescente y reflectante, y con la incorporación de señales luminosas destellantes si fuera preciso, o con señales similares “ad-hoc” (Figura 62).

En ocasiones puede ser necesario limitar la velocidad de circulación (factor identificado como variable que aumenta la probabilidad de accidente).

FIGURAS



Figura 61.- Señal normalizada P-24



Figura 62.- Señal reforzada, indicando una zona con osos, en la AS-227 (fuente: propia)

OBSERVACIONES

Para evitar la habituación a la señalización reforzada se recomienda que sólo esté operativa durante los períodos críticos de mayor concentración de accidentes, que pueden variar según cuál sea la especie implicada en los siniestros.

DISPOSITIVOS DISUASORIOS ÓPTICOS

DEFINICIÓN

Dispositivos que emiten estímulos visuales destinados a repeler a los animales para que no crucen las vías de transporte, o para que no lo hagan cuando transita un vehículo.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Ungulados principalmente y algunos otros mamíferos medianos y grandes.

EFICACIA

Muy baja.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Elementos fabricados con materiales reflectantes instalados sobre postes o incluso sobre los hitos de arista, que reflejan la luz de los faros de los vehículos proyectándola hacia los hábitats del entorno de la vía, es decir hacia el exterior de ella, creando una barrera (Figura 63) que, en principio, debe disuadir a los animales de atravesarla.

DIMENSIONES Y COLOCACIÓN

Dimensiones variables, en torno a 185 mm de alto por 80 mm de ancho, instalados sobre postes de acero galvanizado (30 cm de alto), perfiles de pvc o hitos convencionales de arista. Existen diferentes modelos que permiten una instalación con reflejo horizontal de la luz o con diversos grados de inclinación para adaptarse a la topografía del terreno (Figura 64).

FIGURAS

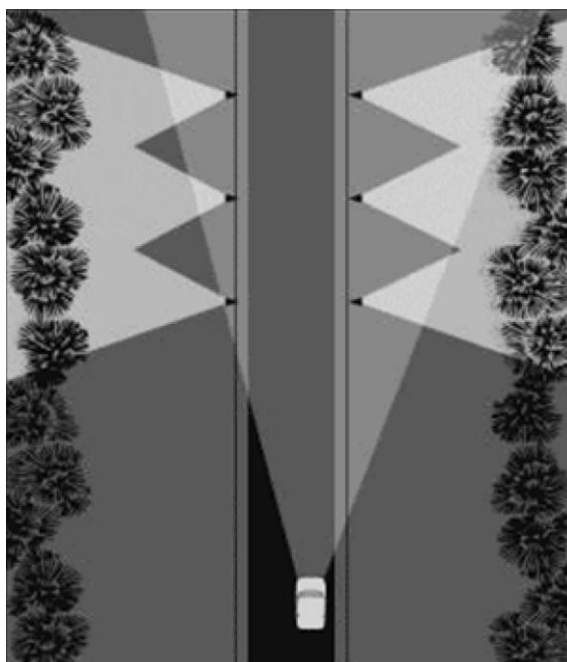


Figura 63.- Barrera formada por disuasores ópticos (fuente: BEBEN 2012).

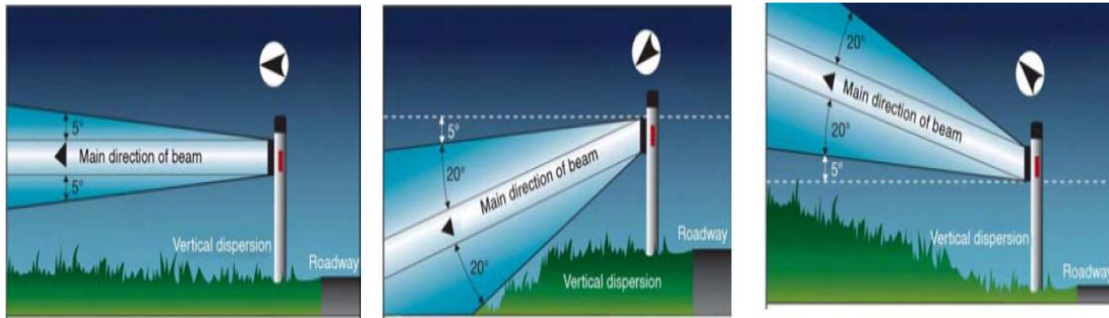


Figura 64.- Instalación de los reflectores con distinto ángulo (fuente: SWAREFLEX)



Figura 65.- Jabalí atravesando una barrera óptica inactiva debido a la escasa oscuridad.

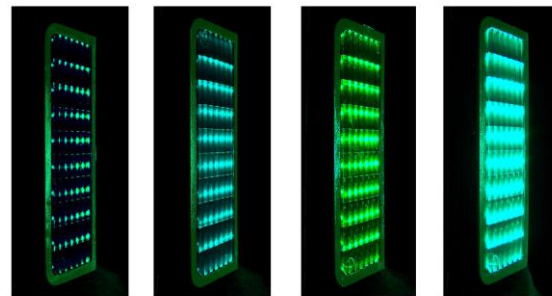


Figura 66.- Color de recepción por ciervos de la luz reflejada en reflectores rojo, azul, ambar o blanco (fuente: RENNEKE, 2006).

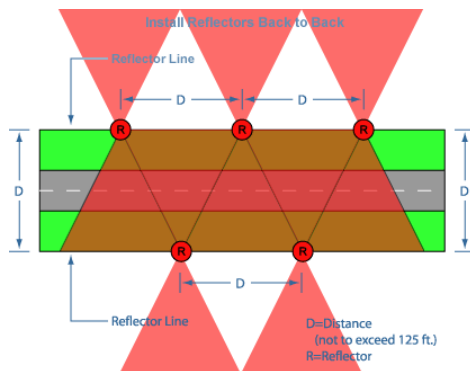


Figura 67.- Esquema de instalación de una doble barrera (interior y exterior de la vía) de reflectores (fuente: STRIETER-LITE).



Figura 68.- Modelo de reflector interior-exterior (fuente: STRIETER-LITE 2014).

OBSERVACIONES

Por su propia naturaleza, sólo funcionan de noche (Figura 65), cuando la luz del vehículo es reflejada y el color del reflector es indiferente, atendiendo a la práctica igual recepción por los animales (Figura 66).

La baja eficacia de estas medidas deriva de la habituación de los animales a ellas, por lo que se obtienen mejores resultados empleándolos sólo en periodos críticos y no de forma permanente. Se han realizado algunos intentos de aumentar su eficacia instalando reflectores orientados simultáneamente tanto hacia el exterior de la vía, como hacia su interior (Figura 67 y Figura 68)

DISPOSITIVOS DISUASORIOS SONOROS

DEFINICIÓN

Dispositivos que emiten estímulos sonoros destinados a espantar a los animales y que así se alejen de las vías de transporte.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Ungulados, sobre todo, y algunos otros grupos de medianos y grandes mamíferos.

EFICACIA

Baja.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Dispositivos que emiten generalmente ultrasonidos (generalmente de frecuencia de 2 a 5 kHz) que molestan a los animales.

DIMENSIONES Y COLOCACIÓN

Existen dos posibilidades:

Pequeños aparatos (de unos 8 x 8 cm) (Figura 69) que, además, llevan unas placas solares que los alimentan y sensores de activación (a través de la luz de los vehículos), dispuestos, en la mayoría de los casos, sobre postes o hitos (Figura 70) en el borde de las carreteras en número, distancia y modo según las características del sonido emitido, y del tramo de vial.

Aparatos incorporados a los propios vehículos, y es desde ellos donde se emiten los sonidos que molesta a los animales.

FIGURAS



Figura 69.- Disuasor acústico (fuente: SWAREFLEX 2014).



Figura 70.- Disuasor acústico montado conjuntamente con uno lumínico (fuente: SWAREFLEX 2014).

DISPOSITIVOS DISUASORIOS O ATRACTIVOS OLFATIVOS

DEFINICIÓN

Dispositivos que emiten estímulos olfativos destinados a repeler o atraer a los animales para que no crucen las vías de transporte o para que lo hagan por determinadas zonas, conduciéndolas hacia ellas.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Ungulados principalmente.

EFICACIA

Media.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Repelentes de olor: resinas sintéticas impregnadas con sustancias que desprenden un olor que simula el de humanos o el de predadores de ungulados (por ejemplo, orina de lobo).

Atrayentes olfativos: resinas sintéticas impregnadas con sustancias con olor a madera, a trementina o a otras sustancias que atraen a ungulados y otros mamíferos para desparasitarse. También pueden emplearse feromonas de hembra de corzo o de jabalí para atraer a los machos.

DIMENSIONES Y COLOCACIÓN

Las resinas se adhieren a estacas, postes, hitos u otros elementos a unos 60 cm de altura y con 5 m de separación entre ellas, colocadas en ocasiones en una doble hilera (la primera lo más cerca posible del borde de la carretera y la segunda en paralelo a 10 m de distancia) (Figura 71). En ocasiones se emplean simplemente botellas de plástico de 250 cm³ agujereadas sujetadas a las vallas o a los hitos de la carretera (Figura 72), o se insertan en las grietas de una escollera (Figura 73).

Para los atrayentes se puede emplear el mismo sistema o impregnar las paredes, con una simple brocha, de las zonas de paso hacia donde se pretende dirigir a los animales (Figura 74).

FIGURAS



Figura 71.- Doble hilera de estacas con resina olorosa (fuente: MAGRAMA 2015).



Figura 72.- Aplicación de un repelente en botella sujeto a una valla (fotografía cortesía de Juan Antonio Ruiz de Villa).



Figura 73.- Inserción de repelentes entre las rocas de una escollera (fotografía cortesía de Juan Antonio Ruiz de Villa).



Figura 74.- Aplicación de un atrayente en un drenaje para que actúe como paso de fauna (fotografía cortesía de Juan Antonio Ruiz de Villa).

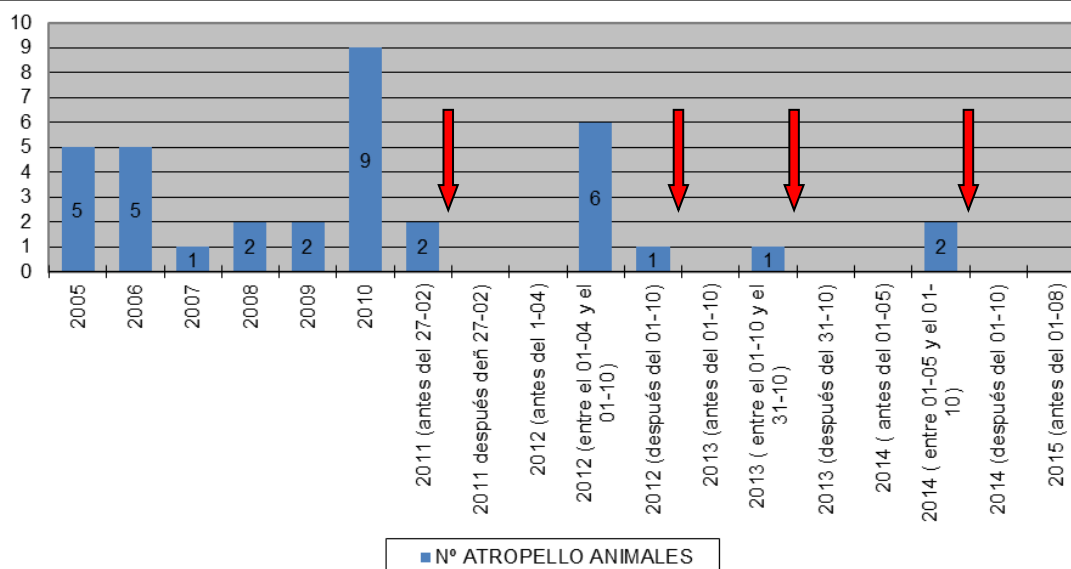


Figura 75.- Gráfica de accidentes por fauna silvestre en una carretera de Cantabria en la que las flechas rojas indican las fechas en que fueron aplicados repelentes y atrayentes (combinados para dirigir la fauna hacia pasos inferiores) (fuente: COLLAZOS y col. 2015).

OBSERVACIONES

Se puede aumentar bastante la eficacia empleando los repelentes o atrayentes sólo en periodos críticos de mayor número de accidentes y no de forma permanente, para evitar la habituación de los animales.

En cualquier caso, requieren de cierta renovación periódica, ya que las sustancias se evaporan y pierden efectividad (Figura 75).

Algunos autores opinan que la eficacia puede variar mucho en función de los tipos de repelentes usados, de sus concentraciones, de las épocas en que se utilicen e, incluso, de las formas de aplicación (KUŠTA y col. 2015)

SISTEMAS DE LIMITACIÓN DE ACCESOS A LA VÍA

DEFINICIÓN

Dispositivos que impiden que los animales penetren las vías valladas a través de enlaces o accesos.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Ungulados, sobre todo, pero también es eficaz con otros mamíferos.

EFICACIA

Alta.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Barreras “canadienses”: fosa transversal a la vía cubierta con una parrilla de rejas, tubos o barras metálicas, preferentemente móviles, a nivel de rasante (Figura 76).

Alfombras eléctricas: placas integradas en una malla metálica electrificada situada a nivel de rasante, alimentada por baterías y paneles solares que, cuando el animal la pisa, recibe una descarga eléctrica, haciéndole retroceder (Figura 77). Requiere de una instalación sobre una base de grava y hormigón para su correcto funcionamiento (Figura 78).

DIMENSIONES

Barreras “canadienses”: La longitud de la fosa variará en función de las especies de ungulados a las que vaya destinada, pero se recomienda un mínimo de 2 m en general y de 3 m en el caso del ciervo. La profundidad suele ser de, al menos, 30 cm. La separación entre rejas de 5 a 7 cm. Es necesario instalar una rampa de hasta 45° y superficie rugosa en los laterales para permitir el escape de los pequeños animales que caigan al foso.

Alfombras electrificadas: El ancho se sitúa en torno a 1 m y el largo depende de la vía o acceso a interceptar.

FIGURAS



Figura 76.- Barrera o paso canadiense.



Figura 77.- Alfombra electrificada (fuente: ROSELL).

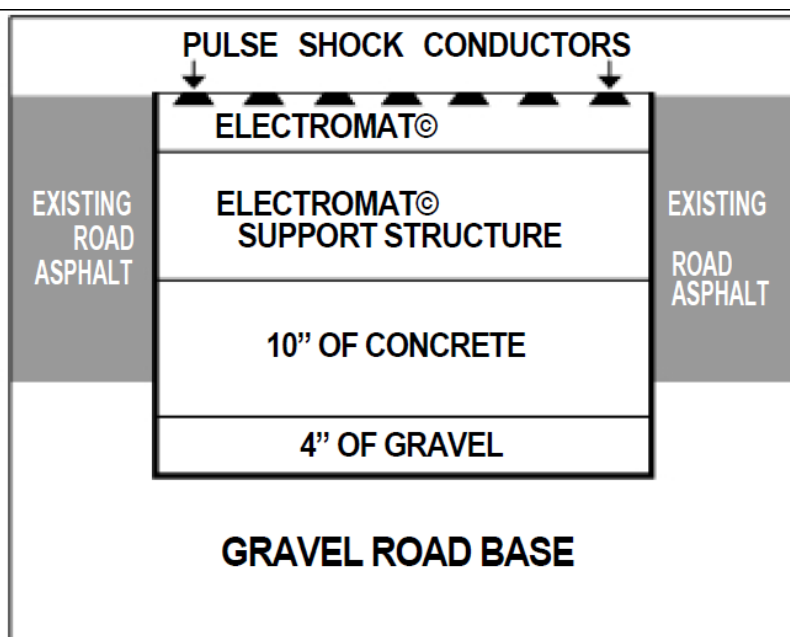


Figura 78.- Sección de instalación de una alfombra electrificada (fuente: LAMPMAN).

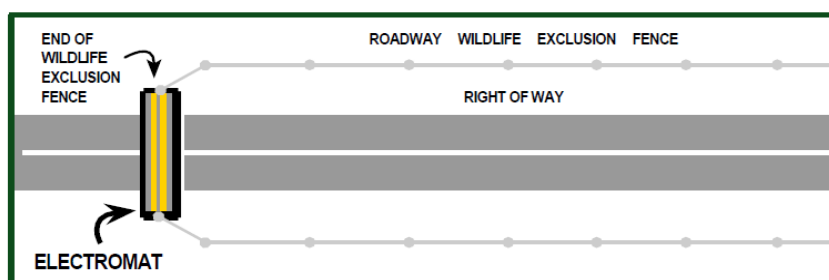


Figura 79.- Alfombra electrificada situada transversal a la vía (fuente: LAMPMAN).

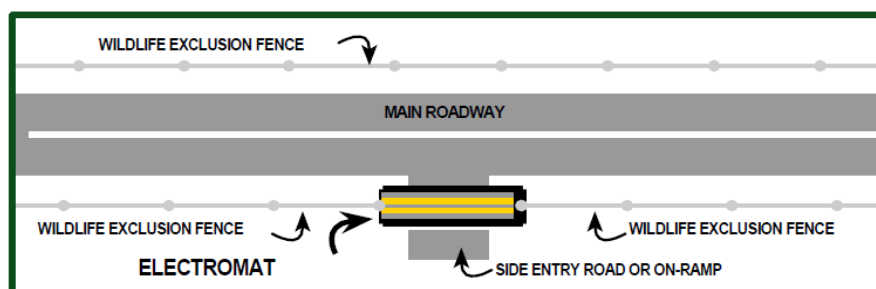


Figura 80.- Alfombra electrificada situada en un acceso a la vía (fuente: LAMPMAN).

OBSERVACIONES

Las barreras canadienses no pueden ser colocadas donde el acceso a la vía se deba realizar a cierta velocidad.

Las alfombras electrificadas, así como las barreras canadienses, pueden ser utilizadas en los accesos a la vía o en la propia vía a fin de separar tramos (Figura 79 y Figura 80). FLOWER (2016) muestra que las alfombras electrificadas son una buena opción para lugares como los finales de los vallados o en carreteras con IMD de más de 500 vehículos.

4.2.4.- ADAPTACIÓN DEL HABITAT.

GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN DE MÁRGENES Y MEDIANAS

DEFINICIÓN

Actuaciones sobre márgenes y medianas, en especial sobre la vegetación (Figura 81), para reducir su atractivo para distintas especies animales y para aumentar la visibilidad de los ejemplares que se puedan acercar a la carretera.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Mamíferos de distintos grupos y aves principalmente.

EFICACIA

Media.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

En vías convencionales la realización de desbroces y siegas en una franja de unos 3 m a partir de la arista exterior de la plataforma suele ser suficiente. La tala de árboles puede ser también necesaria, aunque suelen bastar los desbroces del estrato arbustivo. En vías con cerramiento perimetral, es recomendable que se mantengan pasillos sin vegetación arbustiva ni arbórea adyacente a los vallados para evitar que algunas especies puedan trepar y saltar el cerramiento.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Debe considerarse la época de realización de los desbroces para evitar rebrotes que actúen como atrayentes para la fauna.

FIGURAS



Figura 81.- Desbroce de la vegetación de la Hwy-3 en Alaska para aumentar la visibilidad de los arce (fuente: HUIJSER y col. 2008a).

OBSERVACIONES

Existen datos obtenidos con simuladores que ponen de manifiesto que la reducción de la velocidad cuando un alce aparecía en las márgenes de la carretera era significativamente mayor cuando la vegetación era escasa (ANTONSON y col. 2015).

4.2.5.- ADAPTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA.

PANTALLAS PARA AVES

DEFINICIÓN

Barreras destinadas a dificultar el acceso de las aves a la zona de las carreteras donde pueden ser atropelladas, obligándolas a elevar el vuelo cuando las cruzan.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Todo tipo de aves con hábitos de vuelo a baja altura.

EFICACIA

Eficaz.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Diversa, desde pantallas de obra y formadas por paneles verticales de distintos materiales (hormigón, policarbonato, polimetacrilato, vidrio, madera –Figura 82–...) hasta postes verticales dispuestos longitudinalmente, pasando por diques de tierra, pantallas vegetales (o sistemas mixtos, por ejemplo, pantallas vegetales sobre caballones de tierra) o la simple adecuación de los vallados perimetrales.

DIMENSIONES

Pantallas de obra: 3 m de altura (recomendada).

Diques de tierra: 2,5 m de altura (recomendada).

Pantallas vegetales: 5 m de altura, 10 m de anchura, 1 pie por metro de densidad de plantación mínima.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

Las pantallas de obra deben ser siempre opacas o, al menos, claramente visibles para evitar colisiones de las aves con ellas (por ejemplo, con bandas verticales de 2 cm de ancho cada 10 cm pintadas en color claro o reflectante). Las barreras tienen que estar colocadas a ambos márgenes de la carretera. Las especies de las pantallas vegetales deben formar una vegetación densa y tupida, y no ofrecer refugio, así como, alimentación (frutos) a ningún ave.

FIGURAS



Figura 82.- Pantallas antocolisión para aves (fuente: PANACOR).

ADAPTACIÓN DE ARQUETAS, SIFONES, CUNETAS Y BORDILLOS

DEFINICIÓN

Arreglo de arquetas, drenajes, sifones, etc., para evitar que actúen como trampas mortales para animales de pequeño tamaño.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Pequeños mamíferos, reptiles, anfibios.

EFICACIA

Alta.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Por lo general suelen ser rampas de carácter muy variado, aunque casi siempre de los mismos materiales que las instalaciones que se tratan de adaptar, buscando en todo caso cierta rugosidad en la superficie que ayude al ascenso de los animales.

DIMENSIONES

Las rampas de salida se diseñan en función de las estructuras que se pretendan adaptar, pero las rampas deberán tener una pendiente máxima de 30° y, en todo caso, inferior a 45° (Figura 83).

En el caso de los bordillos, se recomienda una rampa de salida cada 25 m como máximo.

FIGURAS

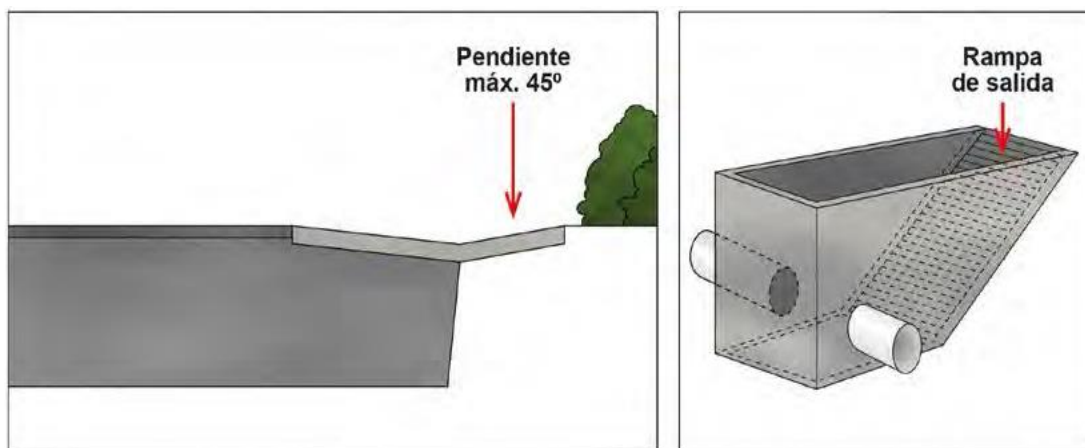


Figura 83.- Esquema de una cuneta y de la rampa de salida de arquetas u otros elementos del sistema de drenaje perimetral (fuente: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2006).

4.2.6.- TECNOLOGÍAS AVANZADAS EN EL VIAL.

DETECCIÓN DE ANIMALES

DEFINICIÓN

Sistema de sensores (Figura 84) que detectan la aproximación de animales de gran tamaño (cérvidos, osos, etc.) a distancias que pueden alcanzar los 200 m, gracias a las diferencias térmicas entre el cuerpo del animal y su entorno, o por el movimiento.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Mamíferos de tamaño grande.

EFICACIA

Eficaz (llega a reducir entre un 57 y un 67% las colisiones –HUIJSER y col. 2009–), aunque con serias limitaciones por el mantenimiento.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Puede tener distintas aplicaciones, desde simples sensores (Figura 85) que activan señales luminosas cuando un animal se acerca a la calzada, hasta sistemas asociados a vallados para crear una especie de pasos a nivel sin barrera de animales.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS BÁSICAS

El sistema requiere de zonas despejadas sin elementos que obstaculicen la detección (zonas de sombra o zonas ciegas) y suele conllevar instalaciones complejas.

FIGURAS

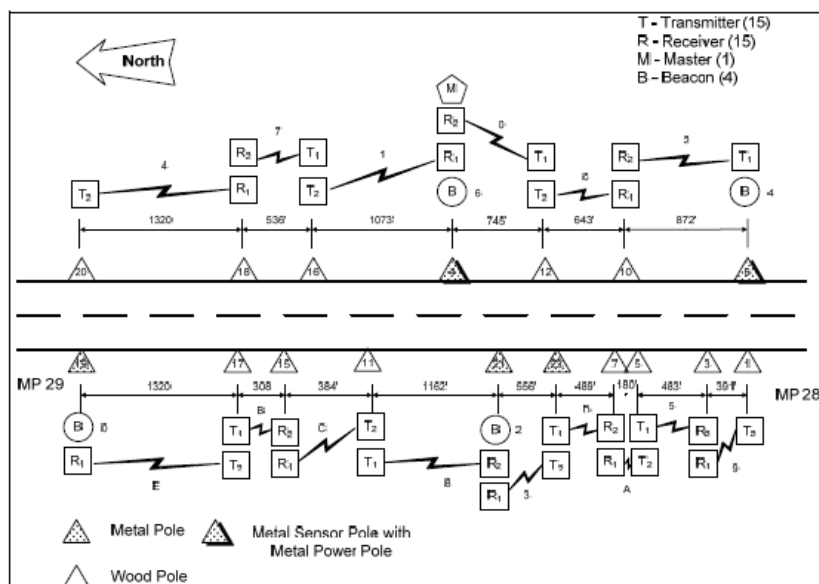


Figura 84.- Diseño esquemático del sistema de detección mantenido activo en una milla entre otoño de 2006 - agosto de 2008 en la US Highway 191 en el Parque Nacional de Yellowstone. Las zonas de detección se indica mediante un número o una letra mayúscula (fuente: HUIJSER y col. 2009).



Figura 85.- Detalle de un sistema de detección avanzado de animales (fuente: HUIJSER y col. 2009).

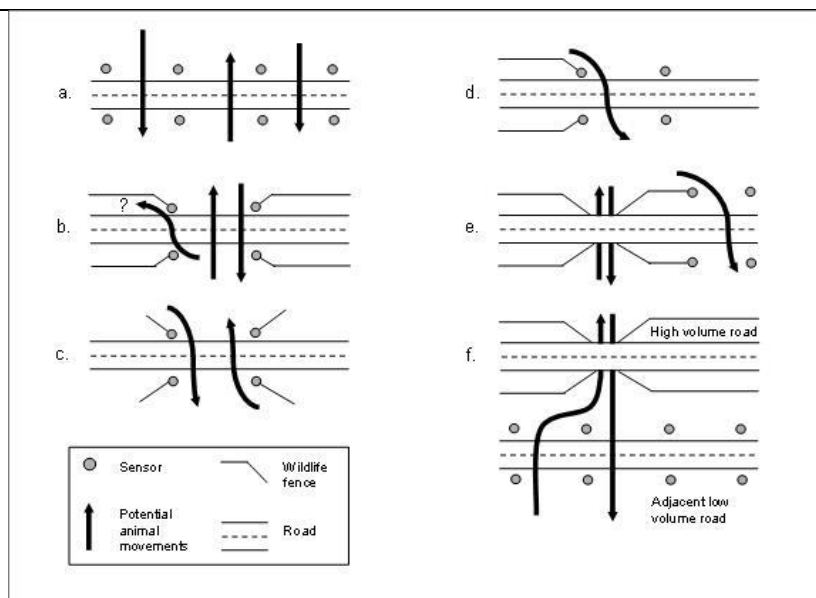


Figura 86.- Distintas posibilidades de colocación, en solitario o en combinación con vallados, ofrecen flujos de movimiento potenciales de los animales diferentes (fuente HUIJSER y col. 2008b).

OBSERVACIONES

Son sistemas por lo general de costes elevados, sobre todo en el mantenimiento, con el problema asociado del vandalismo sobre la instalación. Al estar basados en un peligro real (y no potencial) es fundamental evitar los fallos de detección (falsos positivos y, sobre todo, falsos negativos), que pueden ocasionar incluso responsabilidades jurídicas. Algunas experiencias han resultado muy poco eficaces y existen autores críticos con su utilización (DEPARTMENT OF TRANSPORTATION AND WORKS 2014), pero los nuevos avances tecnológicos están animando la instalación en pruebas en distintas partes (British Columbia –AMIT y col. 2016–, Ontario –DESJARDINS 2013–, Florida –TOWER 2013–...).

Las posibilidades de disposición en solitario o en combinación con los vallados perimetrales son variadas (Figura 86).

CARRETERAS INTELIGENTES

DEFINICIÓN

Carreteras que incorporan tecnologías de la información y comunicación en general para mejorar la eficacia en el transporte y la seguridad en la conducción y para reducir los efectos ambientales de las propias infraestructuras. En su máximo desarrollo incluyen sistemas de generación de electricidad en el pavimento, con la finalidad de mejorar el funcionamiento de los coches autónomos, recargar los vehículos eléctricos, iluminar la vía o vigilar e informar del estado de la carretera.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

En lo relativo a la evitación de accidentes por fauna silvestre, mamíferos de tamaño mediano y grande.

EFICACIA

Potencial, ya que aún está en fase de experimentación. Los sistemas más desarrollados no dejan de ser una derivada de los de detección de animales, pero aprovechando las disponibilidades tecnológicas más avanzadas, como el sensor Senstar – OmniTrax® SC2 (un sistema de doble cable coaxial enterrado a lo largo del margen de la carretera) unido a una central de datos que permite, en tiempo real, enviar un aviso a los vehículos que circulan en el tramo afectado por la presencia de un animal, que se ha utilizado en la “Virginia Smart Road” –un banco de pruebas experimental dependiente del Virginia Department of Transports y del Virginia Tech Transportation Institute– y que ha ofrecido unos resultados esperanzadores, incluso en circunstancias meteorológicas adversas (DRUTA y ALDEN 2015) (Figura 87 y Figura 88), o como el Senstar Perimitrax® probado en Colorado (HUIJSER y col. 2012). Las ideas más avanzadas, que todavía tienen un carácter especulativo, llegan a proponer que la carretera informe en el pavimento de la necesidad de reducir la velocidad porque ha detectado la presencia de un animal en la vía (Figura 89).

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Existen diferentes tipologías constructivas, según el planteamiento de ubicación de los sensores que permiten detectar a los animales y de la opción que se tome respecto del suministro de la información al conductor (en su propio vehículo o a través de señalización en la vía).

Los viales que, además, pretenden un aprovechamiento energético tienen tres capas:

La capa de rodadura se fabrica con un material translúcido que deja pasar la luz, soporta grandes tonelajes y tiene un alto coeficiente de fricción para permitir un buen agarre de los neumáticos. En ella van, en su caso, los sensores y las señales.

La segunda capa es un pavimento fotovoltaico destinado a la producción de electricidad.

La última capa sirve para distribuir la energía u otros servicios, como telefonía, internet o la señal de televisión.

FIGURAS



Figura 87.- Tareas de mantenimiento en el cable enterrado bajo 1 m de nieve en la Virginia Smart Road (fuente: DRUTA y ALDEN 2015)



Figura 88.- Ciervo de cola blanca detectado por el Senstar – OmniTrax® SC2 bajo 1 m de nieve en la Virginia Smart Road (fuente: DRUTA y ALDEN 2015).



Figura 89.- Recreación del hipotético funcionamiento de una carretera inteligente ante la presencia de un animal silvestre en la vía.



Figura 90.- Recreación del funcionamiento de una pintura que responde ante situaciones de posible helada señalizando la vía (fuente: Studio Roosegaarde)

OBSERVACIONES

El desarrollo de sistemas de transporte por carretera inteligentes está centrando más en las innovaciones en los vehículos y en la gestión del tráfico que en la aplicación de las tecnologías al propio vial, de tal manera que resulta obvio que las infraestructuras tienen aún mucho que recorrer para ofrecer un servicio acorde con las posibilidades tecnológicas que, aplicadas a la movilidad, insinúa el mundo actual.

Buscando la integración entre vehículos inteligentes y carreteras inteligentes surgen los proyectos V2I (o V2X en general) que se basan en la creación de una inteligencia colectiva mediante la comunicación, a través de tecnologías WLAN, entre los vehículos y las infraestructuras (o los aparatos en general). Existen problemas de desarrollo (debido al alto coste de adaptación) y se especula sobre su interés para evitar siniestros con fauna silvestre (toda vez que estos sistemas parecen potencialmente eficaces para minorar los accidentes en escenarios muy bien ubicados espacialmente, tales como cruces, lugares con limitación de velocidad, curvas peligrosas,... –NAJM y col. 2010– y no tanto en siniestros con ámbitos más indefinidos, como los que provocan los animales –ECLES y col. 2012–, escaseando quienes les ven alguna posibilidad (ver, por ejemplo, WESTERN TRANSPORTATION INSTITUTE 2010). Sus defensores indican que hay un buen número de parámetros que afectan a la probabilidad de encontrar un animal en la carretera que se podrían modelizar para definir los lugares de mayor siniestralidad (ALDEN en BLAND 2015) y que los costes actuales de la instalación y mantenimiento son relativamente bajos (DRUTA y ALDEN 2015).

La investigación para mejorar las infraestructuras en apoyo de los sistemas avanzados en los vehículos no se centra sólo en la comunicación entre ambos, sino que atiende a otros aspectos, como los materiales de construcción. Así, DUMOULIN y col. 2008 han trabajado en la respuesta de la capa de rodadura a los rayos infrarrojos como apoyo a las tecnologías de visión infrarroja en los vehículos para la detección de obstáculos, tales como animales.

Existen iniciativas más sencillas –también de carácter experimental– trabajando, por ejemplo, con pinturas fotoluminiscentes que atesoran energía durante el día para liberarla por la noche (y hacer más visible la señalización horizontal) o que responden sólo ante situaciones meteorológicas determinadas (Figura 90), pero cuya aplicación parece muy limitada al caso de la siniestralidad con fauna, excepto por lo que se refiere al refuerzo de la señalización de puntos críticos, aprovechando que la mayoría de los siniestros se producen después de la caída del sol y antes de que amanezca.

Por lo que se refiere a proyectos más avanzados, como los vinculados a la producción de energía eléctrica y su utilización en el propio vial, hay muy pocas iniciativas en marcha y todas tienen un carácter muy limitado, tanto desde el ámbito privado (por ejemplo, Solar Roadways en Estados Unidos) como público o semipúblico (por ejemplo, SolaRoad en Holanda). Estos sistemas todavía presentan grandes dudas sobre su viabilidad por la importante inversión asociada (por ejemplo, 3.000.000 € para 70 m de carril bici en Holanda) o su bajo rendimiento (apenas el 30% de un panel solar fotovoltaico convencional).

4.2.7.- TECNOLOGÍAS AVANZADAS EN EL VEHÍCULO.

VISIÓN NOCTURNA

DEFINICIÓN

Sistema que permite aumentar la percepción o visión del conductor en la oscuridad, o en circunstancias climatológicas adversas, de obstáculos (animales) fuera del alcance de los faros del vehículo (Figura 91).

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Cualquiera.

EFICACIA

Eficaz, con limitaciones.

TIPOS

Existen dos tipos:

Activos: Utilizan una fuente de luz infrarroja incorporada en el vehículo y una cámara sincronizada que permite ver las imágenes obtenidas. Ventajas: mejor resolución de imagen, funciona bien en condiciones cálidas y tamaño de sensor pequeño (Figura 92). Contras: No buenos resultados en condiciones meteorológicas adversas.

Pasivos: Captan la radiación térmica emitida por los objetos, utilizando una cámara termográfica. Ventajas: mayor alcance de visión. Contras: menor resolución, mayor tamaño de sensor y peores resultados en condiciones cálidas.

FIGURAS

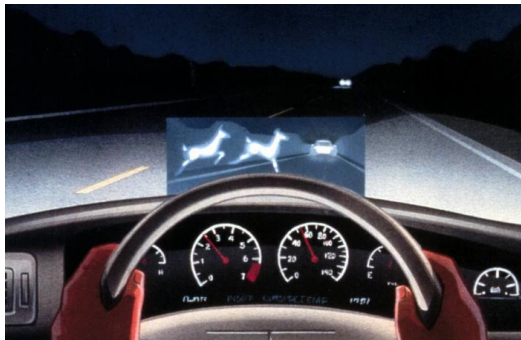


Figura 91.- Pantalla de visión nocturna introducida por primera vez en 2002 en un Cadillac Deville (fuente: VALE 2001).



Figura 92.- Proyector de infrarrojos junto al faro principal en el Mercedes-Benz S-Class W221.

OBSERVACIONES

De momento, sólo se instala en vehículos de gama muy alta y muchas veces como equipamiento optativo (Toyota Landcruiser Cygnus, Toyota Corona, Lexus LX 470, Audi A8, Audi Q7, BMW serie 7, Honda Legend, Mercedes Benz C217, etc...).

Algunos van acoplados con un sistema adicional de iluminación que emite destellos o enfoca específicamente al animal (o peatón) detectado.

EMISIÓN DE ULTRASONIDOS

DEFINICIÓN

Tecnología que bien de forma continua a partir de una velocidad, bien por decisión del conductor emiten ultrasonidos molestos para los animales con el fin de espantarlos

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Grandes mamíferos, en particular cérvidos.

EFICACIA

Discutida.

TIPOS

Existen de dos tipos. El primero es un dispositivo plástico, a modo de silbato, que produce un sonido a partir de cierta velocidad por el aire que circula por él. En el segundo caso es un dispositivo electrónico el que produce el sonido. Se prueba con distintas frecuencias de ultrasonidos para encontrar aquellas que molestan a los animales silvestres, pero no producen contaminación acústica susceptible de tener repercusiones sobre otros animales (ganado, mascotas...)

FIGURAS



Figura 93.- Silbato de ultrasonidos marca Hornet (fuente: HORNET 2014)



Figura 94.- Silbato de ultrasonidos marca SAV-A-LIFE Deer-Alert (fuente: SAV-A-LIFE 2014)

OBSERVACIONES

Las pruebas parecen controvertidas en cuanto a los resultados –que muestran que los no electrónicos son ineficaces (SCHEIFELE y col. 2003) – y, en todo caso, se recomiendan en combinación con otras medidas (ASFBE, 2003).

Existen distintos modelos electrónicos en el mercado (Figura 93 y Figura 94), pero todos con un funcionamiento y resultados más o menos similares.

FRENADO AUTOMÁTICO

DEFINICIÓN

Tecnología que detecta una inminente colisión o peligro respondiendo mediante la aplicación de los frenos para detener el vehículo o minorar su velocidad sin intervención del conductor (Figura 95) hasta alcanzar aquella en que los sistemas pasivos de seguridad del vehículo (airbag, etc.) sean más operativos.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

Grandes mamíferos.

EFICACIA

En pruebas, aunque algún modelo ya lo monta como equipamiento optativo. Las marcas más avanzadas esperan que esté totalmente operativo en 2020 y que la mayoría de los vehículos lo monten de serie en algunos países (por ejemplo, en el norte de Europa donde las colisiones con alces provocan numerosas víctimas mortales o heridos graves)

TIPOS

Se prueba con distintos tipos de sensores (radar, vídeo infrarrojos, ultrasonidos, etc...)

FIGURAS

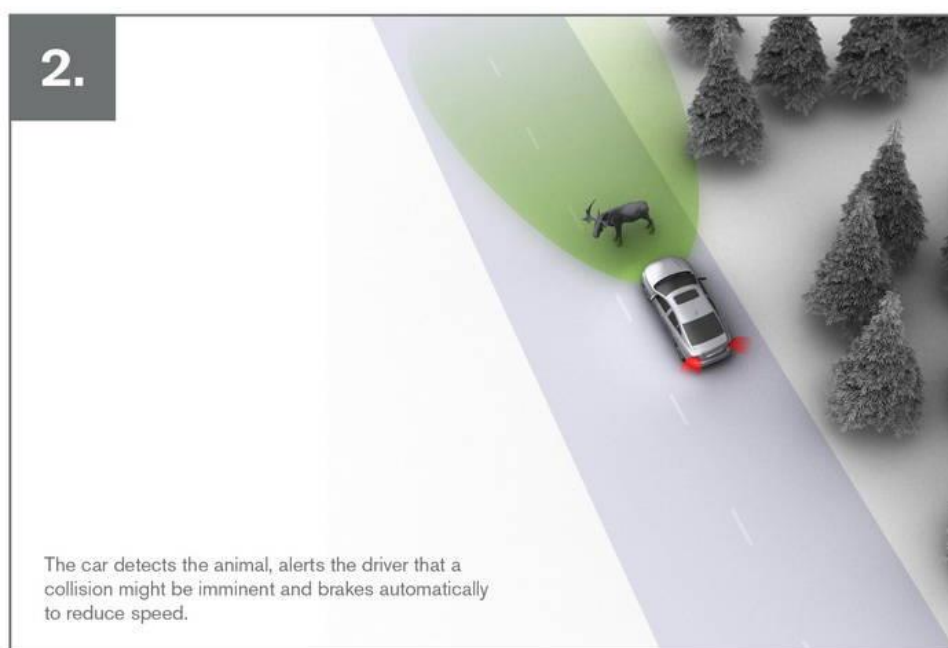


Figura 95.- Sistema de detección de animales en pruebas por Volvo (fuente: VOLVO).

OBSERVACIONES

Las limitaciones se derivan, principalmente, de fijar y diferenciar un tamaño adecuado de animal que active el sistema y de que la distancia de frenada depende de la velocidad, por lo que existen limitaciones en función del sensor utilizado (la distancia a la que pueda detectar el obstáculo).

VEHÍCULO SIN CONDUCTOR

DEFINICIÓN

Desarrollo tecnológico que implica que el vehículo circula sin conductor. El vehículo totalmente autónomo sería aquel que, siendo capaz de percibir su entorno, decide que camino debe tomar para llegar a su destino y se conduce así mismo por él (YEOMANS 2014). El tránsito entre el vehículo convencional y el vehículo totalmente autónomo puede caracterizarse por una serie de etapas o niveles (NHTSA, 2013):

Nivel 0 – No automático: El conductor tiene el control completo y exclusivo del vehículo en todo momento.

Nivel 1 - Funciones específicas automatizada: Una o más funciones de control están automatizadas de forma independiente (por ejemplo, el control electrónico de estabilidad o el freno dinámico en situaciones de emergencia). El conductor es responsable del control total del vehículo.

Nivel 2 – Combinación de funciones automatizadas: Por lo menos dos controles están automatizados y trabajan al unísono (por ejemplo, el control de velocidad de crucero en combinación con el mantenimiento de carril). El conductor puede desentenderse del control activo en ciertas situaciones de conducción limitadas, aunque sigue siendo responsable de la supervisión de la calzada y del funcionamiento seguro.

Nivel 3 - Autoconducción con automatización limitada: El conductor cede el control total de todas las funciones críticas para la seguridad bajo ciertas condiciones del tráfico o del medio ambiente, apoyándose en gran medida en el vehículo para detectar los cambios en las condiciones que requieren que el conductor vuelva a tomar de nuevo el control en un tiempo de transición aceptable.

Nivel 4 - Autoconducción completa: El vehículo está diseñado para llevar a cabo todas las funciones de conducción de seguridad crítica y monitorear las condiciones viales para todo un viaje. No se espera que el conductor opere en ningún momento.

Aunque otras clasificaciones son posibles (NATH 2013, NI y LEUNG 2014), resultan más o menos similares. En el momento actual los vehículos autónomos se sitúan en el nivel 2 ó 3, y los llamados vehículos asistidos o inteligentes en el 1-2.

ESPECIES A LAS QUE ESTÁ DESTINADA

No es una medida específica para los accidentes con animales, pero la seguridad es una de las motivaciones del desarrollo de este tipo de vehículos. Todos los animales que causen accidentes.

EFICACIA

Existe una coincidencia generalizada en que los vehículos autónomos reducirán sustancial o drásticamente los accidentes en general (KPMG y CAT 2012, FAGNANT y KOCKELMAN 2013, SHANKER y col. 2013, DICLEMENTE y col. 2014, LITMAN 2015). Aunque los kilómetros rodados en la actualidad por vehículos autónomos son relativamente bajos (unos 3 millones de kilómetros) frente al número kilómetros recorridos por vehículos convencionales, distintas pruebas estadísticas indican que los vehículos autónomos actuales (nivel 3) son significativamente más seguros que los conductores humanos (NI y LEUNG 2014). A pesar de que las tecnologías actuales no

pueden tratar todavía con eficacia absoluta los sucesos con una importante componente aleatoria, tales como el comportamiento de los niños o de los animales silvestres (ROTHOFF en KPMG 2015, FRASER en BLAND 2015), algunos trabajos indican que, potencialmente, todos los accidentes causados por animales pueden ser objetivo de atención en aras a su eliminación por las tecnologías de los vehículos autónomos (NAJM y col. 2010).

TIPOS

Se trabaja con distintos tipos de instrumentos y sensores (cámaras de vídeo monovisión y de visión estereoscópica, radar, LIDAR, sensores de aceleración, sensores de presión, sensores de luz, GPS, etc...) cuyos datos se envían a un controlador central que procesa la información y emite la respuesta más adecuada hacia los distintos equipos del vehículo. Sobre el controlador central también puede interactuar el conductor (a través de la interfaz hombre-máquina). Algunos de estos equipos aún no se encuentran suficientemente desarrollados y otros tienen precios todavía muy elevados para hacer posible una generalización de los vehículos sin conductor (Figura 96).

Las diferentes casas comerciales están desarrollando distintos prototipos. Algunas, tras haber comenzado con pruebas adaptadas a modelos comerciales existentes (Figura 97), avanzan hacia modelos propios sin volante ni pedales (Figura 98). Otras trabajan con prototipos mixtos que permitan de forma opcional la conducción autónoma o la dirigida por el conductor (Figura 99).

Casi todas las marcas comerciales, en un buen número de países –incluido España (Figura 100)–, están desarrollando experiencias de este tipo y trabajando con un horizonte que prevé que en 2020 – 2025 estos vehículos estarán en disposición de ser comercializados. Sin embargo, numerosas consultorías internacionales (Morgan Stanley –SHANKER y col 2013–, BCG –MOSQUET y col. 2015–, Juniper –BARKER 2015–, Roland Berger –GUNDERMANN y col. 2015, Boston Company –GOGUEN, F.J. y CONNOLLY 2015–...), grupos de presión de diversa índole (RAND Corporation –ANDERSON y col. 2014–, American Enterprise Institute –SULLIVAN 2015...), compañías aseguradoras (Lloyd's – YEOMANS 2014–...) y técnicos e investigadores independientes (por ejemplo, MOORE y LU 2011, NIGHT 2013, WALDROP 2015, MILLER y HEARD 2016, BONNEFON y col. 2016, GREENE 2016 o LIN 2016) han realizado informes y estudios que dilatan o cuestionan la penetración masiva en el mercado, bien porque las tecnologías no están disponibles al 100%, bien porque resultan todavía demasiado aparatosas (por ejemplo, el LINDAR) o caras, bien por las propias dinámicas de resistencia de los mercados o de los consumidores (Figura 101), bien porque es difícil desarrollar algoritmos para los miles de eventos extraordinarios que suceden en las carreteras, bien porque los problemas relacionados con los dilemas morales (¿a quién salvar en caso de accidente inevitable?) son difíciles de incorporar a la programación de estos vehículos sin provocar el rechazo del consumidor o el cambio de hábitos.

También se llevan a cabo pruebas con camiones, donde al menos tres marcas comerciales están trabajando con prototipos (probados ya en carreteras convencionales) que permiten una conducción semiautónoma (Figura 102 y Figura 103).

FIGURAS

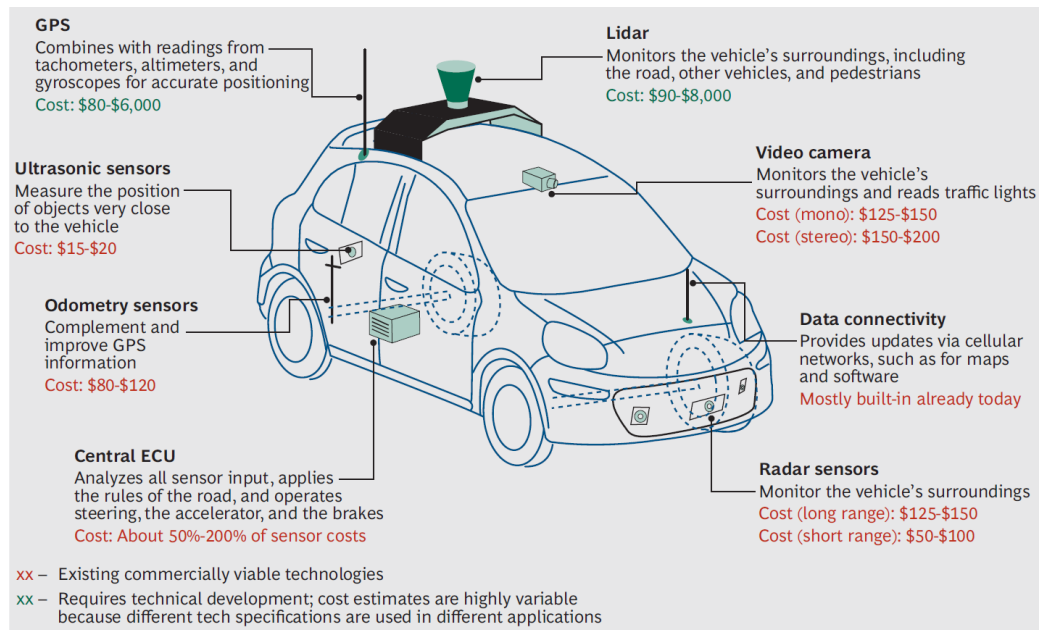


Figura 96.- Grado de desarrollo y coste comercial de los sensores e instrumentos de un vehículo autónomo (fuente: MOSQUET y col. 2015)



Figura 97.- Modelo del primer vehículo sin conductor de Google, montado sobre un Toyota Prius (fuente: GOOGLE 2014).



Figura 98.- Prototipo propio actual de Google (fuente: GOOGLE 2014).



Figura 99.- La mayoría de los prototipos están concebidos para una conducción mixta (autónoma o con conductor).



Figura 100.- En España también se han desarrollado pruebas desde la factoría de Vigo de Citroen.

Adoption Timeline

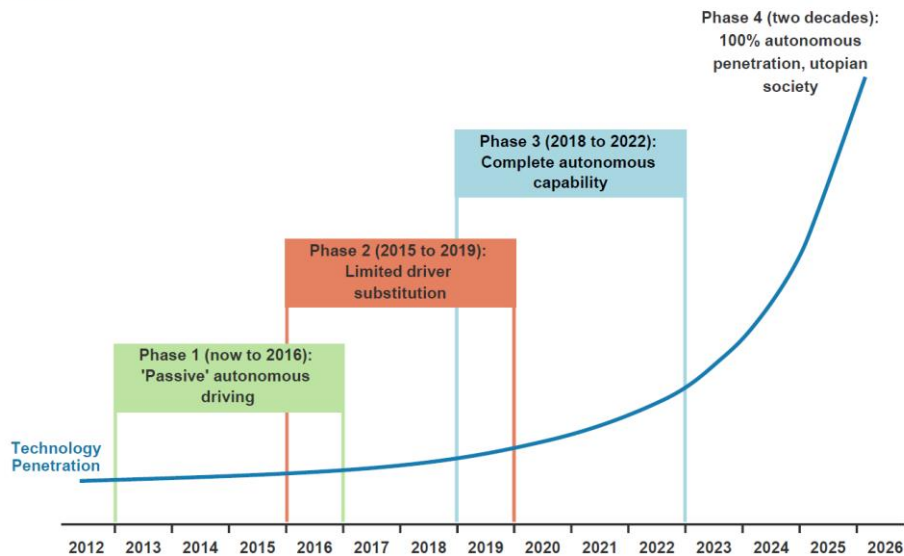


Figura 101.- Escenario probable de desarrollo y penetración en el mercado del vehículo autónomo (fuente: SHANKER y col. 2013)



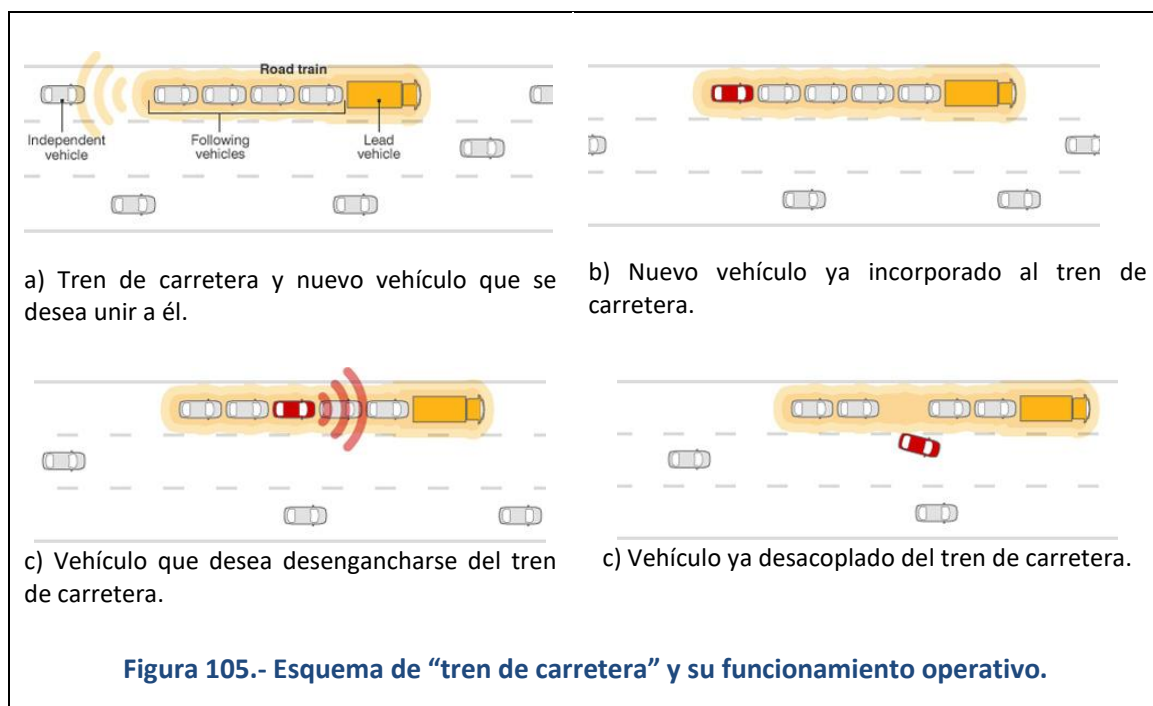
Figura 102.- Prototipo de camión autónomo opcional Inspiration de Daimler (fuente: Daimler).



Figura 103.- Prototipo del camión autónomo opcional Future Truck 2025 de Mercedes (fuente: Mercedes Benz).



Figura 104.- Terminal de sensores y central de datos del Citroen C4 Picasso autónomo desarrollado en la factoría de Vigo (fuente: PSA Citroen).



OBSERVACIONES

En lo referente a la siniestralidad con animales silvestres, las limitaciones a día de hoy son similares a las del frenado automático, pero incorporadas a un vehículo donde el conjunto de las acciones las realiza el propio coche sin intervención del conductor.

En general, entre los problemas de desarrollo está la convivencia en un mismo sistema –las carreteras– de vehículos autónomos y vehículos conducidos por personas, y todos los relacionados con la integración tecnológica de los múltiples sensores necesarios para que el vehículo funcione (Figura 104).

Solamente, los estados norteamericanos de Nevada, Michigan, Carolina y Florida, y el Distrito de Columbia han aprobado leyes que permiten la operación de coches sin conductor de forma general. En España se ha desarrollado, mediante una instrucción de la Dirección General de Tráfico de 16 de noviembre de 2015, un marco normativo que permite a la industria, a los laboratorios oficiales y a los centros de investigación (incluidas universidades) la realización de pruebas en vías abiertas al tráfico.

Existen otro tipo de iniciativas en experimentación que pueden tener incidencia en una disminución de la siniestralidad en las carreteras, incluida la provocada por fauna, y relacionadas al tiempo con la concepción general de los vehículos autónomos, como son el proyecto SARTRE (Safe Road Trains for the Environment) o trenes de carretera, cuya idea fundamental consiste en organizar unidades de circulación pilotadas por una cabeza tractora que actúa como líder del grupo y a los que los vehículos se podrían unir (pasando a modo de conducción autónoma o guiada desde la cabeza) y desenganchar a placer (volviendo a la conducción pilotada) (Figura 105).

También pueden tener incidencia otras como el Car2Car (o V2V), basada en la idea de la inteligencia acumulativa entre vehículos que intercambian información a través de una red tipo WLAN, o la V2I, que comunica vehículos con infraestructuras.

4.3.- MÉTODOS DE ELECCIÓN.

Algunos autores imaginan escenarios, más o menos remotos, que hoy casi cabe calificar de utópicos, por mucho que el avance del conocimiento científico-técnico y el incremento de la sensibilidad de los agentes sociales los aproximen más cada día. Así, VALLADARES y col (2011) piensan que “en el futuro, la integración ambiental de las carreteras y vías férreas será parte del diseño de la infraestructura desde el inicio de la redacción del proyecto constructivo. El diseño de la infraestructura contemplará los condicionantes ambientales del territorio que atraviesa. El trazado de la vía se establecerá en función de la huella energética y de las emisiones del tráfico rodado. No serán necesarias las medidas correctoras, dado que la configuración final de la vía estará integrada en los procesos ecológicos locales. No se hablará de impactos, sino de reconfiguración del entorno. Los taludes no serán planos inclinados, sino que el plano de la rasante estará circundado por relieves semejantes a los predominantes en el paisaje regional. El efecto barrera de la vía será utilizado para bloquear flujos no deseados, tanto hídricos o de sedimentos, como de organismos. Las vías no solo canalizarán el movimiento de pasajeros y mercancías, sino que también habilitarán corredores ecológicos para la migración de polinizadores, especies vulnerables, o para la conexión de poblaciones de organismos. La carretera y la vía del tren serán elementos de interés también para la construcción del paisaje desde una perspectiva ecológica. La propia construcción de la vía seguirá un procedimiento diferente. Actualmente, se redactan proyectos cerrados que son replanteados a partir de la realidad en obra y corregidos mediante los frecuentes modificados. En el futuro, el proceso constructivo responderá a una estrategia adaptativa, en la que el responsable en obra adecuará las propuestas en función de la realidad que encuentra a medida que avanza la construcción.”

Pero, en tanto llega esa época, esos propios autores reconocen que, “mientras se opera el cambio de paradigma, las medidas preventivas y correctoras, e incluso en ocasiones las compensatorias, son evidentemente necesarias”. Estas palabras parecen especialmente ciertas en nuestro caso, donde además, y en general, la elección de unas u otras dependerá de los objetivos perseguidos (priorizar la desfragmentación o la minorización de la siniestralidad) –que, por otra parte, suelen tener casi siempre un carácter mixto–, de las peculiaridades de la especie o especies que motiven la intervención –tanto biológicas, como de estado de conservación–, de las características del terreno y del vial, o de otras razones de muy diversa índole, a las que no suele ser ajena la disponibilidad de presupuesto. La consideración económica en ese análisis multicriterio no puede ser sólo abordada desde el coste de la medida, sino que deberá ser puesta en relación con su eficacia y con los beneficios económicos que su aplicación conlleva.

Es cierto que los beneficios, medidos en términos económicos, suelen referirse en exclusiva a los costes derivados de la accidentalidad que, por lo general, recaen mayoritariamente sobre compañías aseguradoras (es decir, sobre el ámbito privado), mientras que los costes se abordan desde el constructor o gestor de la carretera que, por lo general, es una Administración (es decir, desde el ámbito público), y que por tanto los costes y los beneficios son pagados y recibidos por diferentes grupos en la

sociedad (HUIJSER y col. 2008a). También es verdad que hay beneficios que no tienen traducción económica, como los derivados de mantener poblaciones sanas y viables de animales silvestres, salvo que se elaboren y apliquen metodologías ad-hoc a partir de trabajos más generales que contemplen la valoración económica de la vida silvestre (RICHARDSON y LOOMIS 2009), incluso en su relación con las obras de ingeniería (JAIME y TINOCO 2006). Además, los propios costes tienen horquillas de aplicación muy variables, porque en realidad dependen de las circunstancias locales en cada caso, pero bastantes de los manuales y trabajos, especialmente americanos (ASFBE 2003, EBA 2005, HUIJSER 2008b), aunque también europeos (ROSELL 2012, NATURAL ENGLAND COMMISSION 2015), incluyen rangos que pueden ser utilizados de forma indicativa, al menos en primera instancia. Existen también propuestas muy específicas para soluciones muy concretas, como por ejemplo la evaluación coste-eficacia de los pasos inferiores (MYŠKOVÁ y ŽÁK, 2016), aunque siempre están limitadas a la asunción previa de las hipótesis bajo las que se han desarrollado. Por último, deben señalarse los esfuerzos que se realizan por desarrollar diseños específicos para la fauna que reduzcan los costes e incorporen materiales o sistemas constructivos novedosos (LISTER 2012), lo que puede tener especial repercusión en un contexto como el actual, donde problemas como el cambio climático, pueden acabar obligando a trabajar con estructuras, como las modulares, potencialmente móviles y capaces de ser transferidas de un lugar a otro a costes razonables en función de los cambios que la propia fauna sufra en sus movimientos o en su distribución (LISTER y col. 2015).

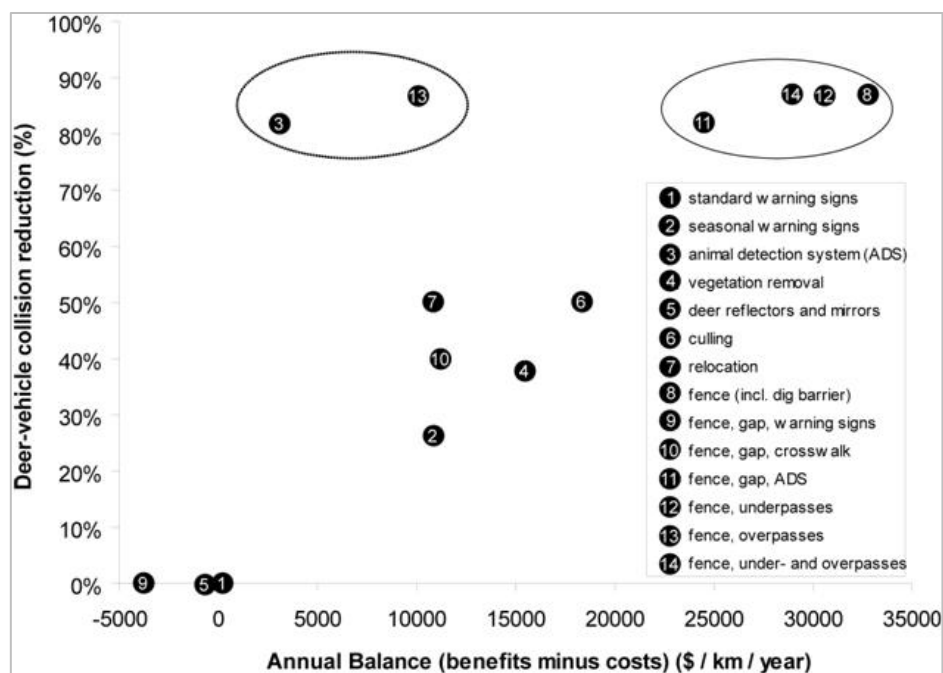


Figura 106.- Eficacia de las medidas de mitigación de siniestralidad por colisión con fauna silvestre frente al balance anual económico de las mismas (beneficios frente a costes) (fuente: HUIJSER y col. 2008a).

HUIJSER y col. (2008a) presentan unos datos relacionados con la reducción de la siniestralidad en ciervos en un tramo hipotético de carretera de 2 km de longitud en el que se produjeran inicialmente 5 siniestros al año para hacer un balance como el indicado, es decir para relacionar el coste de las distintas medidas y el ahorro que se

produce por la minoración esperada en el número de accidentes y concluir así un balance indicativo de ese saldo y poder relacionarlo con su eficacia, como se hace en la Figura 106, en la que se observa que, bajo este criterio, hay un grupo de medidas –vallados con o sin pasos inferiores de fauna o con una combinación de pasos inferiores y superiores, así como sistemas de detección de animales asociados a vallados– que tienen una alta eficacia y un alto retorno de la inversión, y otro –integrado por sistemas de detección sin vallado y por vallado con una alta densidad de pasos superiores– que tienen una alta efectividad, pero su equilibrio financiero positivo es menos fuerte.

En cualquier caso, un análisis de este tipo o similar (por ejemplo, CRAMER y col. 2014) debe ser realizado explícita o implícitamente en el marco de la consideración multicriterio que se efectúe para tomar las decisiones oportunas, y su profundidad dependerá del momento del procedimiento en que se lleve a cabo. Debe entenderse que la desfragmentación y la reducción de la siniestralidad son dos objetivos que deben estar presentes desde el momento mismo de la planificación a gran escala hasta la ejecución de las obras en una carretera dada, pero que cada una de esas fases tiene unos requerimientos especiales y una escala de trabajo dada, tal como se muestra en la Figura 107.

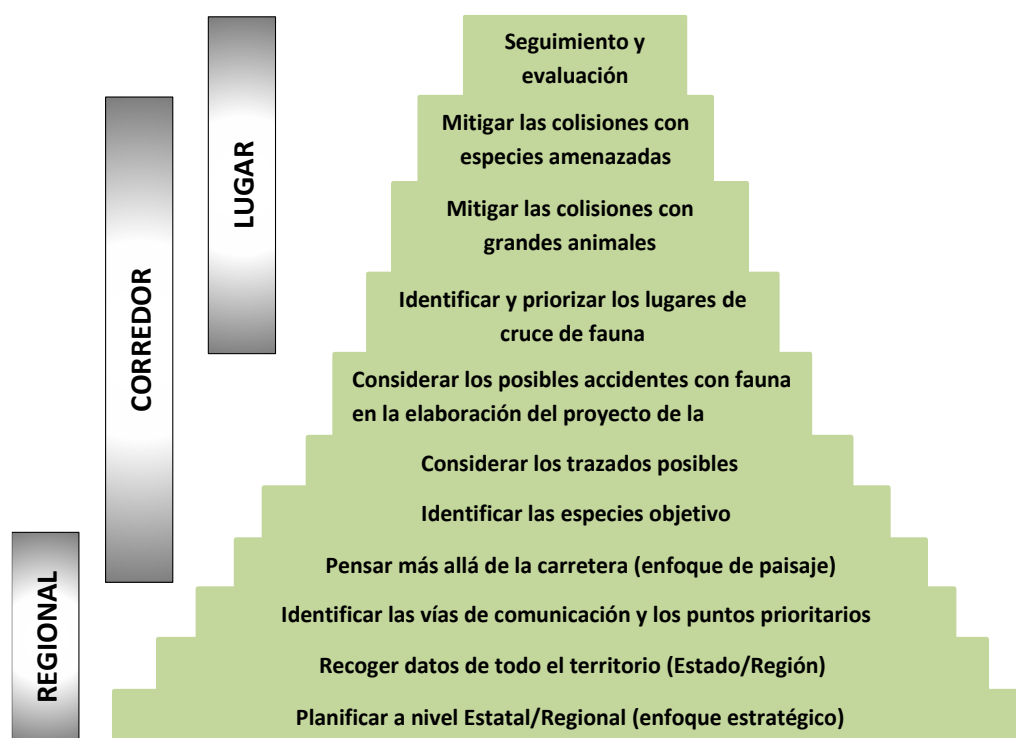


Figura 107.- Eficacia de las medidas de mitigación de siniestralidad por colisión con fauna silvestre frente al balance anual económico de las mismas (beneficios frente a costes) (fuente: HUIJSER y col. 2008a).

Además, señalar que una consideración racional del problema, que contemple todas las fases desde la planificación general a la ejecución concreta, es la mejor forma no sólo de obtener resultados, sino de hacerlo a costes significativamente menores que un planteamiento que obvie esta perspectiva integral.

De forma tentativa hemos esbozado un itinerario ideal a aplicar en el proceso de elección y priorización de las acciones de mitigación apropiadas para reducir las colisiones de vehículos con animales y minimizar los efectos de la fragmentación que mostramos en la Figura 108. En cualquier caso, este esquema, que identifica tres etapas para alcanzar los dos objetivos fijados (mitigación y desfragmentación), requiere de algunas aclaraciones, en particular en relación con nuestro trabajo.

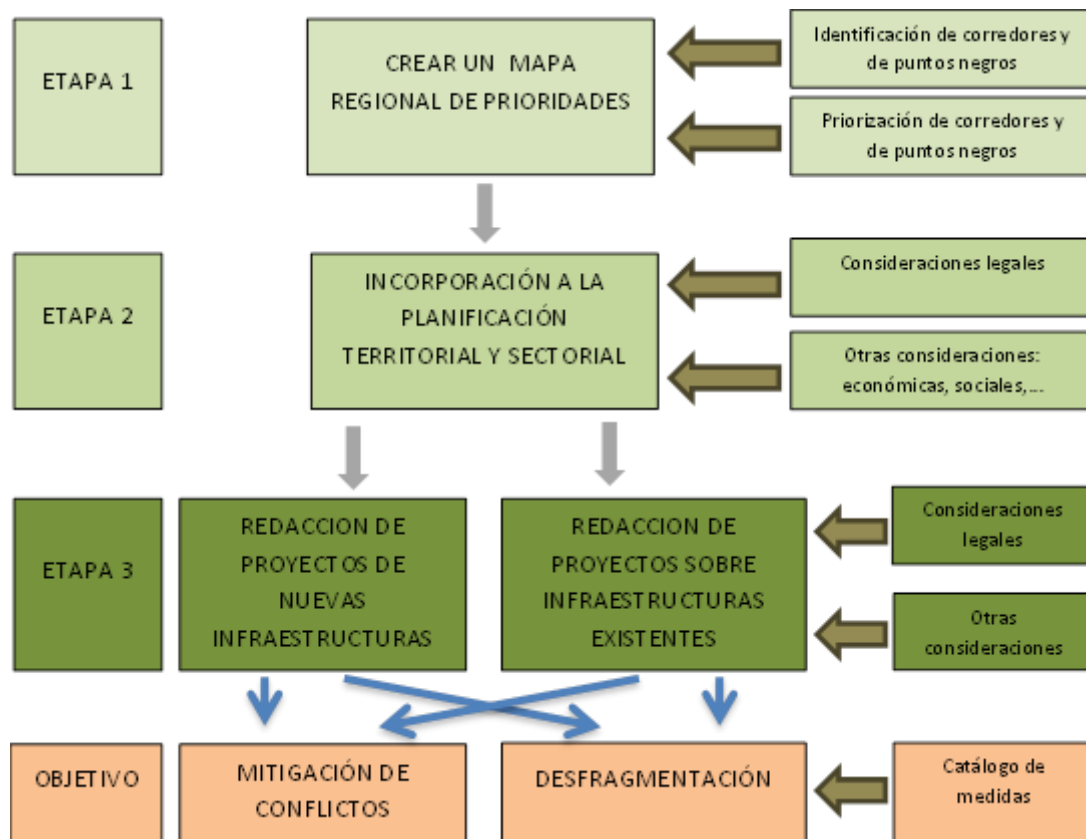


Figura 108.- Esquema tentativo del proceso a aplicar en la elección y priorización de acciones de mitigación y desfragmentación. (fuente: Elaboración propia).

En primer lugar, debe reseñarse que, en el proceso de creación de un mapa regional, en el sentido territorial (es decir, estatal, comarcal...), juega un papel muy importante el análisis de la siniestralidad en la red de carreteras preexistente en ese ámbito. Ese tipo de estudios permiten identificar, además de lugares donde ya se estén produciendo conflictos, patrones de funcionamiento de la fauna en relación con las vías de comunicación en ese territorio, desde las especies que causan problemas hasta sus pautas de comportamiento frente a las infraestructuras, y todo ello ayuda a optimizar propuestas y a modelizar alternativas. Este planteamiento debe abordar de inicio todo lo relativo a las fuentes que suministran la información de base que permite el análisis, y en particular lo relacionado con su calidad y fiabilidad en un contexto en el que, como el nuestro, la declaración de los siniestros no es obligatoria. En esta etapa también tiene repercusión fundamental la capacidad de análisis y de relación con factores intrínsecos a la infraestructura o del ambiente que la rodea, por lo que es usual el uso de técnicas que permiten un tratamiento espacial de un gran volumen de datos, como son los Sistemas de Información Geográfica. En nuestro caso nos hemos centrado en el análisis de las bases de datos sobre accidentes provocados por la fauna

silvestre y en la determinación de puntos negros, aspectos recogidos en el capítulo 5.2 de este trabajo, recurriendo para el tema de los corredores –centrados en el oso pardo en el capítulo 6.1– a la abundante información ya publicada con anterioridad.

La segunda etapa, que se centra en la incorporación de los resultados del análisis de la etapa anterior y del mapa o mapas generados en ella a la planificación, está fuertemente condicionada por el marco legal existente. Debe recordarse que los documentos de carácter estratégico, como el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI) 2012-2024 de ámbito estatal (MINISTERIO DE FOMENTO 2012b) o el Plan Director de Infraestructuras para la Movilidad Sostenible de Asturias 2015-2030, que por su propio carácter deben considerar entre otros el aspecto de la seguridad en las infraestructuras, están además sometidos a las disposiciones que dimanan de la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente (conocida como Directiva sobre Evaluación Ambiental Estratégica), cuya transposición legal vigente en España en el momento actual se realiza a través del Título II, Capítulo I, de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. En ese contexto, la legislación exige de un informe o estudio ambiental, integrado en el propio Plan, que describa los probables efectos significativos sobre el medio ambiente, entre los que cita aquellos que se estima se van a producir sobre la fauna y sobre las zonas designadas de conformidad con las Directivas 79/409/CEE (Directiva Aves) y 92/43/CEE (Directiva Hábitats), y que incluya las medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, compensar esas afecciones. Toda esta legislación, además, debe ponerse en relación con las propias obligaciones que se derivan de la mencionada Directiva 92/43/CEE, que requiere asegurarse de la inexistencia de efectos negativos significativos sobre la coherencia de la red Natura 2000.

En ese sentido, hay que mencionar que el PITVI 2012-2024 recoge en su apartado 2.6 que *“de acuerdo con lo propuesto en el ISA (Informe de Sostenibilidad Ambiental), el Ministerio de Fomento desarrollará un estudio general de corredores ecológicos para toda España. Una vez elaborado, este estudio será una de las referencias que deberá utilizarse en el diseño de trazados y medidas”*, además de la obligación de que todas las infraestructuras de transporte que se desarrollen en su marco deben adoptar las directrices establecidas en los distintos documentos generados sobre fragmentación de hábitats, con especial indicación de los seis volúmenes generados por el grupo de trabajo impulsado a nivel ministerial (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2006 –edición aumentada y revisada en MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE 2015–; MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, 2008, 2010a y 2010b; MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, 2013a y 2013b). Al efecto, el PITVI se compromete a que en el plazo máximo de cuatro años el Ministerio de Fomento elaborará una propuesta de instrucción sobre desfragmentación.

Por su parte, el Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan Director de Infraestructuras para la Movilidad Sostenible de Asturias 2015-2030, aborda también las cuestiones relacionadas con los problemas ambientales sobre la biodiversidad y las medidas previstas para reducir y prevenir los efectos sobre el medio, proponiendo como medidas específicas la *“atenuación de la fragmentación de hábitats mediante un diseño adecuado de los viales”* –con referencias específicas también a las

recomendaciones del proyecto COAST 341 y a la documentación generada por el grupo de trabajo citada en el párrafo anterior– y la *“creación y diseño de un sistema de pasos de fauna elevados o inferiores en las infraestructuras lineales para mitigar el efecto barrera que estos elementos crean en el medio natural, y favorecer por tanto la permeabilidad para la fauna”*.

En la tercera etapa de nuevo las consideraciones legales tienen un peso específico importante. En la actualidad, prácticamente la totalidad de los proyectos de infraestructuras de transporte, públicos y privados, que correspondan a autopistas y autovías, vías rápidas y carreteras convencionales de nuevo trazado, modificación del trazado o duplicaciones de calzada de otras existentes en una longitud continuada de más de 10 km, deben someterse a Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en la forma prevista en la Ley 21/2013, mientras que la obligatoriedad de someter a EIA el resto de carreteras y actuaciones en ellas, se determina en las correspondientes normativas autonómicas, que para el caso de Asturias afecta, a través del denominado procedimiento de Evaluación Preliminar de Impacto Ambiental (EPIA) a la apertura de carreteras de cualquier orden, las modificaciones de trazado y la creación de nuevos enlaces.

Tanto la etapa segunda como la tercera conllevan una elección y priorización de las actuaciones a abordar –infraestructuras a construir o mejorar o alternativas a ejecutar, según la fase–. Para ello, con independencia de los requerimientos legales, incluidos los ambientales, que haya que respetar, suele recurrirse al uso de técnicas de decisión multicriterio, entendiendo por tales el conjunto de técnicas orientadas a asistir en procesos de decisión (GÓMEZ y BARREDO 2005) de las que existen una gran variedad de metodologías disponibles (para un resumen sobre las mismas ver, por ejemplo, VILLEGAS 2009). En los ejes de esas técnicas suelen incorporarse criterios políticos, económicos, sociales, medioambientales y funcionales, con el nivel de detalle preciso en cada caso, con el propósito general de atender a la sostenibilidad de la infraestructura.

El último paso de ese proceso de selección de las mejores alternativas es la definición a nivel de proyecto de las medidas concretas a adoptar ya sea para reducir los siniestros o para coadyuvar a la desfragmentación, para lo que es útil contar con un catálogo de medidas, aspecto que hemos abordado en el presente trabajo en el capítulo 4.2. No obstante, debe tenerse en cuenta que, aunque es posible separar y presentar las medidas en función de que su objetivo prioritario se minorar la siniestralidad o colaborar en la desfragmentación, en realidad conforman un todo único que atiende a ambas cuestiones. El ejemplo recurrente del vial vallado con pasos de fauna es significativo al respecto. En cualquier caso, el catálogo de medidas es una herramienta a disposición del proyectista que debe ser utilizada teniendo en cuenta que la situación habitual es que no exista una medida única de aplicación a su caso, sino un conjunto integrado por varias conforme, como ya se ha comentado, a las características de la vía, de su ubicación y de su problemática. En definitiva, el uso mixto de varias de ellas es lo común.

Sin embargo, sí parece especialmente reseñable que por lo que se refiere a la reducción de la siniestralidad por fauna la motivación tiene un carácter doble. Por una

parte, se trata de evitar los efectos sobre la fauna –aunque, por lo general y como se verá en el capítulo 5.2 de este trabajo, en lo que se refiere a los vertebrados no suele afectar a especies con un estado de conservación comprometido– y, por otra parte, de aumentar la seguridad de los usuarios. En este último sentido debe señalarse, en cualquier caso, que la accidentalidad con heridos y muertos provocada por “animales sueltos”, expresión utilizada por la Dirección General de Tráfico para incluir tanto a los animales silvestres como a los domésticos sin acompañante humano, es relativamente baja. A modo de ejemplo baste citar que en 2013 los muertos, heridos graves y heridos leves a consecuencia de estos accidentes en España supusieron el 0,36%, el 0,35% y el 0,62%, respectivamente, de los habidos por el conjunto de siniestros de tráfico (DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO 2013). Aun así, aumentar la seguridad vial es objetivo de la Unión Europea –que se enorgullece de tener las tasas de accidentalidad más bajas del mundo (por ejemplo, en 2014 la tasa de mortalidad de la UE por accidentes de tráfico fue de 51 muertes por cada millón de habitantes, frente a las 93 muertes por millón para toda la región de Europa y las 159 muertes por millón en la región de América (EU 2015)–, y actuar sobre los producidos por animales silvestres parece relativamente sencillo, o al menos posible, aunque su contribución pueda ser menor. Además, como ya se comentó, los accidentes de tráfico provocados por la fauna silvestre tienen una importante repercusión económica. En nuestro trabajo, hemos intentado realizar una aportación práctica al tema en el capítulo 5.3.

Por su parte, en el caso de la desfragmentación del territorio, los criterios de intervención están relacionados con el funcionamiento de los ecosistemas. En ese sentido, los especialistas indican que las medidas deben estar diseñadas a escala de paisaje, conectando los flujos reales, y estar fundadas en las recomendaciones sobre la eficacia de los distintos pasos de fauna (VALLADARES y col. 2011). Llevar a la práctica estas sugerencias requiere contar con una importante información previa sobre las distintas especies, ya que su respuesta ante las infraestructuras puede presentar notables diferencias, incluso de escala. Así, por ejemplo, DELGADO 2003, recoge información sobre el diferente alcance horizontal de los efectos de borde viarios sobre distintos vertebrados terrestres (desde 90 m en ungulados forestales hasta más de 2.000 m en lobos o casi 2.500 m en osos si se trata de carreteras con elevado tráfico).

Un criterio seguido con cierta asiduidad al tratar sobre desfragmentación es el uso de las especies amenazadas, y en particular las que se encuentran en peligro de extinción, para la definición de los lugares donde se debe actuar. En nuestro caso, hemos utilizado ese enfoque y en el capítulo 6.2 de este trabajo se pretende realizar una aportación a la desfragmentación del área de distribución del oso pardo en Asturias en relación con la permeabilidad de la autopista AP-66.

4.4.- SEGUIMIENTO.

Casi tan importante como la ejecución de las medidas de desfragmentación o de minoración de la siniestralidad es el seguimiento de su eficacia, porque sólo de esa manera se adquiere información que permita la mejora de la propia actuación o la aplicación de la experiencia adquirida a otras situaciones. En definitiva, el seguimiento es imprescindible para la ulterior toma de decisiones basada en información

fundamentada y fiable, aun teniendo en cuenta que, como recuerdan ROEDENBECK y col. (2007), es una cruel ironía en la ecología de las carreteras que, cuando más importante es la cuestión, mayor es la incertidumbre de las respuestas que la ciencia es capaz de proporcionar y que, en consecuencia, quienes deban tomar decisiones al respecto deben abrazar enfoques, como el principio de precaución y el establecimiento de límites en el grado de fragmentación del paisaje, propios de condiciones de incertidumbre. En cualquier caso, parece necesario un enfoque experimental riguroso y sólido en las tareas de seguimiento que permita maximizar la potencia inferencial para asegurar que las medidas que se tomen sean a la vez eficaces y rentables (RYTWINSKI y col. 2015).

Existen numerosos trabajos científicos y técnicos relacionados con el seguimiento en un buen número de ámbitos territoriales y áreas geográficas o en relación con distintos animales silvestre (ver, por ejemplo, GRILO y col. 2008, GLISTA y col. 2009, BEBEN 2012 o SERRONHA y col. 2013). En España, la existencia de múltiples estudios de seguimiento ambiental de infraestructuras lineales de transporte completados entre los años 2000 a 2011 ha permitido, por ejemplo, la realización de trabajos sólidos basados en un amplio número de datos, como el realizado por GARCÍA y col. (2014) en el que se alcanzan conclusiones, bien fundamentadas, tales como que para favorecer la conectividad entre hábitats fragmentados por infraestructuras de transporte es conveniente la instalación de diferentes tipos de estructuras transversales, que en zonas más sensibles (áreas protegidas, corredores de fauna amenazada, etc.) es más importante la instalación de pasos específicos –en promedio son dos veces más utilizados que los pasos multifuncionales y hasta cuatro veces más que los drenajes circulares– o que el diseño de los pasos inferiores debería contemplar valores de índice de apertura adecuados en función de la especie objetivo para los que se conciben.

Sin embargo, la mayoría de estos trabajos se refieren, en realidad, a la evaluación de la utilización de los pasos de fauna y no a la eficacia de las medidas adoptadas, porque el uso de una estructura de cruce de fauna no equivale necesariamente a calibrar su eficacia, en particular por lo que se refiere a la reducción de la fragmentación que, previsiblemente, habrá causado la infraestructura vial. Es decir, de hecho, muy pocos estudios abordan el análisis de la situación pre-operacional (antes de que la carretera exista) y la comparación con la situación post-operacional (después de que la carretera haya sido construida y las estructuras de cruce estén funcionando), y las conclusiones que pueden sacarse con uno u otro enfoque –o, incluso, con el área de trabajo que se utilice– son muy diferentes. Un ejemplo gráfico de esta cuestión lo encontramos en el trabajo de VAN DER GRIFT y col. (2013) y se muestra en la Figura 109.

En ella vemos, en un supuesto hipotético, que el efecto de la construcción de una carretera es minorar el paso de los animales en un 50% (II) respecto de la situación pre-carretera (I) y que si se plantea el estudio sólo en torno al uso de la estructura de cruce (III), a su uso, se podría incluso alcanzar la conclusión de que se ha minorado el efecto negativo en un 100%, cuando en realidad si el cálculo se realiza sobre el conjunto de la infraestructura es del 70%, porcentaje que disminuye hasta el 40% si, además, la carretera está vallada (IV).

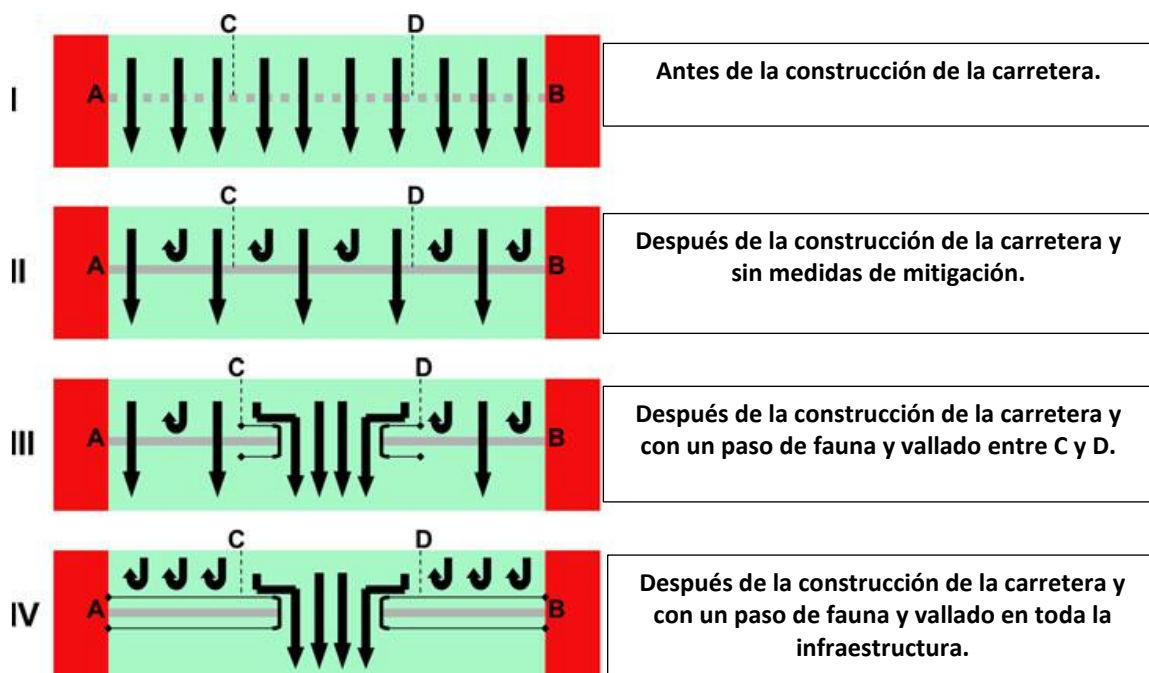


Figura 109.- Ejemplo de cómo el planteamiento del seguimiento y el área de estudio, afecta a las conclusiones sobre la eficacia de las medidas de mitigación (fuente: VAN DER GRIFT y col. 2013). Flechas negras: movimientos de la fauna. I: situación pre-operacional (100% de cruces). II: Situación post-operacional sin paso de fauna (50% de cruces). Situación post-operacional con paso de fauna y vallado entre C y D (100% de cruces entre C y D, 70% de cruces en toda la carretera). Situación post-operacional con paso de fauna y vallado en toda la carretera C y D (100% de cruces entre C y D, 40% de cruces en toda la carretera).

En cualquier caso, los trabajos de seguimiento requieren de una buena planificación y organización. Aunque en apariencia puedan resultar obvias algunos autores ofrecen directrices a modo de guías paso a paso para evaluar la eficacia de las estructuras de mitigación. La sugerida, de nuevo, por VAN DER GRIFT y col. (2013) se reproduce traducida en la Figura 110.

El proceso no puede entenderse como un continuo sin tener en cuenta la conveniencia de, a partir, del paso cinco considerar mecanismos de “feedback” o retroalimentación. En efecto, las cuatro primeras etapas parecen muy lineales, desde la identificación de las especies objeto de mitigación y la definición de metas para ellas (VAN DER GRIFT y col. 2015 recomiendan que, para la definición de objetivos, se utilice la aproximación SMART –de las iniciales en inglés de specific, measurable, achievable, realistic and time framed–, es decir que sean específicos, medibles, alcanzables, realistas y enmarcados en el tiempo, ya que, por ejemplo, no es lo mismo trabajar con el objetivo de que no haya pérdida neta de movimientos a admitir un cierto grado de disminución y, en este caso, hay que definir cuál es la cantidad admisible y en qué período) a la elección de diseño general del estudio que sea más conveniente para nuestro caso (incluyendo cuestiones tales como la selección de parcelas de control –o el establecimiento de métodos alternativos si estos no son posibles– o las replicaciones necesarias), pasando por la selección de las especies objeto de seguimiento real (no siempre será posible trabajar con todas las especies a las que vayan destinadas las medidas de mitigación o especies objetivo) y por la selección de las variables a medir (que estarán en relación con los objetivos de mitigación establecidos).

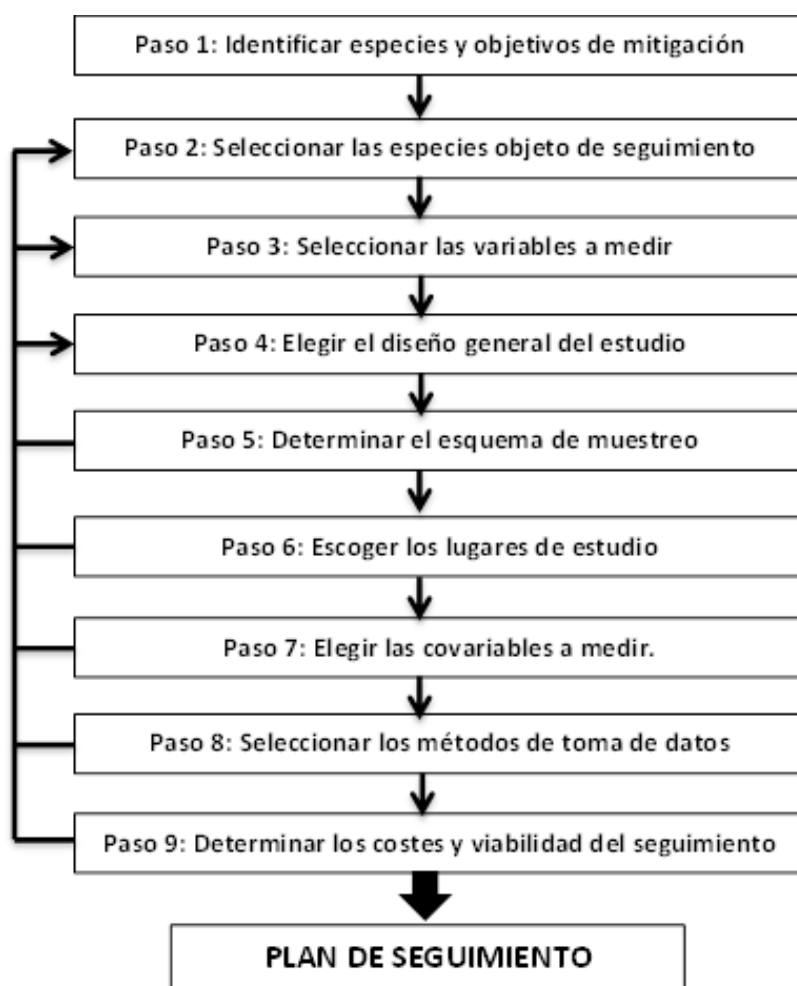


Figura 110.- Etapas del proceso para la elaboración de un Plan de Seguimiento de la eficacia de estructuras de cruce para la fauna en una infraestructura (fuente: VAN DER GRIFT y col. 2013).

Por el contrario, a partir de la quinta etapa las decisiones que se tomen pueden hacer necesario replantear algunas de las determinaciones tomadas con anterioridad en los pasos dos, tres y cuatro. Así, al considerar los lugares de muestreo puede que estos estén limitados por cuestiones de diversa índole (a las que no son ajenas los temas de accesibilidad) y que eso nos haga reconsiderar las especies objeto de seguimiento real, o que al pensar sobre las variables explicativas del fenómeno a estudiar que debemos medir nos demos cuenta de aspectos no considerados en el diseño general del trabajo. Por último, resulta indiscutible que los costes del plan de seguimiento condicionan su propia viabilidad y, en consecuencia, pueden obligarnos a un replanteamiento general del problema.

Este aspecto, el de los costes y la viabilidad, está íntimamente ligado además con la necesidad de mantener los programas de seguimiento durante un cierto número de años, pues está comprobado que los animales necesitan de un tiempo para acostumbrarse a la utilización de las estructuras de cruce (FORD y col. 2010, CLEVENGER 2011), de forma que resultados obtenidos en los primeros años desde su entrada en funcionamiento pueden enmascarar la efectividad de las medidas adoptadas minusvalorándola.

En los programas de seguimiento, y en el apartado de toma de datos, son usuales las técnicas para la captura de huellas de animales que permiten identificar a las especies que utilizan los pasos de fauna, como las alfombras de arena, tierra fina o de marmolina (Figura 111) o la obtención de imágenes de ellas a través de cámaras fotográficas automatizadas (Figura 112).



Figura 111.- Zorro atravesando una alfombra de marmolina en un paso de fauna (fuente: MATA 2007).

El uso de fototrampas es una técnica de estudio muy generaliza debido a que permite detectar la presencia o ausencia de animales y, además, en los fotogramas ofrece otra información adicional (Figura 113) que posibilita incorporar a los trabajos otras cuestiones relacionadas con la definición de patrones de actividad o con el comportamiento de las especies.



Figura 112.- Colocación de una cámara fotográfica automática en un drenaje para el estudio de su utilización como paso de fauna (fuente: SPARKS y GATES 2011).

Pero, incluso con las técnicas de fototrampeo, la mayoría de las investigaciones se refieren más, como se ha comentado anteriormente, al estudio del uso de las estructuras de cruce por los animales o, simplemente, a documentar su empleo – cuestiones en las que la bibliografía es abundante (ver, por ejemplo, BOUCHER 2010, CRAMER 2013 o HUISER y col. 2015b)–, que a una verdadera evaluación de la eficacia de las medidas de mitigación. En ese sentido, algunos trabajos que tienen ese enfoque evidencian muy bien que los programas orientados a la estimación real de la validez de las medidas adoptadas o de las actuaciones realizadas requieren de un diseño que implique la utilización de estas técnicas de forma abundante y con esquemas de muestreo bien planteados.

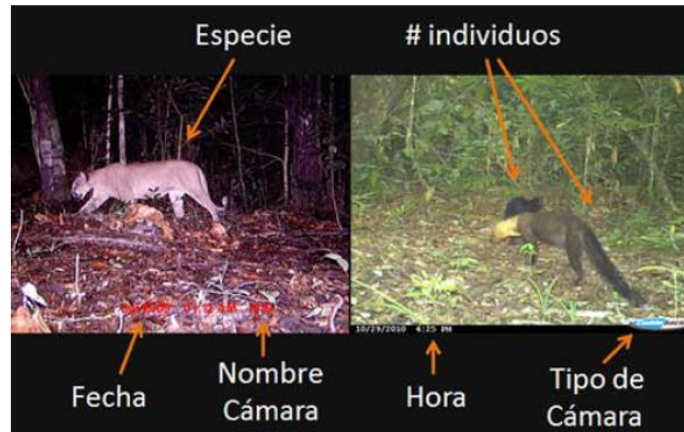


Figura 113.- Información suministrada por las fotografías de cámaras trampa (fuente: DÍAZ-PULIDO y PAYÁN 2012).

Un buen ejemplo a este respecto lo encontramos en el trabajo de DONALDSON y col. (2015), donde el estudio de la eficacia de las estrategias de mitigación sobre el ciervo de cola blanca y el oso negro en distintas carreteras de Virginia (USA), conllevó el seguimiento fotográfico no sólo de los pasos de fauna, sino también de un área circundante a fin de poder comparar la utilización de los mismos con los intentos de atravesar el vial por parte de los animales (Figura 114).

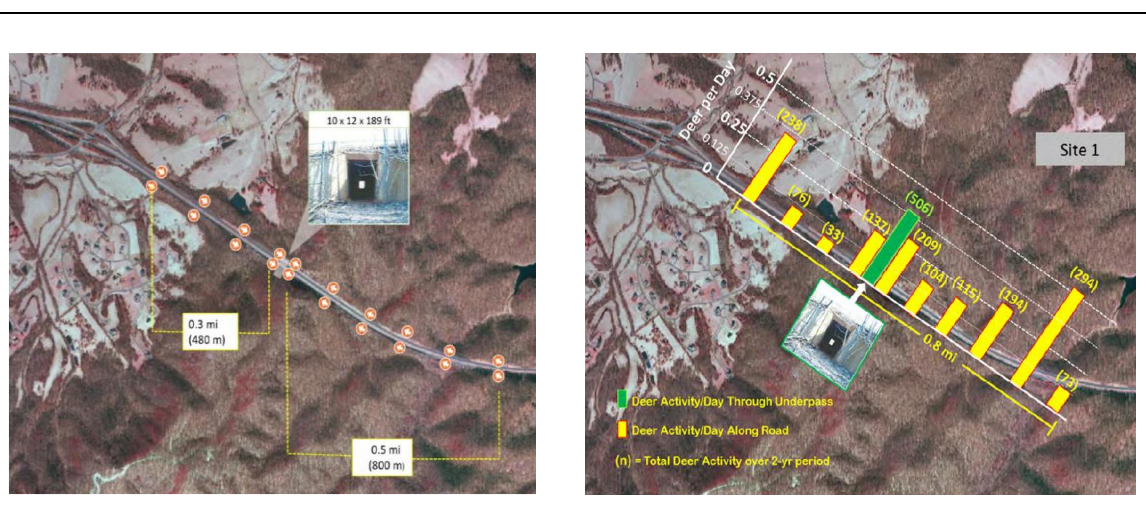


Figura 114.- Ubicación de 20 cámaras de fototrampeo a ambos lados del vial en torno a un paso subterráneo en Virginia (USA) –círculos con flecha en la imagen de la izquierda– y número de imágenes de ciervos de cola blanca obtenidas en cada estación de muestreo – imagen de la derecha– (fuente: DONALDSON y col. 2015).

5.- CASO PRÁCTICO 1: SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE EN ASTURIAS.

5.1.- MARCO TERRITORIAL.

Asturias se ubica en el norte de la península Ibérica, ocupando un área total próxima a los 10603 km². Su territorio está encajonado entre la divisoria de la cordillera Cantábrica y el mar del mismo nombre, formando un estrecho corredor de 200 km de largo y de 30 a 90 km de ancho. Su situación determina un clima atlántico con una elevada pluviosidad –superior a los 1000 mm anuales en todo su territorio–, que disminuye en la época estival, y un régimen térmico moderado (Figura 115).

Se trata de una de las regiones más montañosas de España y una de las principales de Europa, con el 35% del terreno con pendientes superiores al 50% y el 65% con desniveles mayores del 30% (Tabla 1).

Tabla 1.- Distribución superficies de Asturias según pendiente (fuente: SADEI 2015)

Pendiente	km ²	%
Menos del 3%	266,20	2,51
Del 3% al 10%	760,38	7,17
Del 11% al 20%	1161,90	10,96
Del 21% al 30%	1443,95	13,62
Del 31% al 50%	3315,22	31,27
Más del 50%	3654,81	34,47
TOTAL	10602,46	100

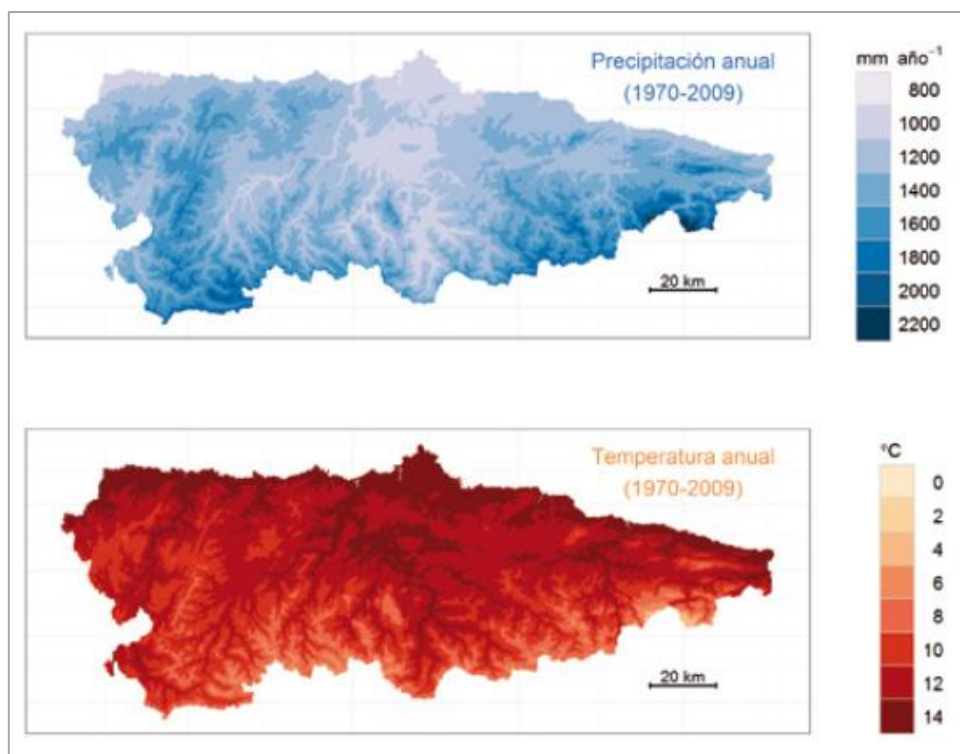


Figura 115.- Precipitación anual (mm/año) y temperatura media (°C) para el período 1970-2009 (fuente: GONZÁLEZ y ANADÓN 2011)

Pese a contar con un territorio no muy extenso, Asturias es muy diversa en lo que se refiere a su cubierta vegetal. Desde un punto de vista fitogeográfico queda encuadrada en su totalidad dentro de la región Eurosiberiana (reino Holártico) y más en concreto dentro de la subregión Atlántico-Centroeuropa, provincia Atlántica Europea, con presencia de dos unidades bien caracterizadas: las subprovincias Orocantábrica y Cantabroatlántica (Figura 116), que ocupan los territorios de la cordillera y sus estribaciones más próximas de clima más continental, la primera, y los valles más cercanos al mar y las zonas costeras de clima acusadamente oceánico, la segunda.

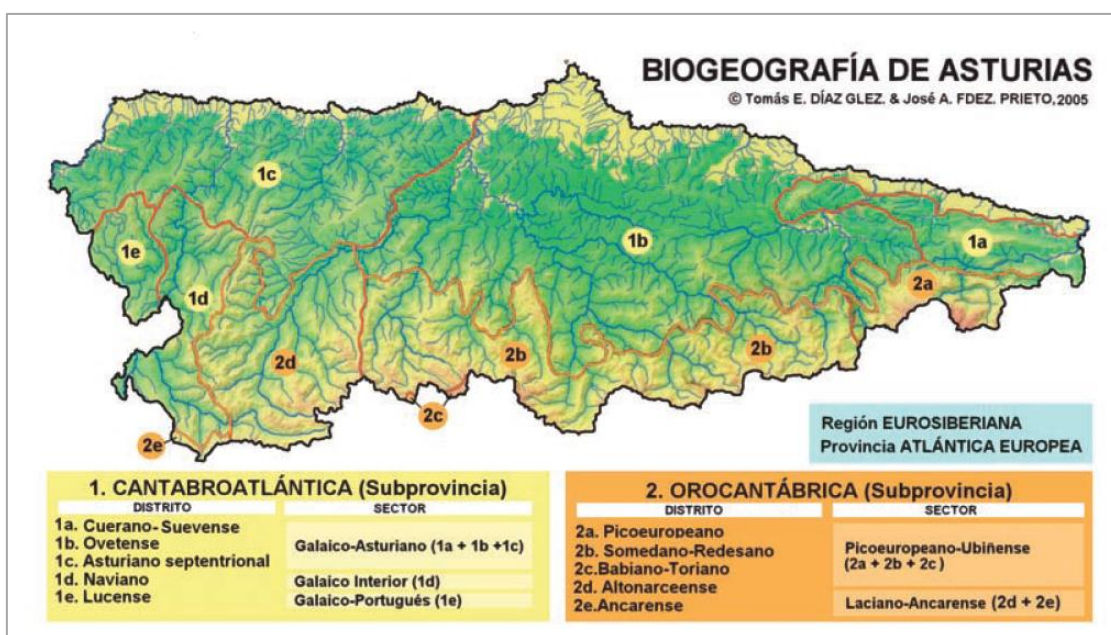


Figura 116.- Mapa ilustrativo de la biogeografía de Asturias (fuente: DÍAZ y col. 2005).

En los territorios interiores cántabro-atlánticos, al igual que en los valles y montañas orocantábricos, la potencialidad de los terrenos corresponde a formaciones arboladas de distintas especies caducifolias –robles (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pyrenaica*), hayas (*Fagus sylvatica*), abedules (*Betula alba*),..., mientras que en el tramo del litoral predominan los acantilados frente a las playas, dunas y marismas, y en la alta montaña matorrales (básicamente de enebro rastrero–*Juniperus communis* subsp. *alpina*–) y pastizales más o menos densos que albergan una flora muy diversa y rica en endemismos exclusivos de estos territorios.

No obstante, la acción antrópica ancestral ha cambiado sustancialmente el paisaje vegetal original, de modo que, en la actualidad, alrededor del 42% de la región se encuentra ocupado por formaciones arbóreas (de las que casi 129000 ha son de especies introducidas, mayoritariamente eucalipto –*Eucalyptus globulus*– y distintos pinos –*Pinus sp.*–, que se asientan principalmente en la zona baja y media-baja de la región, mientras el arbolado autóctono se ubica en la media-alta y alta, siendo en esta última donde sobreviven las grandes manchas de superficie arbolada), el 30% son terrenos forestales desarbolados (ocupados por matorrales, con casi 300000 ha, y pastizales) y algo menos del 28% corresponde a cultivos, praderías y terrenos improductivos, entre ellos las áreas urbanizadas (INF 2012). Por su parte, la gran mayoría de la superficie agraria son prados, mientras que las áreas cultivadas corresponden principalmente a cultivos forrajeros que, en el momento actual, ocupan

unas 13000 ha –de las que unas 8000 ha son sometidas a un sistema de rotación con un cultivo de invierno y otro de verano– y han tenido una producción media en el periodo 2007-2014 próxima a las 830000 T, con una distribución anual por tipos que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.- Producción en toneladas de los cultivos forrajeros en Asturias, 2007-2014 (fuente: elaboración propia a partir de SADEI, 2015).

Cultivos forrajeros	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
de invierno	256111	236850	234166	228266	260460	231625	213545	219303
de verano	422000	291825	484440	455250	407550	440440	380400	452980
Praderas polifitas	286880	238400	151380	155320	149976	123830	161370	137500

No es conocido de forma exhaustiva la totalidad del elenco faunístico regional actual, en el que la relación de invertebrados es incompleta, pero baste reseñar que en Asturias se encuentran presentes más de 450 especies de vertebrados continentales, lo que representa un 45% de las especies listadas en el conjunto del territorio español, para darnos una idea de su importancia. Su distribución está condicionada por razones biogeográficas y así mientras hay grupos con una muestra relativamente pobre –los peces con el 28% de las especies españolas, los reptiles con el 36% o los anfibios con el 41%–, otras –como los mamíferos con el 80% o las aves con el 81% de las autóctonas– tienen una gran representación específica en comparación con el total de las que hay en España (NORES y GARCÍA-ROVÉS 2007).

Consecuentemente con los distintos tipos de hábitat que utilizan estas especies el grado de conservación de los diferentes grupos es muy dispar, oscilando entre el bajo porcentaje de especies que se consideran amenazadas en los reptiles –un 8%– y el más elevado de las aves –un 21%–. La Tabla 3 nos muestra un detalle más pormenorizado de la situación y su comparación con la misma en el ámbito español, europeo y mundial (NORES y GARCÍA-ROVÉS 2007).

Tabla 3.- Frecuencia de taxones amenazados a diferentes escalas. Nº esp.= número total de especies. % amen.= porcentaje de amenazadas (fuente: NORES y GARCÍA ROVÉS 2007).

	Asturias		España		Europa		Mundial	
	Nº esp.	% amen.	Nº esp.	% amen.	Nº esp.	% amen.	Nº esp.	% amen.
Peces	19	16	68	53	227	52	29.300	4
Anfibios	14	14	34	29	71	30	5.918	31
Reptiles	25	8	71	21	199	45	8.240	4
Aves	310	21	707	14	520	15	9.934	12
Mamíferos	108	13	133	12	250	42	5.416	20

Entre los mamíferos amenazados son dos los que se encuentran, en el ámbito regional, “en peligro crítico”, es decir, enfrentados a un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre: la liebre europea (*Lepus europaeus*) y el oso pardo (*Ursus arctos*). No obstante, sólo éste último tiene la consideración legal, tanto en el Catálogo Estatal de Especies Amenazadas, como en el Catálogo Regional de la Fauna Silvestre Amenazada del Principado de Asturias, de especie “en peligro de extinción”.

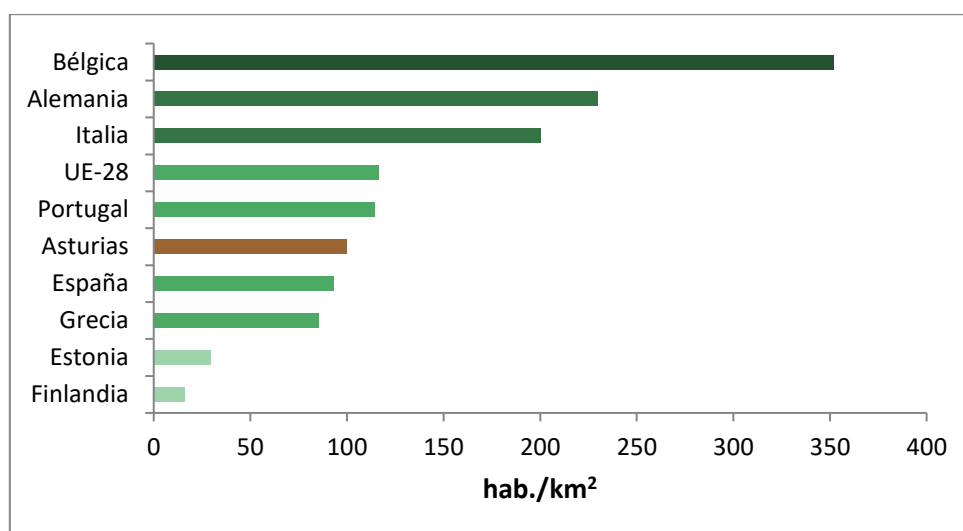


Figura 117.- Densidad de población humana en Asturias (barra marrón) y distintos países europeos (fuente: EUROSTAT y SADEI 2015).

La población humana que vive en Asturias es de 1.061.756 personas (SADEI 2015) y su densidad de población de 100,14 hab./km², lo que la sitúa ligeramente por encima de la media nacional, aunque por debajo de la Unión Europea (Figura 117). No obstante, la distribución de la población en el territorio es muy desigual. Así, mientras el 75% de la población se concentra en torno al 25% del territorio en la zona central de la región, el resto se encuentra dispersa en las alas, donde a su vez se reparte conforme a un gradiente que, con carácter general, crece desde el interior hacia la costa (Figura 118) por razón de la mayor suavidad orográfica (que permite el desarrollo más intensivo de las prácticas agroganaderas y una mejor implantación de actividades secundarias) y, en los últimos tiempos, por la influencia de un modelo productivo que ha ido perdiendo fuerza en el sector primario para ganarla en el terciario.

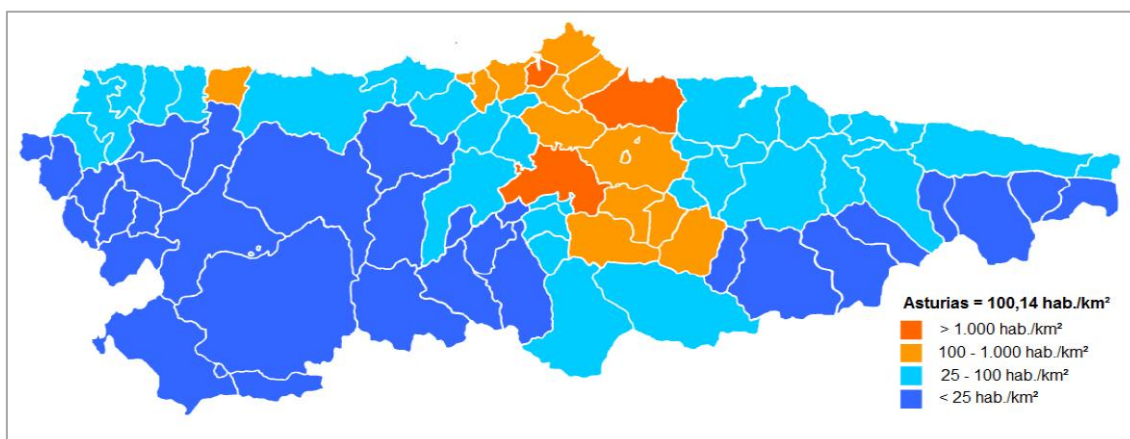


Figura 118.- Densidad de población (hab./km²) en los municipios asturianos (fuente: SADEI 2015).

La tendencia hacia la terciarización de la economía tiene carácter regional. La primera estimación del PIB regional a precios de mercado de 2014 alcanza la cifra de 21.440.647.000 € y la del VAB la de 19.549.541.000 € (SADEI 2015), correspondiendo casi el 71% al sector servicios, proporción que todavía es superior si lo que consideramos es el número de empleos (Tabla 4).

Tabla 4.- Valor Añadido Bruto regional a precios básicos de 2014 (primera estimación) y número de empleos en ese año (fuente: SADEI 2015).

	Valor Añadido Bruto (VAB)		Empleos	
	Miles de €	%	N	%
Sector primario	283445	1,45	14.246	3,99
Sector secundario	5.469.829	27,98	73556	20,57
Sector terciario	13.796.257	70,57	269712	75,44
Total	19.549.541	100	357514	100

El modelo tradicional de explotación del territorio, derivado de los requerimientos de la ganadería en extensivo practicada ancestralmente, está en la base de la tremenda dispersión de los núcleos de población y condiciona, también en la actualidad, el conjunto de la red viaria regional, que tiene que satisfacer las necesidades de una población muy desperdigada. De esta forma, La red de carreteras de Asturias cuenta con 5058,97 km de longitud, contabilizando los viales de titularidad estatal y autonómica, que se distribuyen conforme a lo expresado en la Tabla 5.

Tabla 5.- Titularidad de la red de carreteras en Asturias (fuente: MINISTERIO DE FOMENTO, 2014a y CONSEJERÍA DE FOMENTO, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE 2014).

Titularidad	Tipo de vía	Kilómetros	%
Estatal	Vías de gran capacidad	385,38	7,62
	Carreteras convencionales	468,79	9,26
SUBTOTAL		854,17	16,88
Autonómica	Autovías	66,3	1,31
	Carreteras regionales	552,2	10,92
	Carreteras comarcales	1143,3	22,60
	Carreteras locales de primer orden	957,1	18,92
	Carreteras locales de segundo orden	1485,9	29,37
SUBTOTAL		4204,8	83,12
TOTAL		5058,97	100

Los indicadores de la red, en lo que se refiere a km de red/km² y km de la red/1000 habitantes, reflejan una situación, como se puede ver en la Figura 119, en la que ambos estadísticos están por encima de la media nacional, lo que se corresponde con una red que da servicio a una población relativamente pequeña, pero asentada de forma muy dispersa sobre un territorio no muy grande.

Por lo que se refiere a las carreteras debe destacarse que, mientras la longitud de las vías convencionales ha permanecido más o menos constante en los últimos años, con independencia de las notables mejoras que puedan haberse introducido en su trazado o firme, el incremento de las vías de gran capacidad ha sido muy significativo, como se refleja en la Figura 120. No obstante, es una evolución acorde con la que se ha producido en el conjunto del país (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013).

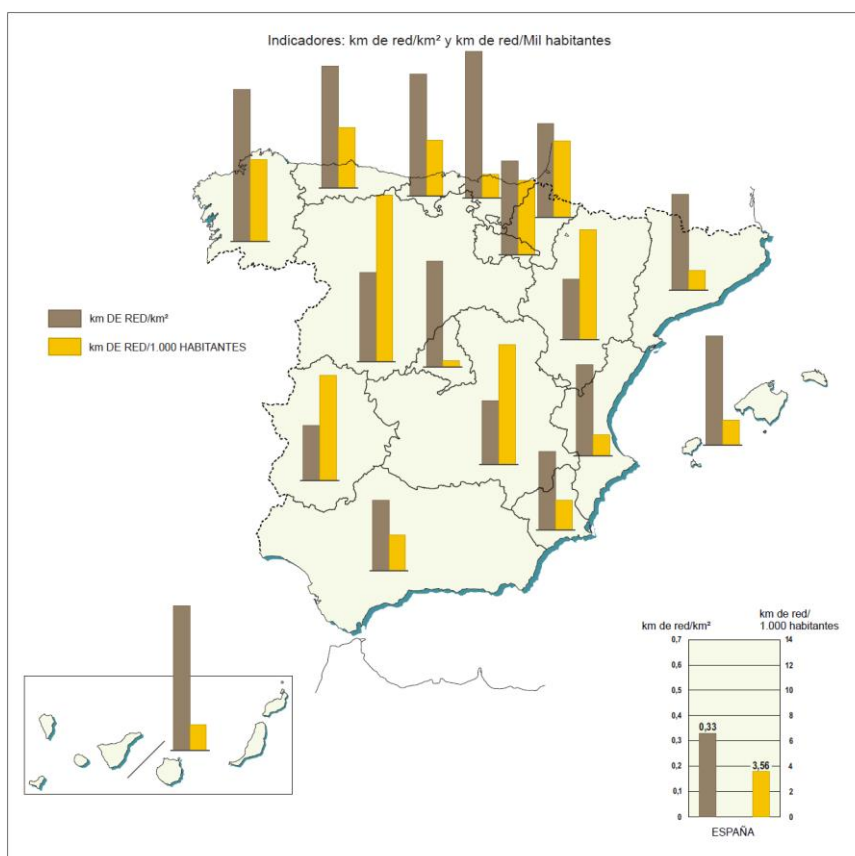


Figura 119.- Indicadores km de red/km² y km de red/1000 habitantes para el conjunto de la red de carreteras española (red del Estado, de las CCAA y de los Cabildos y Diputaciones) (fuente: MINISTERIO DE FOMENTO 2014b).

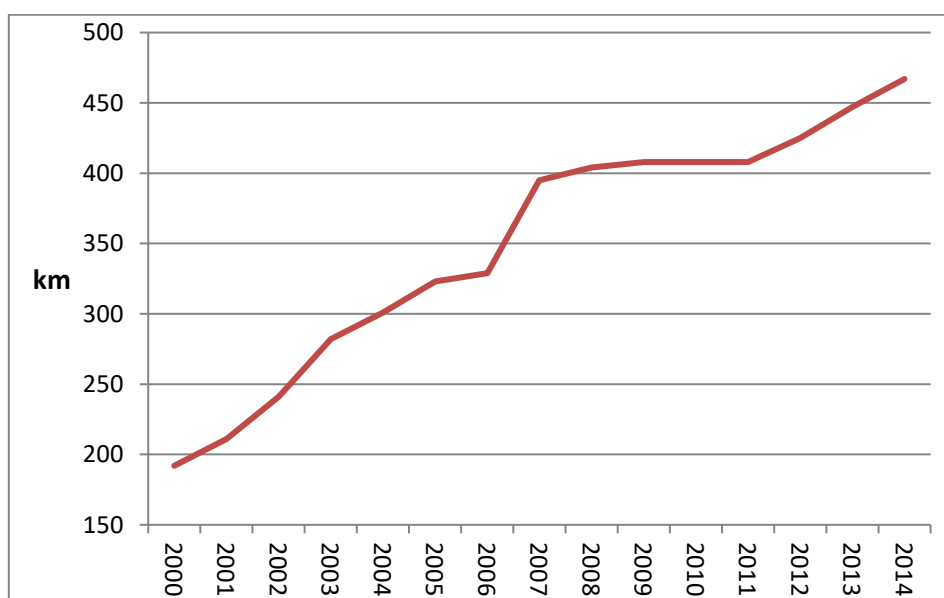


Figura 120.- Evolución de las vías de alta capacidad en Asturias 2000-2014 (fuente: MINISTERIO DE FOMENTO 2003, 2008, 2010a, 2013 y 2015 y CONSEJERÍA DE FOMENTO, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE 2014).

Por su parte, el parque de vehículos también ha tenido una evolución pareja a la del resto del Estado español, no habiéndose producido un estancamiento en su continuo crecimiento hasta 2012, como se aprecia en la Tabla 6. La edad media del parque de

vehículos en general en 2014 era de 10,7 años y la de los turismos de 10,6 años (DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO 2014).

Tabla 6.- Parque móvil en Asturias 1999-2014 (fuente: Anuarios de LA DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO).

Año	Camiones y furgonetas	Autobuses	Turismos	Motocicletas	Tractores industriales	Total
2014	88794	1384	493570	50269	3850	637867
2013	90016	1390	494626	48774	3861	638667
2012	91358	1456	501221	48159	4083	646277
2011	92461	1427	501826	46873	4359	646946
2005	82739	1352	452354	25179	4507	566131
1999	67912	1414	391215	18976	3087	482604

El tráfico que soporta la red viaria asturiana ha sufrido desde 2007 una evolución negativa (Figura 121) –también al igual que el conjunto de la red estatal (Figura 122)–, que ha sido particularmente intensa en la Red de Carreteras del Estado y más contenida en la autonómica, y que debe interpretarse como un efecto de la crisis económica sufrida por nuestro país y con el casi constante aumento del precio de los combustibles en ese periodo.

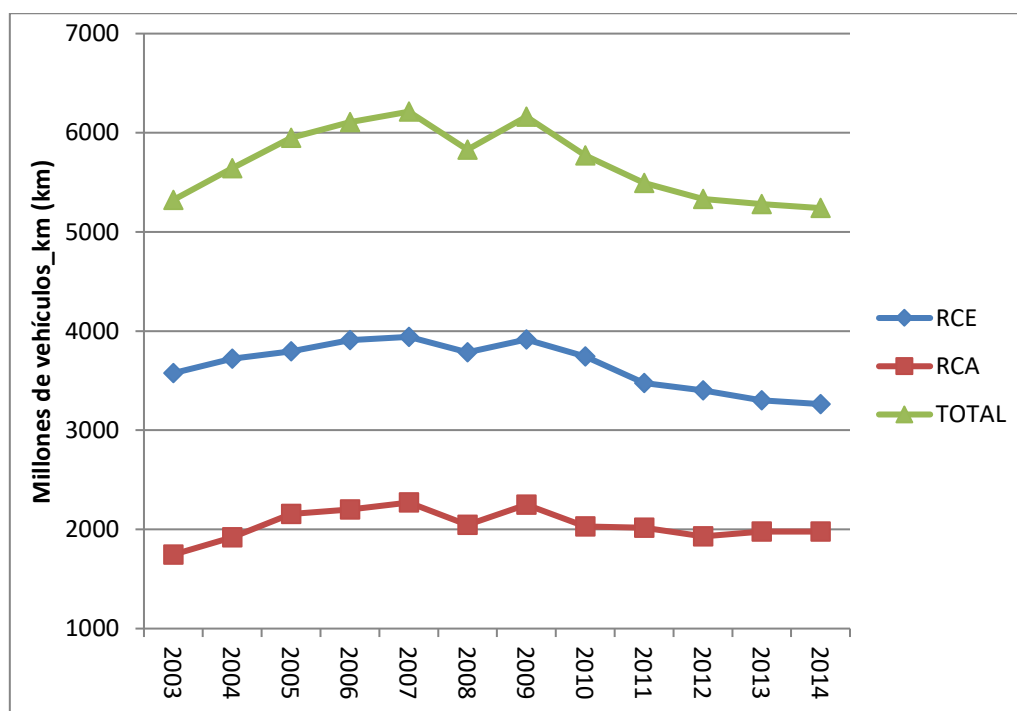


Figura 121.- Evolución del tráfico en las carreteras asturianas 2003-2014 (RCE: Red de Carreteras del Estado en Asturias, RCA: Red de Carreteras del Principado de Asturias) (fuente: MINISTERIO DE FOMENTO 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010b, 2011, 2012, 2013 y 2014).

Por último, señalar que la accidentalidad también muestra una tendencia negativa (Tabla 7), aunque en este caso además del efecto de la disminución del tráfico debería sumarse el importante esfuerzo que nuestro país realiza para la minoración de la siniestralidad.

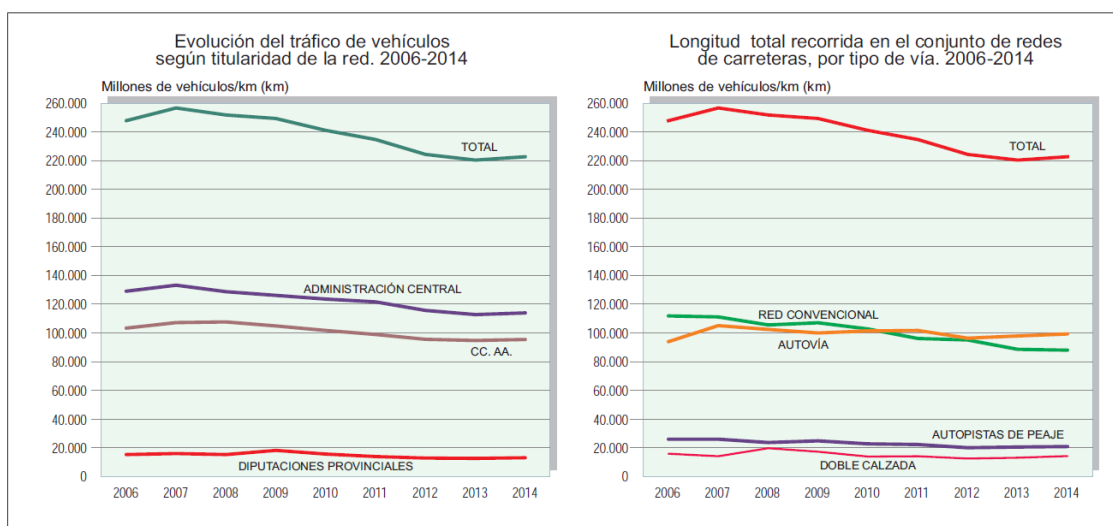


Figura 122.- Evolución del tráfico en España 2006-2014 (fuente: MINISTERIO DE FOMENTO 2014b).

Tabla 7.- Número de accidentes con víctimas en vías interurbanas en Asturias 2000-2014 (fuente: DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO 2013 y 2014).

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Nº	1576	1653	1685	1607	1481	1440	1621	1451
Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Nº	1300	1181	1067	1071	1039	1057	967	

5.2.- ANÁLISIS DE LA SINIESTRALIDAD POR FAUNA EN ASTURIAS Y DETERMINACIÓN DE PUNTOS NEGROS.

5.2.1.- GENERALIDADES.

Asturias se encuentra (Figura 13) entre las provincias españolas con un mayor número de accidentes provocados por la fauna, al menos entre la que suscita siniestros de tráfico que son reportados ante las autoridades (DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO 2004, SÁENZ-DE-SANTA-MARÍA y TELLERÍA 2015). Al igual que en otros lugares, los datos previos sobre atropellos de fauna en general indican que el de los anfibios es, entre los vertebrados, el grupo que acapara el mayor número de colisiones (DÍAZ y FERNÁNDEZ 2006), aunque estos incidentes no se encuentran contabilizados entre los anteriores. El número de accidentes con especies cinegéticas en 2005 fueron 374 (NORES 2008) que afectaron principalmente a jabalíes –*Sus scrofa*– (60%), corzos –*Capreolus capreolus*– (25%), venado –*Cervus elaphus*– (10%) y rebecos –*Rupicapra pyrenaica*– (5%), proporciones que estudios posteriores varían ligeramente (en MENÉNDEZ 2009, las encontradas para 2008 fueron de 60% jabalíes, 37% corzos y 3% venados), al igual que cuando sólo se muestrean las carreteras de la red de la Comunidad Autónoma (en DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, 2008, las encontradas entre 2005 y 2008 para los animales silvestres fueron de un 48,8 % para jabalí, un 42,4% para corzo y un 4,9% para venado).

Por su parte, en el marco del proyecto MIMAR (Mapa de Interpretación Medioambiental de la Red de Carreteras), la Asociación Española de la Carretera abordó el análisis de la siniestralidad por fauna en el periodo comprendido entre junio de 2005 y julio de 2006, definiendo para el conjunto de España un total de 848 Tramos de Concentración de Accidentes con Animales de los que en Asturias había 44, siendo la cuarta provincia española que más acumulaba (DÍAZ 2007). Como salida gráfica destinada al usuario generalista el proyecto MIMAR generó mapas regionales, reproduciéndose en la Figura 123 el de Asturias.

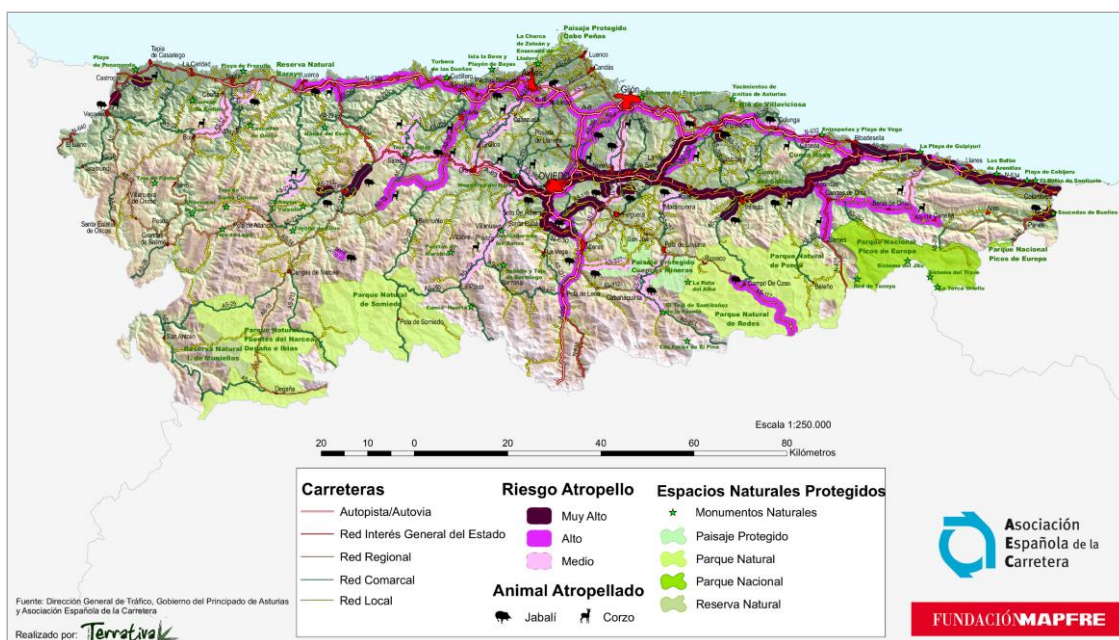


Figura 123.- Mapa de Asturias del proyecto MIMAR (2007).

5.2.2.- LOS DATOS.

En este trabajo se ha considerado el periodo comprendido entre 2007 y 2014. Se ha partido de información que proviene de las cuatro fuentes, suministradas en inicio en formato de archivo Excel, que se describen a continuación:

- Datos del sistema “Seguridad Vial del Principado de Asturias” —en adelante, “SEVIPA”—: Se trata de una base de datos dependiente de la Dirección General de Infraestructuras y Transportes del Principado de Asturias que traslada, para la red de carreteras de esta Comunidad Autónoma, la información sobre siniestralidad es la misma suministrada periódicamente por el sistema ARENA (Accidentes: Recogida de información y Análisis) de la Dirección General de Tráfico. Está integrada por 14902 registros totales sobre siniestros ocurridos en 2007-2014, de los que 3162 registros corresponden a accidentes en los que intervienen de una u otra forma animales en general (silvestres o domésticos) no acompañados por el hombre.
- Datos de Accidentes del Servicio de Caza y Pesca del Principado de Asturias —en adelante, “Caza”—: Se trata de una base de datos dependiente de la Dirección

General de Recursos Naturales del Principado de Asturias cuyo origen está en las solicitudes realizadas por los implicados en los siniestros sobre la titularidad de los terrenos cinegéticos que rodean a las carreteras donde ocurren los mismos. Contiene registros sobre 4435 accidentes con animales silvestres sucedidos en la región en el periodo considerado.

- Datos de la Demarcación de Carreteras en Asturias basados en ARENA –en adelante, “Demarcación-ARENA”–: Se trata de la información periódica que el sistema ARENA de la Dirección General de Tráfico proporciona para siniestros ocurridos en la Red de Carreteras del Estado en Asturias a la Demarcación de Carreteras en esta Comunidad Autónoma. Contiene 12962 registros totales sobre siniestros ocurridos en 2007-2014, de los que 3232 registros corresponden a accidentes en los que intervienen animales en general (silvestres o domésticos).
- Datos de Atropellos del servicio de Conservación Integral de la Red de la Demarcación de Carreteras en Asturias –en adelante, “Demarcación-Conservación”–: se trata de una base de datos que la propia Demarcación genera a partir de la información suministrada por su servicio de conservación integral de la Red de Carreteras del Estado en Asturias. Se ha trabajado sobre un total de 2205 registros de atropellos a animales, de los que 1926 implican a animales silvestres.

Estas cuatro fuentes de datos, correspondientes a tres organismos distintos, contienen información, en todos los casos, parcial y con muy distinto grado de fiabilidad, debido a que:

- No existe una obligación de declarar los accidentes, por lo que los registros que incorpora el sistema ARENA o los derivados de él (“SEVIPA” y “Demarcación-ARENA”) son, necesariamente, incompletos.
- Las incidencias de origen del sistema ARENA son cubiertas por la Guardia Civil de Tráfico, pero no requieren de la presencia obligatoria de sus agentes en el lugar y en el momento del accidente, o en el inmediatamente posterior, y los registros a los que se ha tenido acceso no indican tal circunstancia, por lo que es previsible que una parte de ellos hubieran sido cubiertos simplemente con información suministrada por el afectado que puede tener interés en presentar determinada versión del siniestro (por ejemplo, a efectos de la responsabilidad del mismo si se han producido daños).
- El sistema ARENA, en las fichas informáticas que se han consultado, no tiene un campo específico para reflejar la especie animal que interviene en el accidente, sino que hay una referencia muy genérica en los campos normalizados (animales acompañados, animales sueltos...) quedando relegada la mención a la especie concreta, si es que se realiza, a un campo general de “comentarios”. Dada su falta de normalización, el campo “comentarios” no se incorpora a los volcados de la información del sistema al formato Excel, por lo que en él no se refleja la especie causante del incidente.

- Los datos “Caza” corresponden exclusivamente a información facilitada en origen por el propio afectado o, en todo caso, por una compañía aseguradora, que tiene interés en conocer al titular del derecho cinegético para, presumiblemente, promover algún tipo de reclamación contra él.
- Los datos que podrían resultar más objetivos, como los datos “Demarcación-Conservación” que reflejan incidencias en las que los operarios han intervenido directamente (despejando la calzada de restos, recogiendo cadáveres de animales, etc...), no están libres de sesgos, en particular del derivado de la circunstancia de que no siempre es posible acceder al animal o a sus restos (hay animales que, obviamente, quedan heridos y escapan de las carreteras, incluso de las autovías).
- A todos los sistemas les afectan los posibles errores en la determinación de las especies faunísticas implicadas, aunque las más comunes ofrecen pocas dudas.

Todas estas circunstancias concurren para que, en primer lugar, ninguna de las fuentes originales comprenda la totalidad de los accidentes que se producen en el ámbito regional y, en consecuencia, no cubran de forma individual el conjunto de los que tienen su origen o en los que interviene la fauna silvestre. Es probable que ni tan siquiera el acumulado de las cuatro fuentes abarque esa totalidad, dado que hay accidentes que no se reportan a ningún sistema si los daños causados no son importantes –aspecto ya considerado por otros autores (MORELL y col. 2013, STEINER y col. 2014)– y además, hay que tener en cuenta que no se han tenido en cuenta los accidentes producidos en la red de carreteras dependiente de los Ayuntamientos, toda vez que la información que se ha podido recoger era muy parcial y sesgada. En cualquier caso, ésta última fracción debe ser muy minoritaria respecto del conjunto regional.

Por otra parte, y, en segundo lugar, se hace necesario un trabajo de depuración, evaluación, tratamiento y unificación de los datos con criterios estrictos y bien fijados para lograr un conjunto final que suponga una imagen bastante fiel de la realidad y, en cualquier caso, la mejor que se pueda obtener. Las limitaciones y los problemas, u oportunidades, que se derivan de la inexistencia de una fuente de datos única es un aspecto frecuentemente tratado en trabajos de este tipo (HUIJSER y col. 2008a, VANLAAR y col. 2012), aunque a la par es reconocido que los mejores sistemas de registro cuando se tiene por objetivo aumentar la seguridad vial son aquellos que incorporan las colisiones con “animales que son lo suficientemente grandes como para cambiar la trayectoria del vehículo” (SHILLING y col. 2015), como por lo general son los datos de nuestras cuatro fuentes.

Al igual que en otros estudios (ROSELL 2012), nuestro primer paso ha sido construir una base de datos unificada. Para ello hemos procedido a comparar los datos originales de nuestras cuatro fuentes, combinarlos e integrarlos en una única base bajo los siguientes criterios:

- Eliminación de registros sin los datos de localización considerados esenciales: fecha, carretera y pk.

- Supresión de registros sin la información estimada básica: tipología del accidente y, en su caso, si la especie implicada es silvestre, doméstica o indeterminada, pero, en cualquier caso, animal.
- Descarte de registros con datos imposibles o absurdos esenciales (por ejemplo, puntos kilométricos inexistentes o fuera de Asturias) o básicos (por ejemplo, especies animales no presentes en la región).
- Unificación del formato de los campos de los distintos registros de las bases de datos (mismo formato de datos para fecha, hora, denominación de la vía, pk, nombre de la especie...).
- Ajuste de los pk registrados en el supuesto de que hayan existido modificaciones durante el periodo estudiado (en la A-8, denominada Autovía del Cantábrico, hubo distintos cambios de kilometraje a lo largo del año 2012).
- Identificación de correspondencias entre registros de distintas fuentes e integración de la información que contienen –nueva, redundante, diferente o contradictoria–, en un solo registro, tomando como base para hacerlo el que tuviera mayor número de campos (por lo general, los datos “SEVIPA” y “Demarcación-ARENA”) y mayor fiabilidad a priori (en general, los datos “SEVIPA” y “Demarcación-ARENA” en lo referente a características del accidente –ya que se cubren de forma inmediata al accidente o con datos recabados en ese instante– y, en particular, y por lo que se refiere a la especie causante, los de “Demarcación-Conservación”–que se suelen cubrir a la vista del cadáver del animal o de sus restos–).
- Combinación de registros diversos referidos a un mismo incidente, como consecuencia de la intervención en el mismo de varios vehículos o de varios animales (por lo general varios jabalíes), en un único registro sin consideración del número de vehículos o de animales implicados.

De esta forma, se constituyó la base de datos “Siniestros Asturias 2007-2014” integrada en inicio por un total de 29195 accidentes, de los cuales 7755 correspondían a sucesos en los que había intervenido un animal suelto y, entre ellos, los 5424 en los que el animal pertenecía a una especie silvestre, aunque se desconociera cual era. Por último, los registros de los que, por el sistema descrito, no se sabía si eran animales silvestres o domésticos, todos ellos provenientes en exclusiva de “SEVIPA” y “Demarcación-ARENA”, fueron sometidos a una consulta individualizada de los partes originales –en formatos PDF y TXT– para intentar determinar tal cuestión a través del campo “comentarios”, incrementándose así los accidentes provocados por animales silvestres en 953. Por tanto, en la base de datos final “Siniestros Asturias 2007-2014”, tal como se refleja en la Tabla 8, los registros correspondientes a accidente con animales silvestres ascienden a 6377, aunque debe asumirse que entre los registros de accidentes con animales indeterminados también habrá una parte que sean silvestres.

Tabla 8.- Registros en la base de datos “Siniestros Asturias 2007-2014” (fuente: elaboración propia).

Tipo de Registros	Cantidad	Porcentaje (%)
Registros de accidentes totales	29915	100
Registros de accidentes con animales silvestres	6377	21,32
Registros de accidentes con animales domésticos	1082	3,62
Registros de accidentes con animales indeterminados	296	0,99

Esta base de datos “Siniestros Asturias 2007-2014”, y en particular la fracción correspondiente a los accidentes con animales silvestres, es la fuente documental de todos los análisis que se realizan a continuación.

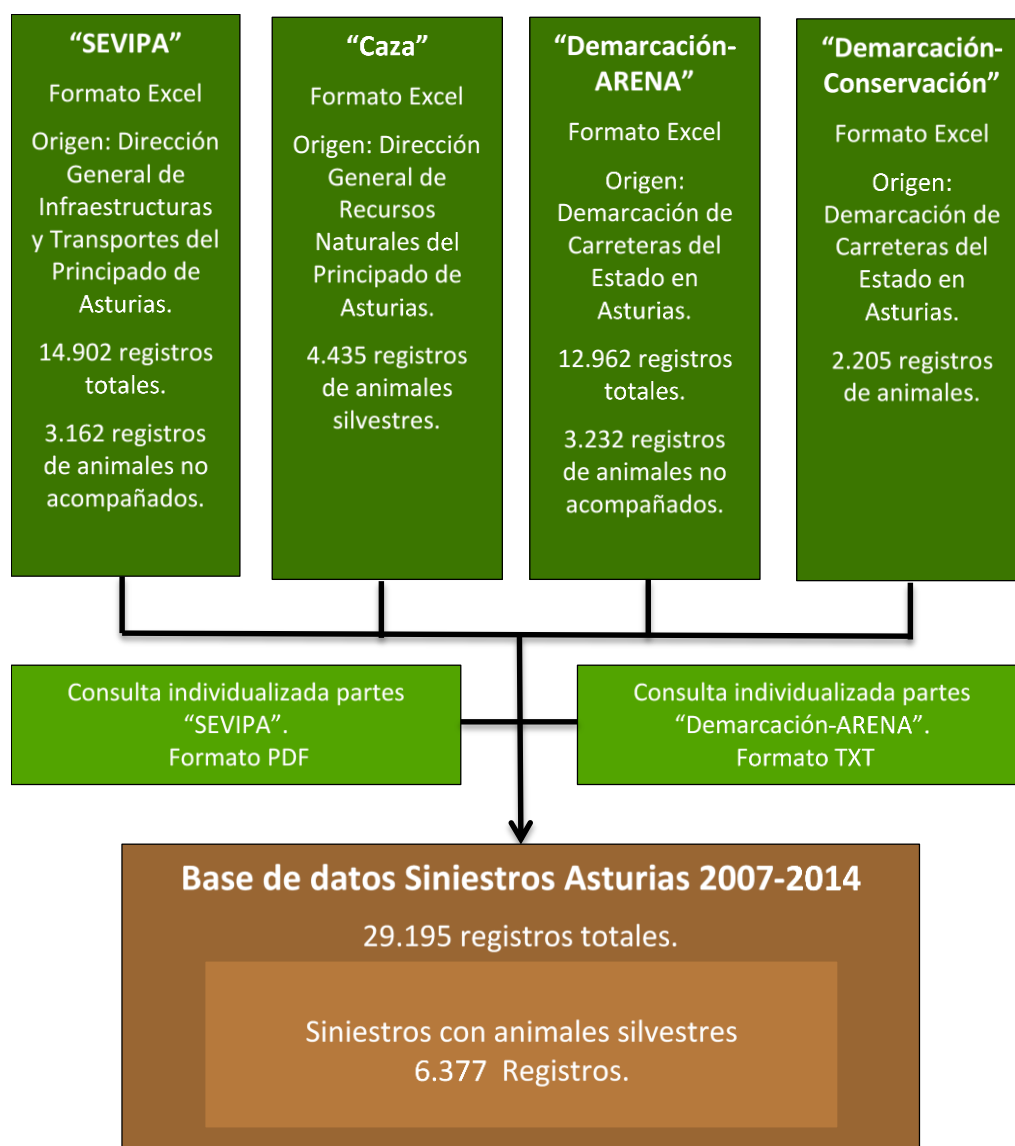


Figura 124.- Síntesis de la elaboración de la base de datos “Siniestros Asturias 2007-2014” (fuente: elaboración propia).

En cualquier caso, debe tenerse en cuenta que la información de esos 6377 registros de accidentes de animales silvestres no siempre es completa y que, de determinados accidentes, pueden faltar datos siempre que no sean considerados esenciales o

básicos. Para cada uno de los análisis realizados con posterioridad se indica cuál es el número preciso de registros considerados. Todo el proceso se sintetiza gráficamente en la Figura 124.

En el proceso de constitución de esta base de datos la detección de un número de registros, en todo caso bajo (63 registros), con información en inicio contradictoria en lo referente a la especie causante del accidente en los diferentes sistemas (particularmente la existencia de 15 registros donde la confrontación era entre un animal silvestre y uno doméstico), alertó sobre la posibilidad de que un número indeterminado de registros contuviera información no veraz sobre este aspecto. A este respecto, una vez ultimada la base de datos “Siniestros Asturias 2007-2014” y a fin de analizar en qué grado respondía a la intención original de obtener un reflejo cierto de la realidad asturiana en cuanto a atropellos de fauna y siniestralidad provocada por ellos, se han realizado algunas pruebas con la información relativa a la Red de Carreteras del Estado, que es en la que confluyen un mayor número de sistemas de registro.

De esta forma, se ha procedido, de entrada y tal y como se refleja en la Tabla 9, a separar la información sobre atropellos de fauna considerada de mayor fiabilidad –es decir, la proveniente de registros en los que participa la base “Conservación-Demarcación”– de la de menor fiabilidad –es decir, aquellos registros en los que no participa la base “Conservación-Demarcación”– y a ambos en función de que se trate de viales vallados (autopistas y autovías) o no vallados (carreteras convencionales). A continuación, se ha realizado una comparación de la distribución de frecuencias de los accidentes de las dos especies de ungulados mayoritarias (por entender que, por sus características, son las que pueden ser comparables) mediante una χ^2 para confrontar, según tipo de viales, la bondad del ajuste de los segundos frente a los primeros.

Tabla 9.- Distribución de los registros de ungulados según la fiabilidad de los sistemas de registro en la Red de Carreteras del Estado en Asturias (fuente: elaboración propia).

	Viales de alta capacidad				Viales convencionales			
	Jabalí		Corzo		Jabalí		Corzo	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Registros de mayor fiabilidad	851	92,80	66	7,20	523	70,39	220	29,61
Registros de menor fiabilidad	431	90,92	43	9,08	678	63,54	389	36,46

Ambas distribuciones presentan un ajuste estadísticamente significativo en los dos tipos de viales (para viales de alta capacidad $\chi^2=0,54028975$, g.l.=1, $p=0,01$; para viales convencionales $\chi^2=2,27766093$, g.l.=1, $p=0,01$), por lo que podemos entender que reflejan idéntica realidad y dar al conjunto de las bases de datos por aceptables a efectos de que sus datos muestren un reflejo cierto de la misma.

Una vez establecida la utilidad de los datos en principio menos fiables para colaborar a reflejar la realidad de la accidentalidad por fauna silvestre en Asturias se ha tratado de delimitar la verdadera dimensión del fenómeno, tras asumir, como ya se comentó, que ni tan siquiera el conjunto formado por todos los accidentes registrados por cualquier sistema (SEVIPA, Caza, Demarcación-ARENA y Demarcación-Conservación) pueda suponer la totalidad de los existentes, y comparar la base datos obtenida con la

misma. Para ello, hemos recurrido a una aplicación a nuestro caso de las técnicas de “marcaje-recaptura”, de amplia trayectoria histórica y usuales en el estudio de poblaciones humanas (GRAUNT 1662, LAPLACE 1786) y animales (PETERSEN 1896, LINCOLN 1930) que, en este último caso, alcanza hasta nuestros días (ver, por ejemplo, GRIMM y col. 2014), con especial intensidad en los aspectos metodológicos (ver, por ejemplo, ROYLE y col. 2015 o YEE y col. 2015), pero también utilizadas con otros fines (aplicaciones a problemas de edición de texto, a corrección de programas de computación y a temas de control de calidad están referenciadas en SEBER 1982, y cuestiones sobre su utilización en las ciencias médicas, veterinarias y sociales pueden ser consultadas, entre otros, en BAILLY y col. 2015, en VERGNE y col. 2015 y en FIENBERG y MANRIQUE-VALLIER 2009, y a la ingeniería civil relacionada con el estudio del tráfico en XIQUN y col. 2008).

Como los registros de los distintos accidentes (fecha, carretera y pk) pueden ser considerados una marca en los animales y cada uno de los sistemas de registro (SEVIPA, Caza, Demarcación-ARENA y Demarcación-Conservación) como una campaña independiente de captura y marcaje de éstos, el método de Lincoln-Petersen para dos muestras resulta de aplicación en el caso de la Red de Carreteras del Principado de Asturias y el de Schnabel de muestras múltiples para la Red de Carreteras del Estado en Asturias, lo que se ha llevado a la práctica siguiendo los procedimientos descritos en BADII y col. (2012).

Tabla 10.- Resultados de la aplicación de los sistemas de “marcaje-recaptura” a la estimación del número de accidentes con fauna silvestre en el Principado de Asturias 2007-2014 (registros ARENA = registros SEVIPA o DEMARCACIÓN-ARENA) (fuente: elaboración propia).

	1ª captura	2ª captura		3ª captura				
	Nº registros ARENA	Registros CAZA		Registros CONSERVACIÓN				Nº total accidentes con fauna silvestre estimados
Red de Carreteras		Nº registros también en ARENA	Nº registros totales	Nº registros también sólo en ARENA	Nº registros también sólo en CAZA	Nº registros también a la vez en ARENA y CAZA	Nº registros totales	
Autonómica	2406	1826	2105	-	-	-	-	2774 (IC _{95%} = 2750- 2797)
Estatad	2700	1993	2247	278	40	894	1950	3726,7335 (IC _{95%} = 3726,7244 - 3726,7427)
Total	5106	-	4342	-	-	-	1950	6500,7335

De esta forma se ha estimado el número, con un intervalo de confianza del 95%, en el que se situaría el total de animales silvestres como los considerados en nuestro trabajo (por lo general mamíferos de mediano o gran tamaño) afectados por accidentes de circulación y como hemos asumido, en las condiciones explicadas con ocasión del tratamiento de datos, que un animal se corresponde con un siniestro, con

independencia del número de vehículos implicados, es legítima la asimilación del número de animales afectados estimado al número de siniestros ocurridos estimado. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 10.

Por su parte, la Tabla 11 nos muestra la comparación entre el número de registros de siniestros con animales silvestres contenidos en la “Base de Datos Siniestros Asturias 2007-2014”, que hemos denominado número mínimo de siniestros (son los declarados y registrados pero puede haber más que no quedan registrados) y el número de colisiones de ese tipo que se estima que realmente pueden haber existido en ese territorio y en ese periodo calculado mediante sistemas de “captura-recaptura”. Se obtiene como conclusión que el tamaño real del conjunto de accidentes debe situarse en torno al 2 % más de los contabilizados por los sistemas de registros utilizados en este trabajo. En cualquier caso, nuestra base de datos parece, por su tamaño, muy representativa del fenómeno.

Tabla 11.- Comparación entre el número de siniestros por fauna silvestre contemplado en la Base Datos Siniestros Asturias 2007-2014 y el número de colisiones de ese tipo que se estima pueden realmente existir calculado por sistemas de marcaje-recaptura (fuente: elaboración propia).

Red de carreteras	Nº de registros en la base de datos	Nº de registros estimados por captura-recaptura	Diferencia en %
Autonómica	2685	2774	3,21
Estatal	3692	3727	0,94
Total Asturias	6377	6501	1,91

Además, debe tenerse en cuenta que algún estudio ha mostrado que el problema de los subregistros en el caso de los accidentes provocados por grandes ungulados es un tema menor y que la preocupación por esta cuestión no debe dificultar la investigación con las bases de datos existentes para la elaboración de modelos de predicción y el desarrollo de estrategias de gestión para reducir la siniestralidad, pues el análisis de los datos son fiables incluso con tasas de subregistro muy elevadas (SNOW y col. 2015).

5.2.3.- CARACTERIZACIÓN DE LA SINIESTRALIDAD.

Se ha analizado la información con tres niveles de detalle –el conjunto de las carreteras existentes en la comunidad autónoma (C.A.) pertenecientes a la Red del Principado de Asturias y a la Red del Estado, por un lado, y el de cada una de ellas, por otro–, según proceda en cada caso.

Los accidentes en los que intervienen animales sueltos en Asturias alcanzaron en el periodo estudiado, 2007-2014, la cifra de 7755. De ellos, 6377 corresponden a animales silvestres, lo que supone el 82,23% de los primeros, como se observa en la Figura 125, porcentaje que es superior al encontrado para el conjunto de España (excepto País Vasco y Cataluña) para el año 2012 por ROSELL (2012), que era del 64,3%. Aunque en Asturias, el ganado doméstico suele pastar en extensivo, la mayor prevalencia relativa de los accidentes con fauna silvestre dentro de la categoría de

siniestros provocados por animales sueltos puede ser explicada en el contexto, ya mencionado, de que se trata de una de las provincias españolas con mayor número de siniestros en los que intervienen jabalíes y corzos debido, según SÁENZ-DE-SANTA-MARÍA y TELLERÍA (2015), al sistema de gestión de estos animales en fincas no valladas.

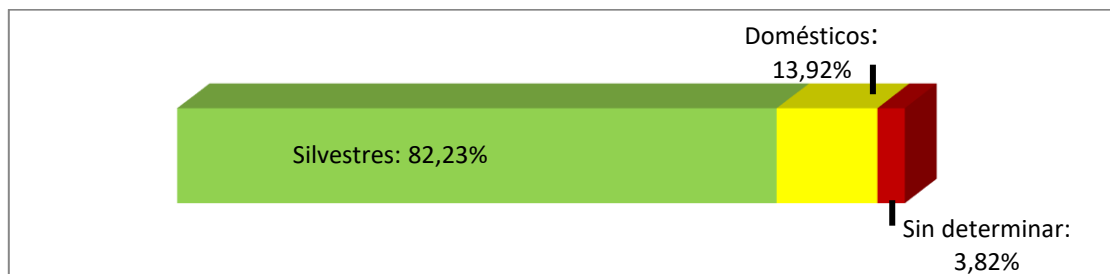


Figura 125.- Tipo de animales implicados en los accidentes en las carreteras de Asturias de 2007 a 2014 (fuente: elaboración propia).

Las colisiones con o provocadas por animales silvestres supusieron en el periodo 2007-2014 el 21,31% del total de los siniestros registrados en la C.A., aunque su importancia relativa fue distinta en cada año. Como se puede observar en la Figura 126, hasta 2012 la situación fue francamente alcista, tanto en el número absoluto de accidentes, como en su importancia relativa en el conjunto de la siniestralidad por cualquier causa (en 2007 suponían el 18,01% de los accidentes, mientras que en 2012 llegaron al 26,45%). A partir de ese año han comenzado a descender a un ritmo medio próximo al 11% anual, aunque su importancia relativa es todavía mayor que al inicio del periodo (el 23,60% en 2014 frente al 18,01% en 2007).

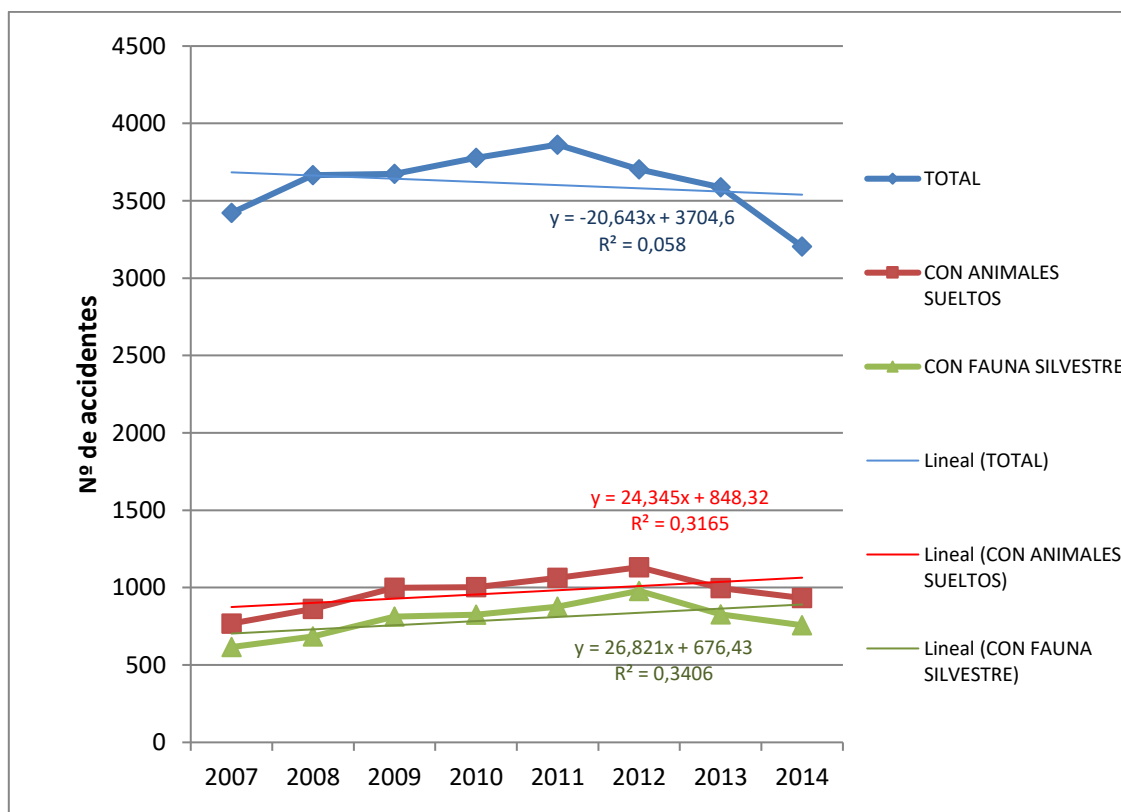


Figura 126.- Evolución de la siniestralidad total, provocada por animales sueltos y por fauna silvestre en Asturias durante el periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

Este escenario provoca que, en el conjunto del periodo estudiado, la línea de tendencia, establecida mediante una regresión lineal, de la siniestralidad general descienda, mientras que las de los accidentes con fauna silvestre o la de los siniestros en los que intervienen animales sueltos (bien domésticos, bien silvestres) tengan una pendiente positiva, aunque en todos los casos el coeficiente de determinación sea bajo –muy bajo para el conjunto de los siniestros–.

La situación en Asturias, por lo que se refiere al periodo inicial de fuerte crecimiento, es bastante compatible con otras detectadas en España. Así, ROSELL (2012) halló en la Red de Carreteras de la Generalitat de Cataluña un incremento de los accidentes con animales de un 41,6% en el periodo 2007-2011 (38,28% en nuestro caso en el mismo periodo si consideramos el conjunto de accidentes con animales y 42,37% si nos referimos sólo a los silvestres), mientras que según VALERO y col. (2013) en Galicia en el periodo de 2006 a 2010 los relacionados con la fauna silvestre aumentaron un 78%. Si el patrón de aumento, encontrado también en otros países europeos, parece estar relacionado con el crecimiento de la red viaria, el mayor volumen de tráfico, el incremento de la velocidad a la que se circula debido a que las infraestructuras son cada vez mejores, la expansión que especies como el corzo y el jabalí están experimentando en Europa y la escasez de medidas correctoras de la fragmentación del hábitat que causan las carreteras (LANGBEIN y col. 2011), la disminución en la segunda parte de nuestro periodo parece que tiene que ver más con los factores antropogénicos que con los naturales.

En efecto, un análisis más minucioso de nuestro caso revela que la evolución, aunque parecida, no es idéntica en la Red de Carreteras del Principado de Asturias, que en la Red del Estado en esta C.A. y que, dentro de ésta, también hay diferencias entre las vías de alta capacidad y las convencionales. Así, como se muestra en la Figura 127, la caída ha sido más fuerte en Red autonómica que en la estatal (9 puntos de diferencia entre ambas entre 2012 y 2014) y, en esta última, en las vías convencionales que en las de alta capacidad que, en estos momentos, superan ya a las primeras en número absoluto de siniestros por fauna silvestre, consolidando una tendencia que comenzó en 2011.

El hecho de que, en el periodo considerado, las poblaciones de jabalí no han disminuido en Asturias, sino que, al contrario, parecen haber aumentado –o, al menos, eso indican los datos del número total de piezas abatidas por temporada de caza (Figura 128) o el de piezas abatidas por cacería realizada (capturas por unidad de esfuerzo) presentados en la Figura 129, que en nuestro contexto geográfico es uno de los mejores indicadores al respecto en ausencia de censos globales (NORES y col. 2008)–, y que quizás sí lo hayan hecho las de corzo (Figura 128 y Figura 129), como consecuencia de la *Cephenemyia stimulator* o miasis del corzo, que parece haber tenido especial incidencia sobre las poblaciones de la especie en el noroccidente español (FIDALGO y col. 2012), no puede explicar la variación general encontrada, por mucho que pudiera tener repercusión, en uno u otro sentido, sobre un vial o un tramo concreto.

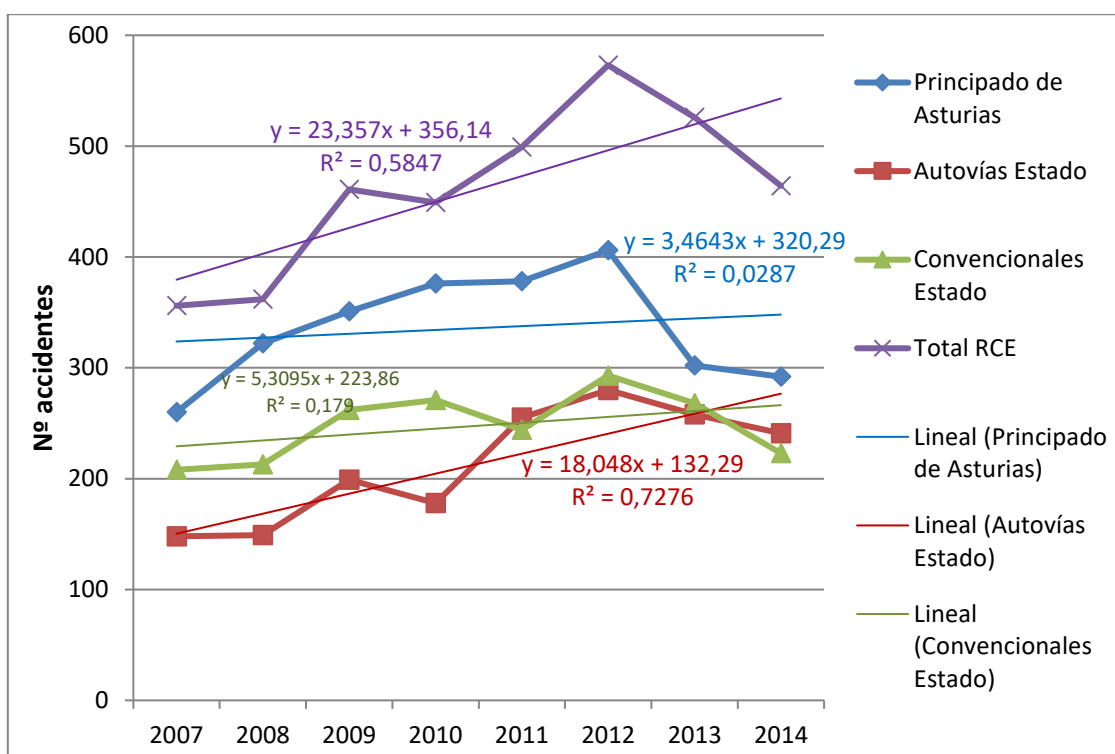


Figura 127.- Evolución de la siniestralidad provocada por fauna silvestre en la Red de Carreteras del Principado de Asturias, en el conjunto de la Red de Carreteras del Estado en Asturias, y en las autovías y en las carreteras convencionales de esta última (fuente: elaboración propia).

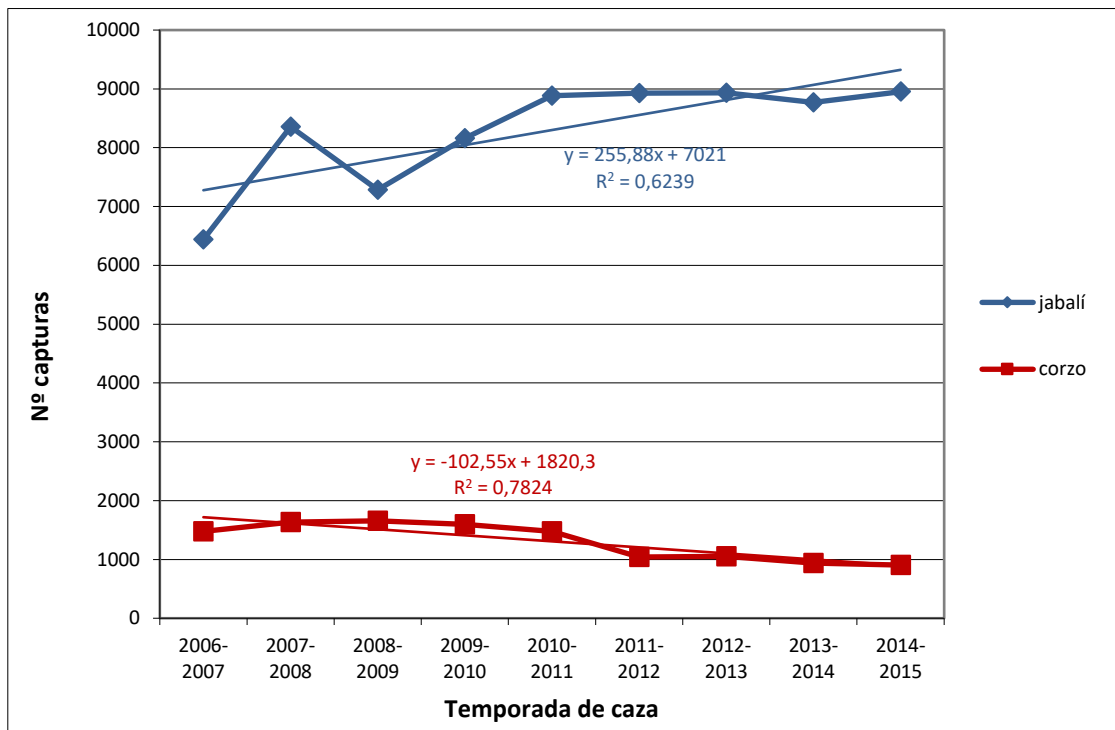


Figura 128.- Capturas de jabalí y corzo en Asturias, temporadas de caza 2006-07 a 2014-15 (fuente: elaboración propia a partir de datos de SADEI 2015).

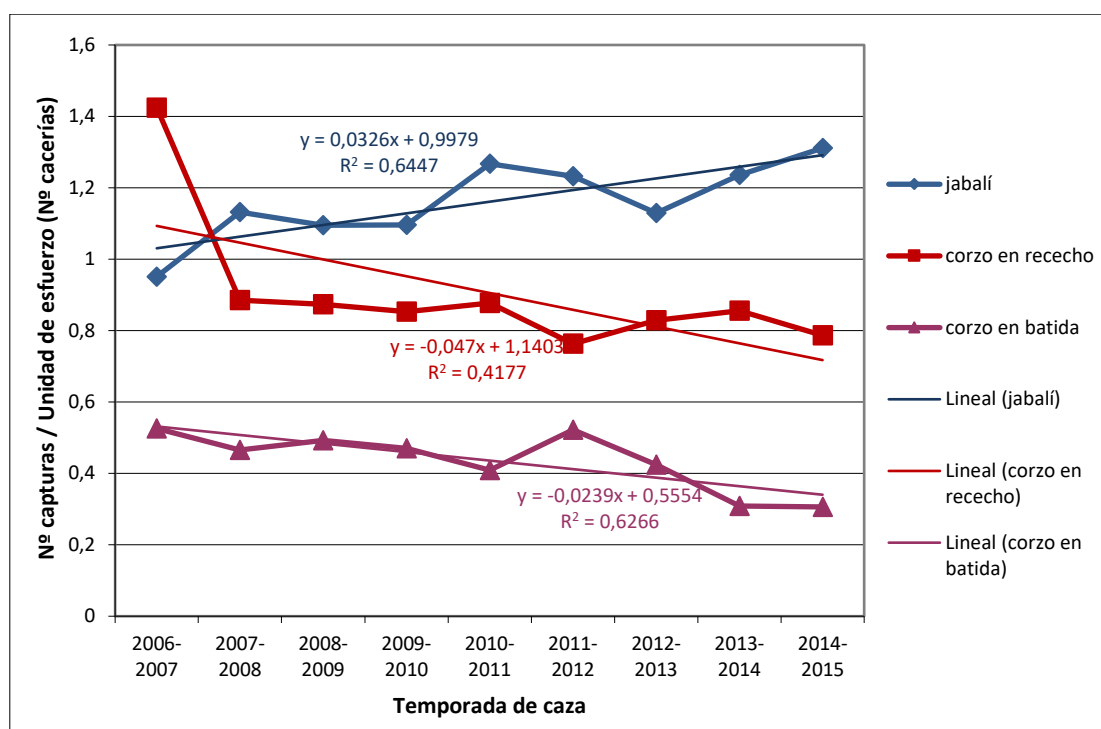


Figura 129.- Captura por unidad de esfuerzo (piezas abatidas/cacerías celebradas) para jabalí y corzo en las temporadas de caza de 2006-2007 a 2014-2015 (fuente: elaboración propia a partir de SADEI, 2015).

No obstante, la evolución de las poblaciones de ungulados, y en particular de las de jabalí, sí parece haber tenido repercusión en la progresiva separación entre el número de accidentes de la Red de Carreteras del Estado y el de la del Principado de Asturias, toda vez que, como se comentará en detalle más adelante al hablar de la distribución espacial de los siniestros, las carreteras del Estado se ubican preferentemente en la zona media y baja de la C.A., que es donde más parecen haberse extendido y crecido las poblaciones de jabalí –como muestran las Figura 130 y Figura 131, cuyas líneas de tendencia son bastante más sólidas y pendientes en los Cotos Regionales de Caza, situados mayoritariamente en los dos tercios más septentrionales de la Comunidad, que en las Reservas Regionales de Caza, que por lo general están más próximas a la divisoria–, mientras que las de la red del Principado se reparten más homogéneamente por todo el territorio.

Es más probable que, en realidad y en sus aspectos generales, la Figura 127 esté reflejando, por una parte, que la intensidad de tráfico ha disminuido (ver Figura 121 y detalle para la Red de Carreteras del Estado en la Figura 132)– y que, por otra, las vías de alta capacidad han crecido considerablemente (ver Figura 120) en los último años (sobre todo la A-8), lo que ha aliviado la circulación de algunas carreteras nacionales (como las N-632 y N-634) y tenido efectos sobre la siniestralidad general por fauna.

Se deduce, por tanto, que las vías de alta capacidad, tales como autopistas, autovías y vías rápidas, son más seguras en comparación con las carreteras convencionales en lo referente a siniestralidad con fauna.

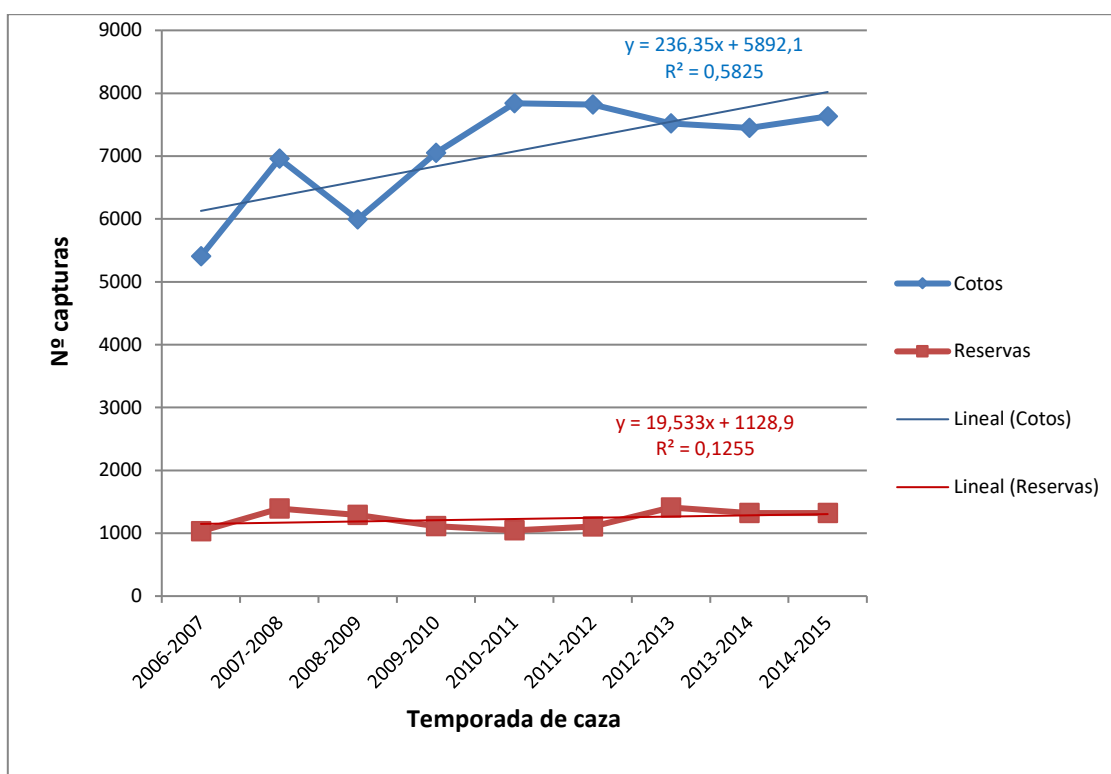


Figura 130.- Evolución del número de capturas de jabalí en los Cotos y en las Reservas Regionales de Caza, temporadas 2006-2007 a 2014-15 (fuente: elaboración propia a partir de datos de SADEI, 2015).

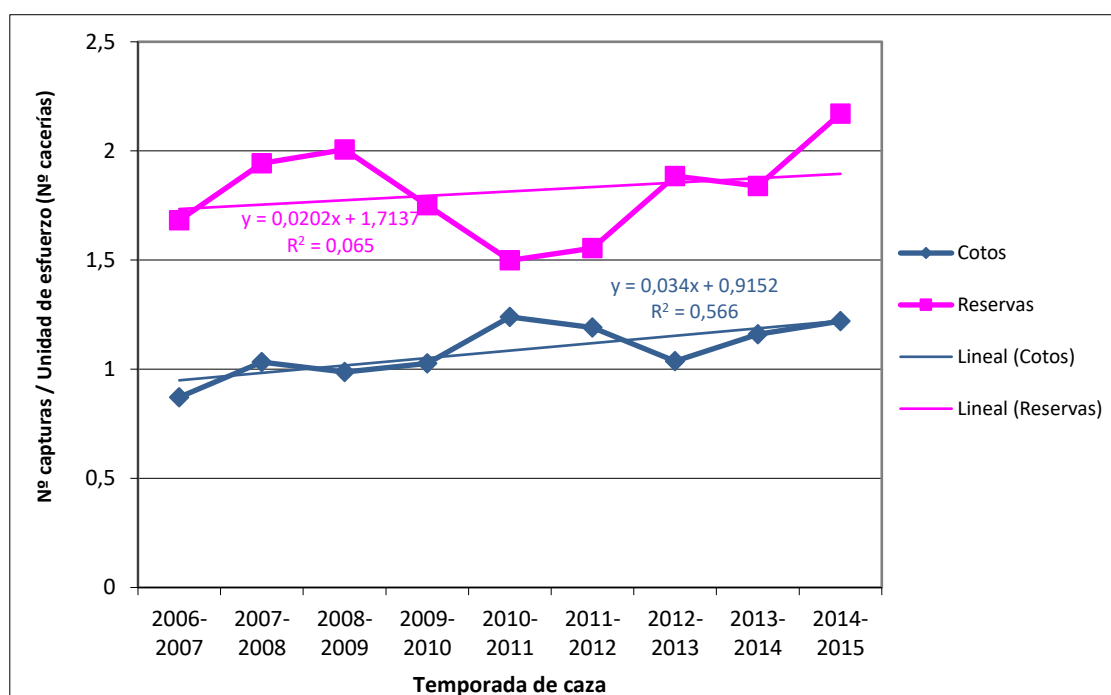


Figura 131.- Evolución de las Capturas de jabalí/Unidad de esfuerzo en los Cotos y en las Reservas Regionales de Caza, temporadas 2006-07 a 2014-15 (fuente: elaboración propia a partir de datos de SADEI, 2015).

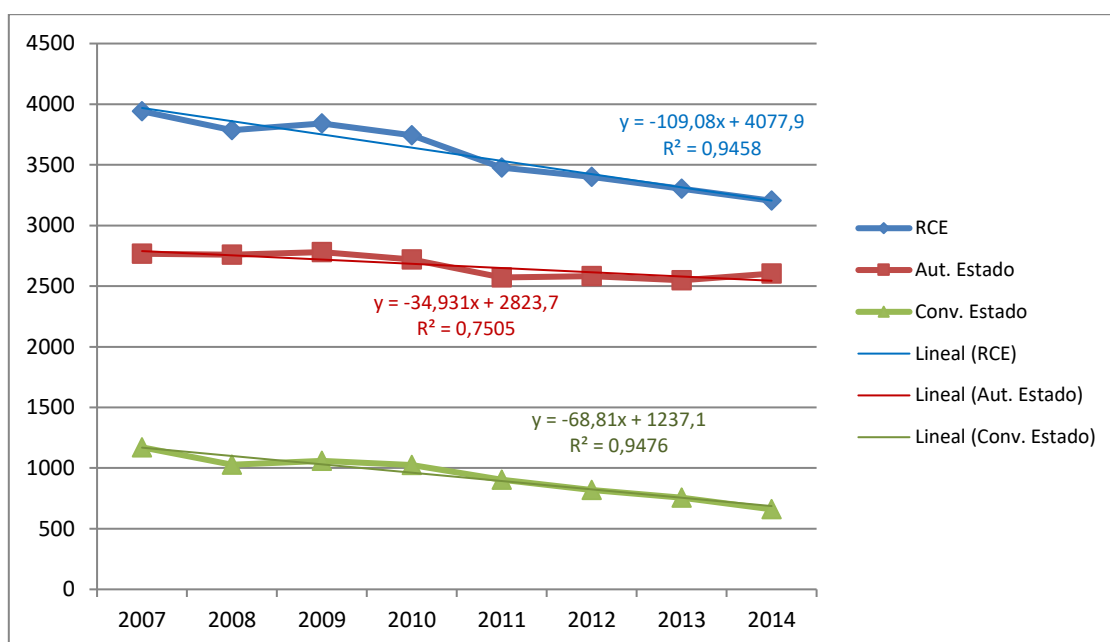


Figura 132.- Intensidades de tráfico en la Red de Carreteras del Estado, y en sus vías de alta capacidad y convencionales, respectivamente (fuente: elaboración propia).

Sin embargo, para una mejor comprensión del problema es necesaria una visión que contemple no sólo el número de accidentes que se producen en cada tipo de vial, sino que lo relacione con el tráfico que soportan, es decir incorporar al análisis una tasa de accidentes que refleje, en definitiva, el riesgo de que el siniestro se produzca. De esta forma, hemos procedido a comparar en la Figura 133 la tasa de accidentes, expresada en número de siniestros por fauna silvestre partido por millones de vehículos kilómetros (en línea con lo sugerido por WILSON 2001 y CHRISTIE y NASON 2003, aunque ellos lo utilizaban multiplicado por mil, y con el índice usado en los informes de EuroRap –RACE 2015–, aunque en este caso además de multiplicarlo por mil se refiere a siniestros en general donde haya víctimas), en los viales de la Red de Carreteras del Estado en Asturias, por disponer en ella de datos de intensidad de tráfico de mayor calidad accesibles.

En ella vemos que la tasa de accidentes en las vías de alta capacidad es sensiblemente inferior a la registrada en las carreteras convencionales. Pero, además, aunque se ha ido produciendo un incremento general a lo largo del periodo, más notable cuanto que la intensidad de tráfico ha ido disminuyendo en él, la distancia entre ambas se ha ido agrandando con el paso del tiempo, pasando de suponer una tasa 3,27 veces mayor en unas que en otras en 2007 a 3,65 veces en 2014, y todo ello a pesar de que el número absoluto de accidentes en las autovías es prácticamente igual o incluso superior al de las vías convencionales desde 2011 y a que la intensidad de tráfico de las primeras era 2,36 veces mayor que en las convencionales en 2007 y 3,95 veces mayor en 2014.

No obstante, aunque los datos de intensidad de tráfico que hemos podido utilizar son de peor calidad, el mismo índice se representa en la Figura 134 para la Red de Carreteras del Principado de Asturias, y aunque la evolución es más difícil de interpretar, sí parece válida la conclusión general de que el valor de la tasa de

accidentes se sitúa en esta red en un lugar intermedio entre las vías de alta capacidad y las carreteras convencionales del Estado.

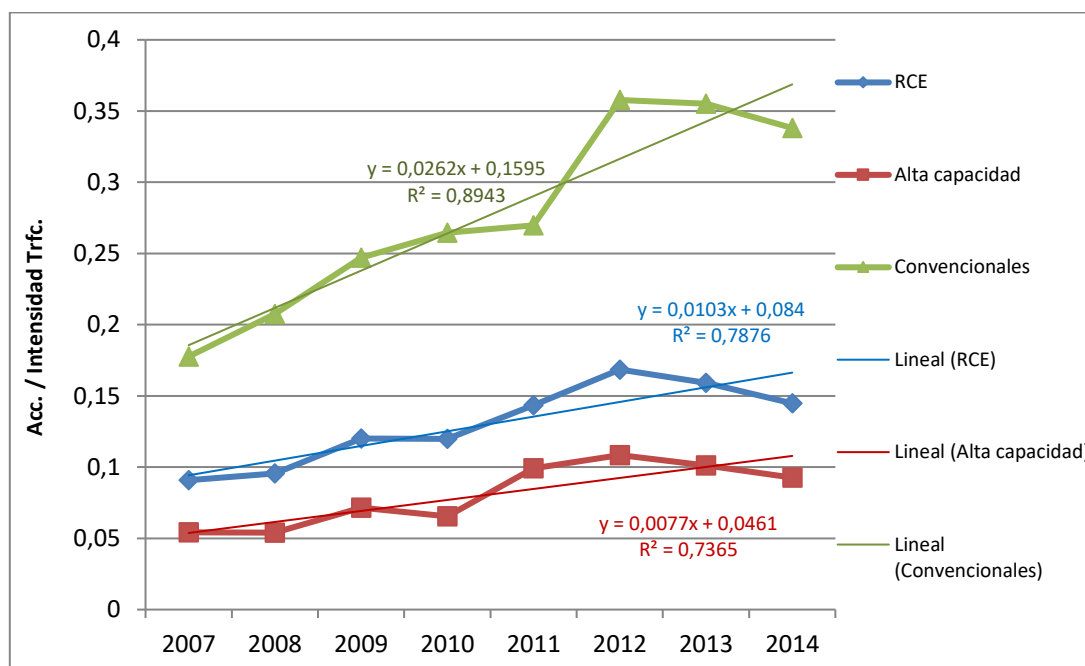


Figura 133.- Accidentes/Intensidad tráfico en las carreteras del Estado en Asturias (fuente: elaboración propia).

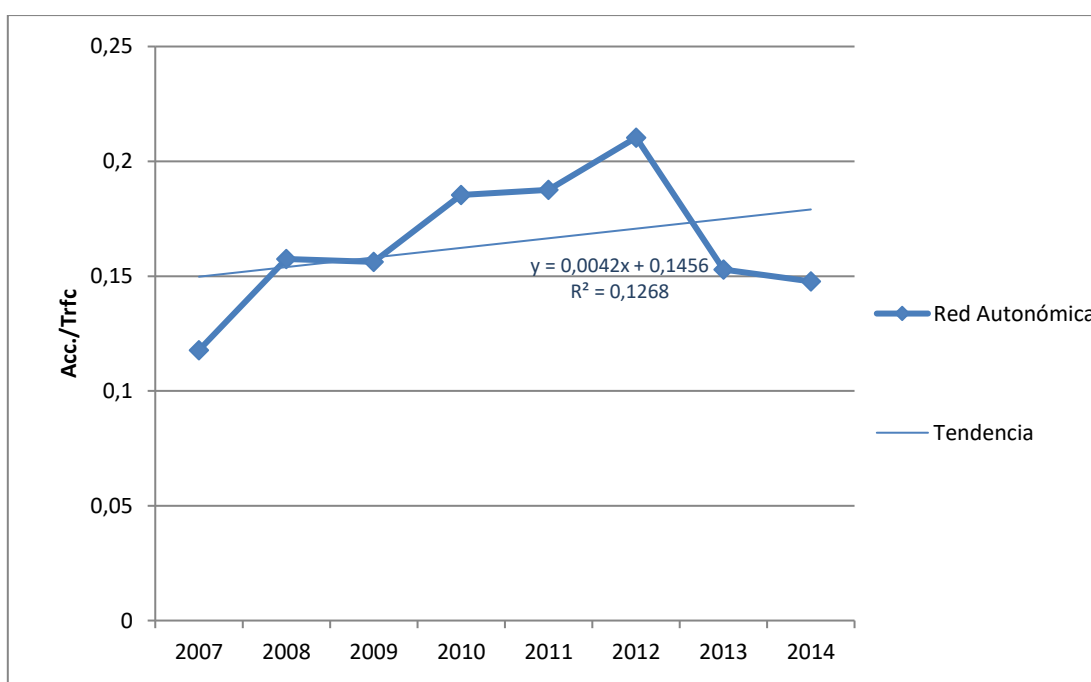


Figura 134.- Accidentes/Intensidad tráfico en la Red de Carreteras del Principado de Asturias (fuente: elaboración propia).

Un problema de más difícil explicación es la interpretación de lo que está sucediendo desde 2012. Quizás observar lo que ocurra en los años 2015 y siguientes ayude a una mejor comprensión del tema, pues la cuestión puede estar influida por el simple hecho de que la aparente disminución de accidentes se trate, en realidad, de un simple

“diente de sierra” en una serie que, interpretada en un periodo de tiempo muy amplio, presenta una tendencia general creciente. Los datos más sólidos, como son las tasas de accidentes encontradas para la Red de Carreteras del Estado permiten dejar la puerta abierta a una explicación de ese tipo. En realidad, la tasa en las carreteras convencionales (ver Figura 133) disminuye muy poco en 2013 y sólo en 2014 lo hace de forma más evidente. Es cierto que no ocurre lo mismo en las vías de alta capacidad, pero la disminución desde 2012 bien puede quedar explicada por cuestiones como que los casi 60 Km de nuevas autovías abiertas en el periodo 2012-2014 tengan, por ejemplo, un vallado más impermeable para la fauna, lo que hemos podido comprobar personalmente en alguno de los tramos.

En cualquier caso, los accidentes por fauna, siguen suponiendo una fracción lo suficientemente grande como para merecer algún tipo de consideración especial en aras a disminuir la siniestralidad en las carreteras, lo que sin duda pasa por su tipificación, incluyendo la definición de los vehículos y las especies implicadas, el esclarecimiento de patrones temporales, o el estudio de la distribución espacial en las carreteras y de las variables que pueden tener influencia en su frecuencia con la finalidad de poner en marcha medidas de mitigación basadas en datos reales.

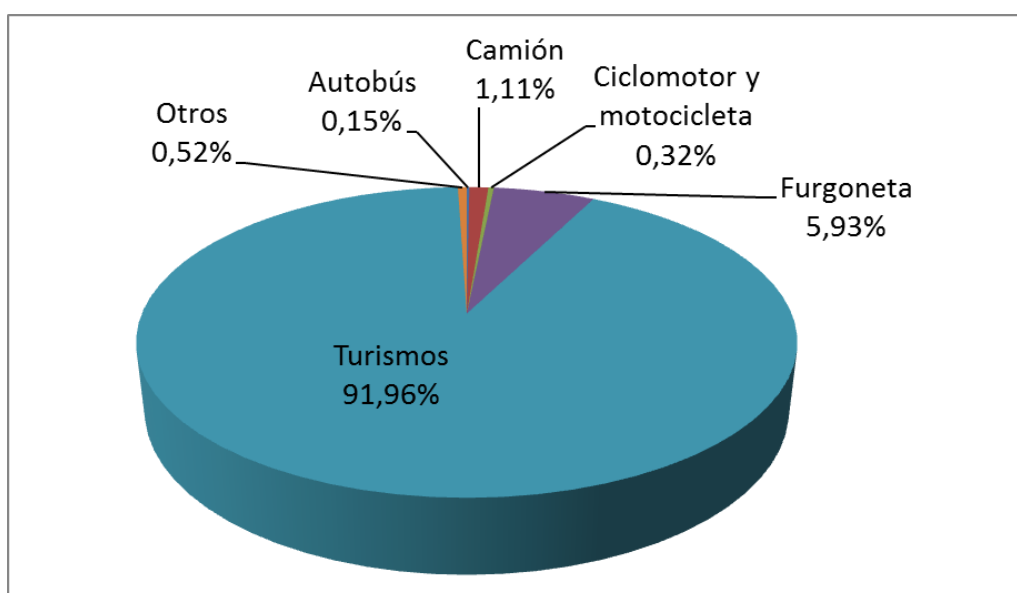


Figura 135.- Tipología de vehículos implicados en accidentes con animales silvestres en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

En 4543 siniestros con participación de animales silvestres se ha contado con información referida a los vehículos implicados en ellos, resultando ser muy mayoritariamente turismos (Figura 135), que superan la proporción que les correspondería en función de la distribución del parque móvil regional (ver Tabla 6), tomada como reflejo de la flota que circula por las carreteras de la C.A. Este hecho parece estar más bien relacionado con las IMD y su desglose entre vehículos en general y vehículos pesados, así como con los efectos sobre los diferentes tipos de vehículos de las colisiones con los animales silvestres que, por lógica, deben ser mucho menores sobre los pesados y que explicaría, en gran medida, la existencia de notificaciones de atropellos de animales recogidas por los servicios de conservación integral de las carreteras (que se corresponden en muchas ocasiones a meras retiradas

de cadáveres de animales) que no se ven reflejadas en partes del sistema ARENA o en solicitudes efectuadas en el sistema “Caza” al no existir daños materiales.

Tabla 12.- Distribución por especies (o grupos faunísticos) y por año de los accidentes provocados por fauna silvestre en Asturias en el periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

Especie	AÑO								TOTAL	%	$\bar{x}$
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			
Jabalí (<i>Sus scrofa</i>)	360	391	471	487	541	605	512	482	3849	60,36	481,13
Corzo (<i>Capreolus capreolus</i>)	205	232	279	281	250	270	224	169	1910	29,95	238,75
Venado (<i>Cervus elaphus</i>)	15	21	15	12	10	10	10	10	103	1,62	12,88
Rebeco (<i>Rupicapra pyrenaica</i>)	1		1						2	0,03	0,25
Ungulados	581	644	766	780	801	885	746	661	5864	91,96	733
Zorro (<i>Vulpes vulpes</i>)	19	17	21	21	29	35	43	45	230	3,61	28,75
Tejón (<i>Meles meles</i>)	9	15	17	17	37	41	29	40	205	3,21	25,63
Gineta (<i>Genetta genetta</i>)		1				2	1		4	0,06	0,50
Nutria (<i>Lutra lutra</i>)				1					1	0,02	0,13
Lobo (<i>Canis lupus</i>)	1	1	3			1			6	0,09	0,75
Oso (<i>Ursus arctos</i>)							1		1	0,02	0,13
Carnívoros sin identificar	1	1				2			4	0,06	0,50
Carnívoros	30	35	41	39	66	81	74	85	451	7,07	51,25
Faisán (<i>Phasianus colchicus</i>)	3			1	2		1		7	0,11	0,88
Rapaz diurna	2	1		2		3	1		9	0,14	1,13
Rapaz nocturna				1					1	0,02	0,13
Corneja (<i>Corvus corone</i>)							1		1	0,02	0,13
Pato	1				2	1	1	1	6	0,09	0,75
Perdiz	1								1	0,02	0,13
Aves sin identificar			2		1	1	1		5	0,08	0,63
Aves	7	1	2	4	5	5	5	1	30	0,47	3,75
Sin identificar	1	3	3	2	3	8	5	7	32	0,50	4
TOTAL	619	683	812	825	875	979	830	754	6377	100	797,13

Las especies que han intervenido en los accidentes provocados por fauna silvestre se muestran en la Tabla 12. En ella se observa que los ungulados –jabalí, corzo, venado y rebeco–, con cerca de un 92%, son los responsables de la mayoría de ellos. Dentro de este grupo corresponden al jabalí (60,36%) y al corzo (29,95%) una posición predominante, mientras el venado y, especialmente, el rebeco ocupa una muy marginal. La mayoría de las especies identificadas singularmente no presentan ningún

nivel de amenaza en su estado de conservación en España, aunque el oso constituye una excepción ya que está catalogado como “en peligro crítico” (PALOMO y col. 2007). En todo caso, hay que aclarar que el siniestro registrado en la tabla no implica un atropello de un oso, sino un accidente de un vehículo al esquivar un oso presente en la carretera.

Esta distribución general por especies no es, no obstante, homogénea en los distintos tipos de viales. Así, si nos atenemos a los dos principales ungulados, que suponen un poco más del 91% de los incidentes, vemos en la Figura 136 que la distribución entre ambas especies es mucho más equilibrada en las carreteras convencionales que en las vías de alta capacidad, lo que indica con claridad que las vallas de uso común que las rodean las aíslan bastante bien de los corzos, pero tienen una eficacia mucho menor en lo referente a los jabalís, por lo que enterrarlas al menos 20 cm en el suelo y, en su caso, reforzarlas en la base parecen buenas recomendaciones de carácter general.

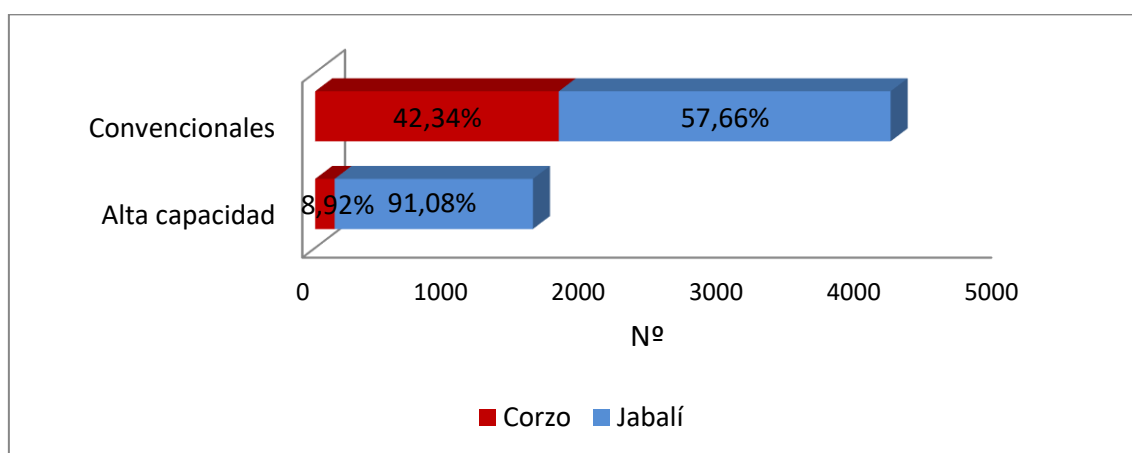


Figura 136.- Distribución de los siniestros provocados por corzos y jabalís en vías convencionales y en vías de alta capacidad en Asturias durante 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

A este respecto hay que comentar también que en el periodo estudiado se ha producido cierta transformación en la relación entre el número de accidentes de jabalí y de corzo, lo que, como muestra la Figura 137, parece que tiene que ver principalmente con el paulatino incremento de la red de viales de alta capacidad y, en este caso sí, aunque en menor medida, con la disminución de las poblaciones de corzo, que en nuestra gráfica se han representado en comparación con las de jabalí mediante un cociente entre sus respectivas tasas de capturas por unidad de esfuerzo (piezas batidas/cacerías realizadas) –que ya se había utilizado en las Figura 129 y Figura 130–.

Realizada la matriz de correlaciones entre las tres variables, los resultados encontrados, que se muestran más adelante en la Tabla 13, ratifican la fuerte relación, estadísticamente significativa para $p \leq 0,01$, existente entre el cociente “accidentes de jabalí/accidentes de corzo” y los “kilómetros de vías de alta capacidad”, por una parte, y las “capturas de jabalí por cacería/capturas de corzo por cacería”, por otra, y apuntan en la dirección comentada.

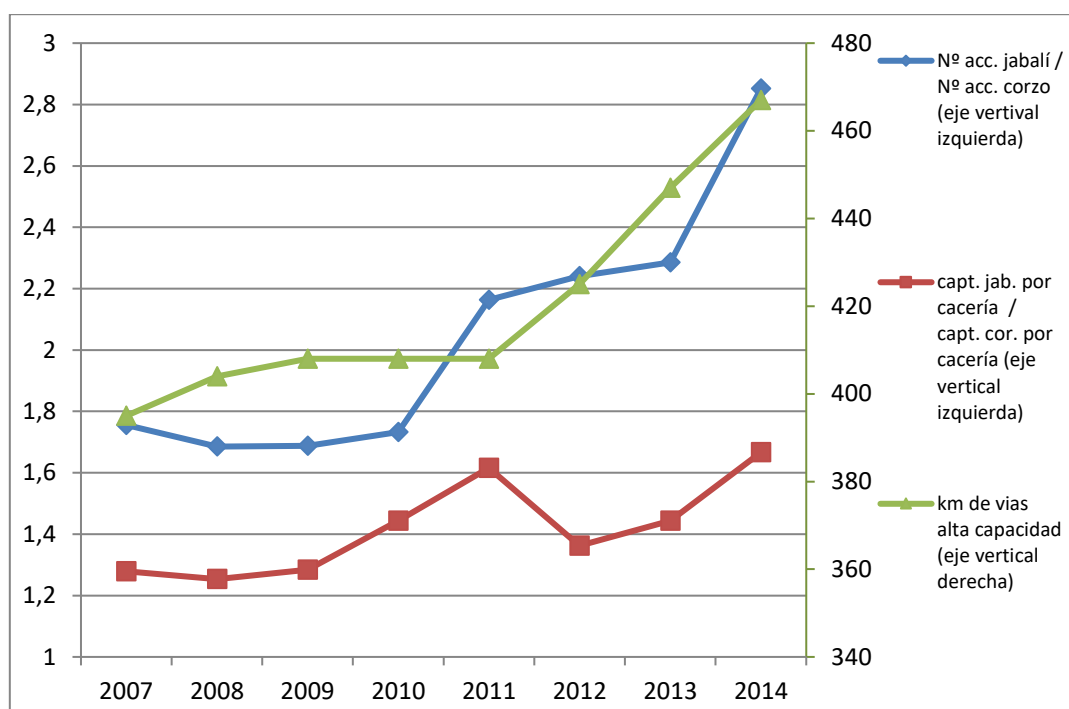


Figura 137.- Comparación de la evolución de la relación entre accidentes de jabalí y corzo, los kilómetros de vías de alta capacidad y la relación entre capturas de ambas especies por unidad de esfuerzo.

Tabla 13.- Matriz de correlaciones entre número de accidentes de jabalí / número de accidentes de corzo, capturas de jabalí por unidad de esfuerzo / capturas de corzo por unidad de esfuerzo y kilómetros de vías alta capacidad.

	Nº acc. jabalí / Nº acc. corzo	capt. jab. por cacería / capt. cor. por cacería	km de vías alta capacidad
Nº acc. jabalí / Nº acc. corzo	1		
capt. jab. por cacería / capt. cor. por cacería	0,795137812	1	
km de vías alta capacidad	0,907480459	0,6364362	1

El mayor número de accidentes con animales silvestre se produce en el otoño y a finales del invierno y principios de la primavera (Figura 138), aunque el comportamiento de las dos principales especies implicadas, jabalí y corzo, es muy diferente. Así, mientras en el corzo (Figura 139) la mayor acumulación se produce al finalizar el invierno y comenzar la primavera, en el jabalí (Figura 140) ésta ocurre en el otoño y comienzo del invierno, en una distribución que ya había sido observada en otras partes de España, tales como Álava (MARKINA 1999), Castilla y León (LARA y col. 2004), Cataluña (ROSELL 2012) o Galicia (VALERO y col. 2013).

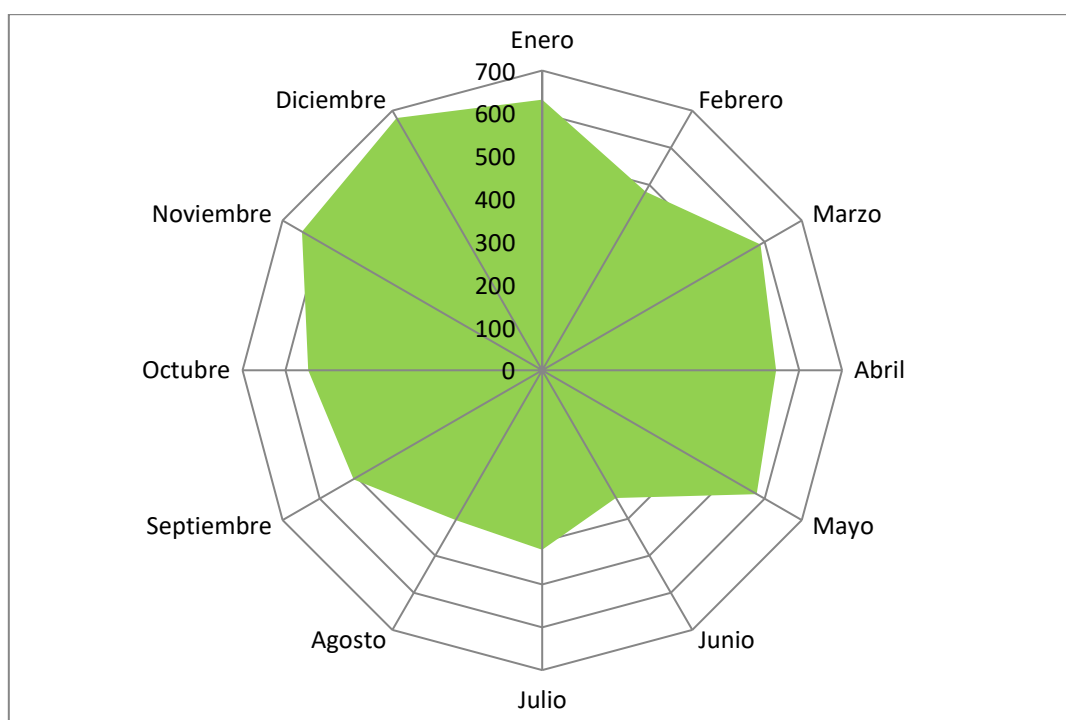


Figura 138.- Distribución mensual de los accidentes provocados por especies silvestres en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

Esta distribución desigual agrupa el 54,01% de los accidentes de jabalí en los meses comprendidos entre septiembre y enero, mostrando un reparto de frecuencias mensuales estadísticamente significativa diferente de la esperada al azar ($\chi^2=352,2377241$; g.l.=11; $p\leq 0,01$). Para el corzo, ocurre algo similar, ya que de marzo a mayo se concentran el 36,91% de los accidentes, con un reparto de frecuencias igualmente desigual de la esperada al azar ($\chi^2=165,4596859$; g.l.= 11; $p\leq 0,01$).

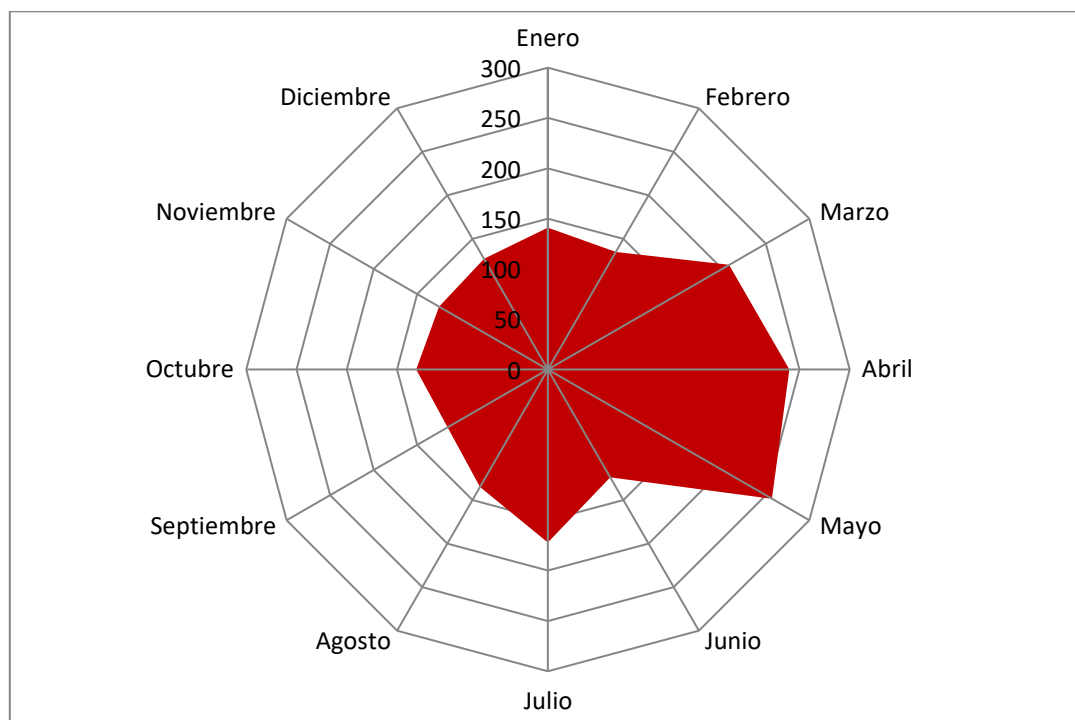


Figura 139.- Distribución mensual de los accidentes provocados el corzo en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

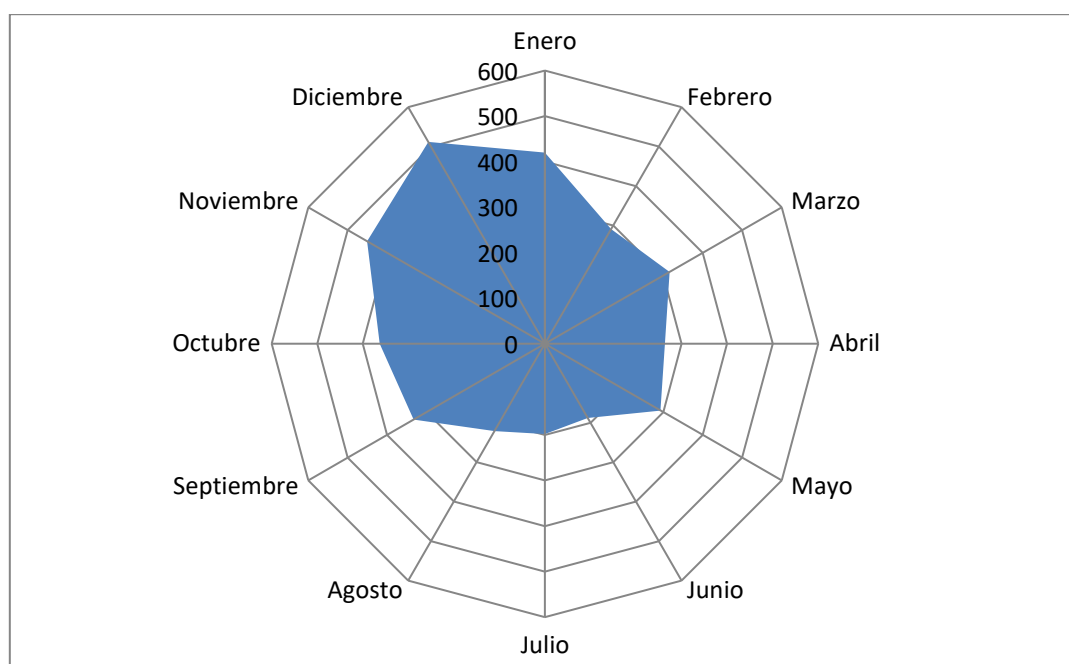


Figura 140.- Distribución mensual de los accidentes provocados el jabalí en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

La bibliografía suele relacionar estos sucesos con la época de celo en el caso del jabalí (ROSELL y OLSSON, 2012) y con la dispersión de los subadultos en el del corzo (NORES 2008, LAGOS y col. 2012). También se ha debatido mucho sobre si, en el jabalí, el fenómeno está o no vinculado a su caza –dado que de septiembre a enero o febrero es cuando se lleva a cabo–, predominando las opiniones que muestran una relación importante (MARKINA 1999, MERCADO 2011, LAGOS y col. 2012, ROSELL 2012), aunque sea a través de mecanismos indirectos como la desorganización de los grupos de estos animales que provocan las batidas (DELIBES y BENITO 2002). Nuestros datos, sin embargo, parecen apoyar más bien la hipótesis mantenida en los trabajos previos realizados en Asturias (NORES 2008 y MENENDEZ 2009) que desvinculan o minimizan la relación entre ambos sucesos –caza y mayor número de accidentes–, o a que otros factores deben ser también considerados.

Más allá de las pruebas realizadas y argumentos esgrimidos por estos últimos autores –que hacen referencia a que la correlación significativa encontrada entre el número de batidas realizadas a lo largo del año y el número de accidentes en el caso del jabalí es positiva, mientras que en el del corzo es negativa; a que limitándose al jabalí y a los seis meses en que se practica la caza la correlación es negativa y marginalmente significativa; y a que el pico de accidentes observado en el jabalí en época de caza no se produce en el corzo, lo que conlleva implícito cierto contrasentido–, nosotros hemos analizado el problema desde una triple perspectiva:

- En relación con el patrón de distribución de los accidentes a lo largo del año.
- A la luz del enfoque de la última modificación de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.
- Atendiendo a la distribución de los accidentes según las características cinegéticas de los terrenos.

Por lo que se refiere al primer aspecto, parece difícil de explicar atendiendo sólo o principalmente al factor caza (que únicamente admite una clasificación de los accidentes en dos categorías: fuera y dentro de la época en la que se realizan batidas) una distribución mensual de los accidentes que en un modelo de regresión lineal se ajusta muy bien, como se muestra en la Figura 141, a una línea de tendencia polinómica de grado 2 con un mínimo muy marcado en el mes de julio. Más bien debería de haber algún tipo de patrón biológico que explique la forma general de la curva de tendencia durante todo el año.

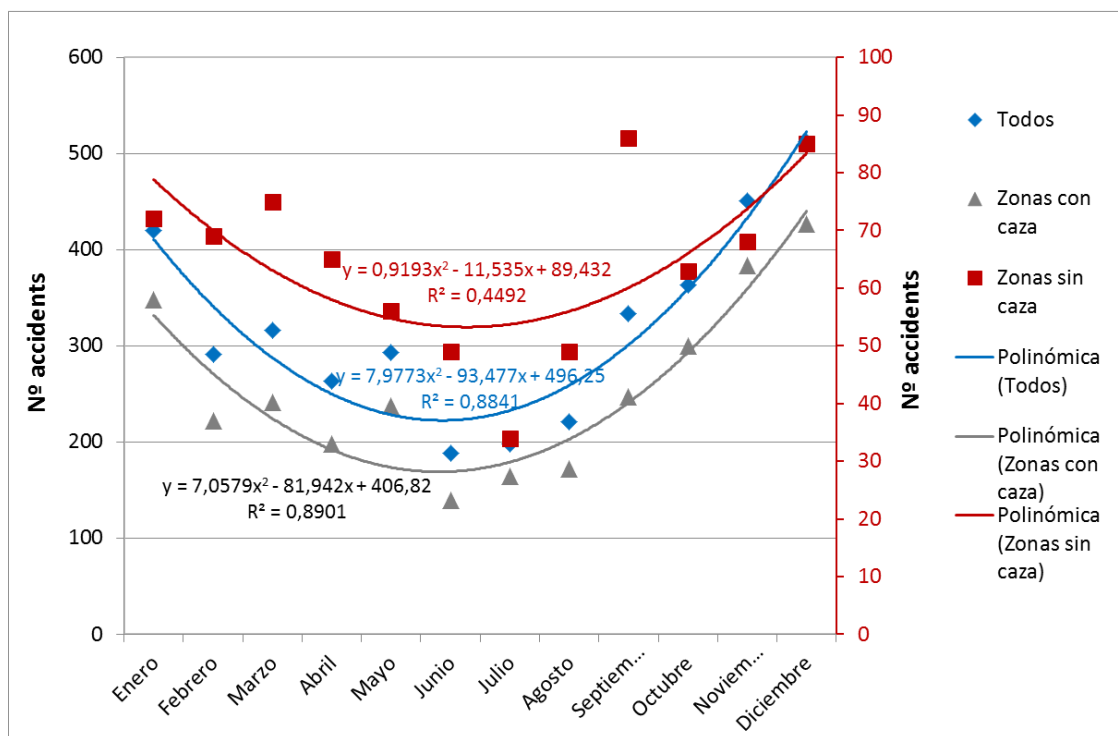


Figura 141.- Distribución mensual de los accidentes provocados por el jabalí en las carreteras de Asturias en función de la calificación cinegética de los terrenos colindantes, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

En cuanto al segundo, la última modificación del Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo, por el que se aprueba la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, que entró en vigor el 9 de mayo de 2014, limita la responsabilidad de los titulares del aprovechamiento cinegético a cuando el accidente de tráfico sea “consecuencia directa de una acción de caza colectiva de una especie de caza mayor llevada a cabo el mismo día o que haya concluido doce horas antes de aquél”, en el entendimiento de que éste parece un lapso de tiempo suficiente para que las situaciones que hubiera podido alterar el hecho de la caza ya hayan vuelto a la normalidad. En ese sentido, en la base de datos “Caza” hemos comprobado que de los 105 accidentes en los que intervienen jabalíes desde el 4 de septiembre de 2014 (primer día en que en Asturias hubo batidas –acciones de caza colectiva– desde que entró en vigor la modificación legal comentada) hasta el 31 de diciembre de ese año, sólo 21 cumplen los requerimientos de la norma legal, lo que supone un porcentaje del 20% del conjunto, que hay que entender que es fracción adicional que corresponde al hecho cinegético. Si entonces añadimos ese 20% a la media de accidentes de los meses no cinegéticos (de febrero a agosto) de nuestro periodo de estudio –2007-2014– obtendríamos la media de accidentes teóricos que deberían existir en los meses

cinagéticos (de septiembre a enero) y, realizando la correspondiente multiplicación, el total de accidentes que debería haber en esos meses. Las cifras obtenidas se alejan de la realidad, como se muestra en la Tabla 14, aunque la diferencia no llega a resultar estadísticamente significativa ($\chi^2=2,485923038$; g.l.=1; $p\leq 0,01$).

Tabla 14.- Distribución teórica, si el incremento de septiembre a enero se debiera sólo al efecto de la caza, y real de los accidentes provocados por el jabalí en las carreteras de Asturias en 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

	$\bar{X}$ teórica	$\bar{X}$ real	N teórico	N real	% teórico	% real
Accidentes en meses no cinagéticos	252,86	252,86	1.770	1.770	53,85	45,99
Accidentes en meses cinagéticos	303,43	415,80	1.517,14	2.079	46,15	54,01

Por último, si el aumento estuviera ligado sólo a la caza el fenómeno no debería detectarse en aquellas áreas de cierta dimensión donde no se ejerciera la actividad cinagética, como son las grandes “Zonas de Seguridad” donde, al amparo de la legislación (Ley 2/1989, de 6 de junio, de Caza), su práctica está prohibida y que rodean las grandes ciudades del área central de Asturias. Hemos procedido, en consecuencia, a comparar la distribución mensual de los accidentes de circulación dentro y fuera de estas grandes áreas en la Figura 141 y se observa que, para ambos casos, no se dan grandes diferencias con el patrón general ya comentado (por mucho, que el ajuste sea bastante menor en las zonas sin caza), reproduciéndose los mínimos y máximos estivales e invernales, respectivamente. De la misma forma, al realizar la prueba del χ^2 ambas distribuciones presentan un ajuste estadísticamente significativo ($\chi^2= 5,993\ 884\ 208$, g.l.=11, $p\leq 0.01$).

Por lo que se refiere a los días de la semana, se constata un incremento de la siniestralidad por fauna silvestre (Figura 142) los sábados y domingos, en un patrón de distribución ya encontrado en otros trabajos (RODRIGUEZ 2010, MERCADO 2011).

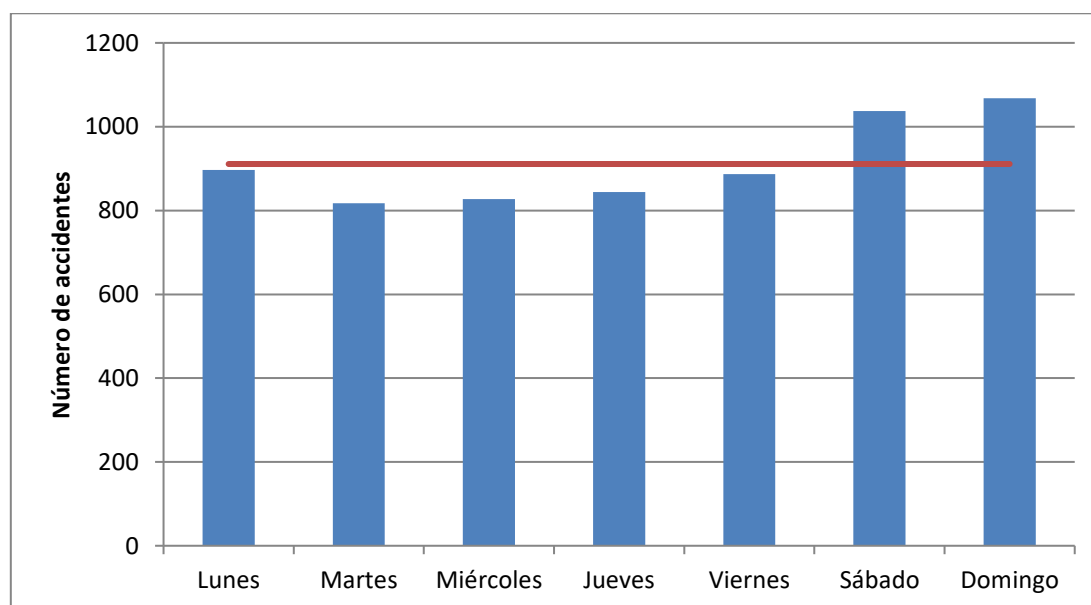


Figura 142.- Distribución de la siniestralidad por fauna silvestre en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014, según días de la semana ($\bar{X}$ =línea roja) (fuente: elaboración propia).

Esos días el número de incidentes se sitúa por encima de la media ($\bar{X}=911$) y el conjunto muestra una distribución estadísticamente significativa diferente de la esperada al azar ($\chi^2=67,70362239$; g.l.=6; $p\leq 0,01$), lo que debe estar vinculado con un mayor tráfico de turismos por la red de carreteras los días festivos en las horas en las que se producen un mayor número de accidentes (por ejemplo, en el pk 367 de la A-8 la intensidad media de vehículos entre las 21h y las 23h es 1,7 veces mayor los fines de semana que los días laborables, mientras que en el pk 453 de la misma vía es 1,25, en un patrón que parece repetirse en la mayoría de las vías asturianas).

A este respecto, hay una marcada tendencia a la concentración de accidentes al oscurecer, en la franja horaria situada entre las 20 y las 23 horas (Figura 143). Aunque resulta obvio que para que se produzca un accidente tiene que haber un vehículo y un animal, las gráficas de las Figura 144 y Figura 145, muestran con mayor claridad los patrones de interacción entre ambos.

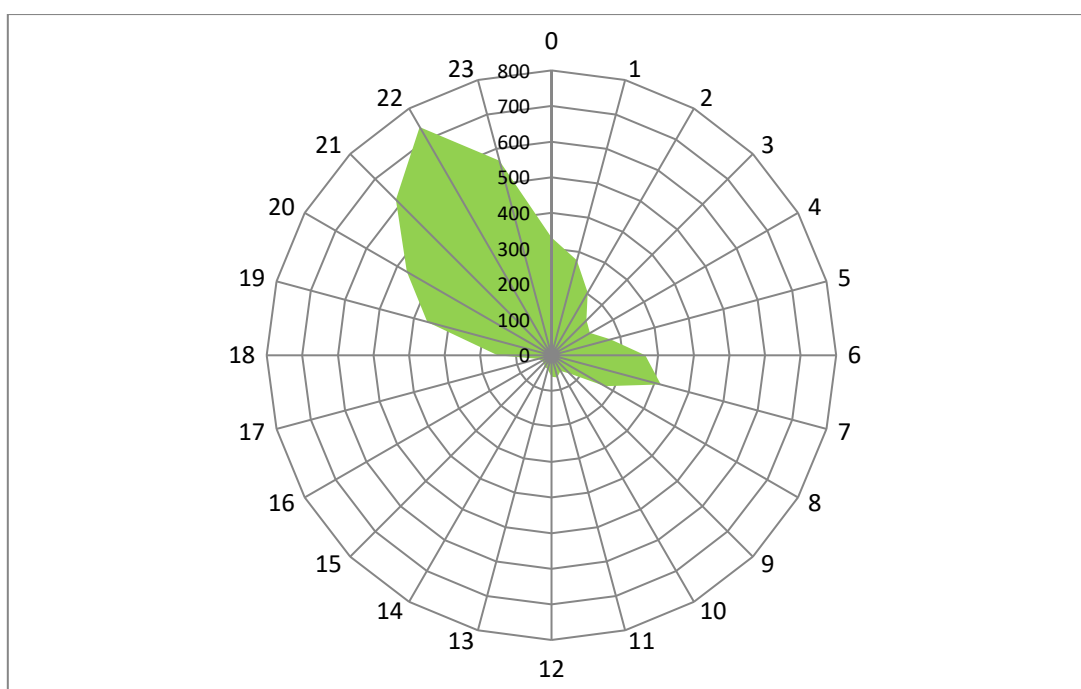


Figura 143.- Distribución horaria de los accidentes provocados por fauna silvestre en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n=5335) (fuente: elaboración propia).

En ellas se han representado en simultáneo el porcentaje horario de accidentes con fauna en el conjunto de Asturias y el de la intensidad de tráfico en el pk 3 de la A-63 (cuya distribución resulta representativa del conjunto de la red, al ser similar a la de otros lugares), expresado como porcentaje de la IMD, en días festivos y laborables, respectivamente. Ello permite observar, por ejemplo, que en la franja horaria entre las 21 h y las 5 h hay más tráfico los festivos que los laborables (el 15,73% de la IMD frente al 9,58%) y que ello se traduce en que se acumulen un mayor número de accidentes (el 66,12% frente al 55,36%, respectivamente). De forma similar, la “entrada al trabajo” de los días laborables, entre las 6 h y las 9 h, repercute en una mayor intensidad de tráfico acumulada en esas jornadas frente a las festivas (22,05% frente a 8,96%) que tiene reflejo en los accidentes (un 18,73% frente a un 9,71%). Estos patrones deben verse reforzados, además, por las diferencias horarias entre accidentes con jabalíes o con corzos.

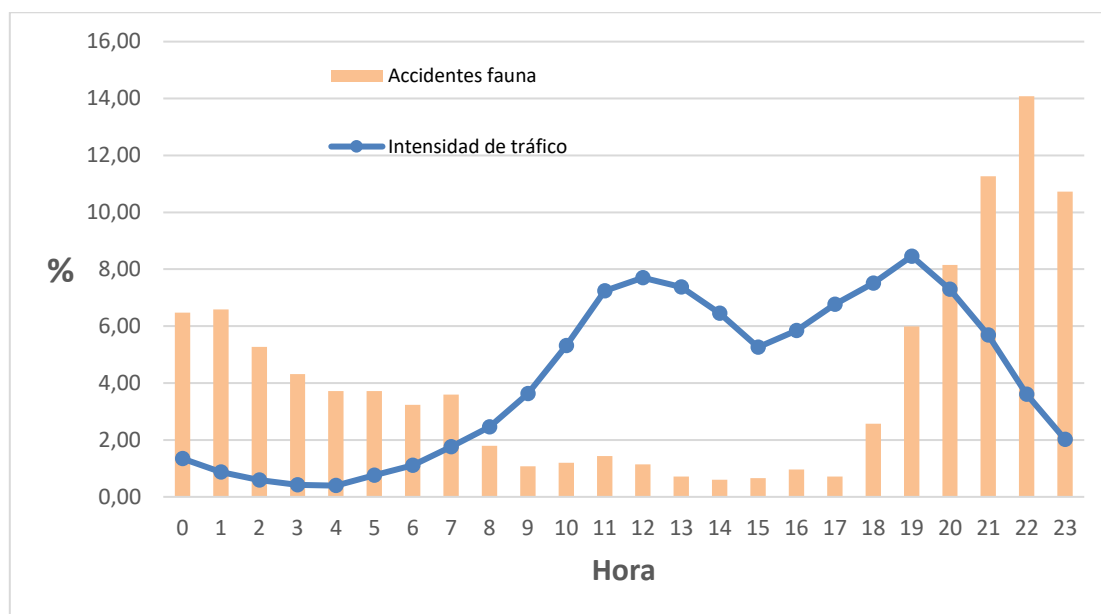


Figura 144.- Distribución porcentual por horas de los accidentes con fauna silvestre en Asturias y de la IMD en el pk 3 de la A-63 en días festivos (fuente: elaboración propia).

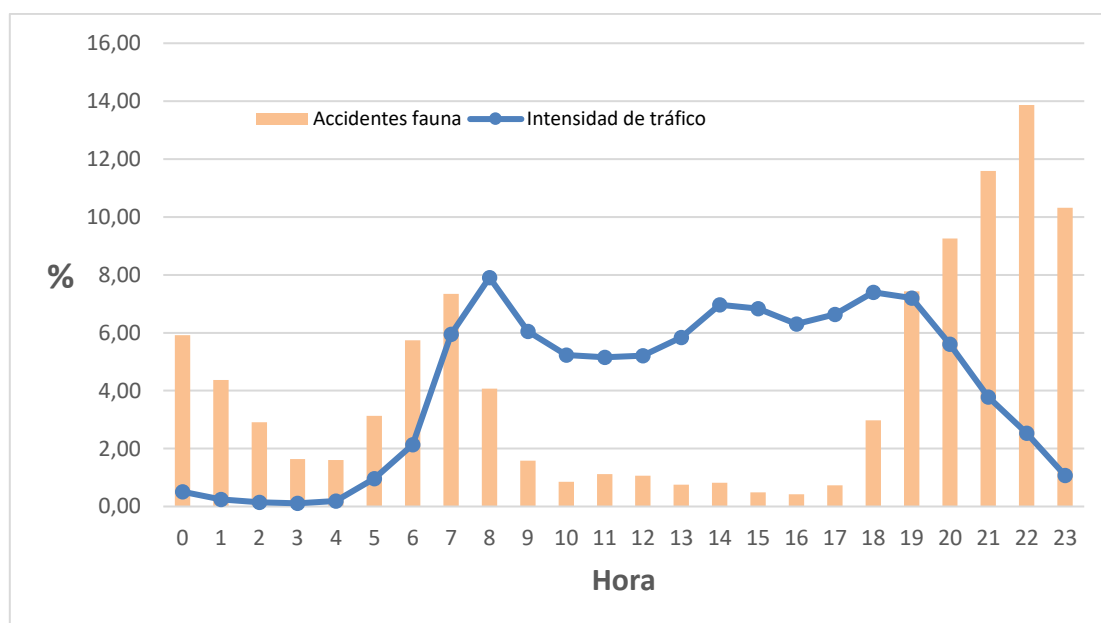


Figura 145.- Distribución porcentual por horas de los accidentes con fauna silvestre en Asturias y de la IMD en el pk 3 de la A-63 en días laborables (fuente: elaboración propia).

En efecto, el corzo muestra una distribución más equilibrada entre el amanecer y el atardecer (Figura 146), mientras que el jabalí concentra la mayoría de los accidentes que provoca en las últimas horas del día (Figura 147), en un patrón que se repite con otros estudios en el ámbito español (LARA y col 2004, DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO 2004, MERCADO 2011, LAGOS y col. 2012, ROSELL 2012). Estas diferencias en la distribución por tramos horarios son estadísticamente significativas, tanto en el caso del jabalí ($\chi^2=86,92709549$; g.l.=3; $p\leq 0,01$), como en el del corzo ($\chi^2=25,87614015$; g.l.=3; $p\leq 0,01$), respecto de la esperada al azar.

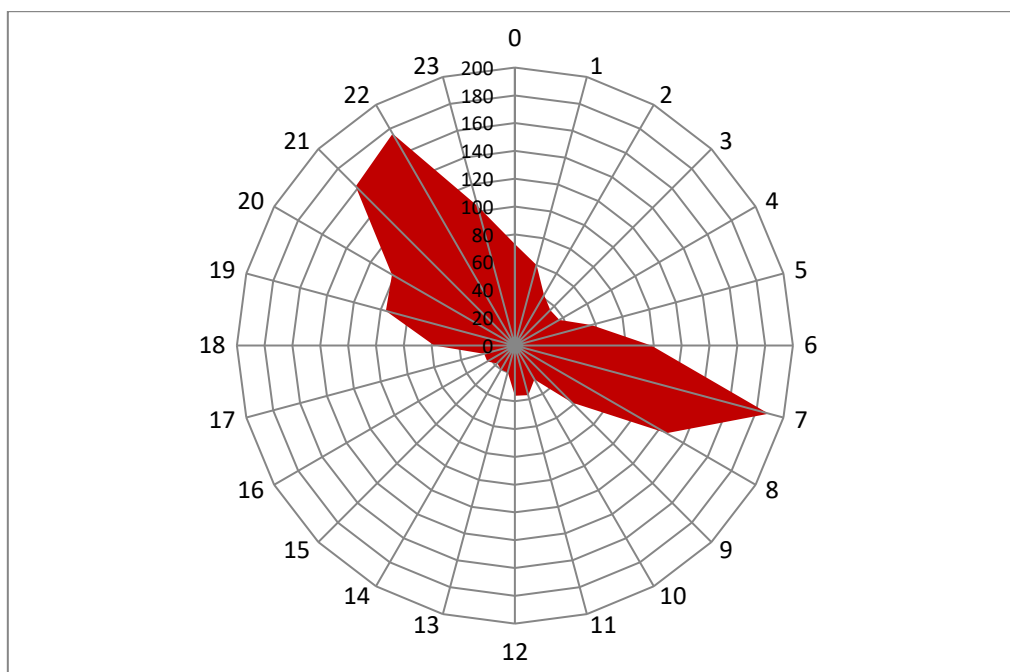


Figura 146.- Distribución horaria de los accidentes provocados por el corzo en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n= 1679) (fuente: elaboración propia).

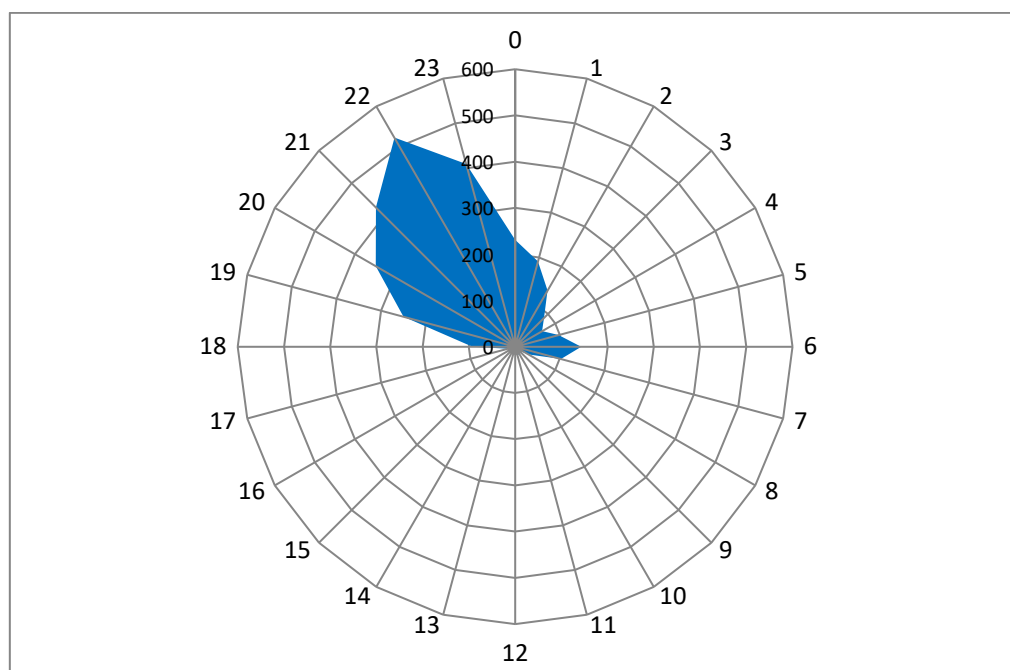


Figura 147.- Distribución horaria de los accidentes provocados por el jabalí en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n=3260) (fuente: elaboración propia).

Esta concentración horaria, que sin duda está vinculada a los periodos de máxima actividad de las especies implicadas, debe tener además, por lo que se refiere a su influencia sobre la siniestralidad, cierta relación con la visibilidad de los conductores, ya que más del 75% de los accidentes (Figura 148) se registran en condiciones de crepúsculo o noche (sin iluminación o con iluminación insuficiente), sin que por contra parezcan tener tanta influencia las circunstancias meteorológicas (Figura 149).

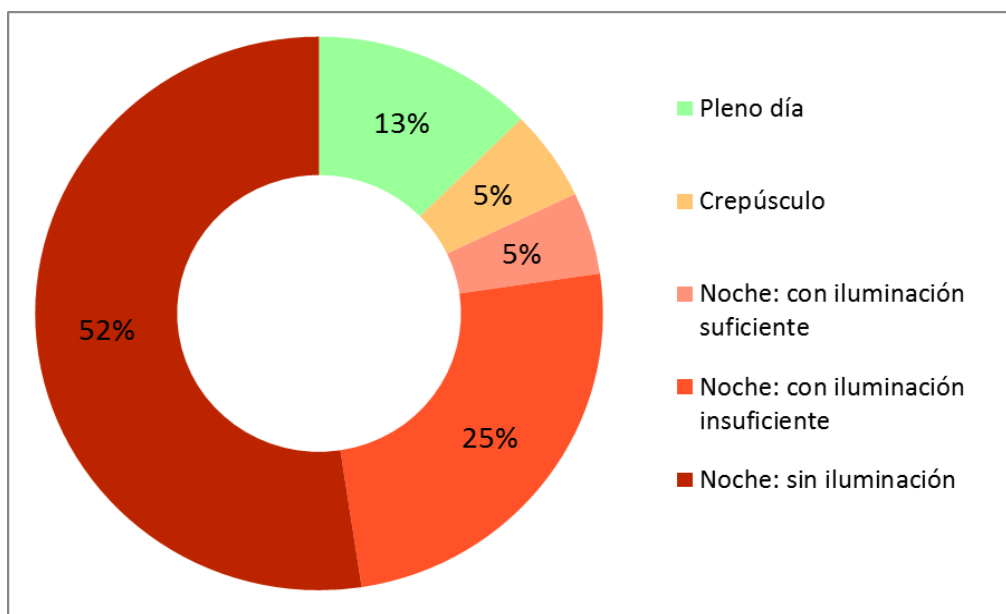


Figura 148.- Distribución por condiciones de luminosidad de los accidentes provocados por la fauna silvestre en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n=4203) (fuente: elaboración propia).

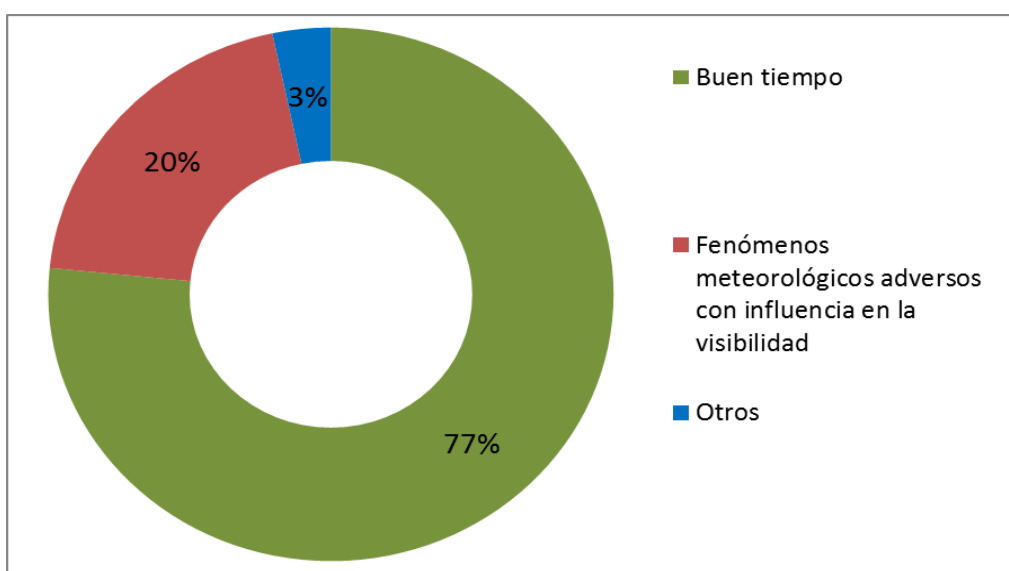


Figura 149.- Distribución por situación atmosférica de los accidentes provocados por la fauna silvestre en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n=4203) (fuente: elaboración propia).

MAREY y col. (2013) opinan que se pueden conseguir mejores expresiones visuales de la influencia del amanecer y atardecer a lo largo del año a través de gráficas como las que se presentan, para nuestro caso, en las Figura 150 y Figura 151 para los accidentes provocados por el jabalí y el corzo, respectivamente, que con las de tipo araña utilizadas de forma usual. En ellas se observa, mejor en el supuesto del jabalí que en el del corzo, como la mayoría de los accidentes se producen antes del orto (parte por debajo de la línea naranja de las gráficas) y después del ocaso (parte por encima de la línea negra de las gráficas). En el caso particular del jabalí, la acumulación de accidentes en los extremos superiores izquierdo y derecho de la gráfica indica en una sola figura el claro patrón de producción de accidentes en la franja horaria comprendida después del atardecer hasta medianoche, ya reflejado de alguna manera

en la Figura 147, y en los meses desde septiembre a enero, visto en la Figura 140. De forma análoga, en el corzo la distribución es más homogénea, tanto en su reparto horario –aunque la mayoría tengan lugar antes del orto y después del ocaso–, como estacional –aunque en los meses primaverales haya una mayor acumulación–, aspectos ya comentados con ocasión de las Figura 146 y Figura 139.

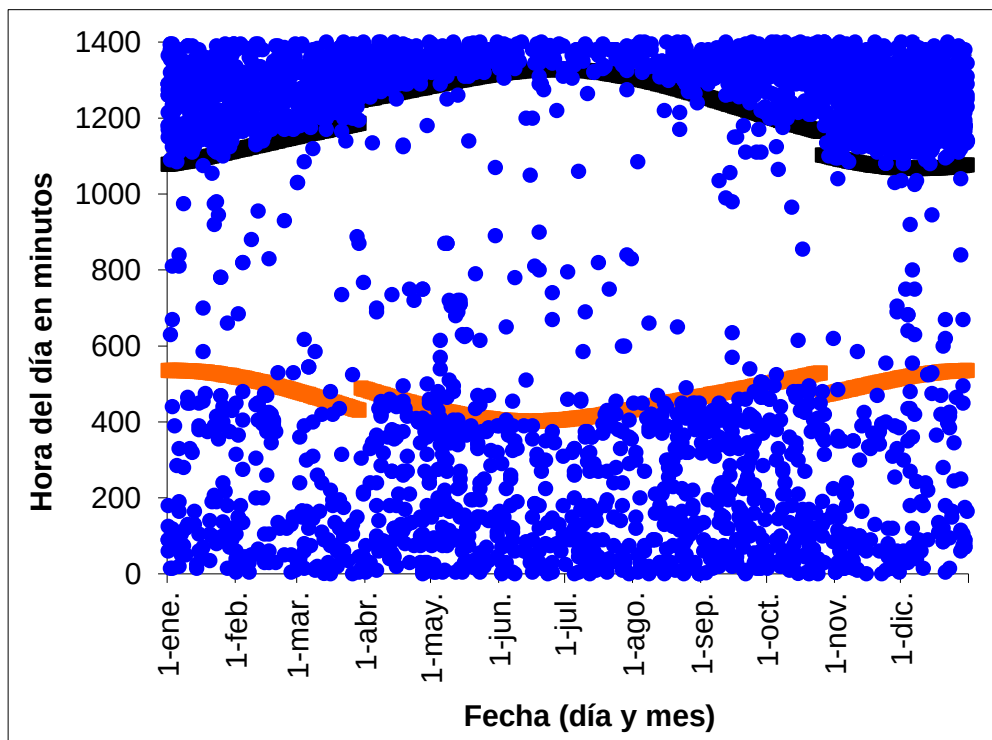


Figura 150.- Distribución horaria y estacional de los accidentes provocados por jabalíes en Asturias (n=3260), periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

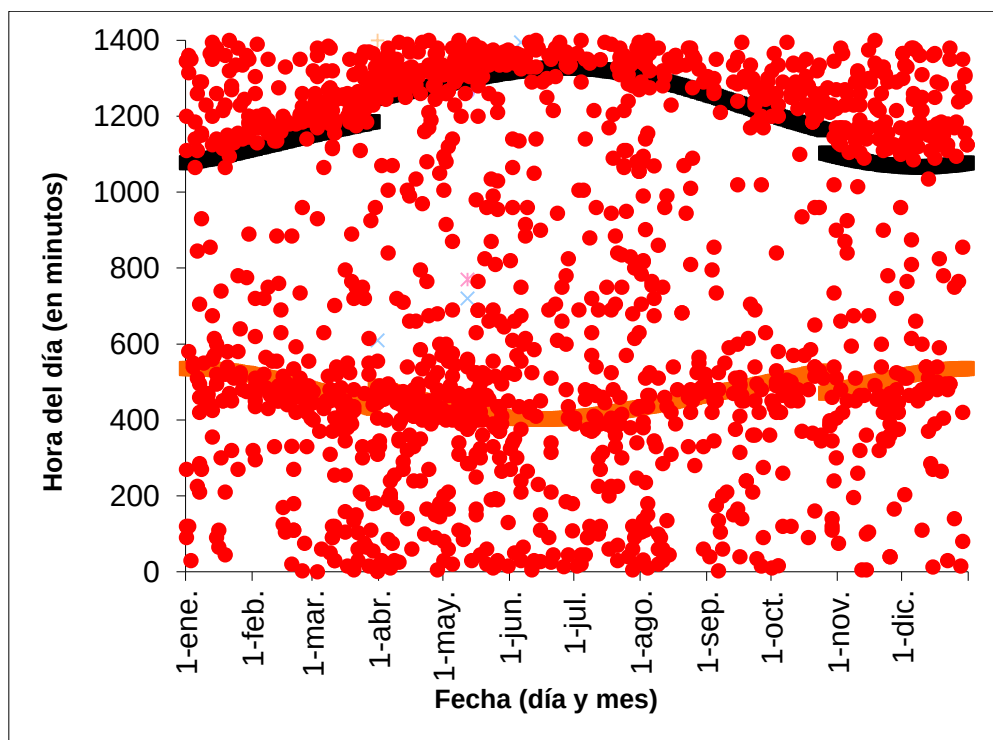


Figura 151.- Distribución horaria y estacional de los accidentes provocados por corzos en Asturias (n=1584), periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

No obstante, STEINER (2011), que había utilizado unas gráficas idénticas, ya había señalado que, aunque dan una buena idea de la situación de luminosidad en la que se producen los accidentes, tienen una severa limitación por la acumulación de puntos superpuestos. Por eso, creemos que una todavía mejor representación visual de estas situaciones se consigue utilizando gráficas como las reproducidas en las Figura 152 y Figura 153. Para su elaboración se ha representado con el paquete estadístico R-Project, para el jabalí y el corzo, la densidad de frecuencia absoluta conjunta de los accidentes a lo largo del año en las distintas horas del día a partir de los datos de los siniestros realmente ocurridos en el periodo 2007-2014, grafiándolos sobre unos ejes X (día del año) e Y (hora del día). Se representa el número de accidentes por mes y hora, reflejando así, de alguna manera, la probabilidad de ocurrencia de un accidente con fauna en un determinado período. Para una mejor visualización de las épocas de mayor probabilidad de ocurrencia de los siniestros se ha desplazado, en el eje de las abscisas, el comienzo del calendario al 1 de julio, a fin de eliminar la distorsión provocada en los límites de la gráfica puesto que debería haber una continuidad.

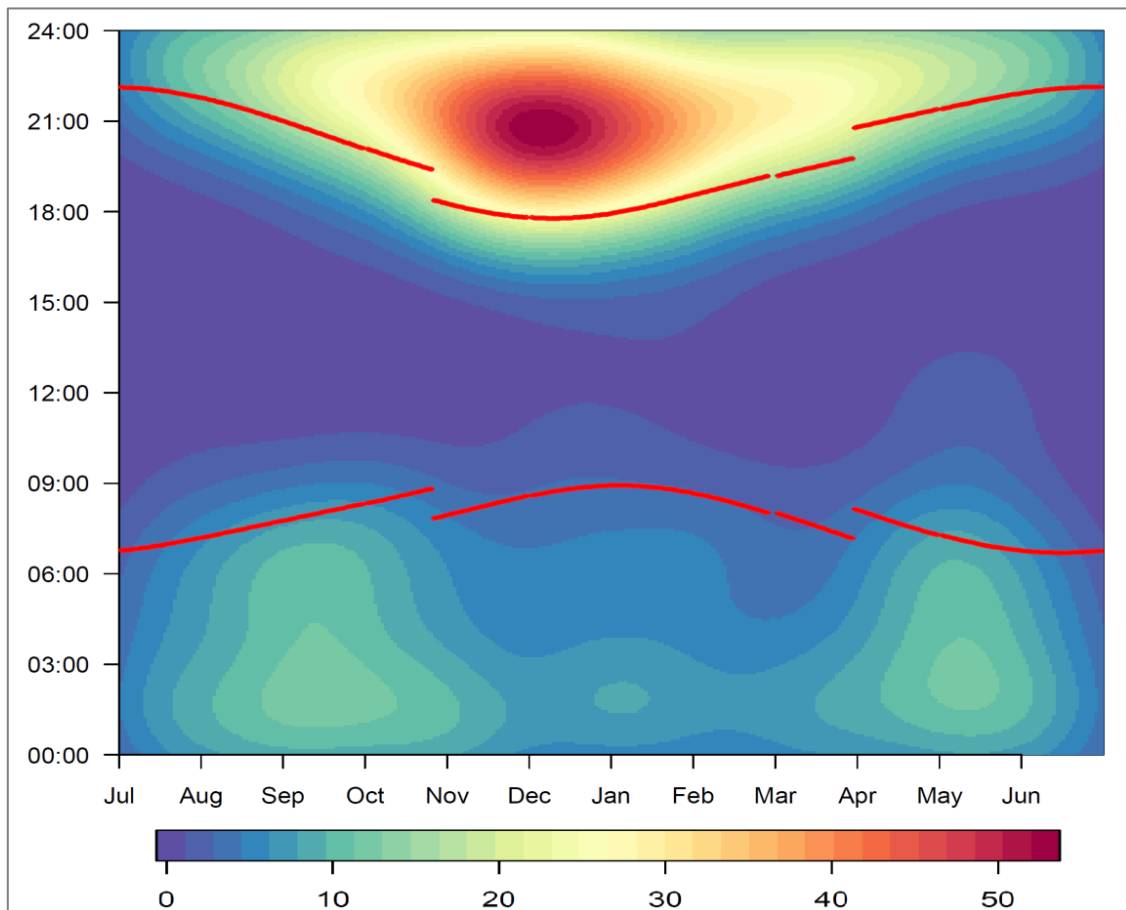


Figura 152.- Distribución de la densidad de frecuencia absoluta conjunta de los accidentes con jabalí a lo largo del año y de la hora del día (las líneas rojas señalan el orto y el ocaso) (n=3260) (fuente: elaboración propia).

En el supuesto del jabalí podemos observar que las mayores probabilidades se concentran en las horas después del ocaso desde mediados de octubre a finales de febrero. Este patrón, aunque con los meses ligeramente desplazados según los casos, es similar al hallado en Lituania (BALČIAUSKAS y BALČIAUSKIENĖ 2008), en Valonia

(Bélgica) (MORELLE y col. 2013), en Cuneo (Italia) (PUTZU y col. 2014), en Galicia (España) (LAGOS y col. 2012), en Scania (Suecia) (THURFJELL y col. 2015), y en Estonia (KRUUSE y col. 2016). En los dos últimos casos los autores lo expresan, además, en una forma gráfica parecida a la nuestra. Además, THURFJELL y col. 2015 verifican que en esos momentos también aumentaba la velocidad de desplazamiento (Km/h) de las hembras de dicha especie y aportan una explicación de la alta probabilidad de siniestros con jabalíes en esa época por la confluencia entre los niveles de tráfico que se situaban en la franja media-baja –pero, en cualquier caso, bastante inferiores a los registrados a las mismas horas de los meses de primavera y verano y superiores a los medidos más avanzada la noche en cualquier época del año– y las horas de mayor actividad de los animales. Esta reflexión, en línea con la realizada por nosotros para intentar aportar una interpretación al aumento de accidentes en los días festivos, tiene el inconveniente de que obvia cualquier aclaración sobre las cuestiones directamente relacionadas con la actividad de los jabalíes.

Aunque es difícil encontrar, a través de los conocimientos expresados en la literatura científica, una explicación plenamente satisfactoria a esta importante accidentalidad otoño-invernal en relación con los patrones espacio-temporales del comportamiento del jabalí, dos ideas merecen, en principio, ser retenidas. En primer lugar, la elevada plasticidad de la especie (KEULING y col. 2009, PODGÓRSKI y col. 2012). En segundo lugar, y en realidad como consecuencia de la anterior, su capacidad de adoptar estrategias diferentes y, a veces, aparentemente contradictorias para hacer frente o adaptarse a las perturbaciones de origen humano (PODGÓRSKI y col. 2012) o a distintas situaciones ambientales (GAMELON y col. 2013).

La realización de estudios, en diferentes ámbitos geográficos y con distinta intención, que han empleado animales marcados con técnicas de radioseguimiento, y en especial con collares GPS-GSM en los últimos años, permite algunas especulaciones aplicables a nuestro caso. Así, GUTIERREZ (2015) muestra que en los montes de Toledo la actividad diaria de los jabalíes en todas las estaciones desciende notablemente, cuando no es inexistente, en las horas centrales del día, o que en el otoño la actividad al atardecer, es la más elevada del año. De igual forma, este autor también encuentra que las áreas de campeo de los machos de jabalí en otoño e invierno son sustancialmente mayores que las de primavera y verano, lo que debe implicar desplazamientos más largos (y, en consecuencia, mayor probabilidad de atravesar carreteras), aunque el hallazgo no se reproduce para las hembras. Por su parte, BARASONA y col. (2014), en el Parque Nacional de Doñana y su entorno, ya habían detectado que las áreas de campeo de los jabalíes aumentaban en otoño respecto de las encontradas en primavera y verano.

Sin embargo, otros estudios no hallaron variaciones interestacionales significativas en estas áreas –por ejemplo, KEULING y col. (2008) en Mecklenburg–Western Pomerania (Alemania)–, lo que interpretaban en relación a la abundancia de recursos alimenticios, agua o refugio en un relativamente reducido espacio a lo largo de todo el año, lo que hacía innecesario aumentarlo en ningún momento. Por el contrario, otros trabajos, como el desarrollado por MASSEI y col. (1997) en el Parque Natural de Maremma (Italia), aportan explicaciones en un sentido totalmente diferente, al indicar que la ausencia de incremento en el área de campeo, e incluso su disminución, en situaciones de penuria alimentaria en invierno puede deberse a una estrategia de ahorro

energético que haga que sea más rentable para los animales explotar más intensamente los escasos recursos existentes en una zona relativamente pequeña que deambular por áreas mayores.

De muy franco interés explicativo son los resultados encontrados por PODGÓRSKI y col. (2013) que hallaron que mientras en bosques primigenios extensos y bien conservados los jabalíes prácticamente no muestran variación en su actividad a lo largo del día, ni tampoco en la velocidad de desplazamiento o en la distancia diaria recorrida según estaciones, sin embargo en zonas metropolitanas se reproduce el esquema ya comentado de paralización de la actividad en las horas centrales del día, a la par que se registra un incremento notable en la velocidad de movimiento a medida que se producen condiciones de mayor oscuridad o se constata que la distancia que los animales recorren cada día es casi el doble en otoño e invierno que en primavera y bastante mayor que en verano, y se interpretan todos estos sucesos como respuesta a las perturbaciones humanas y a la disponibilidad alimentaria.

En todo caso, analizar todas estas variaciones, o no, en el tamaño de las áreas de campeo, en los movimientos de los animales entre estaciones, en la velocidad de los desplazamientos o en el ajuste horario, exige siempre una explicación puntual y adaptada a las circunstancias locales.

Sin despreciar, en nuestro caso, la influencia parcial que pueden tener aspectos tales como el celo (que implica movimientos mayores de los machos reproductores, aunque éstos son una fracción minoritaria en la población –menor del 30%, por ejemplo, en Somiedo, Asturias, según NORES y col. 2000–) o la caza (aunque nuestros datos, como hemos visto, minimizan mucho su aparente influencia, en línea con lo encontrado con carácter general por KEULING y col. (2008) o SCILLITANI y col (2010) que relativizan su papel y repercusión en los patrones espaciotemporales de uso del hábitat por el jabalí o mencionan respuestas moderadas), parece que el factor más importante que puede explicar la mayor movilidad otoño-invernal, y por tanto la mayor probabilidad de atravesar carreteras y de coincidir con un vehículo, es la búsqueda de alimento.

En efecto, en Asturias los accidentes con fauna silvestre muestran una distribución geográfica muy centrada en el área media y baja de la C.A. (Figura 156), donde el medio natural ha sufrido profundas transformaciones, caracterizándose en la actualidad por tratarse de zonas periurbanas o metropolitanas en algunos casos (todas las de la zona central de la región) o de lugares con un paisaje típicamente en mosaico en otros, donde perviven restos de bosque original con repoblaciones forestales, prados, zonas de cultivos, setos, áreas de matorral y sitios más o menos urbanizados y con diversas infraestructuras –entre ellas, las carreteras– en un intrincado rompecabezas donde ninguna de las piezas tiene un tamaño excesivamente grande, por contraste con el sur de la C.A. donde, por meras cuestiones orográficas, han sobrevivido las manchas forestales autóctonas de mayor tamaño y extensión, y menos fragmentadas.

En ese ambiente, equiparable a un área profundamente humanizada, los jabalíes deben adaptar su estrategia a las limitaciones y oportunidades que la presencia humana les ofrece. En ese contexto, es probable que los animales, tras haber aprovechado el recurso alimenticio que suponen los cultivos de recolección otoñal

(Asturias, por ejemplo, es una C.A. de importancia en la producción de maíz forrajero, con una media anual en el periodo de nuestro estudio de 416861 T, que es recogido en octubre, y debe señalarse que COLINO-RABANAL y col. (2012) relacionan el aumento de los accidentes con jabalíes en el norte de León con el incremento de la superficie de cultivos de maíz de regadío) se encuentren en un ambiente donde los recursos ya más escasos estén muy extendidos en hábitats y lugares diversos –restos de bellotas u otros frutos en las manchas forestales, desechos del maíz o de las fabas en los campos, alimentación suplementaria aportada al ganado vacuno en las tolvas, basuras dispersas en contenedores, tubérculos e invertebrados en los prados, alguna carroña desperdigada al azar,...– y que para acceder a ellos tengan que realizar movimientos más rápidos y constantes (no necesariamente en áreas de mayor extensión) durante el periodo en el que estén activos, para regresar luego a los lugares de refugio y descanso durante el horario diurno, lo que implicaría muchos más cruces potenciales en las carreteras.

Tabla 15.- Expedientes de indemnización por daños producidos por los jabalíes en bienes agrícolas en terrenos cinegéticos gestionados directamente por la Administración regional asturiana, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia a partir de datos de la Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos).

	Nº de expedientes de indemnización por daños.											
	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
Conjunto de Asturias	1203	1402	1559	1478	1802	2036	1771	1395	2039	1985	1390	1264
Zona media – baja de la C.A.	337	427	401	357	511	710	574	364	878	747	297	261
Cultivos recolección otoñal en todo Asturias	9	2	1	4	59	164	116	202	787	602	131	30
Prados en todo Asturias	1171	1261	1514	1376	1453	1331	1149	835	1039	1270	1230	1215

Algunos hechos apuntan a esta hipótesis. Por ejemplo, los daños que el jabalí causa en los bienes agroganaderos en Asturias. Éstos son indemnizados por Ley por los titulares del aprovechamiento cinegético y aunque los datos relativos a los Cotos Regionales de Caza –el tipo de terreno cinegético regentado por sociedades de cazadores que es el mayoritario en la parte de la C.A. donde se ubican la mayoría de los accidentes– no tienen excesiva fiabilidad y, sobre todo, no están accesibles en su distribución mensual, no ocurre lo mismo con los de la Administración Regional que son muy precisos y detallados, aunque geográficamente respondan en su mayoría a perjuicios ocasionados en el sur de la región, donde se sitúan la mayor parte de los terrenos cinegéticos gestionados directamente por ella (las Reservas Regionales de Caza) y, precisamente, donde menos accidentes hay. No obstante, la expresión general de la evolución mensual de estos daños, interpretada conjuntamente con los que de alguna forma se refieren exclusivamente a zonas indemnizadas por la administración, pero

situadas en la parte media y baja de la región o a cultivos de recolección otoñal que se reflejan en la Tabla 15, pueden arrojar alguna luz.

En ella vemos que, tras el pico de septiembre y octubre, que es particularmente fuerte en las zonas medias y bajas de la región o, como es lógico, en los cultivos de recolección otoñal que se ubican preferentemente en esos lugares, el recurso “agrario” más frecuente y constante a lo largo del año son los invertebrados, raíces y tubérculos que el jabalí consigue en los prados mediante su conocido “fozado”. Es decir, que en nuestra área geográfica de mayor siniestralidad y una vez finalizada por el jabalí la explotación de los cultivos otoñales, sólo le queda en los meses más “duros” (de noviembre a mayo, con un valle muy marcado en noviembre, diciembre y enero – nuestros tres meses de mayor probabilidad de accidentes–) los prados, que suponen un recurso más bien constante, que debe ser complementado con los alimentos que obtienen, presumiblemente también en menor cantidad que en otras épocas del año, en otros lugares, lo que implica necesariamente una mayor cantidad de desplazamientos por el territorio y, en consecuencia, un aumento de los cruces de carreteras y por ende de la probabilidad de que ocurran accidentes por colisión con vehículos. No obstante, esta hipótesis debería ser contrastada en trabajos posteriores.

Por lo que se refiere al corzo, por tradición se describe a este animal como eminentemente forestal –su pequeño tamaño corporal y reducida cornamenta constituirían adaptaciones a este medio (BLANCO, 1998)–, pero, al igual que en el jabalí, recientes estudios con animales radiomarcados enfocan la utilización preferente del bosque, al menos en ámbitos humanizados y paisajes heterogéneos, como una adaptación a las perturbaciones y a las molestias que le provocan las personas, de tal forma que el corzo resuelve la disyuntiva entre la adquisición de recursos de alta calidad y la cobertura de riesgos mediante la modificación de la utilización del hábitat entre el día y la noche, y el patrón de accidentes con estos animales observado en las carreteras puede tener algo que ver con ello.

En primer lugar, el pico de accidentes que se registra en la primavera, que ya habíamos comentado que se produce también en otras regiones españolas, se ha observado así mismo, aunque algo retrasado, en otros ámbitos europeos como en Gran Bretaña por LANGBEIN y col. (2011), en Escocia por DANDY y col. (2009) o en Holanda por KLOMBERG (2012). Aunque éste último aporta evidencias de que, en su caso, la gran mayoría de los animales accidentados son ejemplares menores de cuatro años (repartidos, a su vez, casi al 50% entre menores y mayores de 2 años), lo que le hace suponer que es posible que la fuerte territorialidad de los machos adultos en esa época provoque, a su vez, un aumento de la movilidad de los jóvenes recién independizados de su madre y de los subadultos y, en consecuencia, un incremento de la probabilidad de cruce de las carreteras de estos juveniles y por tanto un mayor número de siniestros, es cierto también que los resultados de un trabajo con animales dotados de collares GPS-GSM en Baviera (Alemania) (STACHE y col., 2013) indicaron que las clases de edad no tenían ninguna relevancia explicativa de los patrones de actividad y que no había distinta tendencia de más o menos actividad entre subadultos y adultos.

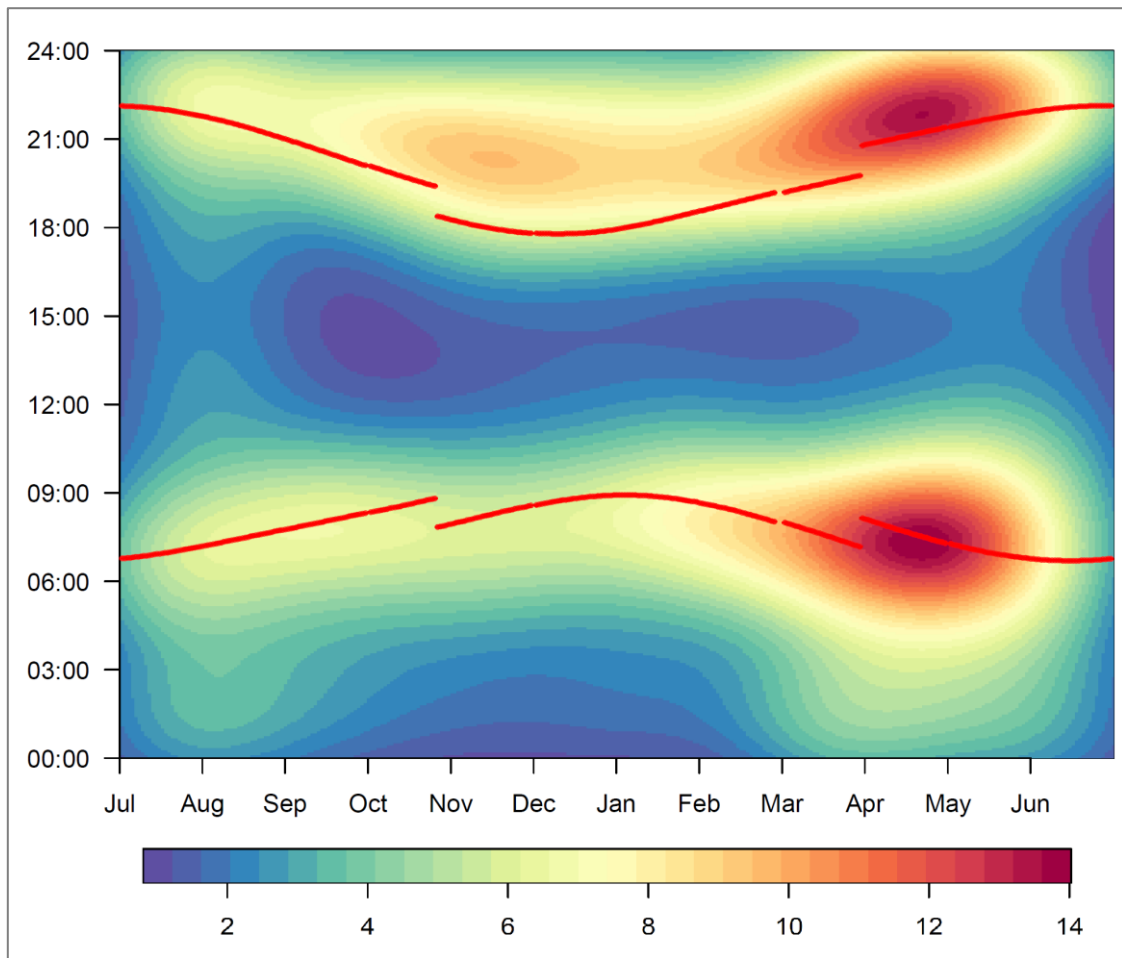


Figura 153.- Distribución de la probabilidad de accidente con corzo a lo largo del año y de la hora del día (las líneas rojas señalan el orto y el ocaso) (n=1679) (fuente: elaboración propia).

Además, este trabajo evidencia la fuerte actividad crepuscular (en el orto y en el ocaso) de los machos en los meses de primavera y verano, mostrada con una expresión gráfica muy parecida a la nuestra y que sería prácticamente superponible con ella si no fuera por el ligero desplazamiento hacia los meses estivales. Sin embargo, el patrón de actividad de las hembras en esos meses, aunque similar, es notoriamente menos marcado hacia el crepúsculo, consecuencia probable, según dicho autor, de las mayores demandas de energía de las hembras en estas estaciones debido a la gestación y la lactancia.

En ese esquema es cuando cobran cierta capacidad explicativa las observaciones realizadas por BONNOT y col. (2013), que encuentran un uso del hábitat marcadamente diferente entre el día y la noche, con una mayor utilización de los hábitats forestales, que suministran además protección, cuando hay luz y un mayor uso de hábitats abiertos ricos en forraje en el crepúsculo o en la oscuridad, y todo ello a pesar de que el ciclo de rumia de los corzos es relativamente corto y obliga a tener actividad a los animales también durante el día. Para estos autores no cabe sino concluir que la forma desproporcionada de alto uso de los bosques durante el día es probablemente una consecuencia de la evitación de las perturbaciones humanas, de la que además encuentran otras evidencias, como la mayor tolerancia a los asentamientos humanos cuando hay bosques cerca en los que refugiarse. Desde esa

perspectiva, los corzos serían capaces de prosperar en paisajes o ambientes altamente humanizados por la modificación de su comportamiento espacial, utilizando con mayor intensidad hábitats que les suministran recursos alimenticios de alta calidad, como los campos de cultivos (que suelen estar más cerca de las carreteras), durante las horas de menos luz.

En adicción, todo lo anterior queda resaltado con los datos conocidos sobre la dieta de la especie que, a pesar de estar fuertemente influenciada por el entorno en el que se alimentan (DUNCAN y col., 1998), muestra siempre un patrón de aprovechamiento de los recursos vegetales en las etapas fenológicas más nutritivas (MANCINELLIA y col, 2015), entre otras razones para compensar así las particulares características de su sistema digestivo, y ello conlleva un incremento en la primavera del consumo de herbáceas puesto de manifiesto tanto en ámbitos geográficos del resto de Europa (MUSSA y col. 2003, MANCINELLIA y col. 2015, KRASNOV y col. 2015), como en España (ÁLVAREZ 1999), en algunos casos con una especial mención a la Cordillera Cantábrica (FANDOS y col. 1987). Ahí, y en relación con la siniestralidad en las carreteras provocada por esta especie, hay que señalar la importancia de los prados en Asturias, que ocupan una superficie superior a las 300000 ha, y de los cultivos forrajeros (Tabla 2) que se concentran especialmente (en alrededor de un 90% –SADEI 2015–) en la zona media y baja de la región donde se producen la mayoría de los accidentes con fauna (Figura 156), y que se trabajan en rotación entre maíz (cultivo de verano) y vallico (raigrass) o algunas leguminosas (cultivo de invierno). Precisamente estos cultivos de invierno se encuentran, al igual que los prados, en plena emergencia y fase de mayor crecimiento en los meses de marzo a junio, momento a partir del cual son segados, cuando la relación entre valor nutritivo, digestibilidad y producción es más favorable. Estos cultivos son muy visitados por los corzos que, para llegar a ellos y debido a su ubicación, deben atravesar las carreteras con mayor frecuencia.

En definitiva, es muy posible que una explicación más completa del patrón de accidentes con jabalíes y corzos observado en Asturias requiriera no recurrir a un único factor e integrar, además de la intensidad de tráfico (como ya hicimos de forma general en las Figura 144 y Figura 145), una panoplia de ellos que, inspirado por lo propuesto por DE VRIES (2015), se sugieren en las Figura 154 y Figura 155, respectivamente para el jabalí y el corzo, representando en la parte inferior de las gráficas los de origen antrópico y en la superior los naturales.

La distribución de los accidentes en función de las características de las vías de comunicación que integran la Red de Carreteras del Principado de Asturias y la Red de Carreteras del Estado en Asturias se muestra en la Tabla 16, mientras que la distribución geográfica queda reflejada en la Figura 156 y, con detalle, en las Figura 157, Figura 158 y Figura 159.

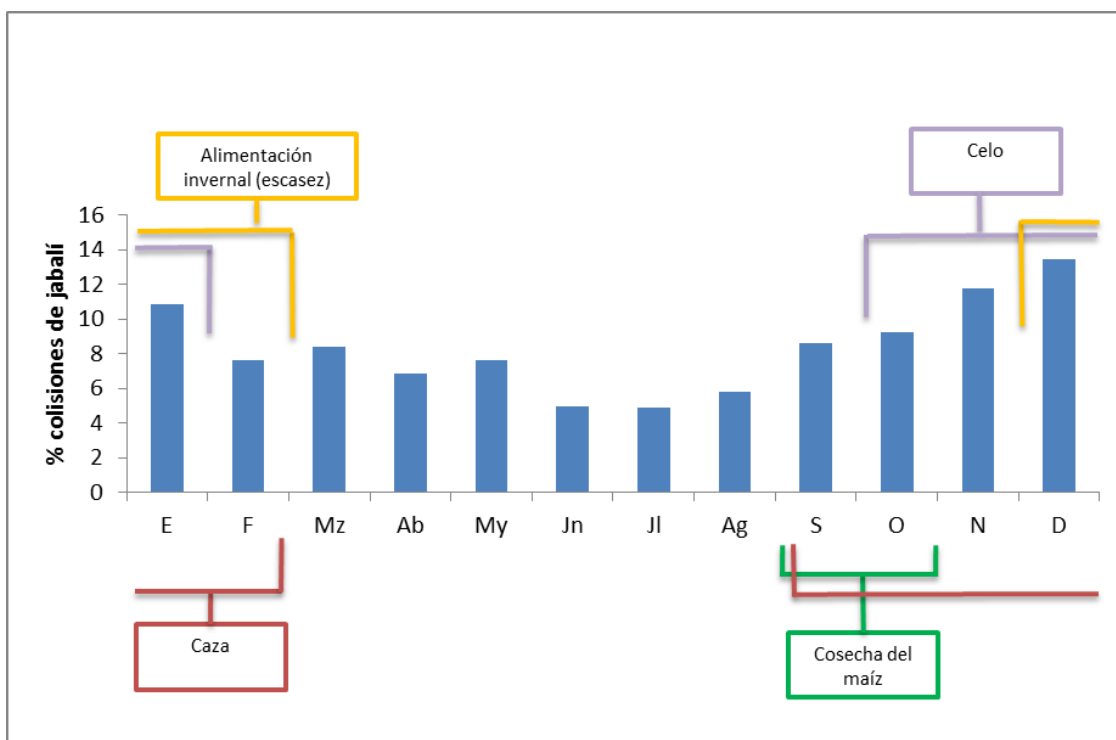


Figura 154.- Posibles causas de influencia sobre la siniestralidad con jabalí (fuente: elaboración propia).

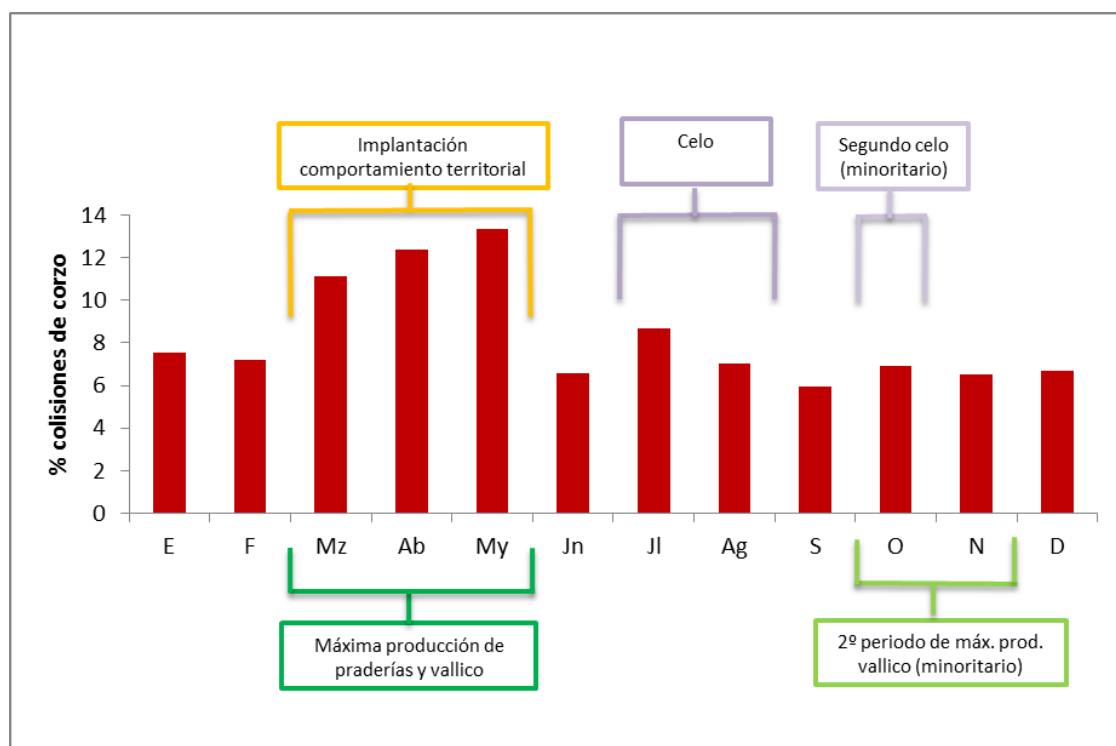


Figura 155.- Posibles causas de influencia sobre la siniestralidad con corzo (fuente: elaboración propia).

La Tabla 16 provoca varias reflexiones. En primer lugar, que la Red de Carreteras del Estado en Asturias acumula el 57,86 % de los siniestros con fauna silvestre en la región, a pesar de que sólo supone el 16,88% de la longitud total de los viales existentes en la misma, aunque por el contrario acapara el 91,45% del tráfico medio anual en el periodo estudiado. En segundo lugar, que las vías de alta capacidad engloban al

29,09% de los accidentes con fauna cuando su longitud viaria supone sólo el 8,93% del conjunto de las carreteras asturianas. Por último, y con cierta relación con lo anterior, que las vías de alta capacidad, tanto en la Red estatal como en la autonómica, tienen un mayor número de atropellos por kilómetro que las vías convencionales. Sin embargo, esta relación se invierte si lo que consideramos es el número de siniestros en relación con la intensidad del tráfico, como queda patente en el caso de las de titularidad estatal y es de suponer que ocurra algo similar en las autonómicas, excluyendo las locales que son carreteras, a estos efectos, casi marginales. En definitiva, esto nos habla de que existe una doble perspectiva. Desde el punto de vista de los animales la incidencia de los viales de alta capacidad es mayor, pero desde la perspectiva de la seguridad vial ocurre lo contrario.

Por su parte, la distribución geográfica de los accidentes es muy asimétrica. En consonancia, en buena medida, con la propia distribución de la red viaria, de la población humana y de la fauna silvestre en la región. De hecho, la gran mayoría de los accidentes se acumulan en el área central (Figura 158) y en la franja litoral de las dos alas de la región (Figura 157 y Figura 159) donde, de hecho, los accidentes vienen a ser un continuo que afectan, en mayor o menor grado, a todos los puntos kilométricos de sus principales viales.

Tabla 16.- Distribución de los accidentes con fauna silvestre en Asturias 2007-2014 según la tipología de las vías de comunicación (fuente: elaboración propia).

TITULARIDAD	TIPO DE VÍA	KILÓMETROS	INTENSIDAD TRÁFICO (millones vehículos kilómetros)	VELOCIDAD MEDIA (km/h)	Nº ATROPELLOS	̄ ANUAL DE ATROPELLOS /10 km	(̄ ANUAL DE ATROPELLOS /INT. TRAF.)*10
Estatal	Vías de alta capacidad	385,38	2666,80	114,07	1708	5,54	0,80
	Carreteras nacionales	468,79	927,48	80,29	1982	5,28	2,67
Autonómica	Autovías	66,3	2061,31 (sin datos desglosados)	110	147	2,77	
	Carreteras regionales	552,2		66	878	1,99	
	Carreteras comarcales	1143,3		59	1025	1,12	
	Carreteras locales	2443		55	637	0,33	

El número de carreteras afectadas por accidentes con fauna silvestre en Asturias asciende a 245 de las 507 que integran las Redes del Estado y autonómica en la región, aunque la incidencia sobre el sistema viario, en consonancia con el mapa de distribución presentado, es muy desigual. Así, la comparación entre los 10 viales más largos entre los afectados, los 10 que acaparan el mayor número de accidentes y los 10 en que el número de accidentes por kilómetro es mayor, que se recoge en la Tabla 17, nos muestra hasta 19 carreteras diferentes, de las que sólo 2 (la N-634 y la A-66) aparece en las tres clasificaciones, 7 en dos de ellas y el resto en una. De ellas, 8 pertenecen a la Red de Carreteras del Estado (5 viales de alta capacidad y 3 convencionales) y 11 a la autonómica (7 regionales, 2 comarcales y 2 locales de segundo orden) y, al tiempo, 15 están en la zona costera o baja de la región y 4 en la interior y más alta (aunque todas ellas entran sólo bajo el criterio de encontrarse entre las más largas de Asturias, pero no entre las de más siniestralidad con fauna). Este

análisis detallado por carreteras permite ver que, a pesar de que, como vimos, la Red estatal acumulaba el 57,86% de los accidentes con fauna, el reparto de los 10 primeros viales en número de accidentes por kilómetro en el periodo considerado se produce al 50% con la autonómica, destacando en cualquier caso entre ellos la A-63, un vial relativamente corto pero que reúne un número inusualmente alto de accidentes por kilómetro.

Tabla 17.- Las diez carreteras más largas de Asturias, las diez con más accidentes con fauna silvestre en 2007-2014 y las diez con mayor relación de accidentes con fauna silvestre por kilómetro de vial (fuente: elaboración propia).

Por longitud					Por número de accidentes					Por Nº accidentes/longitud			
Vía	Long. km (A)	Nº acc. (B)	B/A		Vía	Long. km (A)	Nº acc. (B)	B/A		Vía	Long. km (A)	Nº acc. (B)	B/A
N-634	237,06	1415	5,97		N-634	237,06	1415	5,97		A-63	27,62	362	13,11
A-8	229,81	783	3,41		A-8	229,81	783	3,41		SI-16	2,7	22	8,15
N-632	122,70	299	2,44		A-63	27,62	362	13,11		A-64	32,12	226	7,04
AS-15	106,21	231	2,17		A-66	55,39	300	5,42		O-12	1,36	9	6,62
AS-12	68,50	48	0,70		N-632	122,7	299	2,44		AS-16	17,4	106	6,09
AS-219	61,50	23	0,37		AS-15	106,21	231	2,17		AS-116	10,4	62	5,96
AS-117	60,80	77	1,27		A-64	32,12	226	7,04		AS-263	29,33	168	5,73
AS-14	57,90	30	0,52		AS-263	29,33	168	5,73		N-634	237,06	1415	5,97
A-66	55,39	300	5,42		N-630	34,83	133	3,82		A-66	55,39	300	5,42
AS-114	53,80	104	1,93		AS-16	17,4	106	6,09		SB-3	2,23	11	4,93

Por último, señalar, casi a modo de resumen, que el accidente con fauna silvestre más frecuente en Asturias en el periodo estudiado es un siniestro en el que interviene un jabalí, que se produce un sábado o un domingo durante el mes de diciembre, sobre las 22 horas en una carretera convencional.

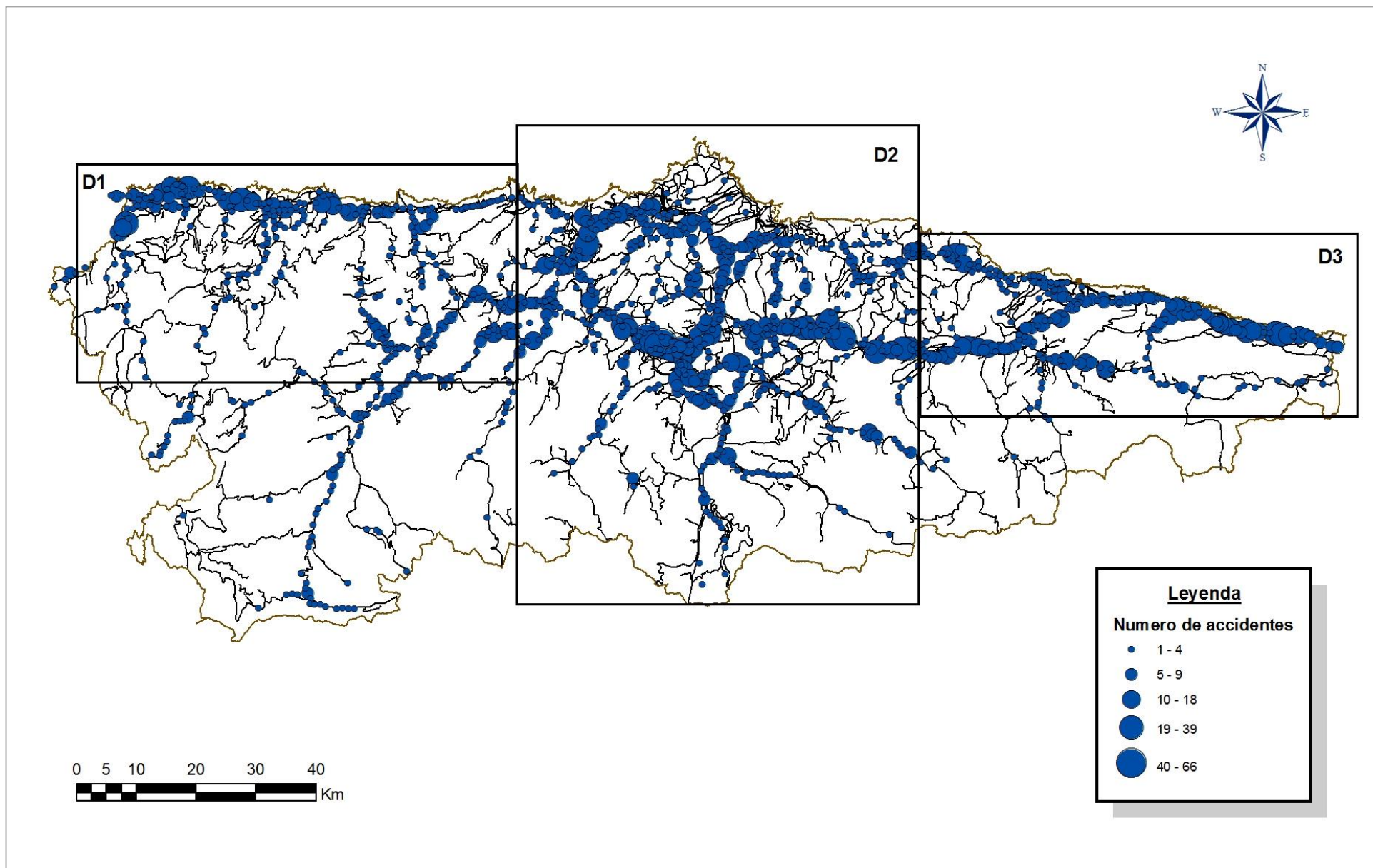


Figura 156.- Distribución geográfica de los accidentes con fauna silvestre en Asturias 2007-2014 (fuente: elaboración propia).

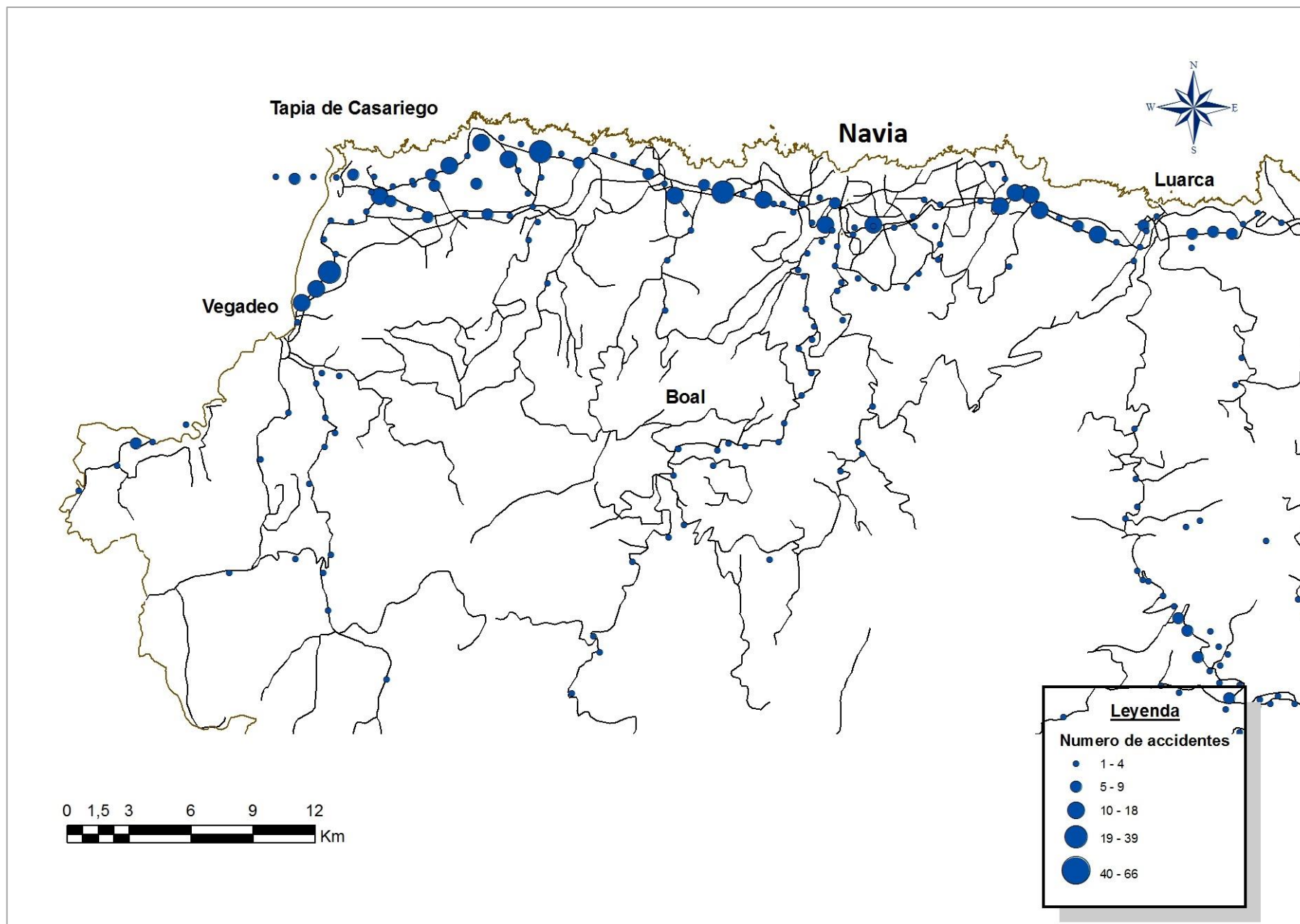


Figura 157.- Detalle de la distribución geográfica de los accidentes con fauna silvestre 2007-2014 en la zona noroccidental asturiana (D1) (fuente: elaboración propia).

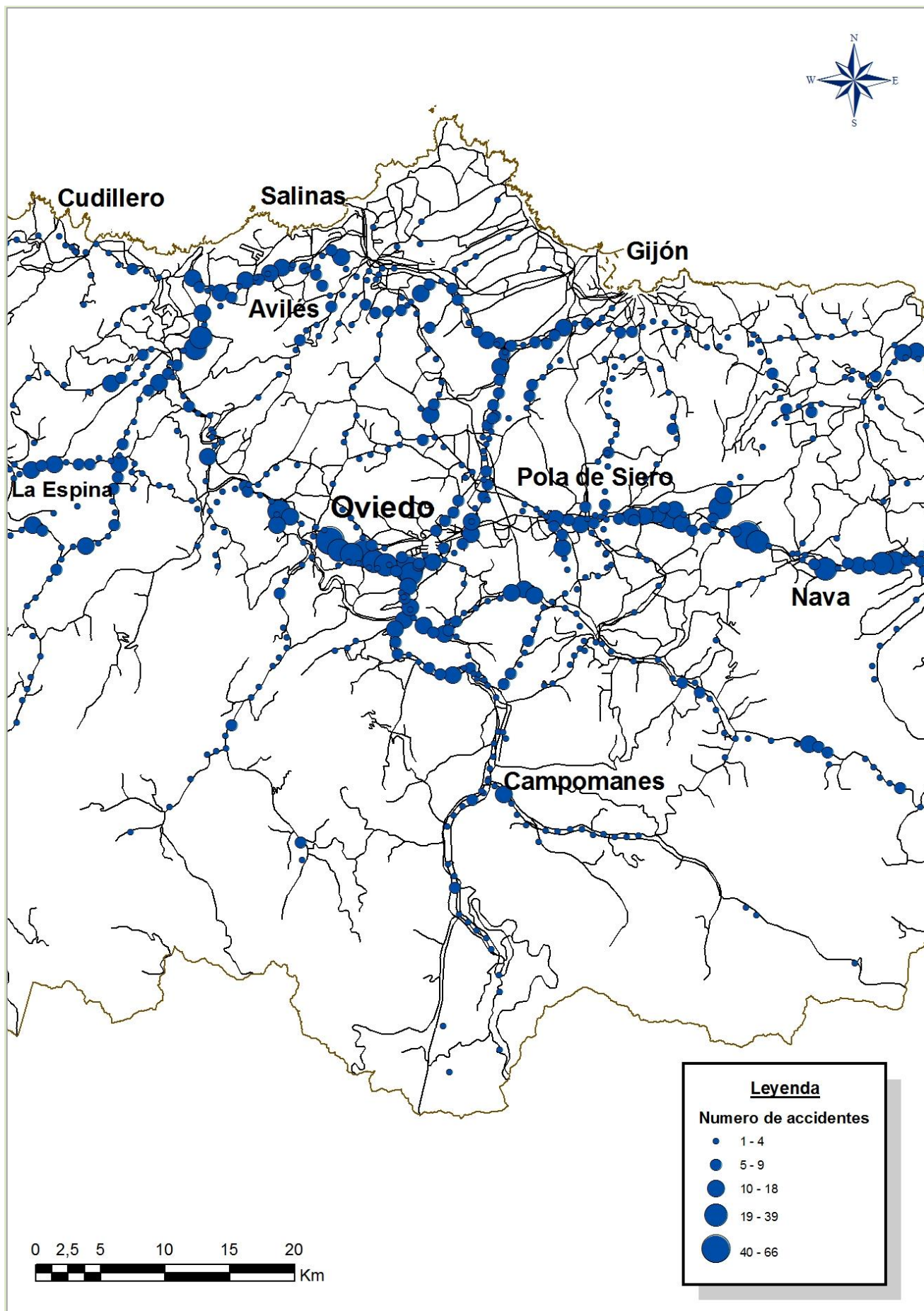


Figura 158.- Detalle de la distribución geográfica de los accidentes con fauna silvestre 2007-2014 en la zona central asturiana (D2) (fuente: elaboración propia).

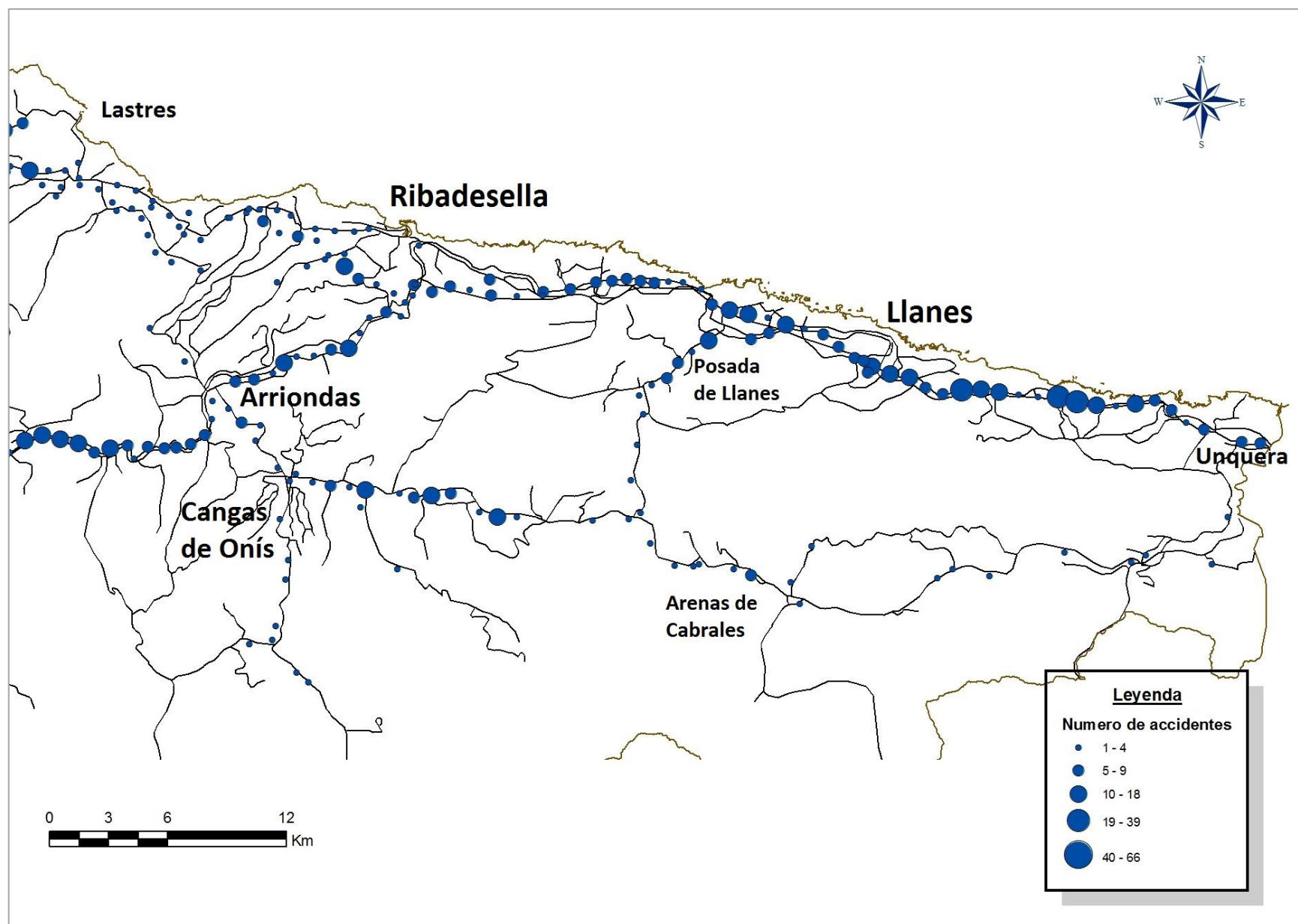


Figura 159.- Detalle de la distribución geográfica de los accidentes con fauna silvestre 2007-2014 en la zona nororiental asturiana (D3) (fuente: elaboración propia).

5.2.4.- DETERMINACIÓN DE TRAMOS DE ACUMULACIÓN DE ACCIDENTES CON FAUNA SILVESTRE.

Históricamente para el análisis viario de la accidentalidad se ha utilizado el concepto de “punto negro” o, en la terminología anglosajona, “black spot”. Por tal, se hacía referencia a lugares determinados por análisis que utilizaban cortos períodos de tiempo, en general de dos a cinco años, para identificar las ubicaciones que podrían beneficiarse de cambios en la carretera o en su entorno para reducir la frecuencia o la gravedad de los accidentes (MILTON 2012). Sin embargo, los enfoques para definir los puntos negros y la calidad de las metodologías empleadas en su identificación diferían mucho entre países o autores, de modo que la cuestión podía y puede ser caracterizada por la falta de definiciones y métodos estandarizados (SØRENSEN 2007).

En España, la Dirección General de Tráfico utiliza como definición de punto negro “aquel emplazamiento perteneciente a una calzada de una red de carreteras, en el que durante un año natural se hayan producido tres o más accidentes con víctimas, con una separación máxima entre uno y otro de 100 metros, que está contenida en la instrucción 01/TV-29”. De esta manera, un punto negro español, considera un lapso de tiempo menor que en otros países de nuestro entorno –tales como Francia, Reino Unido u Holanda–, requiere inevitablemente de la existencia de víctimas –en contra de lo considerado en Alemania, Grecia, Dinamarca o Finlandia– y siempre tendrá una longitud mínima de 100 metros –menor de la exigida en Austria, Lituania o Italia–, aunque no se limita su extensión espacial, de manera que éste podría tener mayores dimensiones. La realidad es que la extensión habitual de un punto negro español es de unos 200 ó 300m, llegando a alcanzar, no obstante, máximos cercanos a un kilómetro.

A tenor de las limitaciones derivadas del concepto de punto negro –principalmente, la referencia implícita a un lugar preciso y pequeño, “puntual”–, empezaron a surgir otros términos para referirse al fenómeno común de la existencia de tramos de la red de carreteras con un número inusualmente elevado de accidentes. Entre ellos se encuentran expresiones tales como “tramo de carretera conflictivo”, “zona de concentración de accidentes”, “punto caliente de accidentes” o “tramo peligroso de carretera”, que tienen un significado más o menos equivalente. En cualquier caso, desde la aprobación de la Directiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias, en el ámbito europeo se ha extendido el término “Tramo de Concentración de Accidentes” o “High Accident Concentration Section”, definido en esta norma como los “tramos de la red de carreteras que lleven en explotación más de tres años y en los que se haya registrado un elevado número de accidentes mortales en proporción con el flujo de circulación”.

Por su parte, el Ministerio de Fomento español promovió el Real Decreto 345/2011, de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado, que define el Tramo de Concentración de Accidentes (TCA) como el “tramo de carretera de longitud no superior a 3 km, salvo excepciones justificadas, que lleve en explotación más de tres años, en el que las estadísticas de accidentes registrados indican que el nivel de riesgo de accidente es significativamente

superior al de aquellos tramos de la red con características semejantes”, especificando que “el procedimiento de detección de tramos de concentración de accidentes (TCA) permitirá identificar los tramos en los que los registros de accidentes procedentes del Registro Estatal de Víctimas y Accidentes de Tráfico y la información sobre las características, la tipología y las intensidades de tráfico de las carreteras indiquen que el nivel de riesgo de accidente es significativamente superior al medio en los tramos de la red de características semejantes y en los que una actuación de mejora de la infraestructura puede conducir previsiblemente a una reducción efectiva de la accidentalidad”, añadiendo además que “en dicho procedimiento se deberán tener en cuenta, al menos, el número de accidentes con víctimas que se hayan registrado durante los tres años anteriores en relación con el volumen de tráfico”.

Otros países han acuñado sus propias definiciones, al igual que existen importantes variaciones metodológicas para su identificación. La elección de una u otra metodología suele depender de la información y de los medios disponibles, aunque todas suelen basarse en distintas consideraciones de la accidentalidad. Por lo general, suelen reconocerse dos grandes tipos de métodos, aquellos que consideran los accidentes esperados (modelos de predicción) –entre los más utilizados están los basados en el método empírico de Bayes (PIARC 2011)– y los que sólo trabajan con los observados –entre los que se encuentran métodos sencillos, como la frecuencia de accidentes, la densidad de accidentes, el índice de peligrosidad o la severidad de los accidentes, o métodos más complejos o que combinan distintos parámetros–.

De igual forma, la expansión de las modernas tecnologías vinculadas a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha propiciado su uso para la identificación de Tramos de Concentración de Accidentes y similares, y en estudios sobre siniestralidad y seguridad viaria (ANDERSON 2009, GUNDOGDU 2010, PRASANNAKUMAR y col. 2011, SOLTANI y ASKARI 2014, DE ANDRADE y col. 2014), incluidas visiones muy específicas y particulares (VEMULAPALLI 2015).

En el caso de la siniestralidad por fauna silvestre la particularidad del fenómeno –que, por ejemplo, hace que salvo excepciones el índice de mortalidad o de heridos graves sea relativamente bajo, mientras que los daños materiales en conjunto tienden a ser, por el mero hecho del número de siniestros que se producen, elevados–, su consideración desde diferentes ópticas –bien desde la estricta seguridad vía, bien desde la perspectiva de la conservación de las poblaciones silvestres–, o la especial vinculación con características ajenas a la propia vía –por ejemplo, la existencia de medios naturales propicios para las especies que causan accidentes–, hacen que hayan proliferado metodologías ad hoc de carácter muy diverso, apoyadas en mayor o menor grado en Sistemas de Información Geográfica (ver, por ejemplo, MALO y col. 2004, MYERS y col. 2008, DÍAZ-VALERA y col. 2011, ROSELL 2012, MORELLE y col. 2013, VALERO y col. 2013, PAGANY y DORNER 2016).

En nuestro caso hemos elegido y utilizado una metodología que, ajustándose a la información que teníamos disponible en origen (datos de siniestros de fauna referenciados sobre punto kilométrico y hectométrico; georreferenciación de los puntos kilométricos con detalle de unidad en la Red de Carreteras del Estado, con indicación del hectómetro en las carreteras regionales y principales comarcales en la del Principado de Asturias y sólo con el kilómetro de unas pocas del resto de la

Comunidad Autónoma; y ausencia de datos sobre mortalidad o heridos), intentara poner de relieve aquellos lugares de mayor concentración de accidentes en una escala dimensional que permitiera una comprensión global del fenómeno ajustada a sus posibles características de origen natural y, a la vez, posibilitara definir alternativas de gestión del tráfico y de la vía o de carácter constructivo en ella que ayudaran a mitigar el problema, priorizando además los lugares donde intervenir.

En ese sentido, hemos recurrido en primer lugar a la metodología propuesta por MALO y col. (2004) y usada con pequeñas variaciones con posterioridad en otros trabajos, como en ROSELL (2012), que se basa en comparar la distribución espacial de las colisiones con la que se esperaría si éstas ocurrieran al azar, en cuyo caso la probabilidad de las colisiones para cada tramo de carretera mostraría una distribución de Poisson y, en consecuencia, la probabilidad de que un kilómetro tuviera un número x de colisiones vendría dada por la fórmula:

$$p(x) = \lambda^x / (x! e^\lambda)$$

donde λ es la media de colisiones por kilómetro.

Por otra parte, si la distribución fuera al azar, los puntos con mayores tasas de colisión deberían estar distribuidos de forma aleatoria a lo largo de todas las carreteras y su ubicación consecutiva en tramos contiguos de vía sería altamente improbable, razón que permite su agregación, cuando esto ocurra, para definir secciones de alta colisión que en nuestro trabajo, y en aras a evitar asimilaciones a otras metodologías estandarizadas muy popularizadas en su denominación, las hemos llamado “Tramos de Acumulación de Accidentes por Fauna Silvestre” (TAAF).

Para el análisis partimos de 6377 accidentes en el conjunto de Asturias para el periodo 2007-2014, lo que nos ofrece una $\lambda = 1,2526$ accidentes/km de carretera en ese periodo.

Realizando los correspondientes cálculos con ese valor, se obtiene que en una situación de no agregación el 99,46% de los puntos kilométricos tienen cero, uno, dos, tres o cuatro accidentes, y que 333 puntos kilométricos satisfacen el requisito de tener cinco o más accidentes.

Identificados estos 333 puntos kilométricos, hemos procedido a agruparlos por contigüidad para delimitar los TAAF, haciendo los correspondientes cortes cuando existía una distancia entre ellos de más de 1000 m, respetando así el criterio inicial de asignación de puntos de alta concentración. De esta forma nuestros 333 puntos kilométricos se han aglutinado en 175 TAAF, que se listan en la

Tabla 18 y se representan sobre un mapa en la Figura 161.

Tabla 18.- Listado de TAAF.

Nº TAAF	Carretera	pk	Longitud (km)	Nº accidentes	Densidad (acc./km)	Recurrencia	Actualidad
1	A-63	0-9	10	278	27,80	8	2
2	A-63	13-14	2	38	19,00	8	2
3	A-64	1	1	5	5,00	3	0

Nº TAAF	Carretera	pk	Longitud (km)	Nº accidentes	Densidad (acc./km)	Recurrencia	Actualidad
4	A-64	11-21	11	134	12,18	8	2
5	A-64	23-26	4	42	10,50	8	2
6	A-66	11-15	5	34	6,80	8	2
7	A-66	20-22	3	21	7,00	7	2
8	A-66	26-28	3	25	8,33	8	2
9	A-66	31-34	4	51	12,75	8	2
10	A-66	36	1	11	11,00	6	2
11	A-66	38-40	3	26	8,67	7	2
12	A-66	44	1	9	9,00	6	2
13	A-66	56	1	7	7,00	5	2
14	A-66	64	1	5	5,00	3	0
15	A-8	291	1	5	5,00	3	1
16	A-8	295	1	6	6,00	3	0
17	A-8	300-303	4	32	8,00	7	1
18	A-8	307	1	11	11,00	5	1
19	A-8	310-311	2	11	5,50	7	1
20	A-8	330-331	2	13	6,50	7	1
21	A-8	352-353	2	10	5,00	4	2
22	A-8	362	1	5	5,00	5	2
23	A-8	370	1	6	6,00	3	1
24	A-8	373	1	6	6,00	4	1
25	A-8	387-388	2	10	5,00	5	2
26	A-8	393-396	4	29	7,25	8	2
27	A-8	398	1	7	7,00	5	1
28	A-8	400-401	2	19	9,50	7	1
29	A-8	404-405	2	11	5,50	5	2
30	A-8	407-408	2	16	8,00	8	2
31	A-8	410-412	3	18	6,00	7	2
32	A-8	417	1	7	7,00	6	1
33	A-8	438	1	6	6,00	4	1
34	A-8	495	1	7	7,00	3	2
35	A-8	497	1	6	6,00	4	2
36	A-8	501	1	6	6,00	4	1
37	A-8	504	1	7	7,00	4	1
38	AS-112	2	1	11	11,00	4	1
39	AS-114	3	1	7	7,00	3	0
40	AS-114	5	1	12	12,00	6	2
41	AS-114	8-10	3	29	9,67	8	2
42	AS-114	13	1	15	15,00	6	1
43	AS-114	29	1	5	5,00	4	1
44	AS-115	1	1	16	16,00	8	2
45	AS-115	3-4	2	11	5,50	7	2
46	AS-116	0-1	2	15	7,50	6	1

Nº TAAF	Carretera	pk	Longitud (km)	Nº accidentes	Densidad (acc./km)	Recurrencia	Actualidad
47	AS-116	6-8	3	35	11,67	7	2
48	AS-117	13	1	6	6,00	4	1
49	AS-117	26-28	3	23	7,67	7	1
50	AS-117	36	1	5	5,00	3	1
51	AS-12	1	1	10	10,00	7	1
52	AS-14	54	1	7	7,00	5	0
53	AS-15	0-2	3	27	9,00	8	2
54	AS-15	5	1	6	6,00	4	1
55	AS-15	8	1	14	14,00	4	1
56	AS-15	12-13	2	15	7,50	7	2
57	AS-15	16	1	15	15,00	7	2
58	AS-15	18	1	5	5,00	3	1
59	AS-15	42	1	7	7,00	5	1
60	AS-15	44	1	6	6,00	5	1
61	AS-15	65	1	5	5,00	4	2
62	AS-15	97	1	5	5,00	4	2
63	AS-16	2	1	15	15,00	7	2
64	AS-16	4-5	2	38	19,00	8	2
65	AS-16	9-10	2	20	10,00	7	2
66	AS-16	16	1	9	9,00	5	1
67	AS-17	15-16	2	20	10,00	7	2
68	AS-17	30-32	3	27	9,00	8	2
69	AS-216	2	1	8	8,00	5	2
70	AS-216	4	1	6	6,00	5	1
71	AS-217	2	1	7	7,00	7	2
72	AS-225	22-23	2	19	9,50	8	2
73	AS-227	2	1	7	7,00	5	1
74	AS-228	4	1	7	7,00	4	1
75	AS-229	0-1	2	15	7,50	8	2
76	AS-23	1	1	10	10,00	5	2
77	AS-232	3	1	6	6,00	5	1
78	AS-236	0	1	5	5,00	2	0
79	AS-236	5	1	7	7,00	5	2
80	AS-236	9	1	7	7,00	5	1
81	AS-237	2-3	2	14	7,00	6	2
82	AS-237	19	1	5	5,00	3	1
83	AS-237	23	1	7	7,00	5	2
84	AS-240	1	1	5	5,00	2	1
85	AS-246	15	1	8	8,00	5	1
86	AS-248	12	1	5	5,00	4	1
87	AS-255	6-7	2	12	6,00	5	1
88	AS-255	13-14	2	15	7,50	5	1
89	AS-255	16	1	5	5,00	4	2

Nº TAAF	Carretera	pk	Longitud (km)	Nº accidentes	Densidad (acc./km)	Recurrencia	Actualidad
90	AS-256	6	1	9	9,00	6	2
91	AS-257	7-10	4	38	9,50	8	2
92	AS-263	2-6	5	54	10,80	8	2
93	AS-263	9	1	7	7,00	3	0
94	AS-263	11-14	4	32	8,00	8	2
95	AS-263	20-22	3	24	8,00	8	2
96	AS-263	24-25	2	23	11,50	7	2
97	AS-266	6	1	6	6,00	4	1
98	AS-267	17	1	11	11,00	6	2
99	AS-268	1	1	5	5,00	3	0
100	AS-28	1	1	5	5,00	4	0
101	AS-31	3	1	5	5,00	2	0
102	AS-31	5	1	6	6,00	4	0
103	AS-31	8	1	7	7,00	6	2
104	AS-322	0-2	3	21	7,00	8	2
105	AS-323	2	1	7	7,00	3	0
106	AS-327	1-3	3	20	6,67	7	1
107	AS-350	3-4	2	12	6,00	6	1
108	AS-350	8	1	5	5,00	5	1
109	AS-350	10	1	5	5,00	5	2
110	AS-350	12	1	6	6,00	4	1
111	AS-359	21	1	5	5,00	4	1
112	AS-I	1-2	2	11	5,50	6	2
113	AS-II	0-3	4	23	5,75	8	2
114	AS-II	10-11	2	13	6,50	5	2
115	AS-II	15-16	2	13	6,50	6	2
116	FR-1	1	1	10	10,00	5	1
117	LLN-7	2	1	5	5,00	4	2
118	LLN-8	0	1	5	5,00	4	1
119	N-625	160	1	8	8,00	4	0
120	N-630	34	1	8	8,00	7	2
121	N-630	36-39	4	41	10,25	8	2
122	N-630	42-44	3	27	9,00	7	2
123	N-632	27	1	12	12,00	6	2
124	N-632	37-38	2	21	10,50	7	2
125	N-632	101-102	2	17	8,50	6	2
126	N-632	107-110	4	40	10,00	8	2
127	N-632	112-113	2	19	9,50	8	2
128	N-632	115-116	2	21	10,50	7	2
129	N-632	121	1	6	6,00	4	0
130	N-634	284	1	9	9,00	5	1
131	N-634	286-288	3	21	7,00	8	2
132	N-634	290-292	3	50	16,67	8	2

Nº TAAF	Carretera	pk	Longitud (km)	Nº accidentes	Densidad (acc./km)	Recurrencia	Actualidad
133	N-634	295-302	8	93	11,63	8	2
134	N-634	327	1	8	8,00	6	2
135	N-634	330	1	7	7,00	5	0
136	N-634	333-334	2	18	9,00	8	2
137	N-634	337	1	10	10,00	6	2
138	N-634	339-340	2	12	6,00	6	1
139	N-634	344-348	5	28	5,60	8	2
140	N-634	350-356	7	71	10,14	8	2
141	N-634	358-361	4	33	8,25	8	2
142	N-634	364-371	8	92	11,50	8	2
143	N-634	373-374	2	25	12,50	8	2
144	N-634	379-380	2	68	34,00	8	2
145	N-634	386-387	2	25	12,50	7	2
146	N-634	409	1	5	5,00	3	1
147	N-634	423	1	10	10,00	5	1
148	N-634	428	1	6	6,00	4	1
149	N-634	446-447	2	16	8,00	5	0
150	N-634	449-451	3	33	11,00	8	2
151	N-634	459	1	11	11,00	5	1
152	N-634	490	1	6	6,00	5	2
153	N-634	500-502	3	19	6,33	6	2
154	N-634	506	1	9	9,00	5	1
155	N-634	509-510	2	25	12,50	8	2
156	N-634	512-515	4	56	14,00	8	2
157	N-634	522	1	8	8,00	5	0
158	N-634	525	1	6	6,00	4	1
159	N-634	529	1	14	14,00	6	2
160	N-634	531-532	2	25	12,50	8	2
161	N-634	535	1	5	5,00	4	1
162	N-634	539	1	5	5,00	5	2
163	N-634	541	1	30	30,00	8	2
164	N-634	544	1	11	11,00	5	0
165	N-634	546-547	2	18	9,00	7	2
166	N-640	1	1	12	12,00	7	1
167	N-640	7-9	3	51	17,00	8	2
168	NV-2	5	1	11	11,00	5	1
169	O-11	0	1	5	5,00	3	2
170	O-12	0	1	6	6,00	4	2
171	SB-3	1	1	10	10,00	6	2
172	SI-16	1-2	2	14	7,00	7	2
173	SI-6	0	1	7	7,00	3	2
174	SI-8	1	1	6	6,00	4	1
175	VV-7	1	1	5	5,00	4	0

Por su parte, en la Tabla 19 se muestran algunas características de los 175 TAAF en relación con las Redes de Carreteras del Estado en Asturias y autonómica, respectivamente. En ella podemos observar que, mientras el número de TAAF se reparte prácticamente a la mitad entre ambas, el número de kilómetros afectados por ellos es desigual y suponen 1,5 veces más en la primera que en la segunda, diferencia que se incrementa sustancialmente si consideramos además su reparto en función del número de kilómetros totales de ambas redes ya que entonces los cocientes entre las dos alcanzan valores de 8,71, si el valor considerado es el número de TAAF por kilómetro de vía, y de 7,40, si es el de kilómetros afectados por TAAF por kilómetro de vía.

Tabla 19.- Distribución de los TAAF en función de los distintos tipos de vía (fuente: elaboración propia).

Titularidad	Tipo de vía	Kilómetros de la Red (A)	% Km	Nº TAAF (B)	% TAAF	B/A	Nº km afectados por TAAF (C)	% Nº Km TAAF	C/A
Estatad	Vías de gran capacidad	385,38	7,62	39	22,29	0,1012	90,00	27,03	0,2335
	Carreteras convencionales	468,79	9,26	49	28,00	0,1045	110,00	33,03	0,2346
	Total	854,17	16,88	88	50,29	0,1030	200,00	60,06	0,2341
Autonómica	Autovías	66,3	1,31	4	2,29	0,0603	10,00	3,00	0,1508
	Carreteras regionales	552,2	10,92	31	17,71	0,0561	47,00	14,11	0,0851
	Carreteras comarcales	1143,30	22,6	32	18,29	0,0280	50,00	15,02	0,0437
	Carreteras locales de primer orden	957,1	18,92	11	6,29	0,0115	16,00	4,80	0,0167
	Carreteras locales de segundo orden	1485,90	29,37	9	5,14	0,0061	10,00	3,00	0,0067
	Total	4204,80	83,12	87	49,71	0,0118	133,00	39,94	0,0316

De la misma forma, las vías de alta capacidad, con independencia de su titularidad, acumulan casi el 25% de los TAAF frente al 75% de las vías convencionales –lo que supone un sesgo positivo hacia las primeras, toda vez que, en relación con el número de kilómetros que acumulan cada tipo de estas dos clases de viales, implica que tienen 3,32 ó 4,38 veces más que las segundas, según tomemos el número de TAAF por kilómetro de vía o el de kilómetros afectados por TAAF por kilómetro de vía–. En cualquier caso, esa imagen a nivel regional está profundamente sesgada por el reparto territorial de ambos tipos de viales, reproduciendo el fenómeno ya comentado con anterioridad con ocasión de la distribución geográfica de los accidentes. Así, si nuestra referencia la constituyera únicamente la Red de Carreteras del Estado la situación sería inversa, aunque mucho más equilibrada, pese al mayor sesgo inicial aparente a favor de las vías de alta capacidad (44% de TAAF en las vías de alta capacidad, frente a 56% en las convencionales, pero cocientes de 0,80 y 0,82, respectivamente, para las divisiones mencionadas).

Si nuestro nivel de análisis es la carretera, los resultados se muestran en la Tabla 20 en la que se señalan los diez primeros viales tanto en la relación de número de TAAF por kilómetro de carretera, como en kilómetros de TAAF por kilómetro de carretera. En el conjunto de las 16 carreteras distintas afectadas por ambos sistemas de clasificación se encuentran cinco vías de titularidad estatal –todas ellas de gran capacidad– y once autonómicas –dos regionales, dos comarcales, tres locales de primer orden y cuatro locales de segundo orden–. La mayoría de estas carreteras comparten las características de ser viales de pequeño tamaño (siete tienen menos de 5 km de longitud y otras cuatro menos de 13 km) y ubicarse en la zona central de la región (12 de ellas, por dos en la zona oriental –en la costa–, y otras dos en la occidental –una en la costa y una en el interior–), destacando el caso de la O-11 y la O-12 que, en realidad, son dos rondas exteriores de la ciudad de Oviedo que conectan otras vías de gran capacidad en su entorno.

Tabla 20.- Principales carreteras afectadas por TAAF en función de la longitud del vial (fuente: elaboración propia).

Carretera	Titularidad	Longitud (km) (A)	Nº TAAF (B)	B/A		Carretera	Titularidad	Longitud (km) (A)	Km de TAAF (C)	C/A
O-12	Estatal	1,36	1	0,7353		SI-16	Autonómica	2,7	2	0,7407
O-11	Estatal	1,41	1	0,7092		O-12	Estatal	1,36	1	0,7353
SB-3	Autonómica	2,23	1	0,4484		O-11	Estatal	1,41	1	0,7092
SI-16	Autonómica	2,7	1	0,3704		AS-327	Autonómica	4,9	3	0,6122
VV-7	Autonómica	2,79	1	0,3584		AS-263	Autonómica	29,33	15	0,5114
AS-350	Autonómica	12,8	4	0,3125		A-64	Estatal	32,12	16	0,4981
AS-31	Autonómica	10,4	3	0,2885		AS-116	Autonómica	10,4	5	0,4808
AS-236	Autonómica	11,2	3	0,2679		SB-3	Autonómica	2,23	1	0,4484
AS-16	Autonómica	17,4	4	0,2299		A-63	Estatal	27,62	12	0,4345
LLN-8	Autonómica	4,74	1	0,2110		A-66	Estatal	55,39	22	0,3972

Pero, reducir la siniestralidad por fauna con una óptica regional, exige una visión de conjunto. Así que, con posterioridad, hemos priorizado todos los TAAF identificados, conjugando para ello cuatro criterios: el número de accidentes que ocurren en cada uno, la densidad de accidentes en cada caso, la recurrencia de los mismos (definida como el número de años en el periodo estudiado en el que ocurren siniestros) y su actualidad (el número de años en el que han ocurrido siniestros en los dos últimos del periodo estudiado). De esta forma hemos identificado los diez TAAF donde entendemos que la intervención sería más urgente y a estos lugares les hemos denominado “TAAF-Prioritarios”.

El sistema empleado ha sido un método multicriterio ad-hoc consistente en realizar todas las combinaciones posibles (seis) tomando como primer criterio bien la

densidad, bien el número, bien la recurrencia y como último criterio siempre la actualidad, y eliminar, por innecesarios, los que en cada grupo (el encabezado por la densidad, el encabezado por el número y el encabezado por la recurrencia) los que ofrecen resultados idénticos. De esta forma, la combinación de criterios queda reducida a cuatro, que son las que se muestran en la Tabla 21. **Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 21.- Distintas combinaciones de criterios utilizadas en el análisis multicriterio para la elección de los TAAF-Prioritarios en Asturias.

Combinación	Criterio 1º	Criterio 2º	Criterio 3º	Criterio 4º
Primera	Densidad	Número	Recurrencia	Actualidad
Segunda	Número	Densidad	Recurrencia	Actualidad
Tercera	Recurrencia	Densidad	Número	Actualidad
Cuarta	Recurrencia	Número	Densidad	Actualidad

A continuación, hemos asignado una puntuación del 10 al 1 a cada TAAF en cada clasificación según el puesto que hubiera obtenido en cada una de ellas –Tabla 22– y, por último, hemos elegido aquellos diez cuya suma de puntuaciones fuera más elevada, obteniéndose la lista que se muestra en la Tabla 23, y que son aquellos donde, con nuestro criterio, resulta más prioritaria la intervención.

Tabla 22.- Puntuación de los diez primeros TAAF según los cuatro criterios de ordenación de la Tabla 21.

Combinación	Puntuación									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Primera	TAAF 144	TAAF 163	TAAF 1	TAAF 2	TAAF 64	TAAF 167	TAAF 132	TAAF1 44	TAAF 57	TAAF 63
Segunda	TAAF 1	TAAF 4	TAAF 133	TAAF 142	TAAF 140	TAAF 144	TAAF 156	TAAF 92	TAAF 167	TAAF 9
Tercera	TAAF 144	TAAF 163	TAAF 1	TAAF 2	TAAF 64	TAAF 167	TAAF 132	TAAF 44	TAAF 156	TAAF 9
Cuarta	TAAF 1	TAAF 4	TAAF 133	TAAF 142	TAAF 140	TAAF 144	TAAF 156	TAAF 92	TAAF 167	TAAF 9

En cualquier caso, resulta necesario subrayar de nuevo que esta priorización atiende a una concepción del conjunto de las carreteras de Asturias como una única entidad, con independencia de su pertenencia a la Red del Estado o del Principado, con la finalidad de abordar la minimización de un problema –la siniestralidad causada por los animales silvestres– desde una perspectiva global, indicando criterios de prioridad de intervención generales.

Sin embargo, desde una perspectiva de gestión estricta, debería tenerse en cuenta que las carreteras consideradas en este trabajo pertenecen a dos Administraciones diferentes, por lo que, en su caso, este último detalle del análisis debería hacerse de forma separada para ambas.

Tabla 23.- TAAF-Prioritarios en Asturias.

TAAF Nº	Carretera	pk
1	A-63	0-9
144	N-634	379-380
4	A-64	11-21
163	N-634	541
133	N-634	295-302
2	A-63	13-14
142	N-634	364-371
167	N-640	7-9
64	AS-16	4-5
140	N-634	350-356

Por último, dentro de cada TAAF-Prioritario hemos realizado un análisis Kernel, que lo que hace es construir una función de densidad que no sigue un modelo conocido (normal, binomial, exponencial...) girando en torno a los valores muestrales, con la correspondiente función en el programa ArcGis 9.3. De esta forma, y trabajando a nivel de hectómetro (en el caso de la Red de Carreteras del Estado estos puntos se han georreferenciado sobre una ortofoto 1:5000), se intentan identificar con mayor precisión las zonas concretas sobre las que realizar propuestas de medidas para cada TAAF-Prioritario a una escala de mayor detalle, incorporando esta información a las fichas que se presentan en el capítulo 5.3.2.

Un aspecto particularmente interesante en relación con los TAAF-Prioritarios determinados es el papel y la influencia de la intensidad del tráfico en los accidentes que se producen en ellos. Desde SEILER (2003) se popularizó en distintos trabajos, además del suyo, la gráfica que se representa en la Figura 160, que muestra que la franja más peligrosa se sitúa con IMD entre 2500 y 10000 y que intensidades superiores convierten la infraestructura en una barrera prácticamente infranqueable, donde la proporción de animales ahuyentados por las molestias de la vía es más alta, los accidentes disminuyen y sólo unos pocos logran cruzar la carretera.

Sin embargo, al trasladar las IMD de nuestros diez TAAF-Prioritarios a la propia gráfica –Figura 160– vemos que cuatro superan el límite de los 10000 (de hecho, tres se salen de la gráfica y alguna llega a alcanzar una IMD de 44500). Otros dos están en carreteras convencionales y no la superan en el momento actual, pero en su correspondiente ficha del capítulo 5.3.2 se explica que su selección está condicionada por el periodo de estudio (2007-2014) y que, en la actualidad, existen vías de alta capacidad (con IMD superior a 10000) paralelas que han absorbido la mayor parte de su tráfico. Finalmente, otras tres se encuentran en la mitad superior del rango fatídico. Todo ello cuestiona la validez de esta interpretación clásica.

En nuestra opinión, al menos tres cuestiones deben ser consideradas. En primer lugar, la gráfica de SEILER es, como el propio autor indica en el trabajo original, un marco conceptual derivado de su propia experiencia con alces en carreteras no valladas y de la consideración de las observaciones de otros autores referidas a varias especies,

entre ellas ungulados en publicaciones de 1987 y carnívoros en publicaciones de 1998 y 1999, y aunque el concepto general pueda seguir siendo de interés en líneas generales las cifras concretas deban ser revisadas porque la situación de esas especies puede haber variado. En efecto, en los años de su consideración los animales no ocupaban exactamente los mismos espacios que ahora, cuando corzos y jabalíes, especialmente estos últimos, han aumentado considerablemente su área de distribución y se han hecho animales habituales en los ambientes periurbanos, cuando no casi urbanos directamente. Este fenómeno hace que haya posibilidades de colisión entre vehículos y animales en lugares donde antes no las había y que, en consecuencia, los atropellos no quedaban reflejados en la gráfica simplemente porque no podían producirse, lo que se interpretaba erróneamente como que los animales rehúan la vía.

En segundo lugar, no parece importar, al menos con algunas especies que son las que en nuestro caso causan la mayoría de los accidentes, tanto la IMD global de la carretera, como su distribución horaria, tal como se ha podido observar ya en este trabajo en las Figura 144 y Figura 145. En ese sentido, en efecto, la mayoría de los accidentes se producen cuando las IMD están en la franja baja o media de la vía, en el tramo horario comprendido entre el anochecer y el amanecer.

Por último, deben ser tenidos en cuenta los propios patrones de comportamiento de las distintas especies, aspecto ya discutido en nuestro caso para el corzo y el jabalí en el apartado anterior de este trabajo (5.2.3.) y que algún autor (JACOBSON y col. 2016) ha abordado con carácter más general aportando una teoría sobre las diferentes respuestas de las distintas especies frente a las infraestructuras viarias que, en la práctica, inhabilita la posibilidad de establecer una regla general.

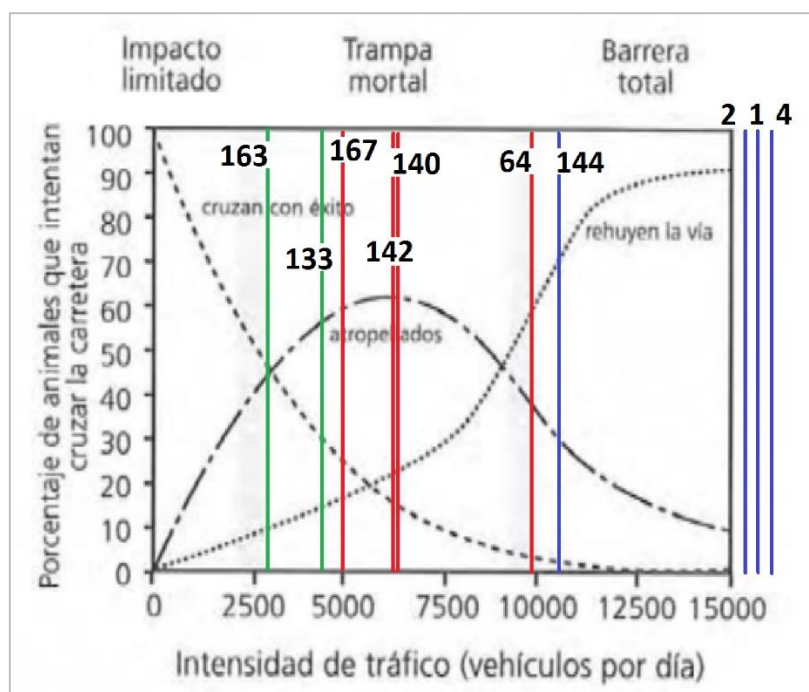


Figura 160.- Consideración de la repercusión de las IMD según SEILER (2003) en los cruces y atropellos de la fauna, y comparación con las IMD de los TAAF-Prioritarios (en azul aquellos fuera del rango de trampa mortal; en verde aquellos con IMD actual más baja –ver texto–) (fuente: elaboración propia sobre SEILER 2003).

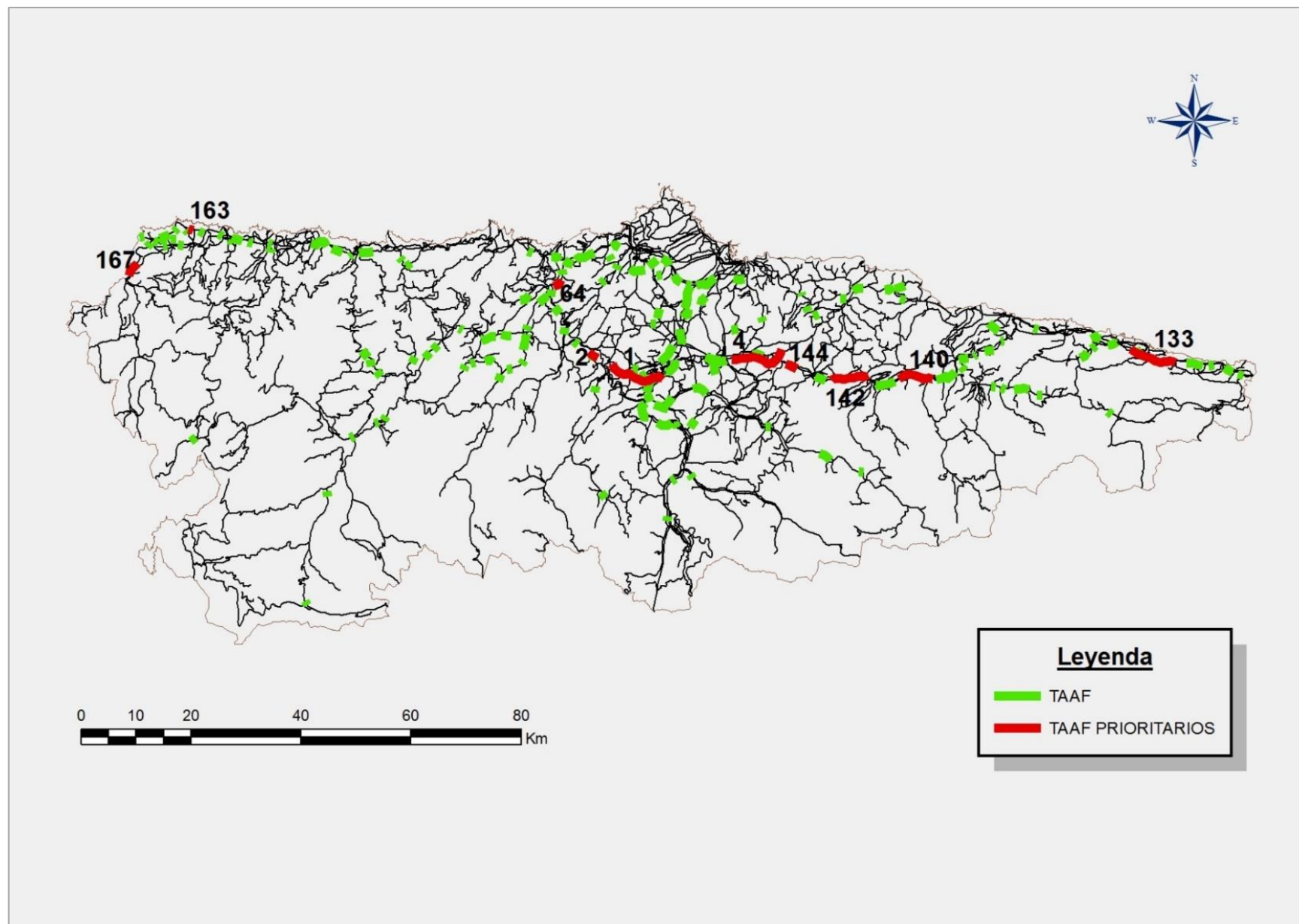


Figura 161.- Distribución geográfica de los Tramos de Acumulación de Accidentes con Fauna Silvestre. En rojo, los considerados prioritarios (fuente: elaboración propia).

5.3.- CATÁLOGO DE TRAMOS DE ACUMULACIÓN DE ACCIDENTES CON FAUNA SILVESTRES PRIORITARIOS Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE ACTUACIÓN.

5.3.1.- GENERALIDADES.

De cada uno de los TAAF-Prioritarios se ha elaborado una ficha que pretende caracterizarlo aportando la información más relevante sobre su localización (carretera, pk y municipio), las particularidades de la vía en el tramo (longitud, número de carriles, IMD –en el caso de que el TAAF fuera afectado por varias estaciones de aforo se ha reflejado la media–, velocidad máxima, titularidad, existencia de cerramiento perimetral, acondicionamiento actual para la fauna, presencia de señalización de advertencia u otros), las peculiaridades del entorno (vegetación, clasificación cinegética, usos del suelo y otros), y la siniestralidad por fauna (número de accidentes con ungulados, accidentes con otras especies silvestres y una gráfica con la distribución por pk, especie y año). Igualmente, en esta parte descriptiva se incorpora cartografía (mapa de ubicación general del tramo –sobre una base original 1:200000–, ortofoto –sobre una base original 1:5000– con reflejo del resultado del análisis de densidad Kernel y mapa de vegetación –sobre una base original 1:25000–) y, por último, una serie de fotos descriptivas.

A partir de esta caracterización la ficha contiene un diagnóstico del tramo y su problemática, para el que se han utilizado también, como es lógico, las observaciones realizadas sobre el propio terreno en las visitas de trabajo que se han cursado. Este diagnóstico constituye la base de análisis de las alternativas de actuación que, finalmente, se recomiendan para reducir el número de accidentes en el tramo.

La selección de las medidas elegidas se ha realizado conforme a la caracterización y recomendaciones de uso de cada una de ellas contenida en el catálogo de medidas presentado en el capítulo 4.2 de este trabajo. En ocasiones muy puntuales se han propuesto soluciones “ad-hoc” para resolver problemas excepcionales y singulares. En ese caso, se justifican, detallan y comentan.

El catálogo de tramos de acumulación de accidentes con fauna silvestre prioritarios (TAAF-Prioritarios) pretende ser un instrumento útil de trabajo, tanto por lo que se refiere a la selección de los lugares como a las medidas recomendadas, para la gestión de la red de carreteras de Asturias y, en consecuencia, se ha huido de proponer alternativas que pudieran resultar llamativas, pero que resultaran poco viables o proporcionadas, bien desde la perspectiva económica en relación con el problema que se pretende solucionar, bien desde el punto de vista social, territorial o natural (en relación con el estado de conservación de la fauna que causa los accidentes o la del medio en el que habitan).

5.3.2.- FICHAS TAAF-PRIORITARIOS.

1^{er} TAAF PRIORITARIO, Nº 1

LOCALIZACIÓN		
Carretera: A-63	Pk: 0 a 9	Municipio: Oviedo

CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA VÍA EN EL TRAMO		
Longitud: 10 km	Número de carriles: 4	IMD: 18700
Velocidad máxima: 120 km/h	Titularidad: Estatal	
Cerramiento perimetral: Sí	Acondicionamiento para fauna: No	
Señalización advertencia: Sí	Otros:	

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO	
Vegetación del entorno:	
Margen izquierdo	Margen derecho
Tipo: Principalmente praderías con pequeñas agrupaciones boscosas, casas dispersas y pequeños núcleos de población.	Praderías con pequeñas agrupaciones boscosas, un núcleo urbano (Oviedo), pequeños núcleos y áreas residenciales dispersas, así como solares en desuso.
Descripción: Ambiente periurbano.	
Clasificación cinegética: Zona de Seguridad nº 05 Oviedo.	

SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE	
Número de accidentes con ungulados: 278	Accidente con otras especies silvestres: Tejón (n=2), Zorro (n=5)

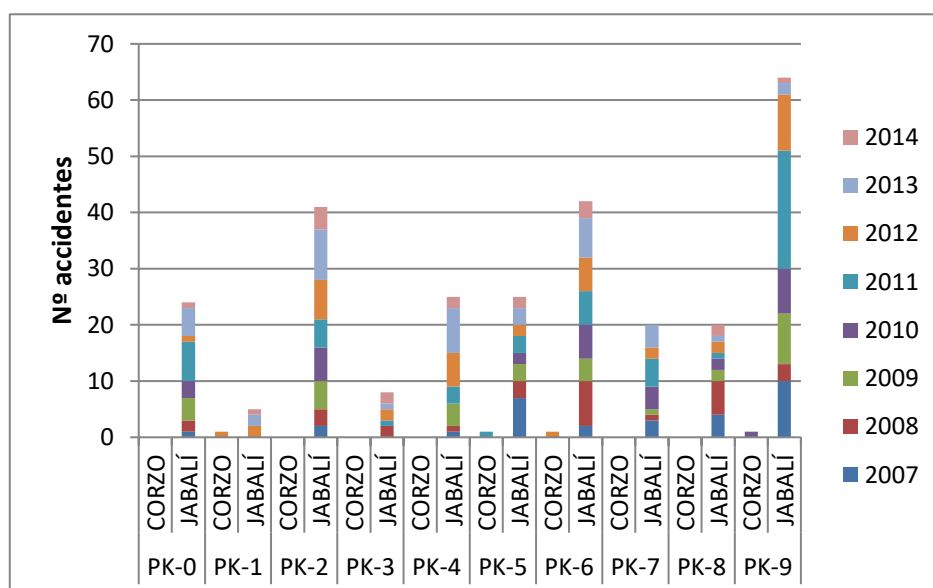


Figura 162.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año del TAAF nº 1 (fuente: elaboración propia).



Figura 163.- Ubicación general del TAAF nº 1 (fuente: elaboración propia).

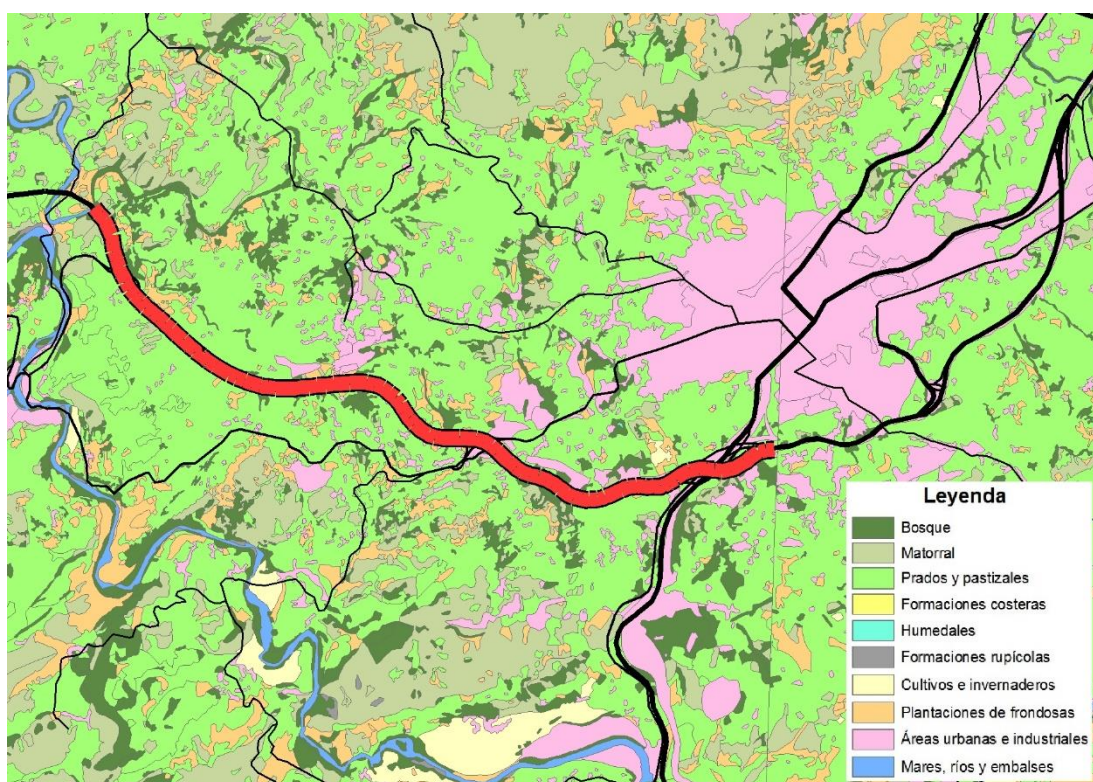


Figura 164.- Mapa de vegetación del TAAF nº1 (fuente: elaboración propia).

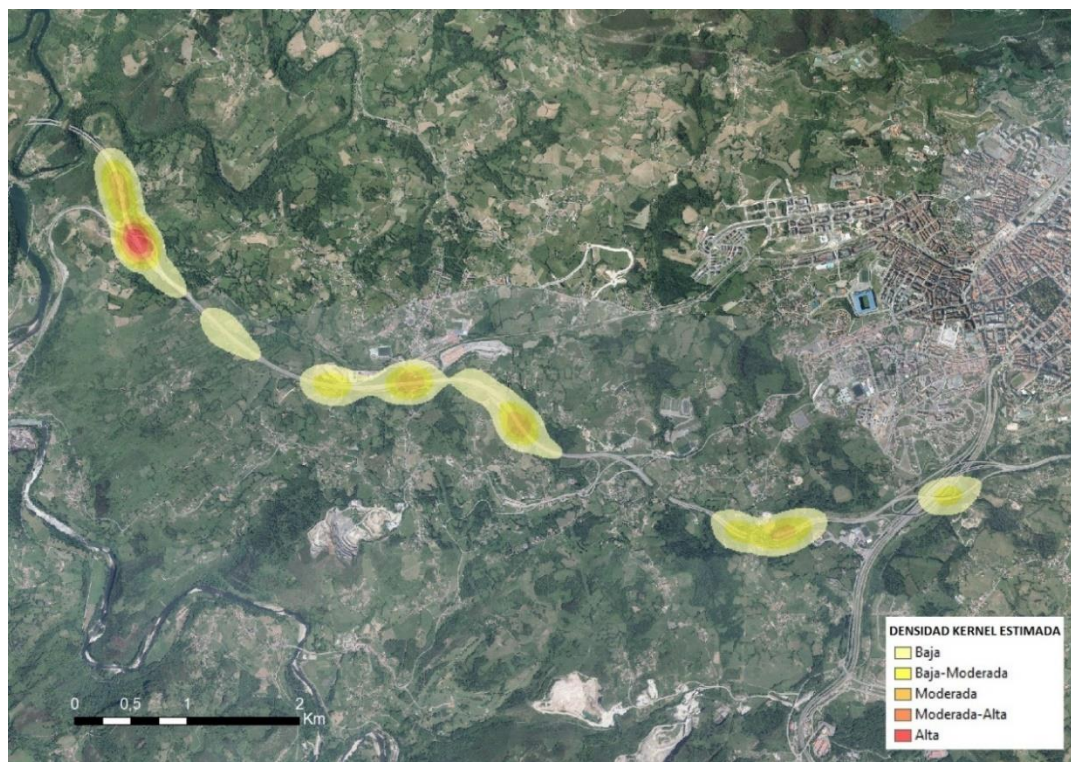


Figura 165.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 1 (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS



Figura 166.- Proximidad a la ciudad de Oviedo, con señalización de advertencia (foto: propia).



Figura 167.- Aspecto general del tramo al final del mismo (foto: propia).



Figura 168.- Viaducto (vano 280 m) inmediatamente posterior al tramo (foto: propia).



Figura 169.- Señalización de advertencia en el tramo (foto: propia).



Figura 170.- Paso inferior susceptible de ser usado por la fauna (foto: propia).



Figura 171.- Aspecto general del tramo (foto: propia).



Figura 172.- Vallado reforzado (foto: propia).



Figura 173.- Deficiencias en el vallado y arreglos “artesanales” (foto: propia).



Figura 174.- Zona de mayores deficiencias en el vallado (foto: propia).

DIAGNÓSTICO

Es el TAAF-Prioritario con mayor número de accidentes y más accidentes por kilómetro. Es un tramo largo en plena zona central de Asturias, muy próximo a núcleos urbanos importantes (Oviedo, Grado...) –Figura 163 y Figura 166– y con mucha población dispersa en sus alrededores. Paisaje en mosaico con multitud de pequeñas manchas de matorral o arboladas, entremezcladas con prados, edificaciones y vías de comunicación –Figura 164 y Figura 171–. La caza está prohibida por razones de seguridad, lo que propicia la proliferación de animales como el jabalí y el zorro. El carácter metropolitano de la zona central de Asturias implica una IMD elevada en las carreteras, incrementando las posibilidades de colisión con fauna silvestre. El análisis Kernel muestra que hay cinco zonas diferenciadas donde las posibilidades de colisión son mayores –Figura 165–. Se ubican en los lugares con entornos más naturalizados del tramo –Figura 167–, con la excepción del más próximo a la ciudad de Oviedo que constituye un caso singular. Aquí, los distintos enlaces, nudos y cruces de unas carreteras con otras han creado un conjunto de “isletas” de vegetación y tranquilidad que los animales aprovechan. El vallado ha sido reforzado recientemente con una valla adicional electrosoldada entre los pk 1+100 a 6+100, por una parte, y los 8+300 a 10+000, por otra –Figura 172–. No obstante, y a pesar de que en torno al pk 7 no se produce la máxima concentración de accidentes –Figura 162–, el vallado allí presenta profundas deficiencias –Figura 173–, que han sido arregladas “artesanalmente”, pero que permiten un acceso inmediato a la calzada –Figura 174–. Está señalizado completamente con señales normalizada P-24 ubicadas en los pk 0, 2, 4 y 7, que cubren con sus indicadores de longitud el conjunto del tramo –Figura 166 y Figura 169–. Existen diversos pasos inferiores –Figura 170–, así como varios drenajes, y un viaducto importante (280 m de vano) al finalizar el tramo para salvar el río Nora –Figura 168– que son susceptibles de ser utilizados para conducir hacia allí los cruces de la fauna.

Es un tramo difícil para gestionar y proponer recomendaciones de minoración que, en todo caso, deberían ser consideradas en el marco de una solución más general que abarcara también propuestas para los TAAF no prioritarios nº 9, 10 y 170, ubicados en las inmediaciones de este tramo.

RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS REDUCCIÓN ACCIDENTES

- 1º.-Concluir la impermeabilización total de la calzada, mediante la instalación del vallado reforzado (doble valla) en el tramo que falta (pk 6+100 a 8+300) y de alfombras electrificadas en todos los accesos.
- 2º.- Instalar una señal reforzada iluminada de noche y de uso estacional en los pk 9 y 10.
- 3º.- Gestionar la vegetación de las márgenes y, en particular, de las “isletas” creadas por los cruces entre las infraestructuras y los accesos a las mismas.
- 4º.- Utilizar productos repelentes y atrayentes para conducir a la fauna hacia los pasos inferiores con muy poco tránsito de vehículos, y hacia drenajes y viaductos.
- 5º.- Acometer, en colaboración con la Dirección General de Recursos Naturales del Principado de Asturias, el control de la población de jabalíes de forma periódica en las inmediaciones de Oviedo.
- 6º.- Caso de que las medidas anteriores resultaran insuficientes estudiar la construcción de algún paso de fauna inferior aprovechando alguna de las zonas donde el vial transcurre en terraplén.

2º TAAF PRIORITARIO, Nº 144

LOCALIZACIÓN

Carretera: N-634	Pk: 379 a 380	Municipio: Nava
-------------------------	----------------------	------------------------

CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA VÍA EN EL TRAMO

Longitud: 2 km	Número de carriles: 2	IMD: 10500
Velocidad máxima: 100 km/h	Titularidad: Estatal	
Cerramiento perimetral: No	Acondicionamiento para fauna: No	
Señalización advertencia: Sí	Otros:	

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO

Vegetación del entorno:

	Margen izquierdo	Margen derecho
Tipo:	Praderías junto con plantaciones forestales y pequeñas agrupaciones boscosas.	Principalmente praderías con zonas de bosque y plantaciones forestales muy pequeñas.
Descripción:	Paisaje rural, casi periurbano por su proximidad a grandes núcleos de población como Pola de Siero y La Felguera.	

Clasificación cinegética: Coto Regional de Caza nº 125 Nava.

SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE

Número de accidentes con ungulados: 68	Accidentes con otras especies silvestres: Tejón (1), Zorro (1)
--	--

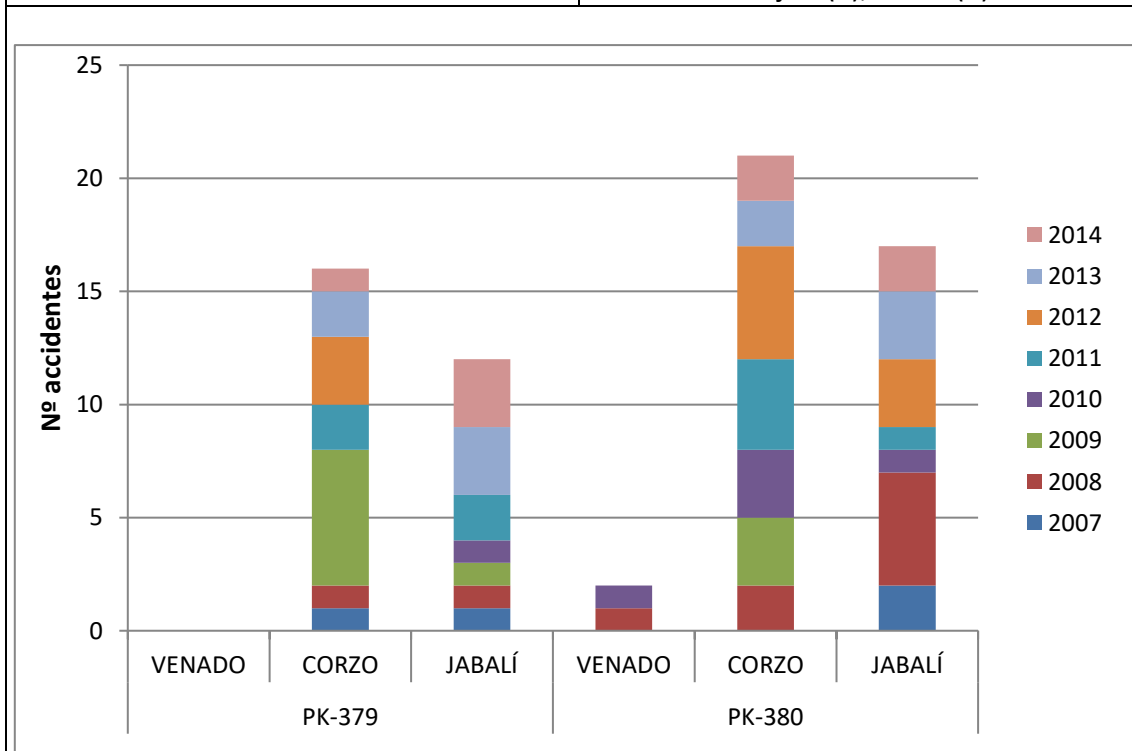


Figura 175.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 144 (fuente: elaboración propia).

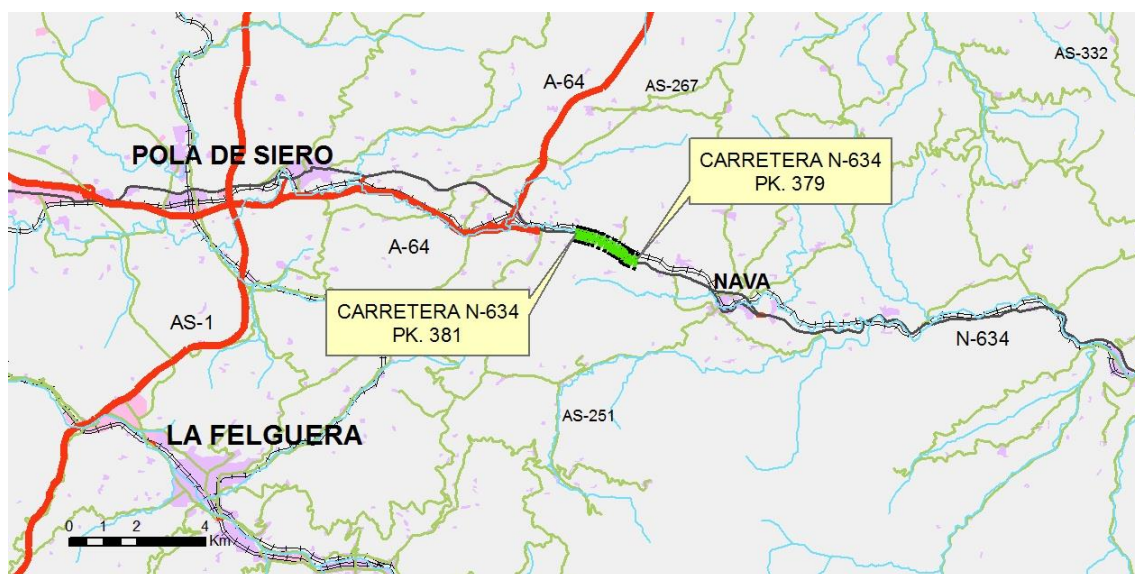


Figura 176.- Ubicación general del TAAF nº 144 (fuente: elaboración propia).

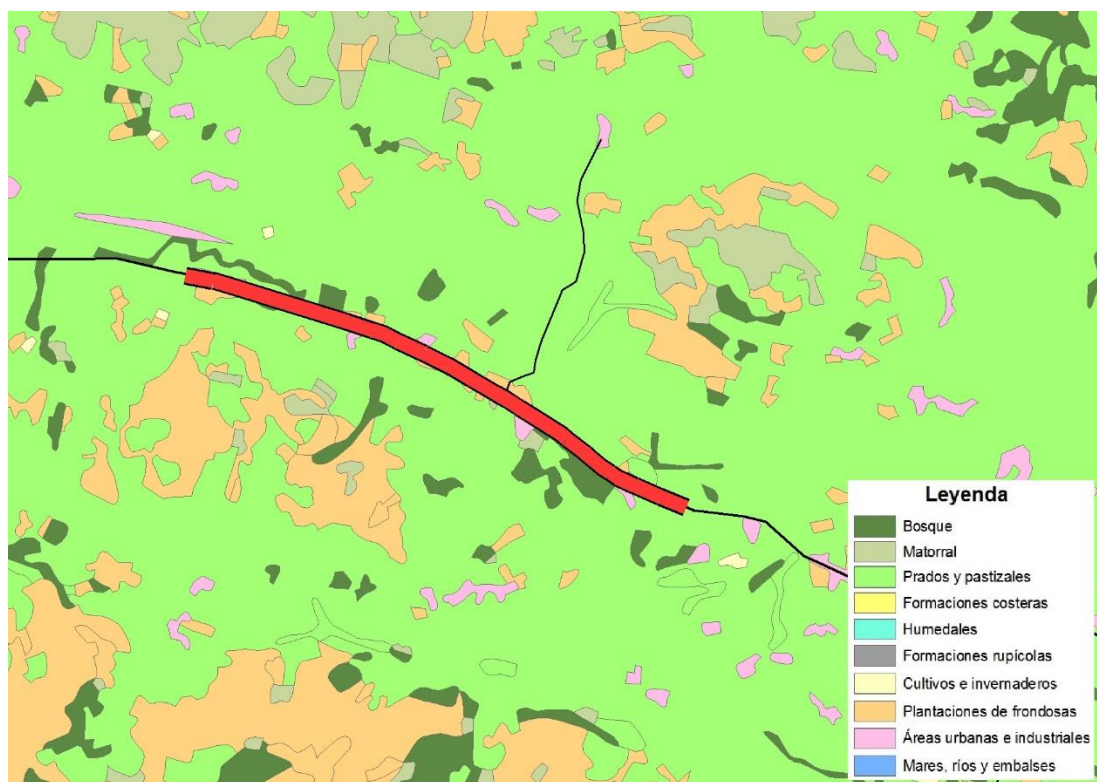


Figura 177.- Mapa de vegetación del TAAF nº 144 (fuente: elaboración propia).

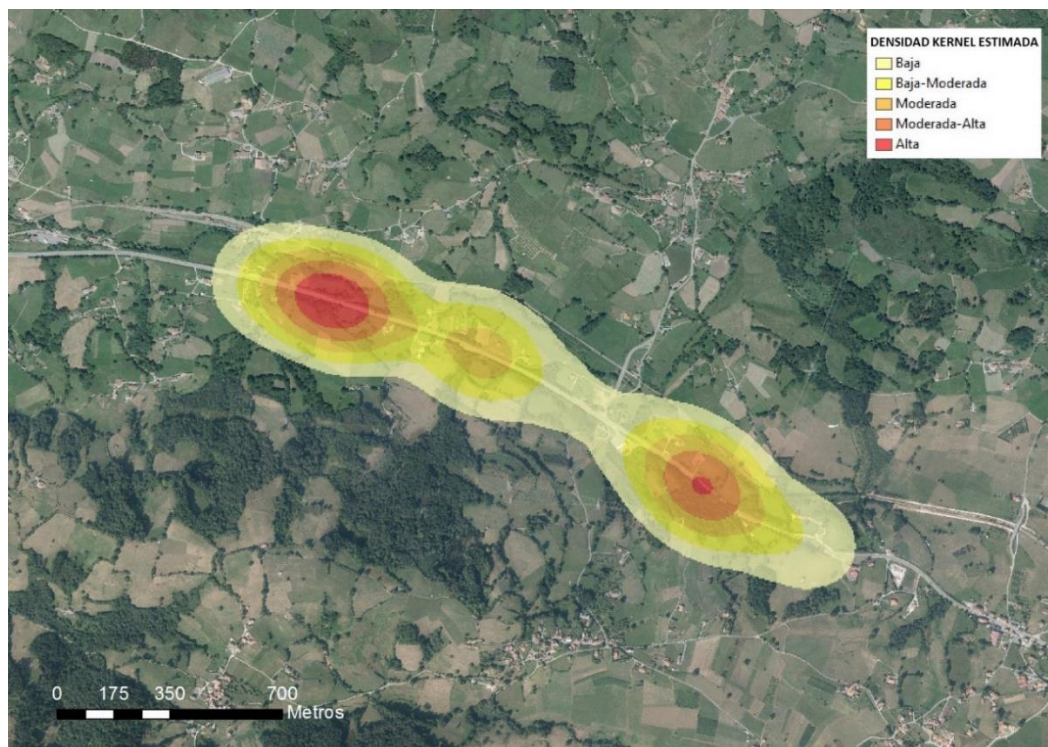


Figura 178.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 144 (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS



Figura 179.- Señalización en el pk 381 (foto: propia).



Figura 180.- Vial con elevado tráfico (foto: propia).



Figura 181.- Zona muy naturalizada dentro del TAAF (foto: propia).



Figura 182.- Señalización en el pk 378+500 (foto: propia).



Figura 183.- Transición entre área natural y zona periurbana (foto: propia).

DIAGNÓSTICO

Situado en la zona central de Asturias, entre los núcleos de Pola de Siero y Nava – Figura 176– representa un ambiente de transición entre las áreas más densamente pobladas de la región y las zonas más netamente rurales, conjugando en tan sólo dos kilómetros unos sitios con características más periurbanas (con población diseminada en pequeños núcleos y con fuerte vinculación con el sector secundario o terciario) y otros con una orientación clara hacia el sector primario –Figura 179, Figura 181 y Figura 183. Es, probablemente, el ejemplo por excelencia de las vías convencionales donde proliferan los accidentes con fauna silvestre al estar inmersa en un tipo de hábitat propicio para los ungulados –Figura 177–, pero al tiempo fuertemente humanizado, y confluir en la carretera unas intensidades de tráfico elevadas –Figura 180– y no estar vallada, lo que explica la fuerte proporción de accidentes con corzo, que aquí superan a los de jabalí –Figura 175–. El análisis Kernel –Figura 178– identifica dos lugares prioritarios en torno a los cuales deberían centrarse las medidas de minoración, que de momento están reducidas a la señalización normalizada (P-24) – Figura 179 y Figura 182–.

RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS REDUCCIÓN ACCIDENTES

- 1º.- Instalar señalización reforzada de uso estacional y luminosidad nocturna en el pk 381.
- 2º.- Gestionar la vegetación de las márgenes en torno, principalmente, a los dos lugares en que el análisis Kernel, pone de relieve la mayor concentración de accidentes.
- 3º.- Conformar dos zonas de vallado virtual mediante la instalación de dispositivos disuasorios ópticos en torno a las dos zonas principales del análisis Kernel.

3er TAAF PRIORITARIO, Nº 4

LOCALIZACIÓN		
Carretera: A-64	Pk: 11 a 21	Municipio: Siero

CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA VÍA EN EL TRAMO		
Longitud: 11 km	Número de carriles: 4	IMD: 44500 - 12150
Velocidad máxima: 120 km/h	Titularidad: Estatal	
Cerramiento perimetral: Sí	Acondicionamiento para fauna: Insuficiente	
Señalización advertencia: Parcial (P-24)	Otros:	

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO		
Vegetación del entorno:		
	Margen izquierdo	Margen derecho
Tipo:	Praderías con plantaciones forestales, alguna masa boscosa autóctona y zonas de matorral.	Predominan las praderías y pequeños y plantaciones forestales.
Descripción:	Entorno de transición entre el ambiente periurbano y el rural, predominando no obstante el primero, como consecuencia de la proximidad del importante núcleo de Pola de Siero y de zonas industriales propias de la zona centro de la región.	
Clasificación cinegética: Zona vedada y Coto Regional de Caza nº 123 Siero-Noreña.		

SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE	
Número de accidentes con ungulados: 134	Accidentes con otras especies silvestres: Tejón (1), Zorro (1), Ave (1)

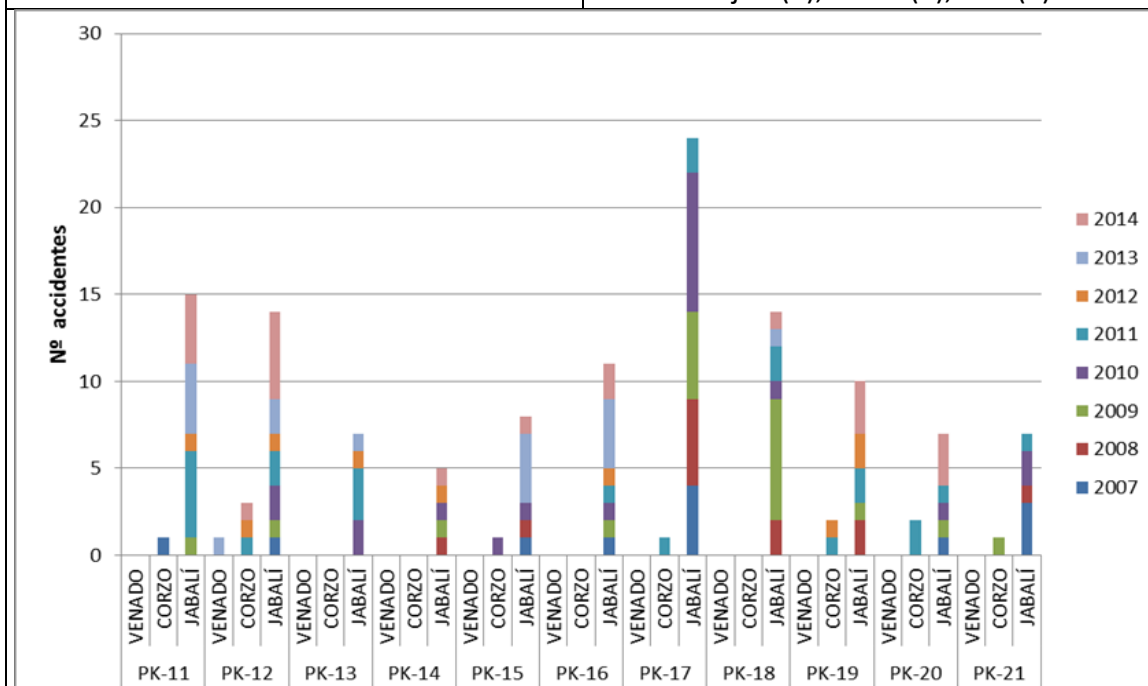


Figura 184.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 4 (fuente: elaboración propia).



Figura 185.- Ubicación general del TAAF nº 4 (fuente: elaboración propia).

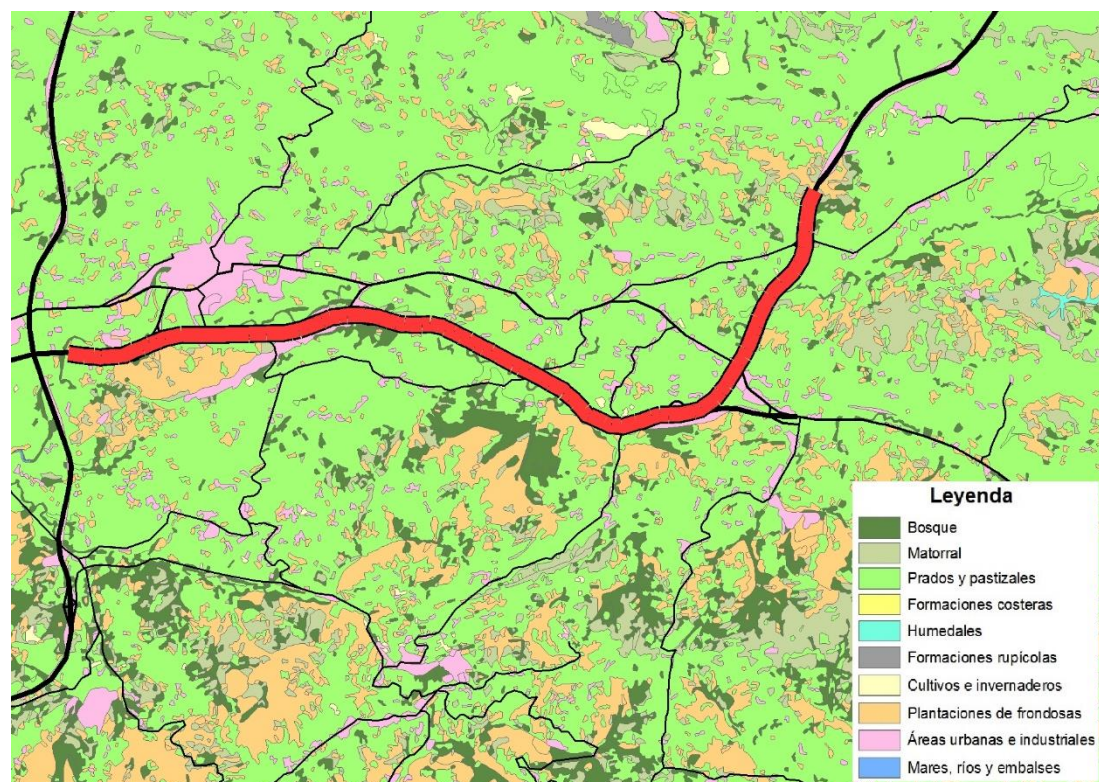


Figura 186.- Mapa de vegetación del TAAF nº 4 (fuente: elaboración propia).

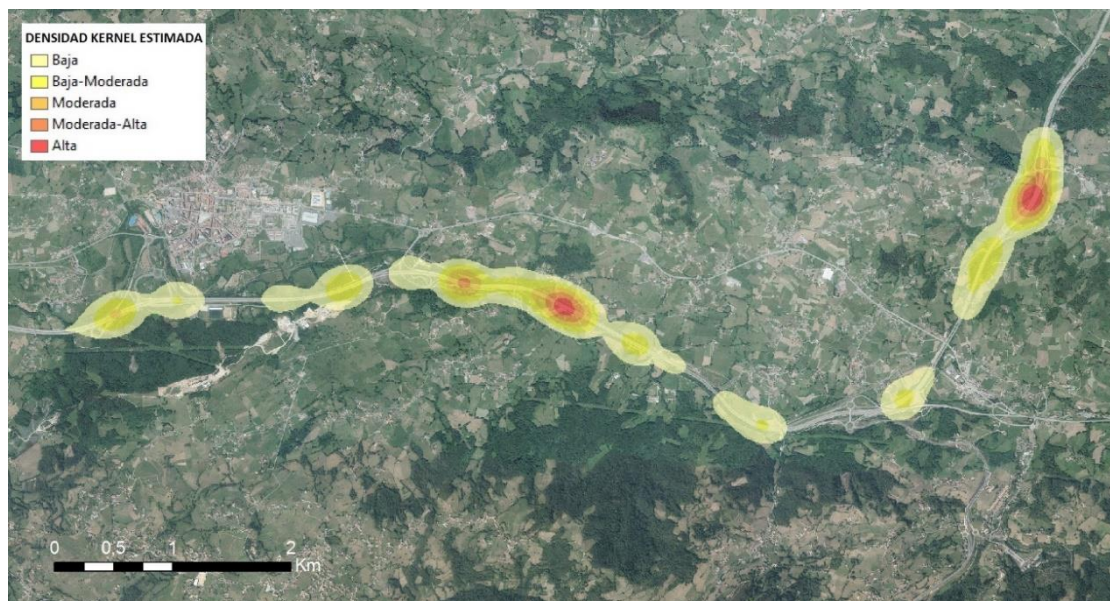


Figura 187.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 4 (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS



Figura 188.- Aspecto general del tramo en torno al pk 11 (foto: propia).



Figura 189.- Aspecto general del tramo en torno al pk 11 (foto: propia).



Figura 190.- Aspecto general del tramo en torno al pk 17 (foto: propia).



Figura 191.- Paso inferior próximo al pk 11 (foto: propia).



Figura 192.- Uno de los tipos de vallado (foto: propia).



Figura 193.- Viaducto en el pk 12+300 (foto: propia).



Figura 194.- Detalle de un tipo de refuerzo (foto: propia).



Figura 195.- Paso inferior próximo al pk 17 (foto: propia).



Figura 196.- Margen izquierda del río Nora en el viaducto del pk 12+300 (foto: propia).

DIAGNÓSTICO

Tramo complejo, tanto por su longitud (es el TAAF-Prioritario más largo), como por su ubicación –Figura 185– (en una zona densamente poblada y con muchas vías de comunicación que interactúan con la A-64), por el papel de este vial en la red de comunicaciones regional (es el enlace de conexión entre Oviedo y la A-8 hacia el oriente, entre ésta y la A-66 hacia la meseta, y entre Oviedo y la zona oriental interior de la región –con núcleos como Arriondas o Cangas de Onís–, y además un eje fundamental para el concejo de Siero, sirviendo a varias localidades y polígonos industriales) y por las propias características de la vía. Se pueden distinguir dos zonas muy claras: la primera, entre el pk 22 y el 14 es netamente periurbana y soporta la mayor IMD, mientras que la segunda adquiere características más naturales y la IMD se reduce mucho. En cualquier caso, siempre es un paisaje en mosaico –Figura 186–, muy propicio para la proliferación del jabalí. El análisis Kernel –Figura 187– permite identificar distintas zonas donde centrar las actuaciones, destacando el ubicado en torno a los pk 11 y 12 (que, por otra parte, es el que se sitúa en un ambiente más “natural” –Figura 188 y Figura 189–), toda vez que en la otra zona de mayor intensidad, en torno al pk 17 –Figura 190–, el problema no parece haberse repetido desde 2011 –Figura 184–. El tramo de A-64 comprendido en el TAAF fue construido en diferentes épocas (1996 y 2003) y junto con que algunas partes han sido reestructuradas con posterioridad (por ejemplo, en el enlace con la llamada i de Bimenes o en el de la Autovía Minera) hace que determinadas características relacionadas con los animales no sean comunes a todo el tramo (por ejemplo, el refuerzo inferior del vallado perimetral –Figura 194– o el propio vallado –Figura 192–). La existencia de algunos pasos inferiores y viaductos posibilita la canalización de la fauna hacia ellos –Figura 191, Figura 193 y Figura 195 –.

RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS REDUCCIÓN ACCIDENTES

- 1º.- Proceder a una reseñalización del conjunto del tramo para que todo él quede cubierto con las señales normalizadas (P-24).
- 2º.- Mejorar el refuerzo del vallado en los pk 11 y 12.
- 3º.- Utilizar productos olorosos repelentes y atrayentes para conducir a la fauna hacia los pasos inferiores con poco tránsito de vehículos, viaductos y drenajes en torno a los pk 11 y 12, incluyendo aquellos que puedan estar fuera del TAAF pero próximos a él.
- 4º.- Acondicionar especialmente el viaducto sobre el río Nora situado en el pk 12+300 y su entorno, para permitir un mejor paso de animales por las orillas derecha e izquierda del mencionado río (la margen izquierda está arbolada y permite un tránsito seguro a los animales, mientras que la derecha es un prado en la zona más próxima –Figura 195 y Figura 196–). Se acondicionarán los cerramientos de fincas colindantes para mejorar su permeabilidad.
- 5º.- Observar la evolución de la siniestralidad en torno al pk 17 para, en función de las necesidades, la toma de medidas similares a las enumeradas en los puntos 2º y 3º.

LOCALIZACIÓN

Carretera: N-634	Pk: 541	Municipio: Tapia de Casariego
-------------------------	----------------	--------------------------------------

CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA VÍA EN EL TRAMO

Longitud: 1 km	Número de carriles: 2	IMD: 2800
Velocidad máxima: 90 km/h	Titularidad: Estatal	
Cerramiento perimetral: No	Acondicionamiento para fauna: No	
Señalización advertencia: Sí (aunque de un tramo de 6 km).	Otros:	

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO**Vegetación del entorno:**

	Margen izquierdo	Margen derecho
Tipo:	Praderías, con algunas plantaciones forestales y residuos muy pequeños de bosque autóctono.	Principalmente praderías, con algunas plantaciones forestales y residuos de bosque autóctono. Muy cerca el mar cantábrico.

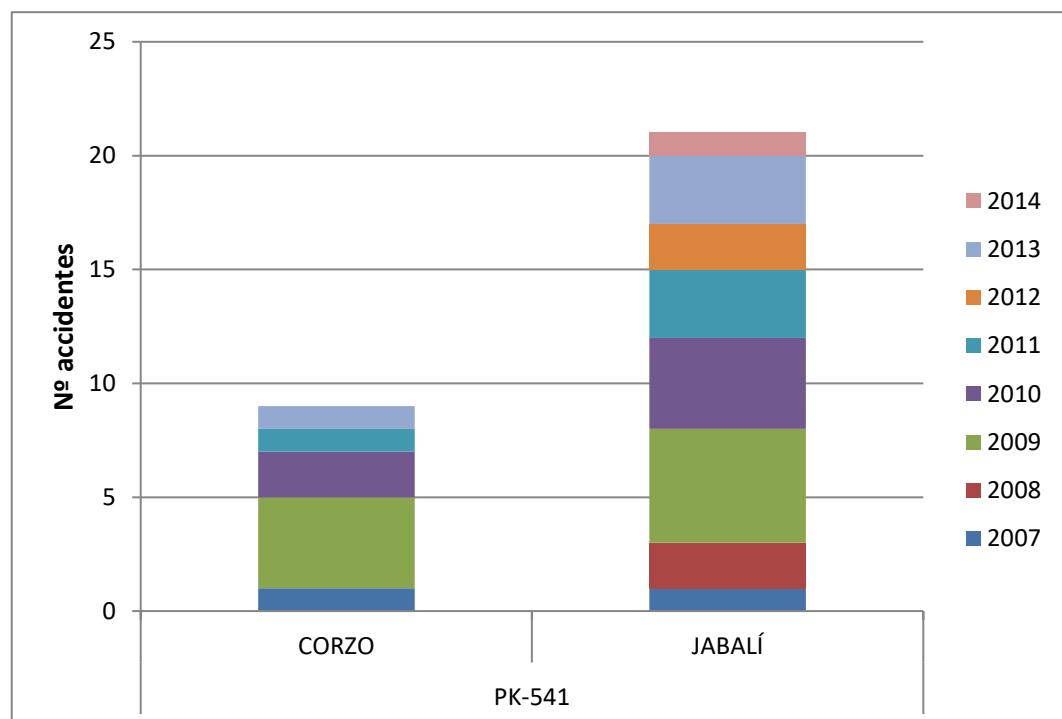
Descripción: Ambiente rural.**Clasificación cinegética:** Coto Regional de Caza nº 150 Tapia de Casariego.**SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE**
Número de accidentes con ungulados:
30
Accidentes con otras especies silvestres:

Figura 197.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 163 (fuente: elaboración propia).

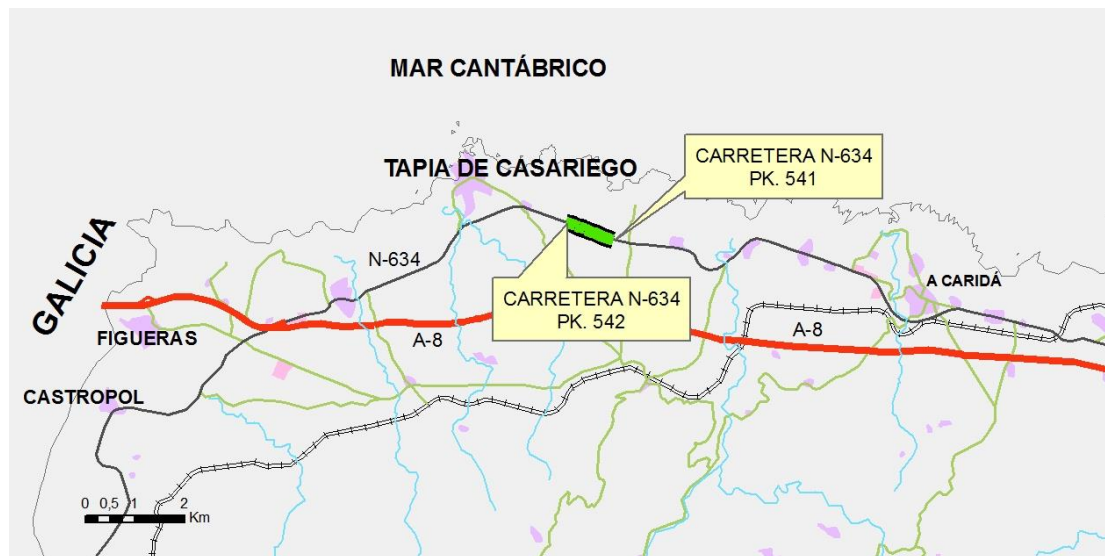


Figura 198.- Ubicación general del TAAF nº 163 (fuente: elaboración propia).

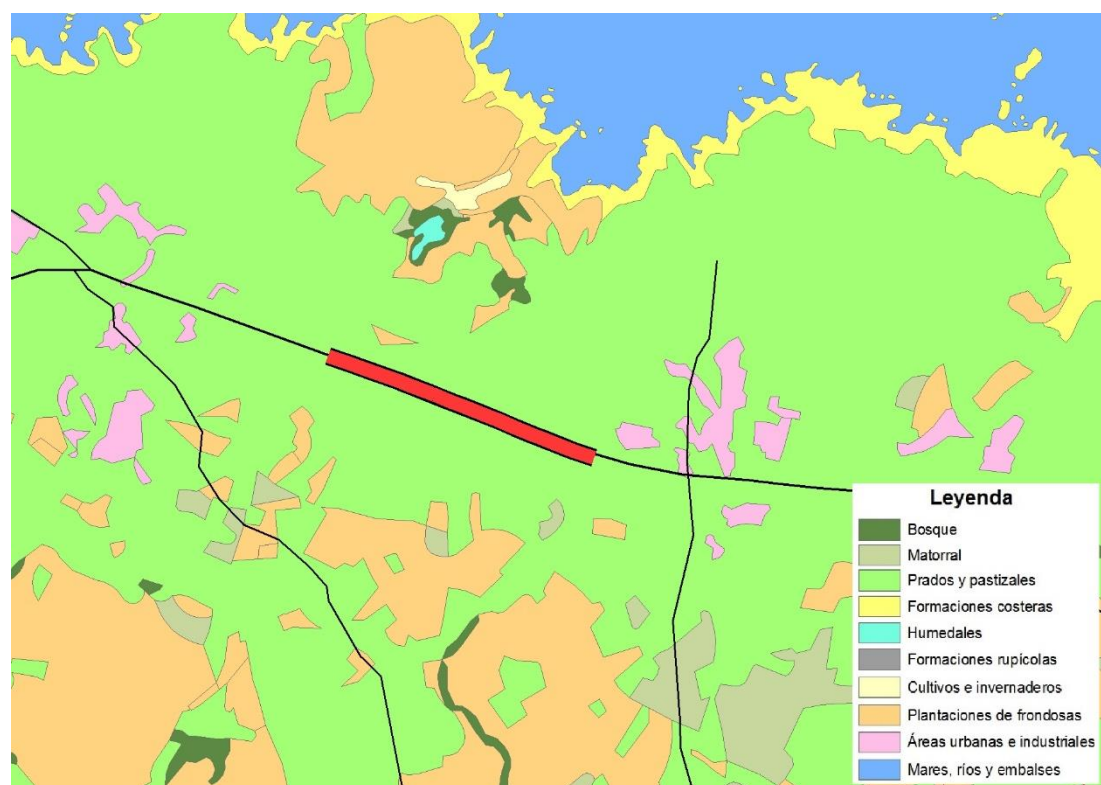


Figura 199.- Mapa de vegetación del TAAF nº 163 (fuente: elaboración propia).

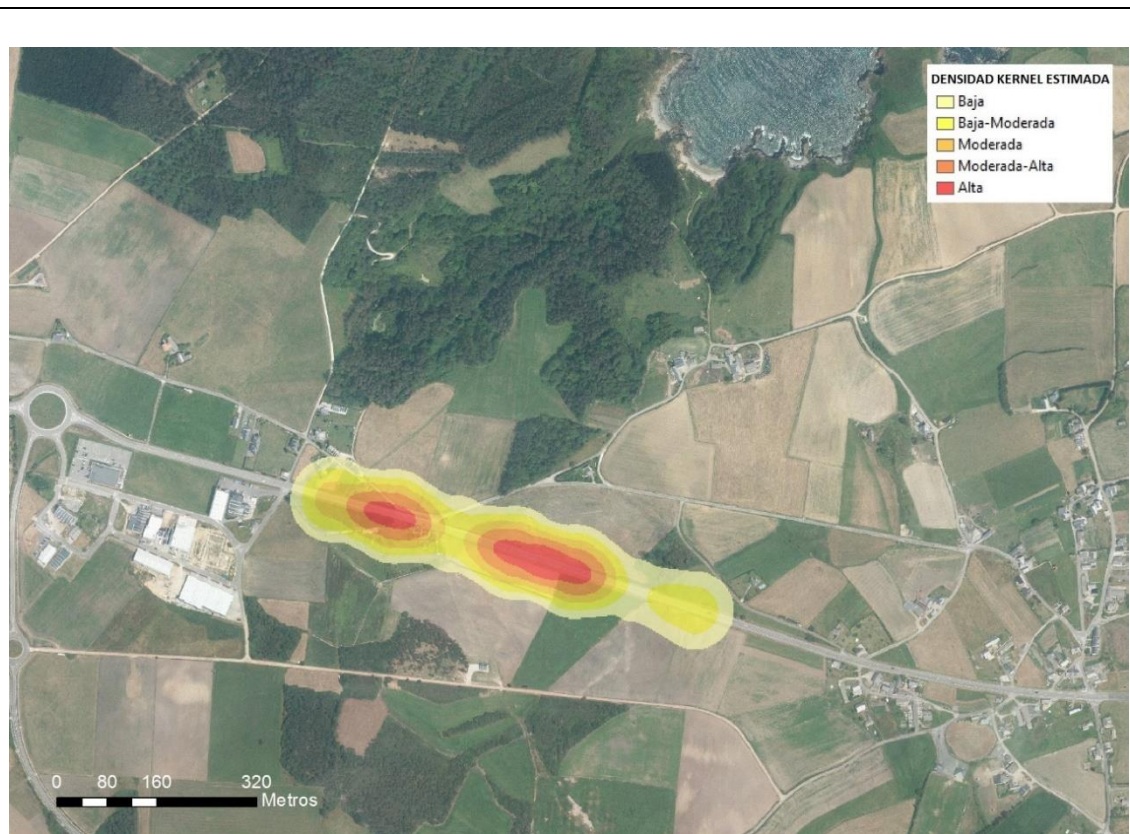


Figura 200.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 163 (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS



Figura 201.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).



Figura 202.- Señalización en el TAAF (foto: propia).

DIAGNÓSTICO

Tramo muy corto, de un kilómetro, en plena rasa costera occidental de Asturias – Figura 198 y Figura 199– (terreno más o menos llano propicio para cultivos de maíz y prados forrajeros, intercalados con pequeñas manchas de cultivo forestales de pino y eucalipto y algún bosque autóctono residual –Figura 201 y Figura 202–) que ha sufrido una notable disminución de los siniestros con fauna silvestre desde 2012 (el 76,6% de los accidentes se produjeron antes de ese año, habiendo desaparecido prácticamente todos los de corzo en el 23,4% restante en los últimos años –Figura 197–), probablemente debido a la entrada en funcionamiento en febrero de 2012 del tramo alternativo en la autovía del Cantábrico A-8 (que registra una IMD de 10000, frente a los 2800 de la N-634 en este tramo). En la actualidad funciona prácticamente como una vía de comunicación local, incrementándose su uso en los meses estivales debido a su utilización por el turismo (que, desde el núcleo de Tapia de Casariego, recorre los arenales costeros u otros puntos de interés, como la laguna de Salave –muy próxima al TAAF–, antiguo testigo de una explotación aurífera romana). Su mantenimiento como TAAF-Prioritario se debe a que cumple los requisitos establecidos en la elección.

RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS REDUCCIÓN ACCIDENTES

- 1º.- Aunque el análisis Kernel –Figura 200– muestra dos zonas de máxima intensidad, se recomienda principalmente mantener la observación sobre el tramo para ver la evolución de la siniestralidad por fauna silvestre, de cara a excluirlo, en su caso, de la lista de TAAF-Prioritarios. Para el mencionado seguimiento se utilizarán medios de vigilancia de los mencionados en el catálogo de medidas. Se propone la utilización de trampas fotográficas, seguimiento de huellas para establecer los corredores utilizados por los animales y en un futuro mejorar las actuaciones. De la misma manera se realizará un seguimiento de los partes de accidentes pues es el indicar clave para saber si las medidas tomadas son efectivas.
- 2º.- Entre tanto, proceder a una reubicación de la señalización de advertencia para acotar el tramo más peligroso y centrar la atención de los conductores sobre él. En particular porque en sentido descendente la señal está colocada en el pk 547, y aunque con los criterios de este trabajo aparecen otros TAAF no prioritarios en los pk 546-547 y 544 el número de accidentes y la densidad por kilómetro es mucho menor.

LOCALIZACIÓN**Carretera:** N-634**Pk:** 295 a 302**Municipio:** Llanes**CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA VÍA EN EL TRAMO****Longitud:** 8 km**Número de carriles:** 2**IMD:** 4500**Velocidad máxima:****Titularidad:** Estatal**Cerramiento perimetral:** No**Acondicionamiento para fauna:** Parcial**Señalización advertencia:** Sí**Otros:****CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO****Vegetación del entorno:****Margen izquierdo**

Tipo: Prados –la mayoría con sebes–, bosquetes y cultivos forestales, y zonas de matorral. Próxima la costa.

Margen derecho

Prados, bosquetes y cultivos forestales, y zonas de matorral, que se intensifican en las estribaciones de la sierra del Cuera.

Descripción: Paisaje rural, influenciado en la actualidad por ocupación habitacional relacionada con el sector turístico o por segundas viviendas.

Clasificación cinegética: Coto Regional de Caza nº 156 Llanes.

SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE**Número de accidentes con ungulados:**

93

Accidentes con otras especies silvestres:

Tejón (3), Zorro (8)

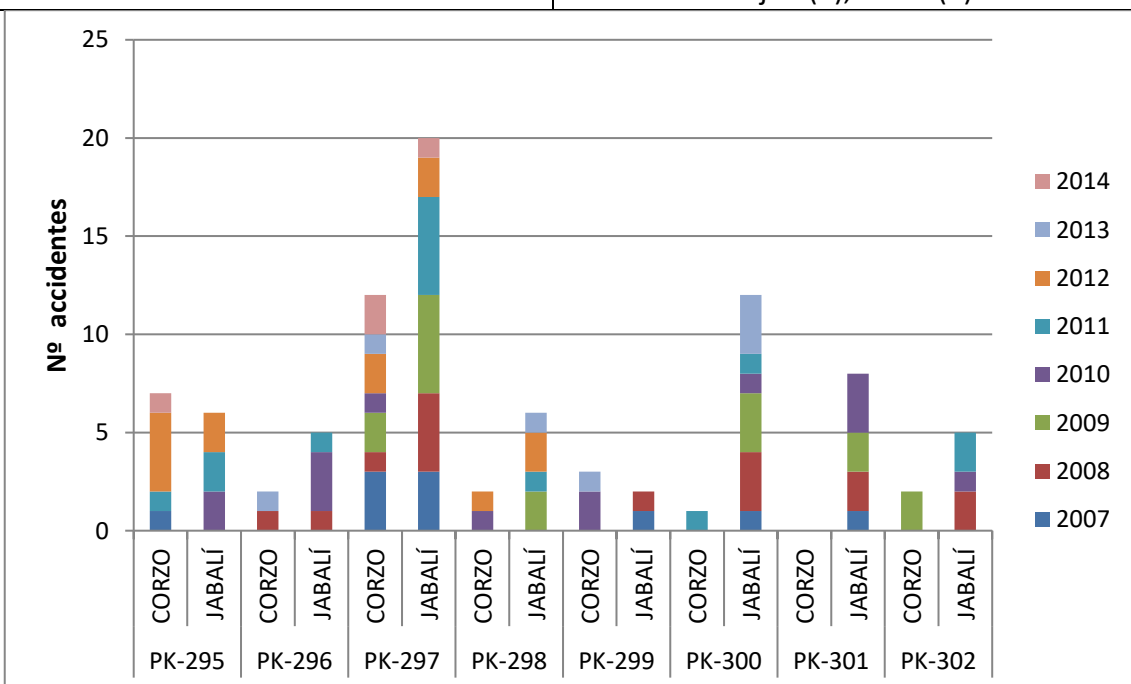


Figura 203.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 133 (fuente: elaboración propia).

CARTOGRAFÍA

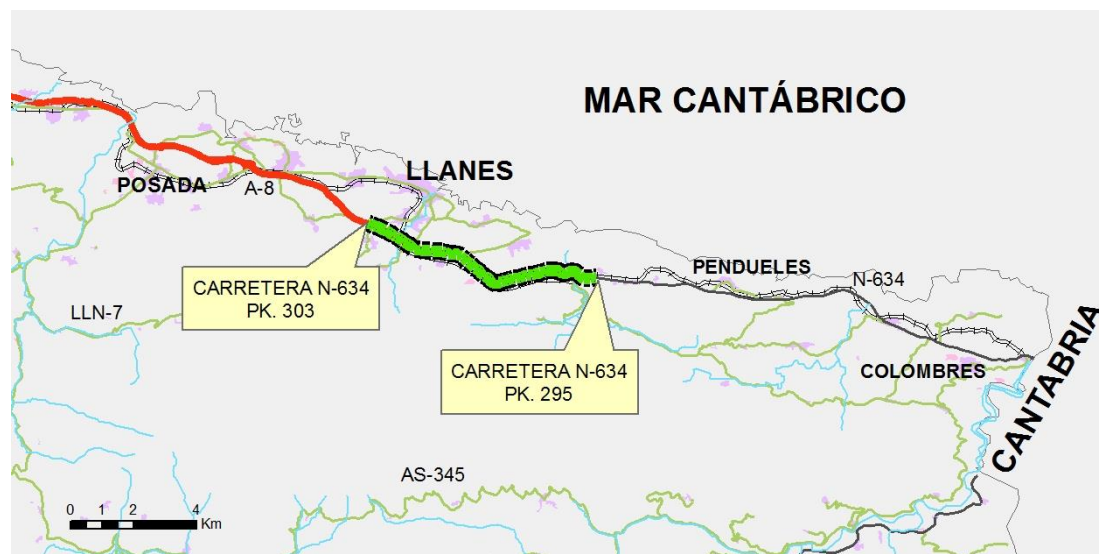


Figura 204.- Ubicación general del TAAF nº 133 (fuente: elaboración propia).

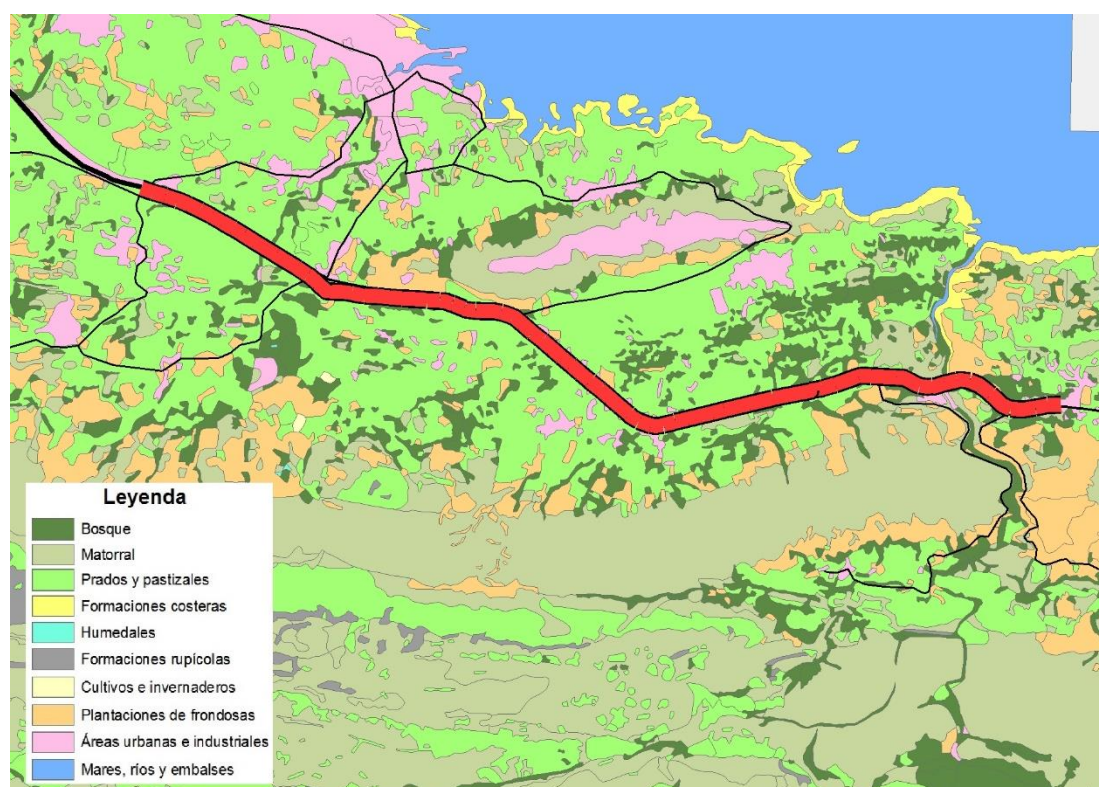


Figura 205.- Mapa de vegetación del TAAF nº 133 (fuente: elaboración propia).



Figura 206.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 133 (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS



Figura 207.- Inicio del TAAF en la actualidad en el pk 300 y señalización (foto: propia).



Figura 208.- Vallado con voladizo en la A-8 (paralela a la N-634) (foto: propia).



Figura 209.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).



Figura 210.- Aspecto general del TAAF con la autovía A-8 discurrendo en paralelo (foto: propia).



Figura 211.- Vegetación en las márgenes del TAAF (foto: propia).



Figura 212.- Paso inferior de la autovía A-8 paralelo al TAAF (foto: propia).



Figura 213.- Paso inferior de la autovía A-8 paralelo al TAAF (foto: propia).

DIAGNÓSTICO

TAAF que en el periodo 2007-2014 ha cambiado de fisonomía, puesto que parte de él, los pk 301 y 302 de la N-634 –Figura 207–, desapareció bajo el asfalto de la A-8 en 2012 y el trazado paralelo de ésta última frente a la primera en el resto crea, a partir de 2013, una serie de “islas” de territorio de cierta entidad en algunos lugares (por ejemplo, en las inmediaciones de San Roque del Acebal –Figura 209–), mientras que en otros lugares ambos viales discurren separadas por pocos metros –Figura 210–. En la situación actual, además, la intensidad de tráfico ha disminuido, porque buena parte se ha derivado a la A-8, aunque el uso turístico, por ser zona costera –Figura 204–, hace que se mantenga en cierto nivel. Sin embargo, los accidentes del periodo sitúan a este tramo como prioritario con nuestra metodología, a pesar de que en la zona en el lapso de tiempo considerado las molestias para la fauna debieron ser numerosas por las obras, lo que parece avalar que se trata de un área de cierta querencia para los animales. Igualmente, redunda en apoyo de esta teoría el hecho de que en la actualidad el número de accidentes siga siendo importante en torno al pk 297 (donde se producen tanto con corzos como con jabalíes) –Figura 203–, y que se detecten TAAF no prioritarios en lugares colindantes de la A-8 (TAAF nº 16 –A8, pk 295– y TAAF nº 17 –A8, pk 300-303). Debe señalarse, no obstante, que en toda esta zona la autovía A-8 cuenta con un vallado con voladizo, diseñado para evitar la entrada de corzos a la calzada (Figura 208). El paisaje vegetal, en el que se intercalan zonas de prados y cultivos, con numerosos bosquetes autóctonos o de repoblación –Figura 205–, en un ambiente calizo altamente productivo, favorece a la fauna porque la proporciona alimento y refugio. El análisis Kernel –Figura 206– remarca la conveniencia de actuar prioritariamente en los pk 295, 296 y 297, donde además ocurrieron accidentes el último año de nuestra serie. La señalización es continua, pero simplemente normalizada (P-24) –Figura 207–. Una mejor solución del problema implicaría considerar las recomendaciones para este TAAF-Prioritario, conjuntamente con propuestas para los mencionados TAAF nº 16 y TAAF nº 17, en especial aprovechando la existencia de pasos subterráneos a la A-8 –Figura 212 y Figura 213– en esta zona, a los que la fauna se aproxima con facilidad aprovechando la existencia de manchas de vegetación arbolada hasta el mismo borde de la carretera –Figura 211–.

RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS REDUCCIÓN ACCIDENTES

- 1º.- Centrar las actuaciones en los pk 295, 296 y 297, procediendo, como primera medida, a la señalización reforzada con un cartel con fondo amarillo fluorescente y reflectante, y señales luminosas destellantes que funcionen únicamente durante el periodo crítico –de octubre a febrero– en esta parte del tramo.
- 2º.- Gestionar la vegetación de las márgenes.
- 3º.- Crear una barrera virtual con disuasores ópticos, aprovechando en su caso los hitos de arista, de forma que conduzcan los animales hacia los dos pasos inferiores de la A-8 existentes en el tramo.
- 4º.- Adecuar con medidas similares, pero utilizando también repelentes y atrayentes olorosos, los pk correspondientes de la A-8. Se utilizarán repelentes o atrayentes a fin de guiar la fauna hacia los pasos inferiores de la A-8.

6º TAAF PRIORITARIO, Nº 2

LOCALIZACIÓN

Carretera: A-63	Pk: 13 a 14	Municipio: Grado
------------------------	--------------------	-------------------------

CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA VÍA EN EL TRAMO

Longitud: 11 km	Número de carriles: 4	IMD: 17500
Velocidad máxima: 120 km/h	Titularidad: Estatal	
Cerramiento perimetral: Sí	Acondicionamiento para fauna: No.	
Señalización advertencia: Sí.	Otros:	

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO

Vegetación del entorno:

	Margen izquierdo	Margen derecho
Tipo:	Principalmente praderías con pequeñas agrupaciones boscosas.	Praderías junto con zonas de bosque y plantaciones forestales.
Descripción:	Paisaje rural.	
Clasificación cinegética:	Coto Regional de Caza nº 140 Grado.	

SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE

Número de accidentes con ungulados: 38	Accidentes con otras especies silvestres: Tejón (1)
--	---

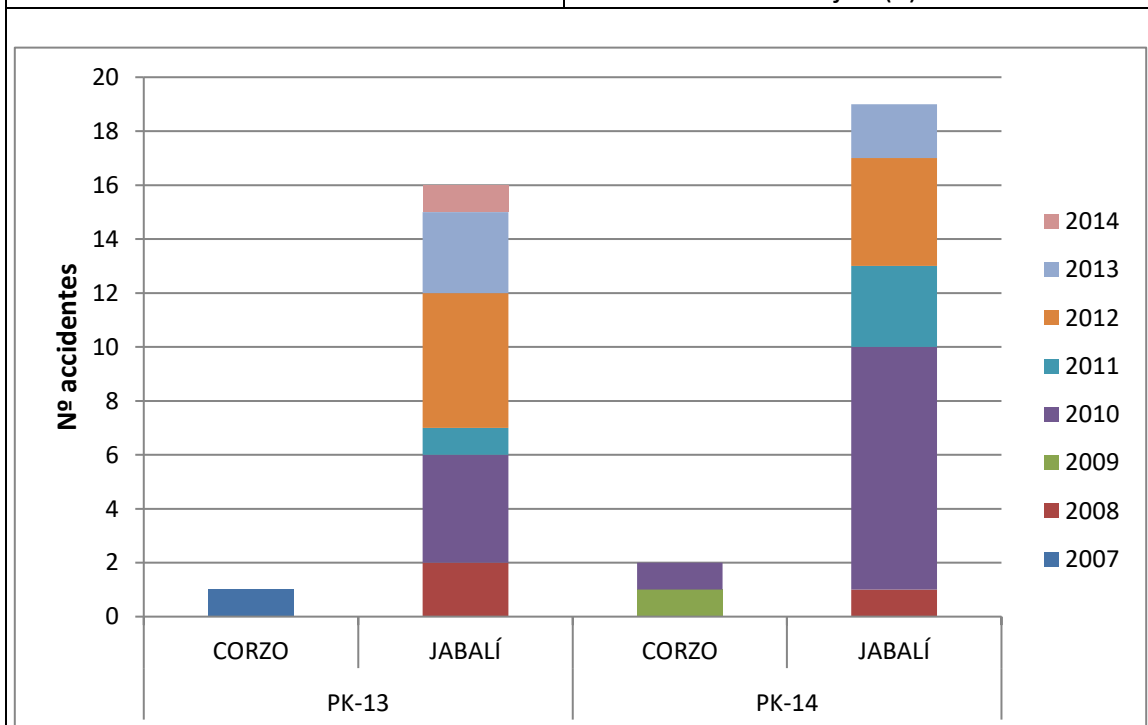


Figura 214.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año del TAAF nº 2 (fuente: elaboración propia).

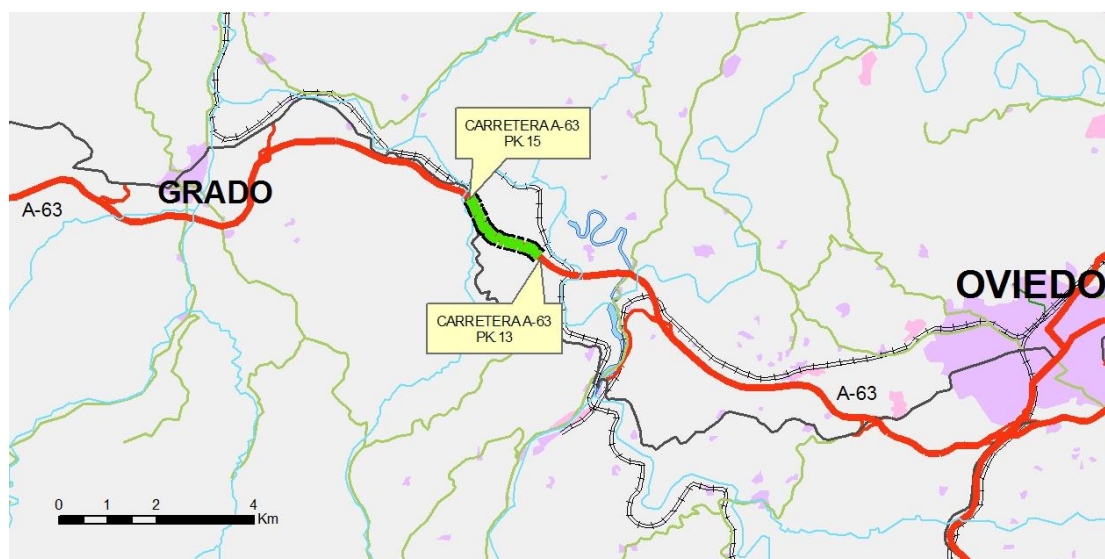


Figura 215.- Ubicación general del TAAF nº 2 (fuente: elaboración propia).

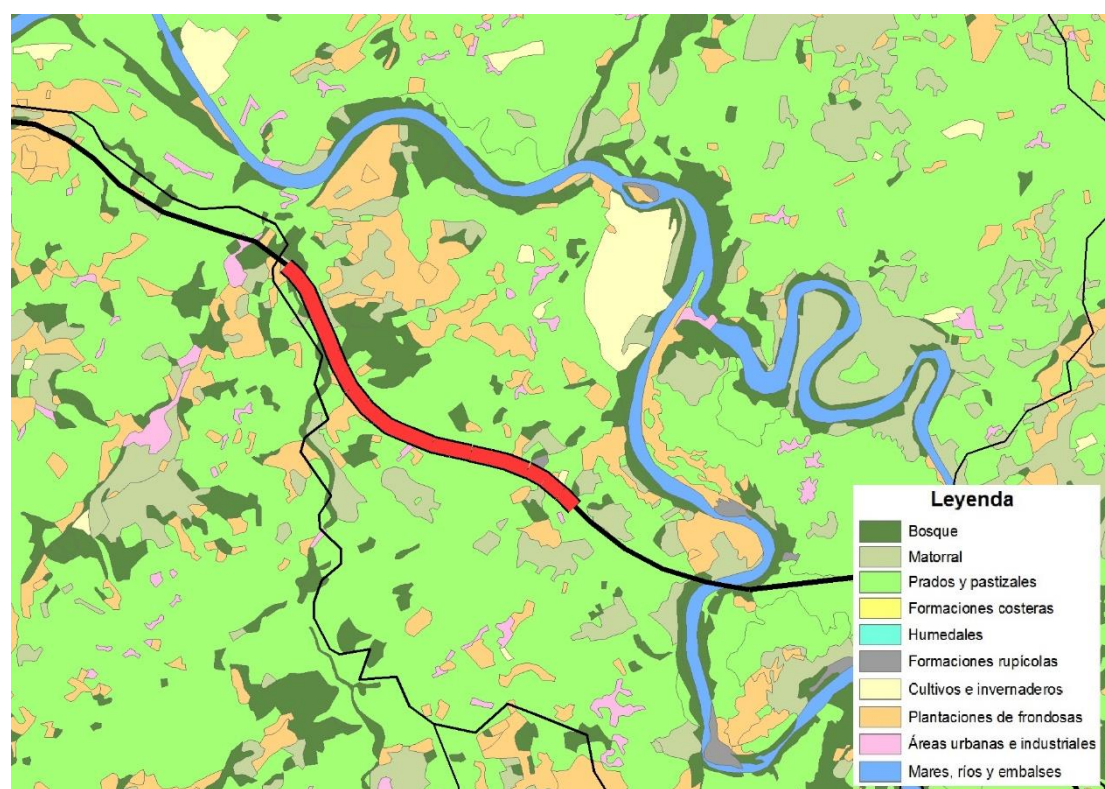


Figura 216.- Mapa de vegetación del TAAF nº 2 (fuente: elaboración propia).

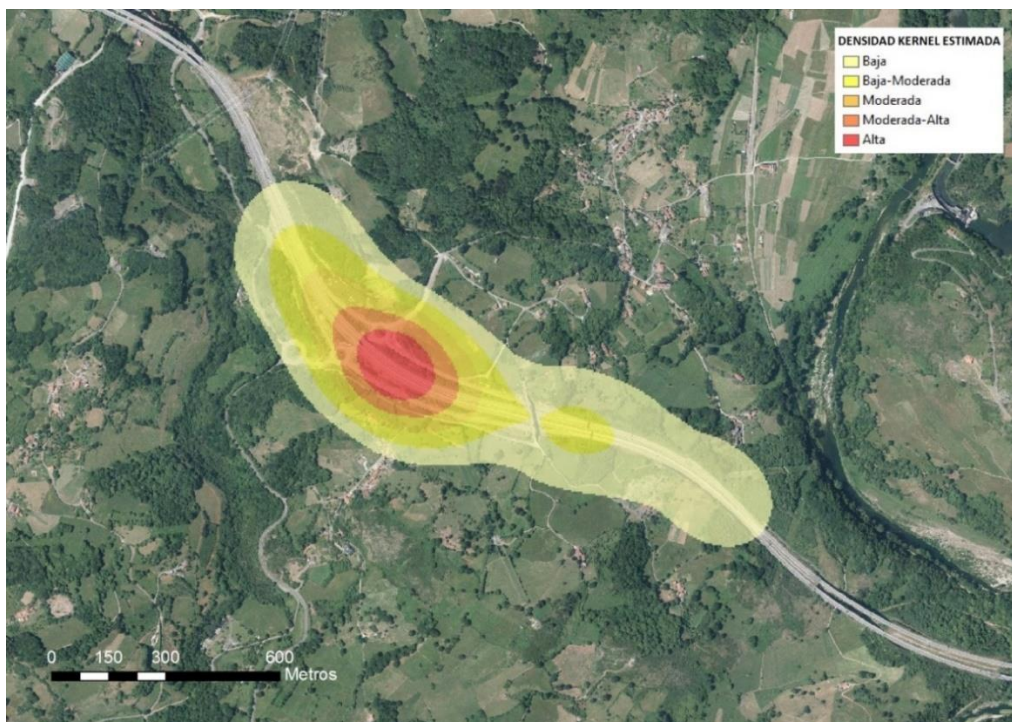


Figura 217.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 2 (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS



Figura 218.- Señalización, con recomendación de velocidad (foto: propia).



Figura 219.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).



Figura 220.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).



Figura 221.- Deficiencias en el vallado (foto: propia).

DIAGNÓSTICO

Viene a ser la continuidad del TAAF nº 1 –Figura 215–, pero el río Nalón, y su afluente el Nora, y un par de túneles crean un corte entre ambos a efectos de siniestralidad que, además, también tiene traducción en el aspecto del paisaje que rodea la vía que, en este caso, es más natural o rural que en el anterior –Figura 216, Figura 219 y Figura 220–, a pesar de la proximidad de núcleos de población de cierta importancia (Grado) y de zonas industriales de algún interés (Trubia). La gestión del tramo presenta alguna complicación precisamente porque la mayor siniestralidad, centrada mayoritariamente en el jabalí –Figura 214–, y tal como se puede observar en el análisis Kernel –Figura 217–, se sitúa en torno a los ramales de acceso ubicados próximos al inicio del pk 14, donde un conjunto de glorietas y viales ha creado un paisaje de “isletas” y además el vallado cuenta en el momento actual con alguna deficiencia de mantenimiento –Figura 221–. El tramo está señalizado y tiene incluso una recomendación de velocidad máxima a 80 km/h –Figura 218–.

RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS REDUCCIÓN ACCIDENTES

- 1º.- Arreglar urgentemente las deficiencias de mantenimiento del vallado, principalmente en la zona de máxima concentración de accidentes según el análisis Kernel.
- 2º.- Instalar un doble vallado en el conjunto del TAAF para garantizar la impermeabilización de la vía.
- 3º.- Instalar alfombras electrificadas en todos los accesos al TAAF y en próximos a este.
- 4º.- Colocación periódica de productos olorosos repelentes que alejen a la fauna y la conduzcan a los amplios viaductos existentes en el pk 12+500 (arroyo de Fuejo, vano de 215 m) y en el pk 14+900 (río Sama, vano de 340 m) que reúnen todos los requisitos para actuar como perfectos pasos de fauna.
- 5º.- Realizar un seguimiento de la eficacia de las medidas anteriores para, si es preciso, limitar la velocidad en el tramo.

LOCALIZACIÓN**Carretera:** N-634**Pk:** 364 a 371**Municipio:** Nava y Piloña**CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA VÍA EN EL TRAMO****Longitud:** 8 km**Número de carriles:** 2**IMD:** 6300**Velocidad máxima:** 100 km/h**Titularidad:** Estatal**Cerramiento perimetral:** No**Acondicionamiento para fauna:** No**Señalización advertencia:** Parcial (P-24)**Otros:****CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO****Vegetación del entorno:****Margen izquierdo****Tipo:** Combinación de praderías, bosques de roble y abedul, plantaciones forestales y matorral.**Margen derecho**

Praderías con zonas boscosas, escasos cultivos agrícolas y algún núcleo urbano.

Descripción: Paisaje rural.**Clasificación cinegética:** Coto Regional de Caza nº 125 Nava y Coto Regional de Caza nº 170 La Marea.**SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE****Número de accidentes con ungulados:**

92

Accidentes con otras especies silvestres:

Tejón (3)

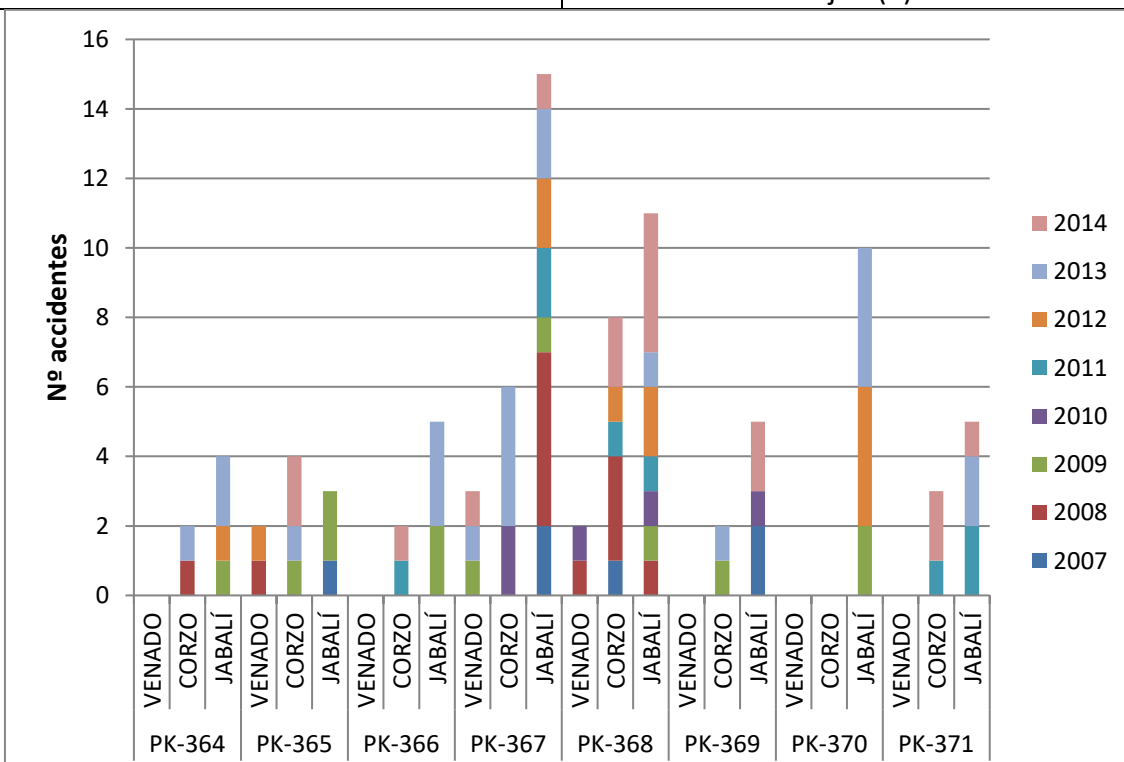


Figura 222.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 142 (fuente: elaboración propia).

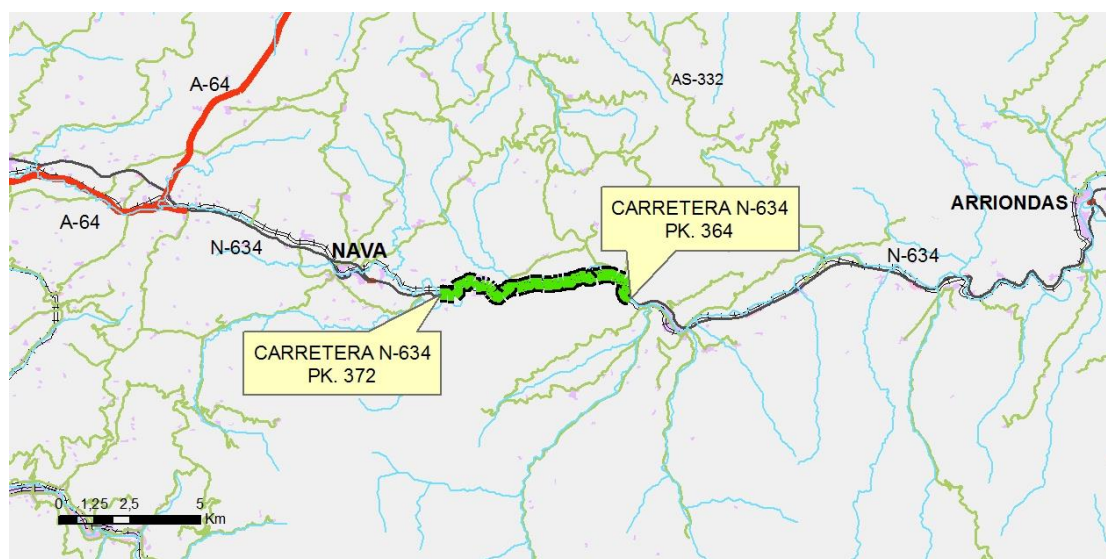


Figura 223.- Ubicación general del TAAF nº 142 (fuente: elaboración propia).

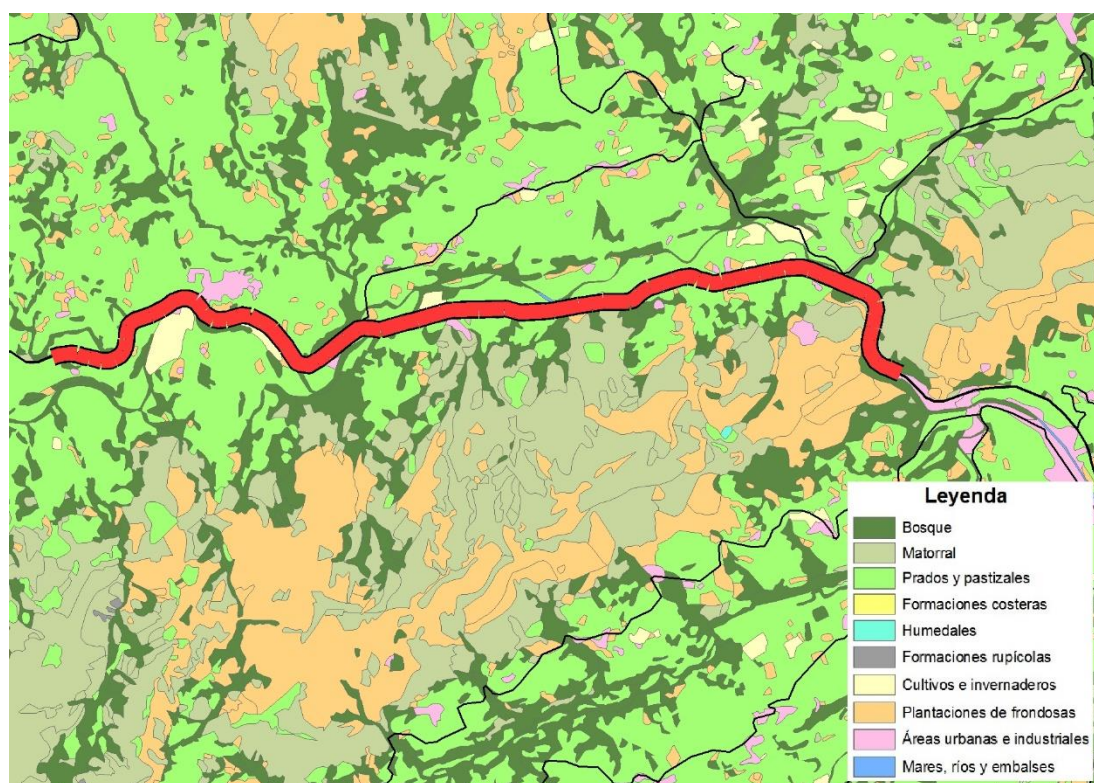


Figura 224.- Mapa de vegetación del TAAF nº 142 (fuente: elaboración propia).

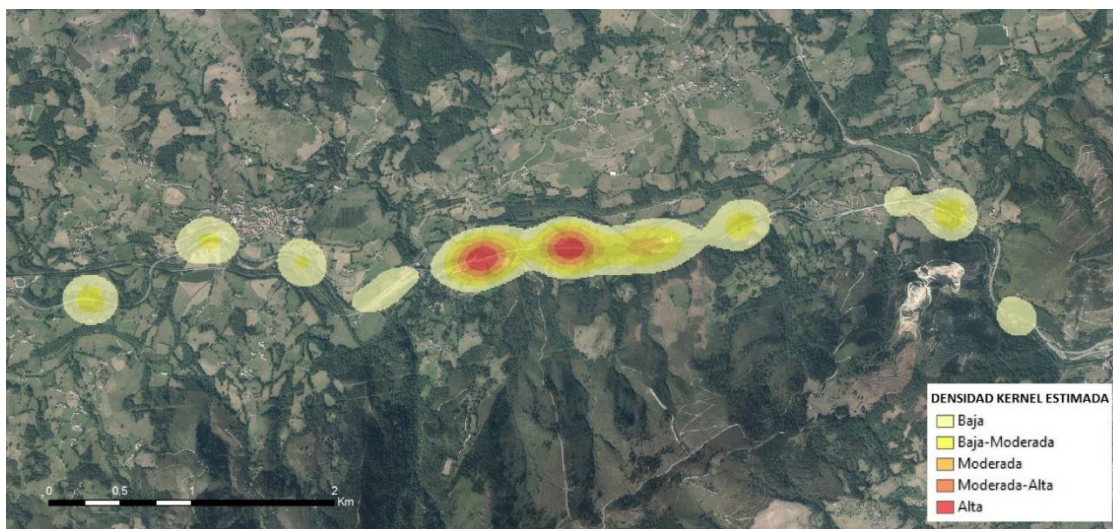


Figura 225.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 142 (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS



Figura 226.- Inicio del TAAF (foto: propia).



Figura 227.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).



Figura 228.- Abundante vegetación arbolada en las márgenes del vial (foto: propia).



Figura 229.- Tráfico relativamente elevado (foto: propia).



Figura 230.- Señalización (foto: propia).

DIAGNÓSTICO

TAAF típico de una carretera convencional en un ambiente predominantemente rural, con un paisaje formado por prados, matorrales y formaciones arboladas –Figura 224 y Figura 227– que alcanzan en numerosas ocasiones las márgenes inmediatas a la vía –Figura 228–, y que favorecen la proliferación de todo tipo de ungulados –Figura 222–. La N-634 ha perdido mucho tráfico por la entrada en funcionamiento total de la A-8, pero aun así éste es relativamente elevado –Figura 229– porque da servicio a núcleos de población importantes de la zona interior oriental de Asturias (Infiesto, Arriondas, Cangas de Onís...) –Figura 223–. El análisis Kernel –Figura 225– muestra un rosario de pequeñas zonas de mayor densidad de accidentes que van prácticamente desde el inicio –Figura 226– hasta el final del tramo, pero aconseja centrar las actuaciones en torno a los pk 367 y 368. La señalización es parcial y convencional –Figura 230–, pero está marcado un Tramo de Concentración de Accidentes de 1,1 km precisamente entre el pk 367+400 y el pk 368+500.

RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS REDUCCIÓN ACCIDENTES

- 1º.- Gestionar la vegetación de las márgenes, procediendo a realizar de forma sistemática aclareos de las zonas arboladas (que, por otra parte, se han realizado ocasionalmente en el pasado) a fin de mejorar la visibilidad, además de los desbroces convencionales.
- 2º.- Reubicar las señales P-24, de forma que cubran el conjunto del tramo.
- 3º.- Señalizar de forma específica los pk 367 y 368, con una señal reforzada (fluorescente y luminosa por la noche en época crítica) que refuerce la advertencia del Tramo de Concentración de Accidentes.
- 4º.- Construir un vallado virtual con disuasores ópticos en los pk 367 y 368.
- 5º.- Observar la evolución de la siniestralidad para, en su caso, limitar la velocidad.

LOCALIZACIÓN

Carretera: N-640	Pk: 7 a 9	Municipio: Castropol
-------------------------	------------------	-----------------------------

CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA VÍA EN EL TRAMO

Longitud: 3 km	Número de carriles: 2	IMD: 5000
Velocidad máxima: 90 km/h	Titularidad: Estatal	
Cerramiento perimetral: No	Acondicionamiento para fauna: No	
Señalización de advertencia: Sí (P-24)	Otros:	

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO**Vegetación del entorno:**

	Margen izquierdo	Margen derecho
Tipo:	Praderías, con algún cultivo forestal de eucaliptos más alejado.	Praderías y alguna zona de marisma.

Descripción: Paisaje típicamente rural.

Clasificación cinegética: Coto Regional de Caza nº 149 Castropol (margen izquierda) y Refugio Regional de Caza ría del Eo (margen derecha).

SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE

Número de accidentes con ungulados: 51	Accidentes con otras especies silvestres: Zorro (1)
--	---

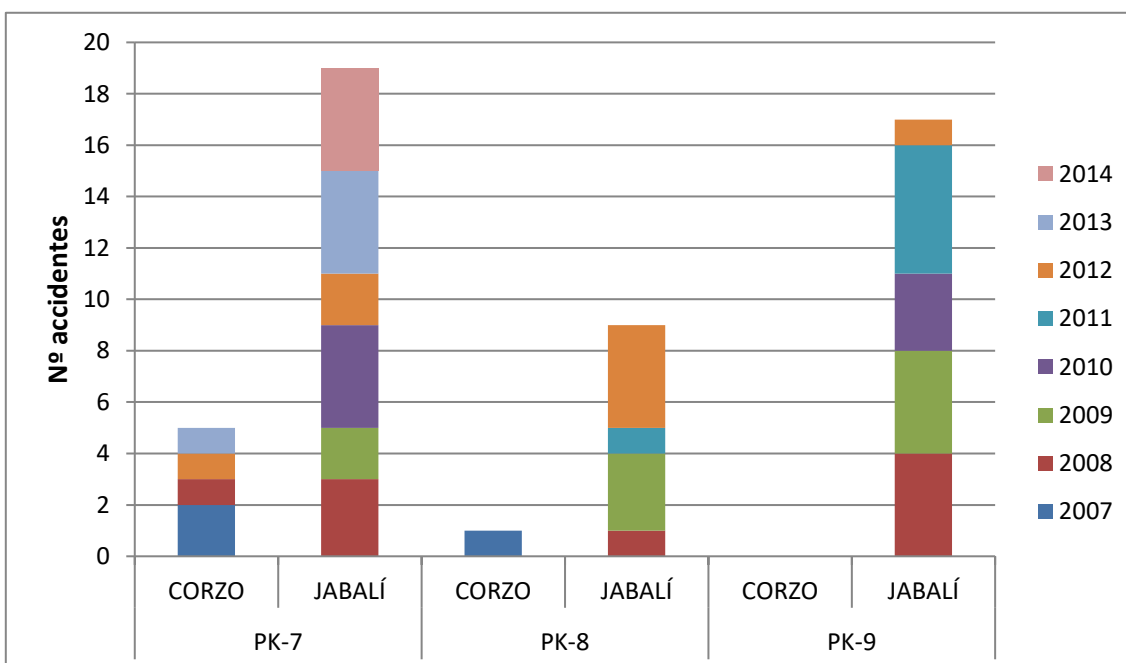


Figura 231.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año del TAAF nº 167 (fuente: elaboración propia).

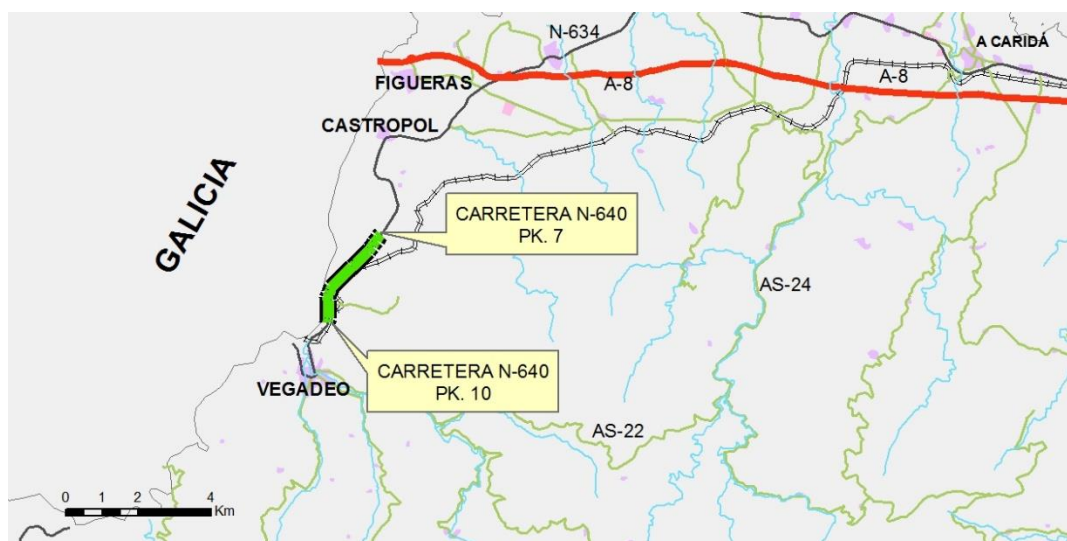


Figura 232.- Ubicación general del TAAF nº 167 (fuente: elaboración propia).

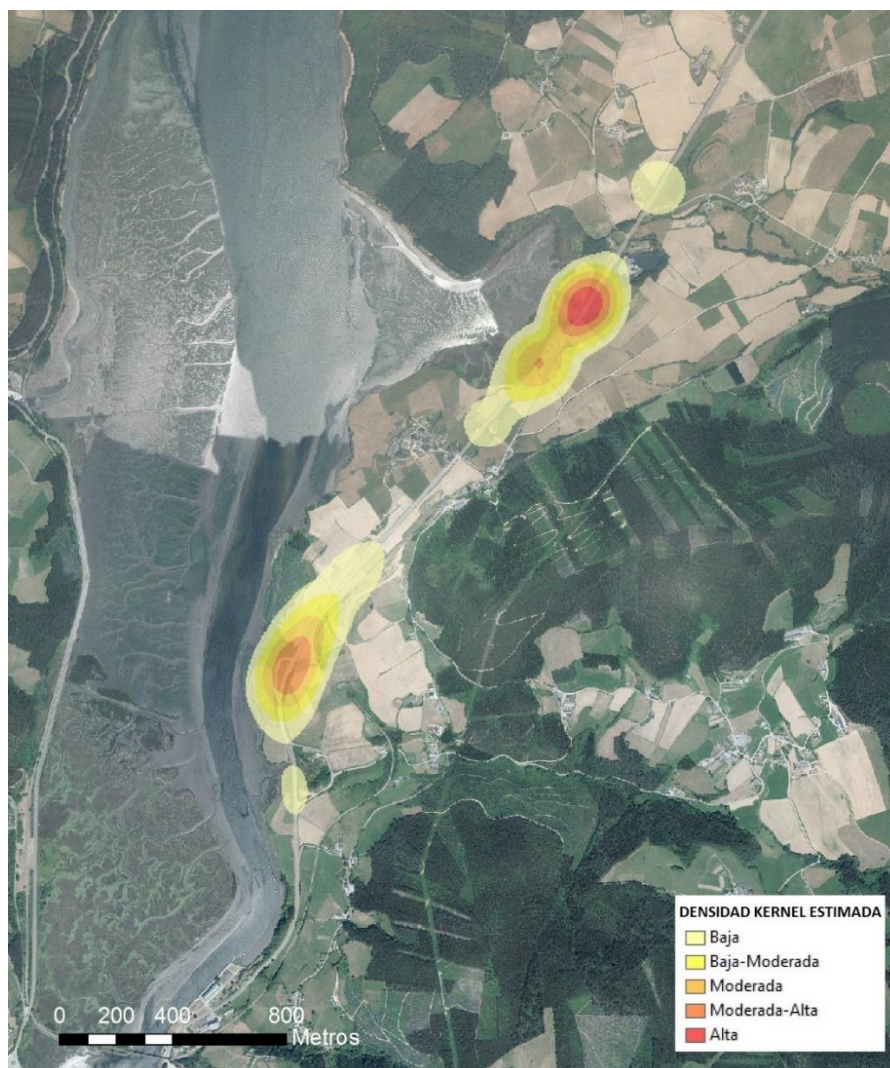


Figura 233.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 167 (fuente: elaboración propia).

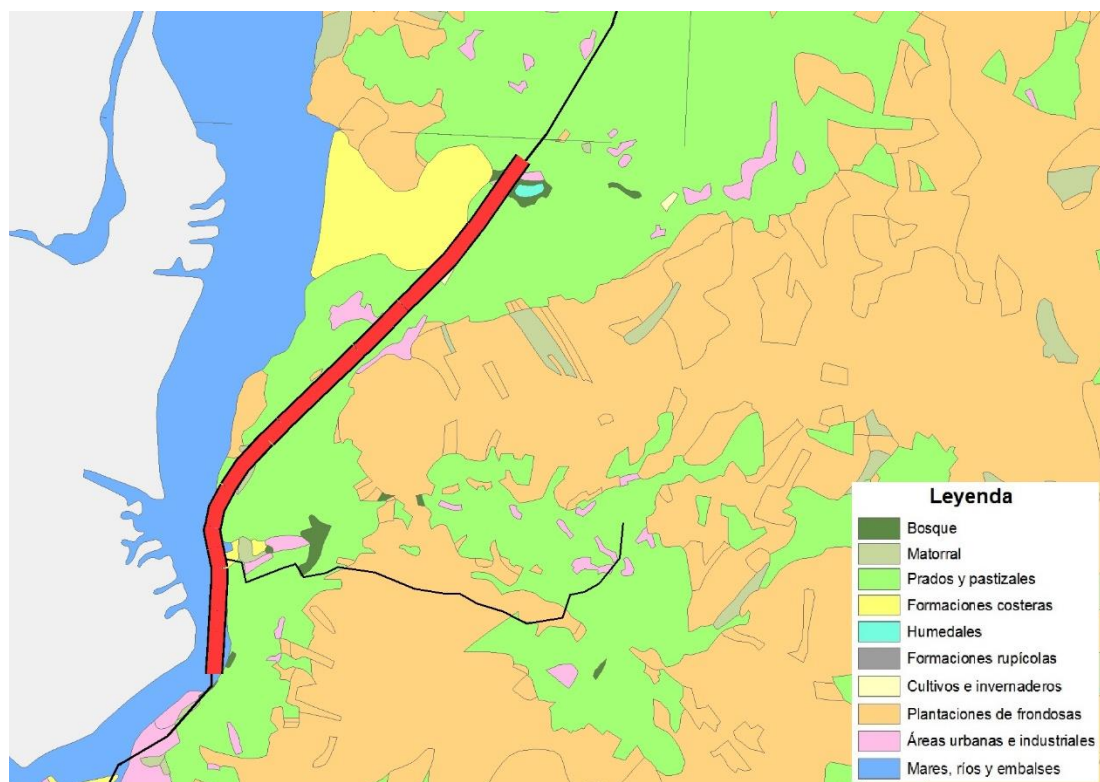


Figura 234.- Mapa de vegetación del TAAF nº 167 (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS



Figura 235.- Inicio del TAAF en el pk 7 (foto: propia).



Figura 236.- Fin del TAAF al iniciarse el pk 10 (foto: propia).



Figura 237.- Abundantes praderías y zonas de cultivo en el entorno del TAAF (foto: propia).



Figura 238.- Aspecto general del paisaje circundante al TAAF (foto: propia).

DIAGNÓSTICO

Zona muy próxima a la ría del Eo –Figura 232–, límite administrativo con Galicia. Fundamentalmente, los jabalíes suelen bajar desde las áreas boscoso-montañas colindantes –Figura 234– a las praderías –Figura 237– a la orilla de la ría, donde encuentran alimento y tranquilidad, al ser la margen derecha de la carretera Refugio de Caza y, en consecuencia, estar prohibida permanentemente la actividad cinegética. Es una zona clara y despejada, con buena visibilidad general –Figura 238–. El problema parece centrarse en los pk 7 y 9 –Figura 233–, con especial incidencia en el primero en los últimos años –Figura 231–. La señalización cubre el conjunto del TAAF –Figura 235 y Figura 236–.

RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS REDUCCIÓN ACCIDENTES

- 1º.- Reforzar la señalización, mediante la sustitución de la actual en el pk 7 por otra que incluya la normalizada (P-24) en un cartel con fondo amarillo fluorescente y reflectante, y señales luminosas destellantes que funcionen únicamente en el periodo crítico (1 de septiembre a 31 de enero) para evitar la habituación de los conductores.
- 2º.- Ubicar, en sentido descendente –dirección Castropol–, una señal P-24 en el pk 8 junto a un aviso de “RECUERDE”, reforzando así la prevención sobre el conductor.

LOCALIZACIÓN

Carretera: AS-16	Pk: 4 a 5	Municipio: Pravia y Soto del Barco
-------------------------	------------------	---

CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA VÍA EN EL TRAMO

Longitud: 2 km	Número de carriles: 2	IMD: 9940
Velocidad máxima: 90	Titularidad: Autonómica	
Cerramiento perimetral: No	Acondicionamiento para fauna: No	
Señalización de advertencia: Sí (P-24)	Otros:	

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO**Vegetación del entorno:**

Margen izquierdo		Margen derecho
Tipo:	Plantación forestal de eucalipto.	Cultivos hortícolas y, en menor medida, praderías.

Descripción: Paisaje rural.**Clasificación cinegética:** Refugio Regional de Caza bajo Narcea-Nalón (margen derecho) y Coto Regional de Caza nº 151 Nalón (margen izquierdo).**SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE**

Número de accidentes con ungulados:	Accidentes con otras especies silvestres:
38	Tejón (1)

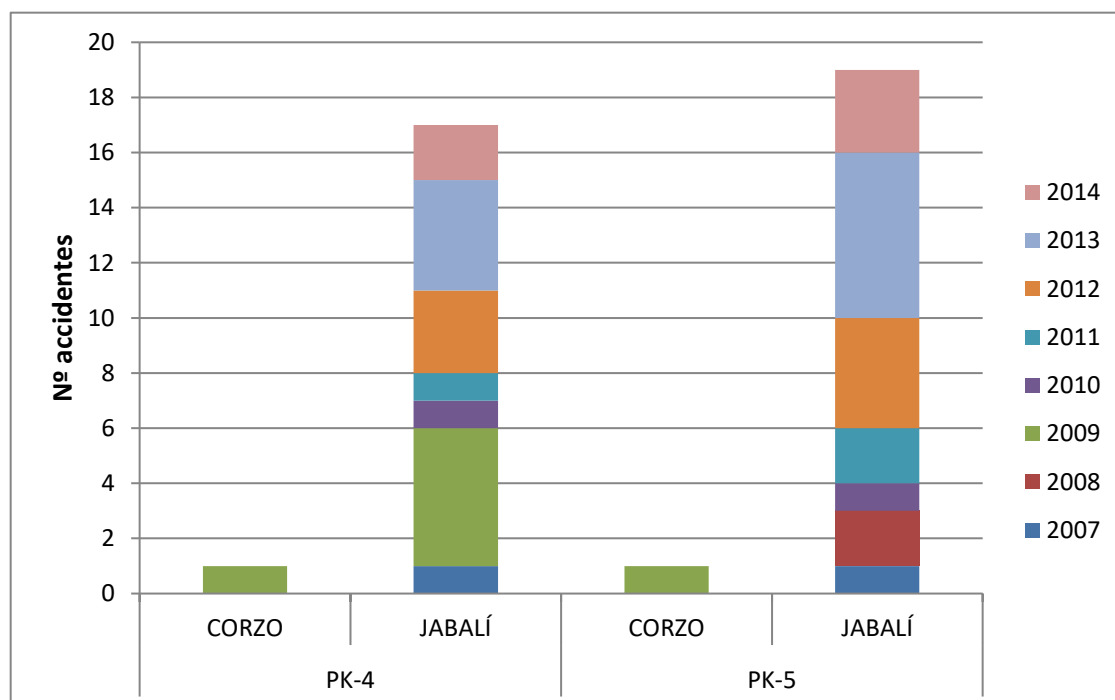


Figura 239.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año (fuente: elaboración propia).

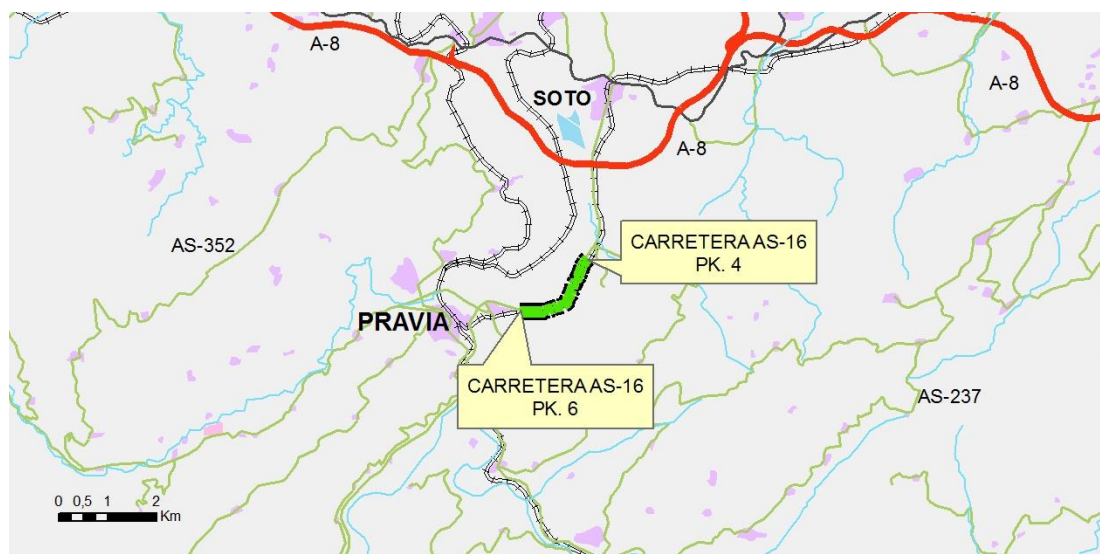


Figura 240.- Ubicación general del TAAF nº 64 (fuente: elaboración propia).

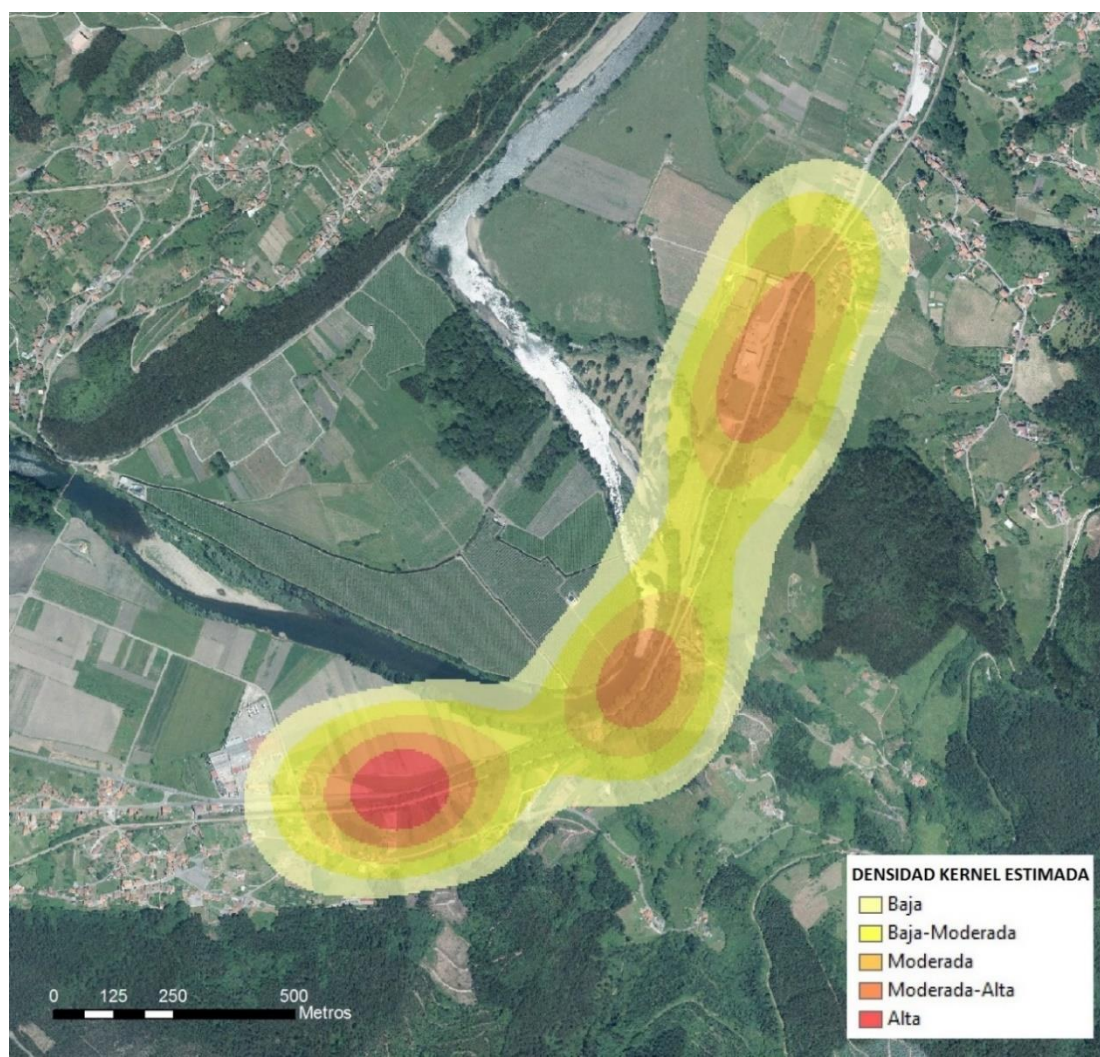


Figura 241.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 64 (fuente: elaboración propia).

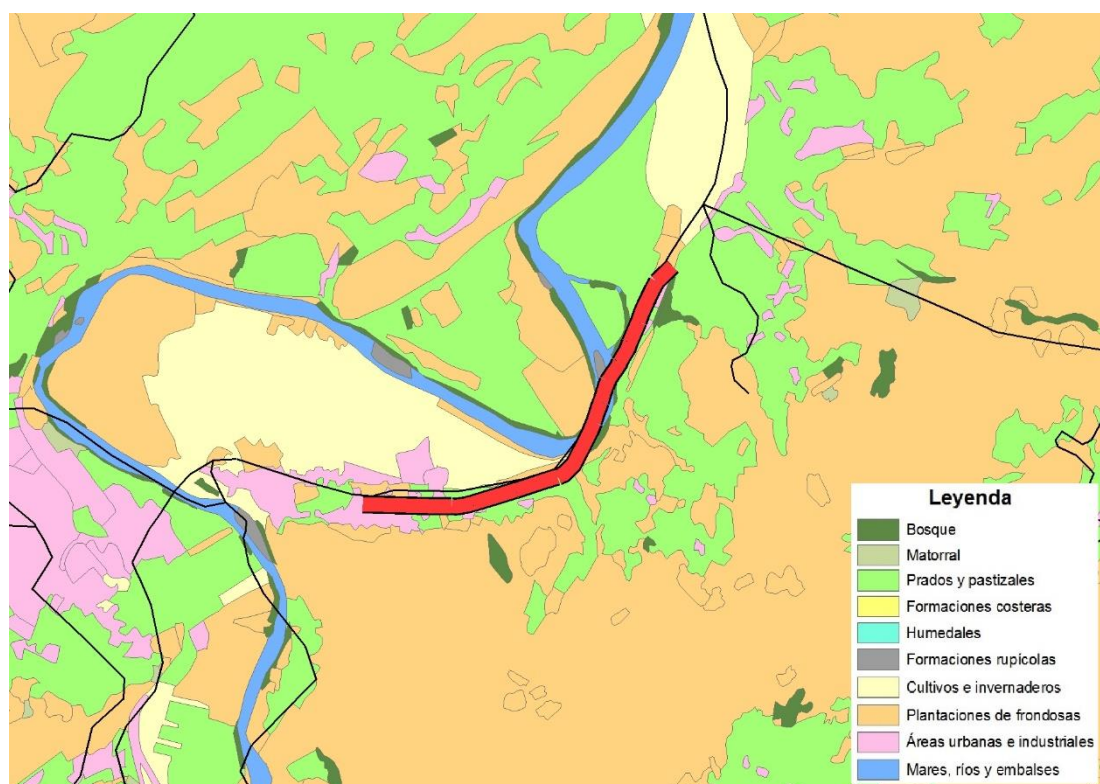


Figura 242.- Mapa de vegetación del TAAF nº 64 (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS



Figura 243.- El TAAF en su parte más conflictiva (foto: propia).



Figura 244.- Aspecto del entorno del TAAF (foto: propia).



Figura 245.- Aspecto del entorno del TAAF (foto: propia).



Figura 246.- Inicio del TAAF en el pk 4 (foto: propia).

DIAGNÓSTICO

Tramo de 2 km ubicado en el borde oeste de la zona central de Asturias, entre Pravia y Soto del Barco –Figura 240–, que registra un IMD bastante elevado en comparación con otras carreteras regionales de la zona. El entorno boscoso de la margen izquierda (en buena parte del tramo los árboles se agolpan sobre la carretera) –Figura 245 y Figura 246– impide la buena visibilidad general y favorece el tránsito de los jabalíes hacia la vega situada en la margen derecha donde los cultivos de maíz son frecuentes –Figura 243 y Figura 244–, acentuándose esta característica en el pk 5 –Figura 241–. En la actualidad se está produciendo una sustitución paulatina de los maizales por plantaciones de kiwi. Previsiblemente este cambio tenga una influencia positiva en la reducción de los accidentes en el futuro. Tramo señalizado entero –Figura 243 y Figura 246–.

RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS REDUCCIÓN ACCIDENTES

- 1º.- Reducción la velocidad máxima del tramo a 70 km/h en el conjunto del pk 5.
- 2º.- Gestión de la vegetación de la margen izquierda, procediendo a realizar incluso aclareos de las zonas arboladas.
- 3º.- Instalación de un vallado virtual con dispositivos disuasores ópticos en el conjunto del pk 5.
- 4º.- Caso de que no prospere la sustitución del maíz por kiwi estudiar la posibilidad de fomentar el uso de cercas electrificadas en los maizales para disuadir a los jabalíes de acudir a ellos.
- 5º.- Si las medidas anteriores no diesen resultados significativos estudiar la posibilidad de en la margen izquierda instalar un vallado en terrenos del dominio de carreteras. No obstante, la efectividad de los pequeños vallados no está garantizada y presentan numerosos problemas de remate en sus extremos (HUIJSER y col. 2016).

LOCALIZACIÓN

Carretera: N-634

Pk: 350 a 356

Municipio: Piloña

CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LA VÍA EN EL TRAMO

Longitud: 7 km

Número de carriles: 2

IMD: 6500

Velocidad máxima: 100 km/h

Titularidad: Estatal

Cerramiento perimetral: No

Acondicionamiento para fauna: No

Señalización advertencia: Parcial (P-24)

Otros:

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO

Vegetación del entorno:

Margen izquierdo

Tipo: Praderías con pequeños núcleos urbanos y reducidas zonas de bosque de roble y abedul.

Margen derecho

Cultivos hortícolas y praderías, con pequeños núcleos urbanos y manchas boscosas repartidas.

Descripción: Paisaje rural.

Clasificación cinegética: Coto Regional de Caza nº 157 Piloña.

SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE

Número de accidentes con ungulados:

71

Accidentes con otras especies silvestres:

Tejón (2), Zorro (3)

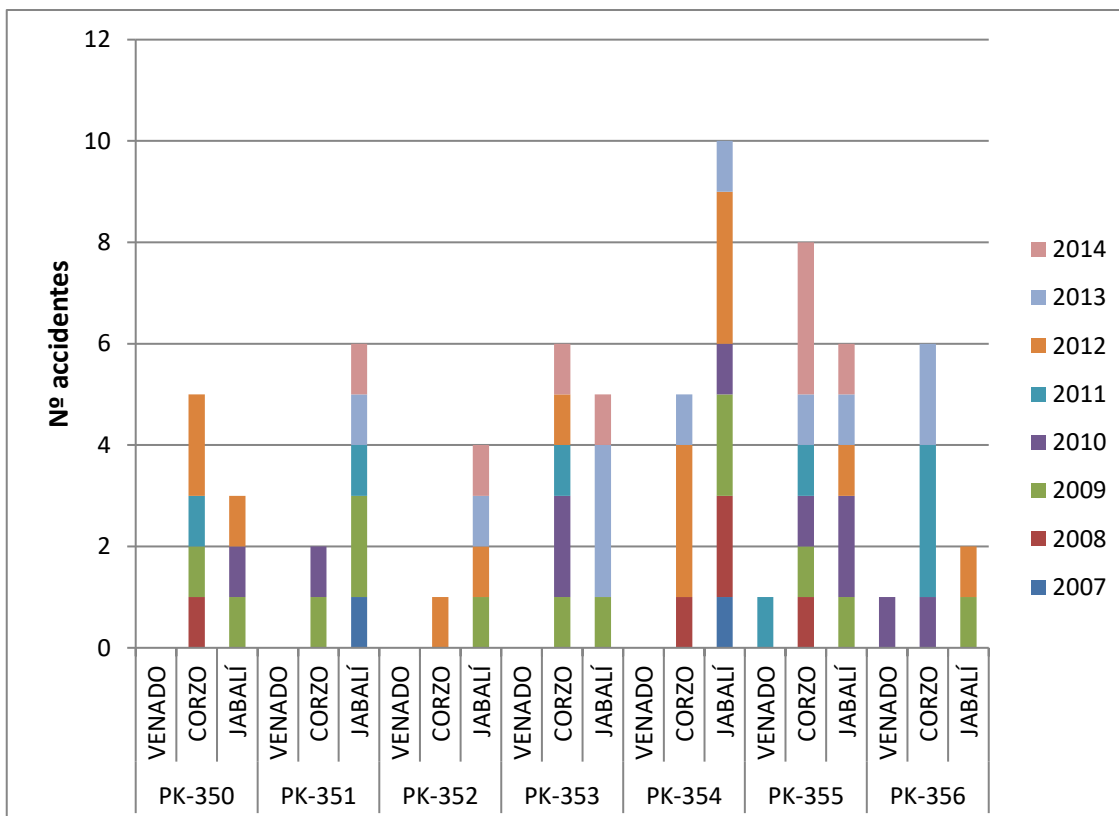


Figura 247.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 140 (fuente: elaboración propia).

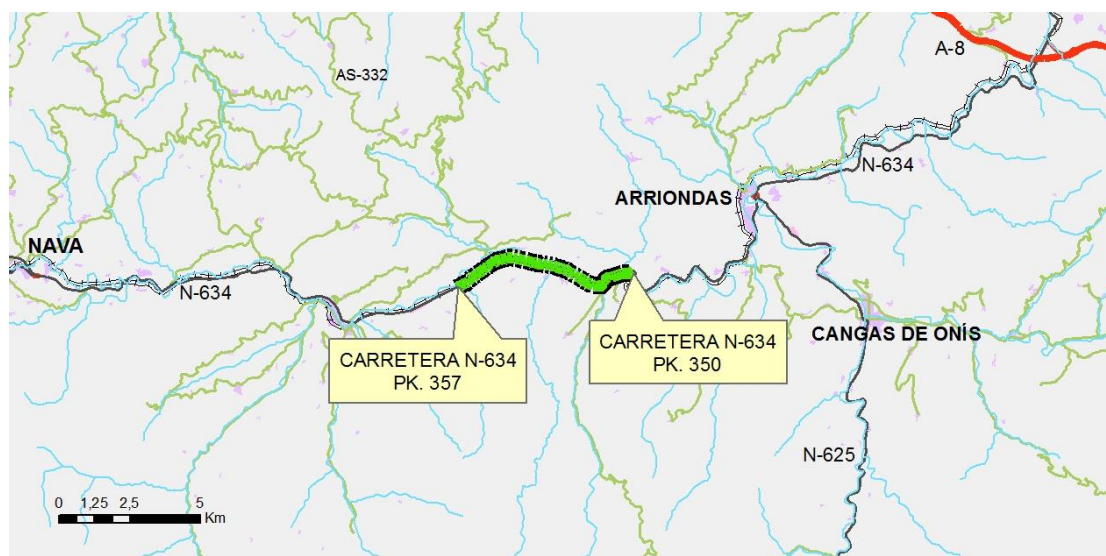


Figura 248.- Ubicación general del TAAF nº 140 (fuente: elaboración propia).

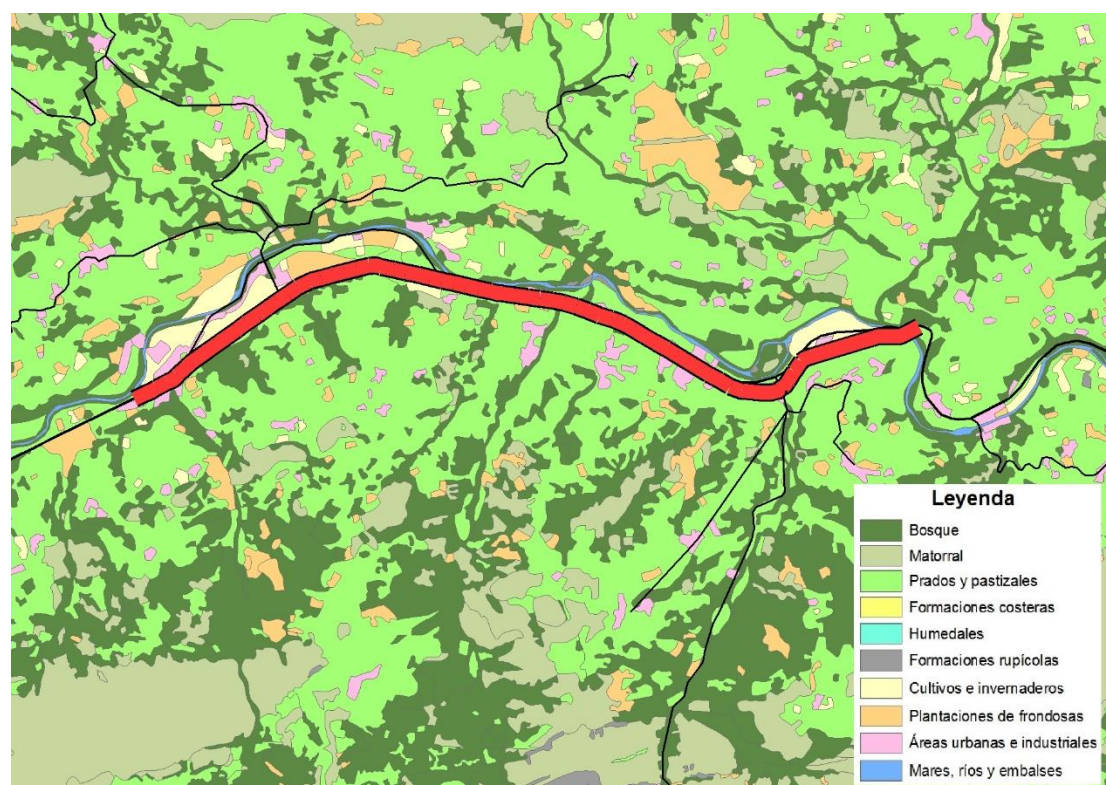


Figura 249.- Mapa de vegetación del TAAF nº 140 (fuente: elaboración propia).

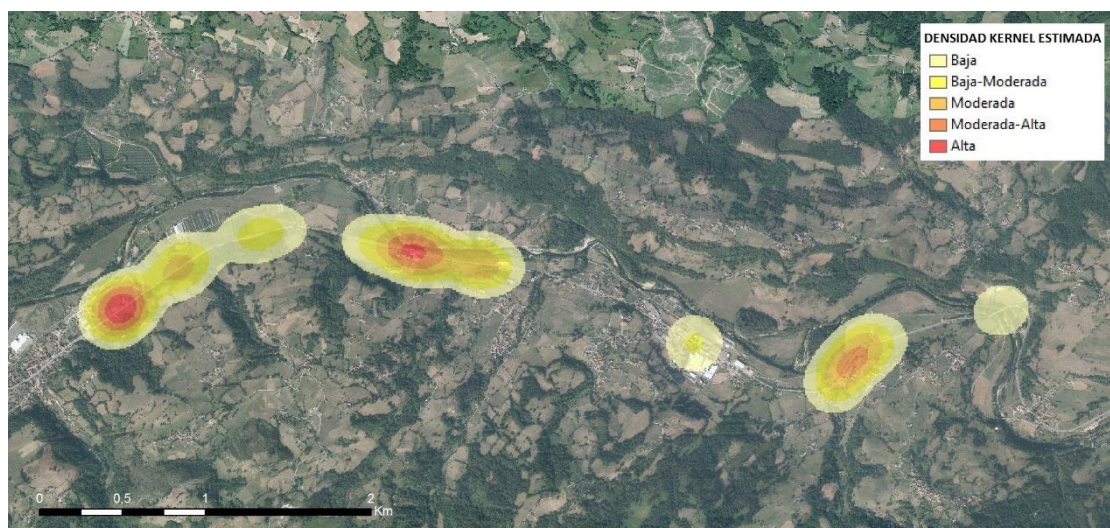


Figura 250.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 140 (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS



Figura 251.- Inicio del TAAF (foto: propia).



Figura 252.- Señalización (foto: propia).



Figura 253.- Intensidad de tráfico en el TAAF (foto: propia).



Figura 254.- Vegetación arbolada que llega a las márgenes (foto: propia).



Figura 255.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).

DIAGNÓSTICO

TAAF de similares características al 142 y al 140, de los que viene a ser continuación, aunque cada vez más alejado del centro de la región –Figura 248–. En consecuencia, el ambiente es predominantemente rural y natural –Figura 249 y Figura 255–, con un paisaje formado por prados, matorrales y formaciones arboladas que alcanzan en numerosas ocasiones las márgenes inmediatas a la vía –Figura 254–. La intensidad de tráfico está justificada por el servicio de comunicación con el interior del oriente de Asturias que presta el vial –Figura 253–. El análisis Kernel –Figura 250– muestra un rosario de pequeñas zonas de mayor densidad de accidentes que van prácticamente desde el inicio –Figura 251– hasta el final del tramo, pero aconseja centrar las actuaciones en torno a los pk 354 y 355, donde se produce una problemática relacionada tanto con el corzo, como con el jabalí –Figura 247–. La señalización es parcial y convencional –Figura 253 y Figura 255–, y adaptada a las circunstancias en combinación con otras señales (límites de velocidad, cruces, etc...) –Figura 252–.

RECOMENDACIÓN DE MEDIDAS REDUCCIÓN ACCIDENTES

- 1º.- Gestionar la vegetación de las márgenes, procediendo a realizar de forma sistemática aclareos de las zonas a fin de mejorar la visibilidad, además de los desbroces convencionales.
- 2º.- Reubicar las señales P-24, de forma que cubran el conjunto del tramo.
- 3º.- Señalizar de forma específica los pk 354 y 355, con una señal reforzada (fluorescente y luminosa por la noche en época crítica).
- 4º.- Construir un vallado virtual con disuasores ópticos en los pk 354 y 355.
- 5º.- Observar la evolución de la siniestralidad para, en su caso, limitar la velocidad en esos pk.

6.- CASO PRÁCTICO 2: MEJORA DE LOS CORREDORES DE CONEXIÓN DEL OSO PARDO CANTÁBRICO EN ASTURIAS.

6.1.- ANÁLISIS DEL CORREDOR INTERPOBLACIONAL DEL OSO PARDO CANTÁBRICO.

6.1.1.- SITUACIÓN ACTUAL DE LA ESPECIE.

El Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España (PALOMO y col., 2007) cita a las infraestructuras, bien por la pérdida y fragmentación del hábitat que originan, bien por causa de los atropellos, como factor de amenaza en cinco de las siete especies de mamíferos que en nuestro país están consideradas legalmente, en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, como “en peligro de extinción” (Tabla 24). Las otras dos no por ser especies marinas –la foca monje (*Monachus monachus*) y la ballena vasca (*Eubalaena glacialis*).

Tabla 24.- Diagnóstico sobre los factores de amenaza relacionados con las infraestructuras de transporte citados en PALOMO y col. (2007) para las cinco especies de mamíferos terrestres considerados legalmente en España como “en peligro de extinción”. (*Considerado en peligro de extinción sólo en el Sistema Central).

Especie	Factores de amenaza relacionados con las infraestructuras.
Desmán Ibérico* <i>(Galemys pyrenaicus)</i>	Obras civiles, como carreteras o puentes, pueden suponer alteraciones temporales del hábitat del desmán.
Murciélago patudo <i>(Myotis capaccinii)</i>	En la Comunidad Valenciana dos refugios están amenazados por la construcción de sendas autovías, y en Aragón un ejemplar atropellado en una carretera.
Oso pardo <i>(Ursus arctos)</i>	La falta de conexión entre ambas subpoblaciones y proyectos de construcción de nuevas infraestructuras viarias en la subpoblación occidental.
Visón europeo <i>(Mustela lutreola)</i>	Los atropellos son cada vez más frecuentes, debido a la mejora de las carreteras, al aumento del parque automovilístico, al aumento de la velocidad media y a la escasa concienciación de este problema.
Lince ibérico <i>(Lynx pardinus)</i>	Grandes áreas de monte se eliminan para construir infraestructuras de transporte. Durante la década de los 80, el 49% de las 1258 muertes no naturales registradas se produjeron en cepos y lazos, el 30% fue por la caza ilegal, y el 5% por accidentes de tráfico. En cambio, entre los años 2000 y 2003, 13 de las 18 muertes no naturales registradas fueron debidas a atropellos, 4 al trampeo ilegal y 1 por disparos.

Dentro de este grupo, y por lo que se refiere a los grandes carnívoros, en el lince ibérico los atropellos han ido aumentando en los últimos años, de tal forma que si hasta 2011 nunca se habían superado los cinco ejemplares atropellados por año, ésta cifra ha empequeñecido al lado de los 14 registrados en 2013, de los 22 de 2014 o de

los 15 de 2015, lo que ha convertido a esta causa en la principal dentro de la categoría de mortalidad no natural de la especie (WWF, 2015).

No es el caso del oso pardo, del que solamente existe constancia de un fallecimiento por atropello, ocurrido el 28 de octubre de 2008 en el kilómetro 417 de la A-6, en el término municipal de Trabadelo (León). Sin embargo, las grandes infraestructuras de transporte sí parece que tienen una incidencia importante en lo relativo a la fragmentación de su área de distribución.

Aunque en un pasado relativamente reciente, el oso pardo se encontraba presente en la totalidad de los sistemas montañosos españoles, en la actualidad sólo es posible hallarlo en los Pirineos, donde apenas habitan 25 ejemplares entre las vertientes francesa y española, y en los montes cantábricos. Por su parte, la población cantábrica, que hace apenas 75 años era un todo continuo (NORES y NAVES, 1993), se encuentra dividida en dos subpoblaciones separadas geográficamente (Figura 256), con características genéticas diferenciadas y con un incipiente y reducido intercambio demográfico y genético entre ambas. Siendo las dos prácticamente iguales en el tamaño del área que ocupan (unos 2800 km² para la occidental y unos 2100 km² para la oriental), su entidad poblacional es, sin embargo, muy diferente, ya que mientras la occidental está constituida por unos 200 ejemplares, la oriental apenas tiene 30. En razón de esta distinta ocupación territorial, se estima que del orden del 75% de los osos cantábricos dependen del territorio asturiano en algún momento de su ciclo vital.



Figura 256.- Distribución y población del oso pardo en la Cordillera Cantábrica (extraído de la página web de la Fundación Oso Pardo).

Se trata de una población que, por primera vez desde hace décadas, está aumentando (por mucho que, en algún momento, haya podido existir cierto debate sobre el alcance y significado de tal incremento –FERNÁNDEZ-GIL y COL. 2010 y PALOMERO y COL. 2010–), habiéndose pasado de los 70-90 ejemplares estimados en 1993 (PALOMERO y col. 1993) a 223 en 2006 (PÉREZ y col., 2014) ó 230 en 2014 (FOP, 2015). Este crecimiento se ha producido sobre todo en la subpoblación occidental donde, por ejemplo, el número de osas con crías censadas anualmente ha mostrado una tendencia claramente positiva desde el año 2003, localizándose ahora del orden de 3

veces más que entonces (Figura 257), aunque también parece estar dándose en la oriental (GONZÁLEZ y COL. 2016).

Este incremento poblacional parece haber favorecido los movimientos de dispersión de algunos ejemplares (machos adultos y subadultos). En los últimos años, y a pesar de los problemas asociados al efecto barrera de las infraestructuras existentes entre ambas subpoblaciones –que son notables en el límite oriental de la subpoblación occidental, donde en muy poco espacio se acumula una autopista (AP-66), una carretera nacional (N-630), una vía férrea convencional y una línea de AVE en construcción–, ha habido movimientos de ejemplares entre ambas (antes eran muy escasos, con un único ejemplar transhumante localizado en 1992 –GARCÍA GARITAGOITA y col. 2006–), como atestiguan:

- Que un estudio genético realizado entre 2004 y 2008 (PÉREZ y col., 2009) detectara en la subpoblación oriental tres machos que tenían características genéticas de la occidental (Figura 258).
- Que en 2006 se muestreara en ambas subpoblaciones y en el propio corredor un macho, con características genéticas orientales, que recorrió entre mayo y noviembre de ese año al menos 144 km de un lado a otro (PÉREZ y col., 2010) (Figura 258).
- Que en 2008 se confirmara el primer cruzamiento entre un oso occidental y una osa oriental, con al menos dos crías mixtas (PÉREZ y col., 2010) (Figura 258).
- Que entre 2009 y 2011 el trabajo de prospección de la Fundación Oso Pardo permitiera recoger 46 fichas de registro de presencia de osos en el corredor entre ambas subpoblaciones (ALFARO y col. 2011).
- Que un nuevo estudio genético realizado entre 2013 y 2014 haya permitido individualizar 26 ejemplares distintos en la subpoblación oriental y que de ellos 7 tenían características genéticas de la occidental (es decir, corresponden a individuos migrantes), 14 tenían características genéticas mixtas y 5 eran individuos orientales “puros”. (GONZÁLEZ y col. 2016)

Esta movilidad de ejemplares entre una y otra subpoblación trae de nuevo a colación con renovado ímpetu una cuestión que ya desde que se planteó la recuperación del oso en la cordillera Cantábrica estuvo presente. En efecto, todos los Planes de Recuperación del Oso aprobados en su día (Decreto 34/1989, de 18 de mayo, por el que se aprueba el Plan de Recuperación del Oso en Cantabria; Decreto 108/1990, de 21 de junio, por el que se establece un Estatuto de protección del oso pardo en Castilla y León y aprueba el Plan de Recuperación; Decreto 13/1991, de 24 de enero, por el que se aprueba el Plan de Recuperación del Oso en Asturias y Decreto 149/1992, de 5 de junio, por el que se aprueba el Plan de Recuperación del Oso en Galicia) planteaban como uno de sus fines evitar el aislamiento entre ambas subpoblaciones favoreciendo la recolonización de nuevas áreas, hasta el extremo de, en el caso asturiano, delimitar un área de “distribución potencial”. Esta finalidad se ha mantenido en las sucesivas

revisiones de estos instrumentos de gestión de la especie, a la par que, además, se ha intentado darla una perspectiva más global, incluyéndola como tal en la Estrategia para la Conservación del Oso Pardo en la Cordillera Cantábrica, aprobada por la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza el 19 de octubre de 1999.

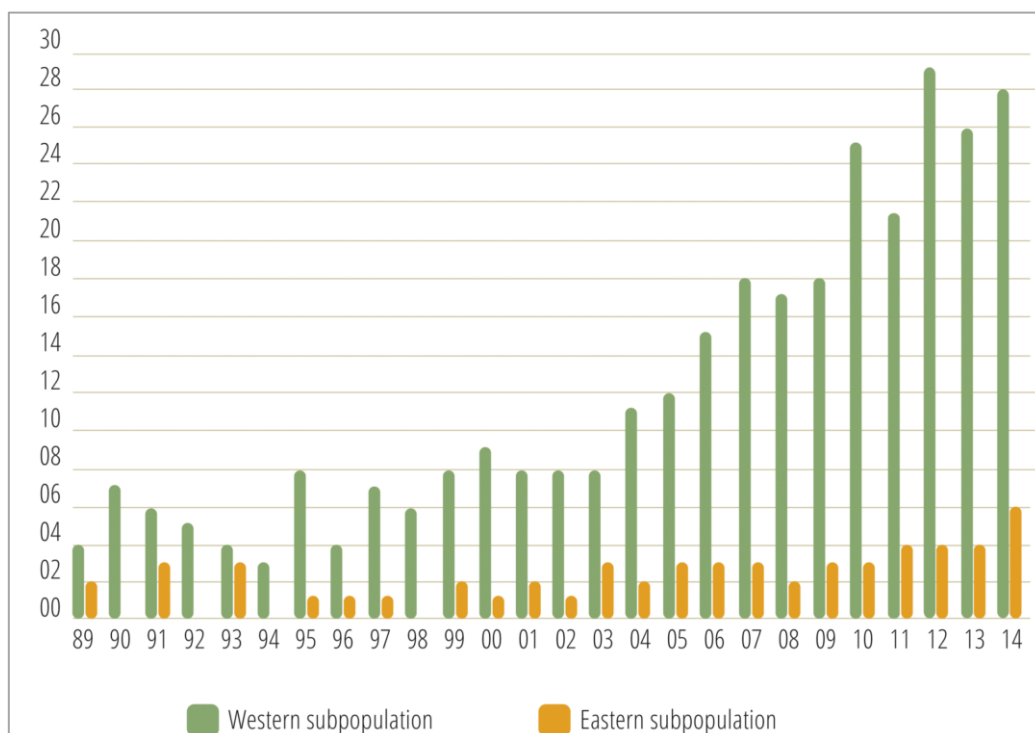


Figura 257.- Resultados de los censos de osas con crías 1989-2014 –nº de osas con crías– (fuente: GONZÁLEZ y col. 2016).

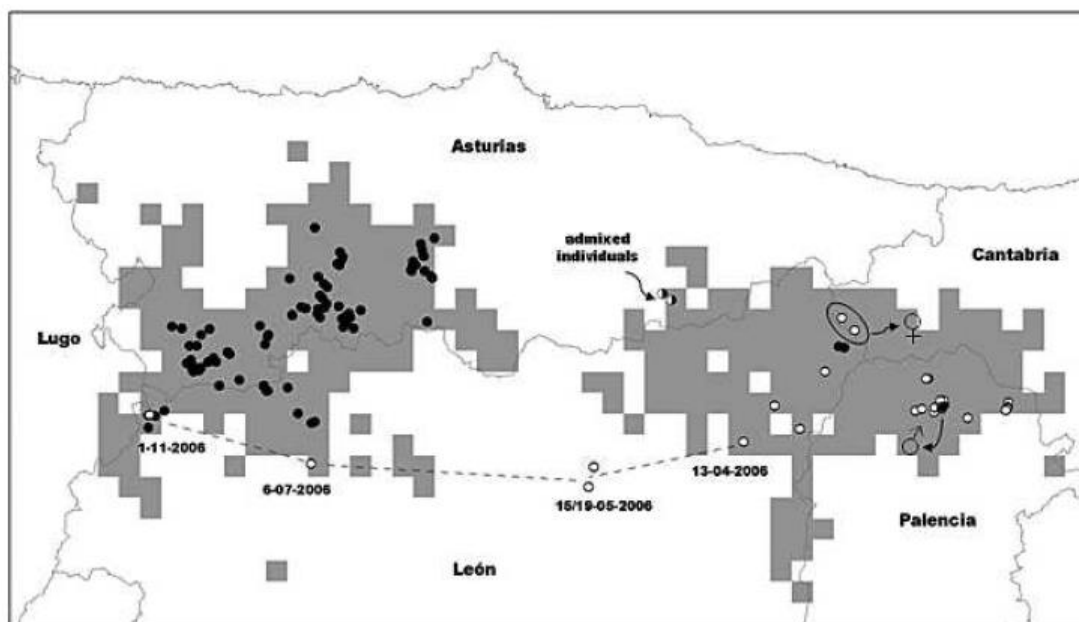


Figura 258.- Distribución del oso pardo y ejemplares genotipados en las subpoblaciones occidental (círculos negros) y oriental (círculos blancos). Individuos mixtos en círculos mitad blancos y mitad negros (fuente: PÉREZ y col. 2010).

6.1.2.- MODELOS TEÓRICOS DE MIGRACIÓN.

En el plano teórico se han realizado distintos ejercicios para identificar con mayor precisión los posibles corredores entre ambas poblaciones y plantear en consecuencia zonas de actuación preferente. Así, por ejemplo, NAVES y col. (2003) construyeron un modelo, basado en datos sobre presencia y reproducción de osos en el periodo 1982-1995, de carácter bidimensional (al entender que la supervivencia de los grandes carnívoros está determinada principalmente por la mortalidad inducida por humanos, mientras que la condición nutricional determina la tasa reproductiva) aplicando regresiones logísticas que consideraban, en una rejilla de 5 x 5 km, variables naturales (cubierta de bosques, arbustos y repoblaciones, precipitación anual y rugosidad del territorio) y humanas (población, número de pueblos, superficie agraria útil, maquinaria agrícola y carga ganadera). De esta forma definieron cinco categorías de hábitat (matriz –sin reproducción o con mortalidad muy alta–, sumidero –reproducción baja, mortalidad alta–, refugio –reproducción baja, mortalidad baja–, sumidero atractivo –reproducción alta, mortalidad alta– y fuente –reproducción alta, mortalidad baja–) que fueron aplicadas al territorio y comparadas con los datos sobre osos utilizados y con otros de carácter histórico (siglos XIV y XIX) para comprobar la utilidad del modelo (Figura 259).

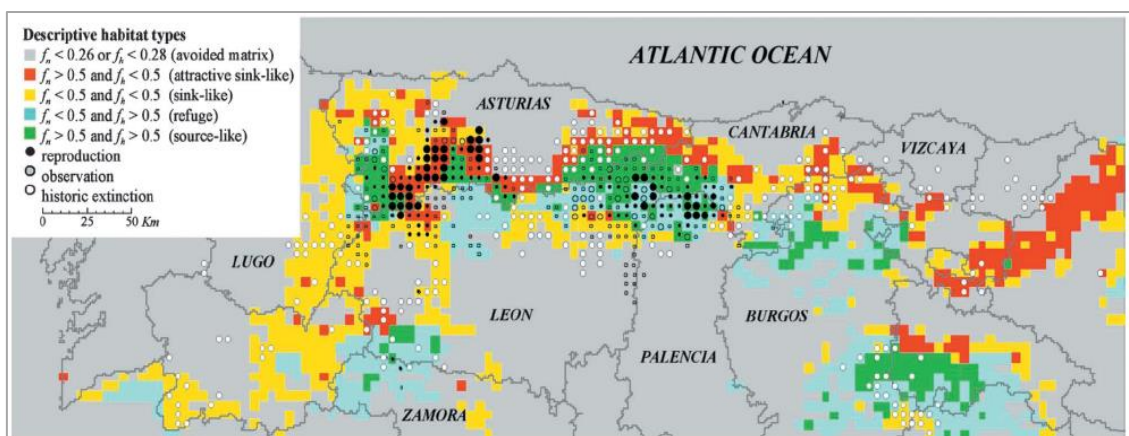


Figura 259.- Resultados del modelo bidimensional propuesto por NAVES y col. (2003).

Más tarde, el modelo presentado por GARCÍA y col. (2007) se basaba en la determinación de áreas de refugio (entendidas como las potencialmente útiles para acumular cuevas de hibernación y encames de descanso) y estaba construido mediante una regresión logística utilizando en el análisis, realizado en cuadrículas de 50 m de lado, 161 localizaciones de cuevas y encames de oso y variables independientes referidas a elementos de perturbación (tales como infraestructuras o edificios) y características naturales (bosques, matorrales y zonas rocosas). Su modelo (Figura 260) mostraba que había un pasillo de cerca de 30 km de longitud que carecía casi por completo de áreas de refugio y que, además, contiene infraestructuras importantes.

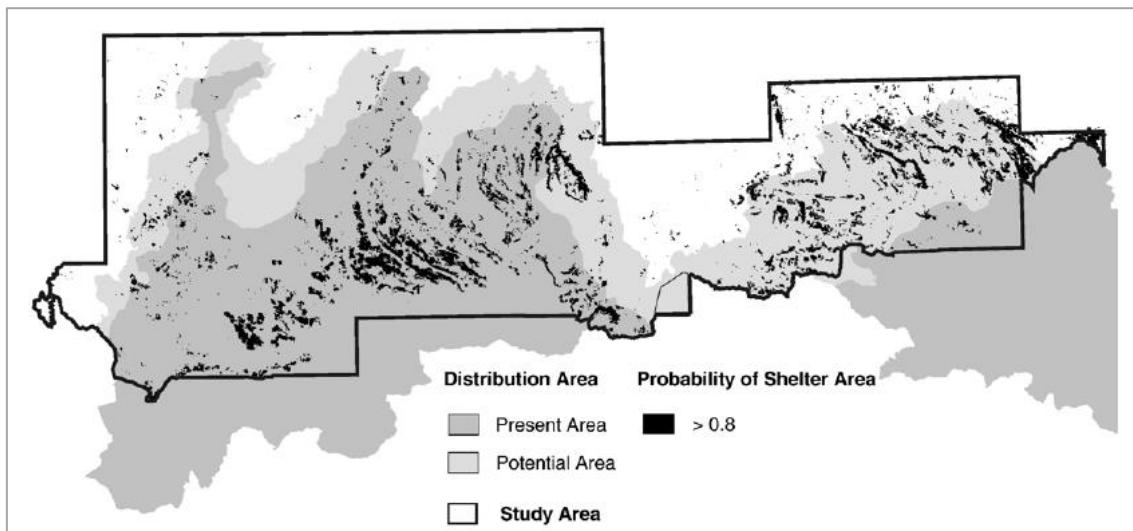


Figura 260.- Modelo de áreas de refugio para oso pardo en la cordillera Cantábrica según GARCÍA y col. (2007).

Después, MARTÍN y col. 2008, integraron sobre una cuadrícula UTM de 5 km de lado diversa información ambiental y de uso humano para elaborar un mapa de calidad de hábitat para el oso, a partir del cual estimaron la conectividad para los osos utilizando un método de coste-distancia, identificando así los pasillos que ofrecían una menor resistencia al movimiento de los ejemplares, aunque con la limitación de que en la zona de la AP-66 todos los movimientos debían realizarse por encima de los túneles con los que cuenta esta infraestructura (Figura 261).

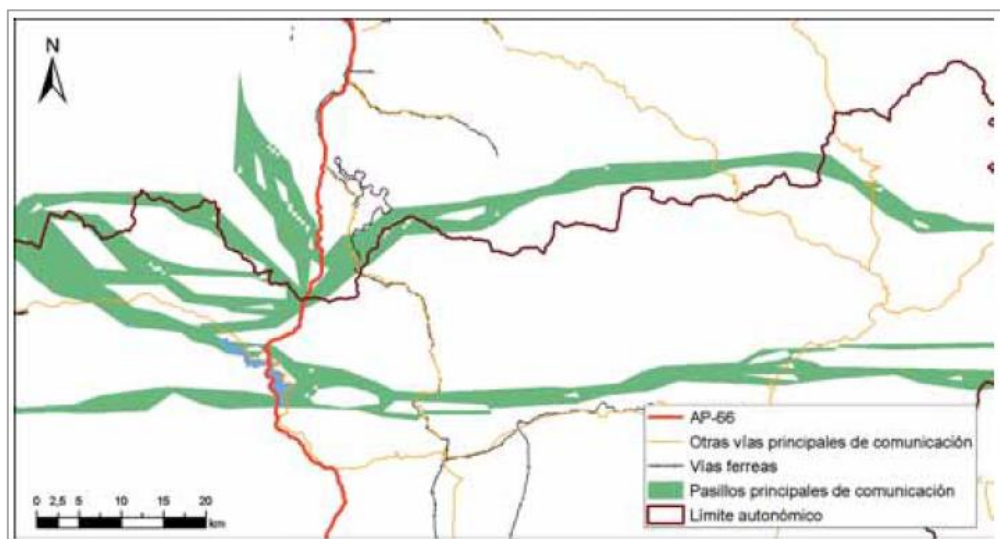


Figura 261.- Pasillos de alta conectividad interpoblacional de osos según MARTÍN y col. (2008).

Por su parte, NAVES y col. (2010) utilizaron celdas de 1 km² para estudiar 13 variables naturales y humanas, entre ellas la densidad de las infraestructuras de comunicación, y trabajando con localizaciones de oso georreferenciadas elaborar un modelo de calidad de hábitat para el plantígrado basado en una regresión logística e identificar a grandes rasgos a partir de él las áreas potenciales de conexión entre las dos subpoblaciones (Figura 262).

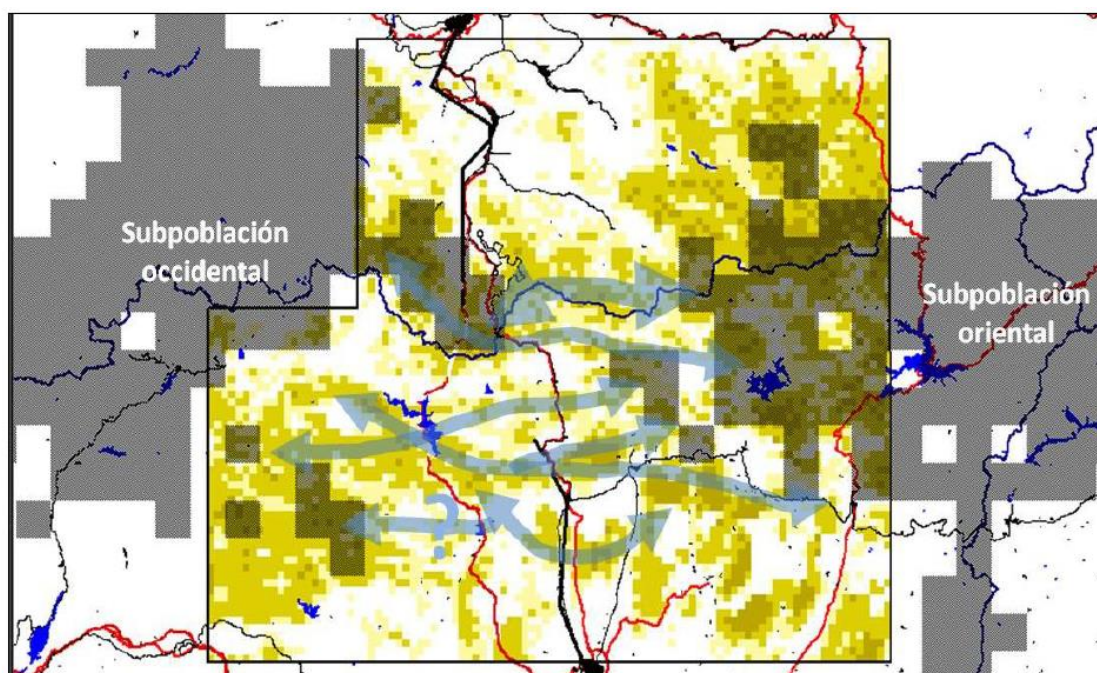


Figura 262.- Sobre el modelo de calidad de hábitat se señalan a grandes rasgos las rutas de comunicación entre las subpoblaciones oriental y occidental de la Cordillera Cantábrica (fuente: NAVES y col. 2010).

Además, MATEO-SANCHEZ y distintos colaboradores han trabajado intensamente, desde enfoques complementarios, sobre esta cuestión. Las primeras aproximaciones (MATEO-SANCHEZ y col. 2013 a) se basaron en un tamaño de pixel de 5 km de lado, combinando un modelo multiescala de calidad de hábitat con la teoría de circuitos para cuantificar la importancia de los elementos conectores en la red ecológica del oso y generar así unos mapas de flujo que mostraban las conexiones potenciales dentro y entre ambas subpoblaciones, indicando las zonas de paso más probables y de mayor concentración potencial de individuos en dispersión desde unas teselas a otras. Trabajos posteriores realizados con modelos multiescala (MATEO-SANCHEZ y col. 2013b) mostraron, no obstante, que las carreteras y ferrocarriles tenían un efecto mucho menor sobre el modelo que otras cuestiones, como pueden ser la densidad de población humana, las actividades agroganaderas en el territorio o la extensión de la cubierta forestal, aunque la capacidad predictiva de las variables cambiaba notablemente en función de la escala a la que se midieran, en las que los osos parecían responder con más fuerza a los indicadores de la perturbación humana, como la densidad de construcción o la de infraestructuras de transporte y la agricultura en el medio, a escalas amplias.

Una aplicación muy práctica, directamente relacionada con las infraestructuras de transporte, la encontramos en MATEO-SANCHEZ y col. (2014) que, basándose de nuevo en un modelo multiescala de hábitat combinado con un análisis factorial de densidad de rutas de menor coste, obtuvieron el resultado gráfico que se muestra en la Figura 263 que señala las ubicaciones en las que las infraestructuras de transporte pueden actuar como barreras.

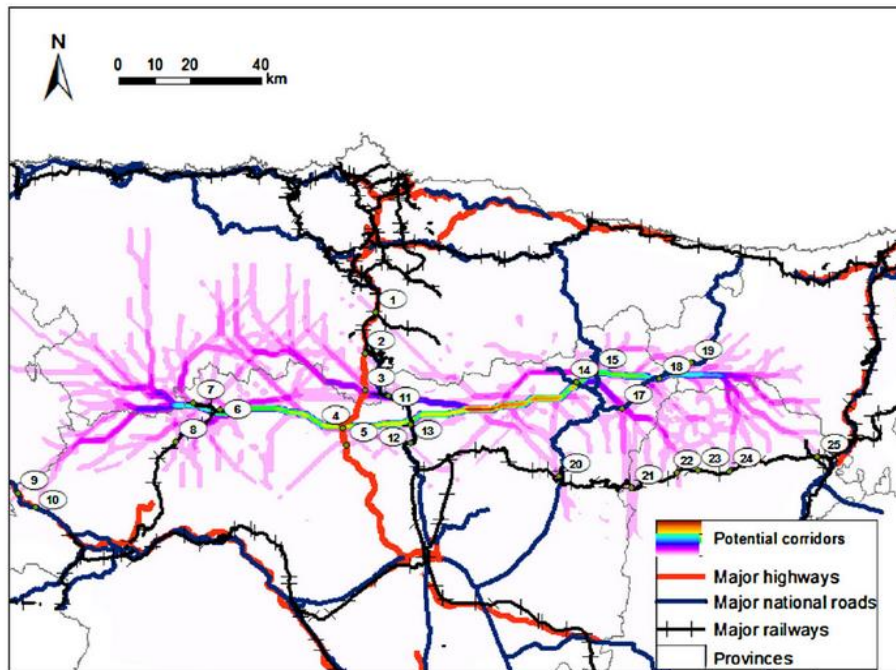


Figura 263.- Intersección de corredores previstos de oso pardo con las principales autovías, carreteras nacionales y vías férreas. Las ubicaciones numeradas representan áreas que pueden actuar como barreras al movimiento, según MATEO-SANCHEZ y col. (2014).

En cualquier caso, debe matizarse que MATEO-SANCHEZ y col. (2015), comparando los resultados obtenidos de modelos de resistencia basados en datos de hábitat y en datos genéticos, respectivamente, han observado que los modelos de hábitat, como los enumerados hasta ahora, tienden a sobreestimar la resistencia al movimiento a través de áreas no óptimas, mientras que los datos genéticos producen estimaciones más altas de distancias efectivas dentro de las áreas de hábitat. En consecuencia, sus resultados sugieren que la dispersión de ejemplares puede estar generalmente menos limitada por las condiciones del paisaje que la utilización del hábitat dentro de las áreas de distribución habituales, y que los animales dispersantes pueden ser más flexibles en su comportamiento de movimiento que lo son los residentes en su comportamiento de utilización de los recursos del hábitat dentro de las áreas de distribución habituales, lo que se traduce en que debe considerarse con más cuidado el modelado de la conectividad y la posterior delimitación de los pasillos, que probablemente sea menos exigente de lo pensado hasta ahora.

Por último, PACHECO (2015) también ha realizado una aportación a la conectividad entre subpoblaciones, partiendo del análisis de las variaciones habidas en el hábitat del oso entre 1990 y 2000, entre 2000 y 2006 y entre 1990 y 2006, para lo que ha utilizado la información contenida en CORINE Land Cover, base de datos de ocupación del suelo con escala de referencia 1:100000, a nivel europeo, basada en una nomenclatura jerárquica de 44 clases, con tamaño mínimo de polígonos 25 ha, elaborada usando una resolución espacial de 50 m en 1990 a partir de imágenes del satélite Landsat-TM5, de 25 m en 2000 a partir de imágenes del Landsat-ETM7 y de 25 m en 2006 a partir de imágenes del SPOT.

6.1.3.- ACTUACIONES PRÁCTICAS ORIENTADAS A MEJORAR LA CONEXIÓN.

Desde una perspectiva práctica las actuaciones de gestión también han dedicado esfuerzos a la zona del corredor interpoblacional, aunque casi siempre orientados a mejorar la calidad forestal de la zona mediante plantaciones que pretendían crear un hábitat apropiado para que los osos pudieran transitar por él con mayor tranquilidad y la mayoría de las veces perseguían, además, conducir los osos hacia los túneles de la AP-66 en un esfuerzo por permeabilizar la que se considera la mayor barrera en este espacio, aunque no la única. Ese fue el planteamiento, por ejemplo, del primer Proyecto LIFE –proyectos que cuentan con una importante financiación europea– (1992-1997) “Acciones para la conservación del oso pardo y su hábitat en la Cordillera Cantábrica”, en el que el Principado de Asturias dedicó a actuaciones de restauración del hábitat (repoblaciones y su mantenimiento) en el entorno de la entonces denominada autovía A-66 cerca de 500 millones de pesetas. Lamentablemente, y más allá de que el asentamiento de bosques que sean realmente de utilidad para el oso pardo requiere de periodos largos de tiempo, estas repoblaciones no parecen haber dado los frutos previstos (FERNÁNDEZ 2006, VILLA 2007). En cualquier caso, algunas actuaciones posteriores han seguido transitando por esa senda, así el Convenio de Colaboración entre el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino y la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias relativo a actuaciones de conservación en la Red Natura 2000 firmado el 6 de mayo de 2009, y por el que el primero se comprometía a financiar una serie de actuaciones en el territorio del segundo, incluía entre ellas las “restauración de hábitat para el oso en los corredores del Huerna-Pajares, Leitariegos y Aller”, que se desarrolló mediante proyectos individualizados de reforestación en las tres áreas.

Sin embargo, la evidencia de que ahora hay más osos que se dispersan que en épocas pasadas y que, como ya se ha expresado, el hábitat utilizado para dispersarse no es (o no tiene que ser necesariamente) similar al hábitat utilizado por un oso para vivir (aun considerando el de menor calidad de éste) y que este aspecto puede tener más que ver con las condiciones del movimiento y dispersión de los ejemplares que con las necesidades de osos residentes y establecidos en un territorio, aconsejan cierto replanteamiento del tema. Así lo entendió, por ejemplo, la Fundación Oso Pardo que, en el marco del proyecto LIFE “Corredores de comunicación para la conservación del oso pardo cantábrico”, desarrollado entre 2009 y 2011, adoptó una visión más pragmática y cortoplacista, incluso con lo que tiene que ver con las infraestructuras de transporte.

6.1.4.-BARRERA GENERADA POR LA AP-66.

Aunque no se pueda desapreciar el efecto acumulativo y sinérgico de las diferentes infraestructuras existentes en el corredor interpoblacional de los osos pardos cantábricos, la principal susceptible individualmente de causar el efecto barrera existente en el mismo es la AP-66 –que une Asturias con la Meseta–, toda vez que la N-610 pese a que tiene un elevado tráfico está sin vallar, que la línea de ferrocarril convencional es una larga y numerosa sucesión de túneles (menos en la parte leonesa

que en la asturiana) y que la línea de AVE en construcción cuenta con un importante túnel de 24,6 km de largo en pleno corazón de la cordillera (aunque los extremos pueden causar algunos problemas de fragmentación a los osos).



Figura 264.- Túneles en la AP-66 (fuente: AUCALSA 2015).

La AP-66 se comenzó a construir en 1975, y en agosto de 1983 se abrió al tráfico su primera fase. Por aquellas fechas la importancia que se concedía a la reducción del efecto barrera de las infraestructuras era nula y, en consecuencia, la autopista carece en origen de pasos de fauna específicos u otras medidas. Sin embargo, la AP-66 tiene túneles, viaductos y otras estructuras que pueden permitir el paso del oso. De forma tradicional, como se ha comentado, la mirada de los gestores e investigadores del oso se ha vuelto hacia los túneles que, no en vano, tienen una longitud total de 16927 metros, representando aproximadamente el 10% del recorrido total de la autopista, aunque a efectos de la distancia de paso se reduce a la mitad puesto que los túneles son dobles (Figura 264). Algunos de ellos son relativamente cortos, aunque de anchura suficiente como para funcionar como pasos de fauna, y otros, en la vertiente castellanoleonesa, están prácticamente pegados al embalse Barrios de Luna (Tabla 25), infraestructura que no hace sino añadir un efecto sinérgico por mucho que hayan sido detectados osos entre la autopista y el embalse e, incluso, nadando en él (BLANCO y BALLESTEROS, 2012).

Excepción hecha de los siete túneles y de un gran viaducto puente sobre un brazo del embalse de Barrios de Luna, la AP-66 tiene, al menos, otros 35 lugares de paso inferiores que podrían permitir el tránsito de la fauna. La Fundación Oso Pardo los ha inventariado y cartografiado y se representan, junto con las citas de oso pardo encontradas por esta organización en sus proximidades entre 2009 y 2011 en la Figura 265.

Ya se ha comentado que el entorno inmediato de los túneles, incluyendo el terreno que está sobre ellos, ha sido objeto de distintas actuaciones de carácter forestal hace años y en la actualidad existe una propuesta del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) con acciones de adecuación para los tres túneles íntegramente asturianos y para dos viaductos en la parte castellanoleonesa, pero aún se puede ir más allá.

Tabla 25.- Túneles existentes en la AP-66 en el área de distribución del oso (fuente: elaboración propia a partir de datos de AUCALSA, 2015).

TÚNEL	LONGITUD	COTA MÁXIMA	COMUNIDAD AUTÓNOMA	OBSERVACIONES
Barrios I	1600 m.	1130 m.	Castilla y León	Tienen al Este el embalse de Barrios de Luna
Barrios II	1614 m.	1130 m.		
Cosera I	227 m.	1126 m.	Castilla y León	
Cosera II	234 m.	1122 m.		
Oblanca I	650 m.	1123 m.	Castilla y León	
Oblanca II	667 m.	1123 m.		
El Negrón I	4100 m.	1229 m.	Castilla y León - Asturias	
El Negrón II	4144 m.	1229 m.		
Vegaviesga I	230 m.	1084 m.	Asturias	
Vegaviesga II	236 m.	1084 m.		
Pando I	1220 m.	1069 m.	Asturias	
Pando II	1453 m.	1060 m.		
Entrerregueras I	272 m.	1022 m.	Asturias	
Entrerregueras II	280 m.	1024 m.		

En consecuencia, desde la perspectiva de aumentar aún más la permeabilidad de esta infraestructura dos son los aspectos que deben ser considerados: la posible adecuación para el oso pardo del resto de los pasos potenciales, todos ellos inferiores, y la cuestión del vallado perimetral que, en definitiva, no es sino debatir sobre la forma de conducir a los osos hacia los pasos –evitando, por otra parte, que puedan penetrar en la autopista, morir atropellados y causar siniestros–.



Figura 265.- Indicación de los lugares con pasos de fauna potenciales en la AP-66 y citas de oso en sus proximidades (fuente: BLANCO y BALLESTEROS, 2012).

6.2.- PROPUESTA DE MEJORA DEL VALLADO PERIMETRAL DE LA AP-66.

6.2.1.- VALLADOS PERIMETRALES PARA OSOS.

Algún trabajo califica al oso pardo como un animal que evita o huye de las carreteras con volúmenes de tráfico medios o elevados y que, por tanto, tiene una mortalidad baja debida a las colisiones con vehículos (JACOBSON y col. 2016) y es cierto que no se conoce más que un caso de un oso fallecido en un atropello en una autovía en España. Además el animal presentaba una intoxicación por productos tóxicos empleados en la agricultura (BLANCO y BALLESTEROS, 2012) que probablemente hiciera que tuviera sus capacidades mermadas, pero también es verdad que el problema es frecuente en Norteamérica (HUIJSER y col. 2008a, GAILUS 2013, U.S. FWS 2013) y en países europeos, tales como Croacia (DEČAK y col. 2005, ŠPREM y col. 2013), o, más todavía, en Eslovenia (PETKOVŠEK y col. 2015) o en Grecia (MERTZANIS y col., 2011) (Figura 266). Así pues, la primera medida será analizar si el vallado que actualmente posee la AP-66 cumple con los estándares recomendados para los osos.



Figura 266.- Primer oso muerto por atropello en la autovía Egnatia (Grecia) (fuente: MERTZANIS y col. 2011), donde desde 2008 han muerto más de 20 ejemplares.

El Servicio de Parques Nacionales de Canadá piensa que “la electricidad es el mejor amigo del oso” (PARKS CANADA, 2014) porque evita conflictos. En efecto, las cercas electrificadas se han revelado muy útiles para detener no sólo a los osos, sino a la mayoría de los animales. En el caso del plantígrado se han utilizado vallas electrificadas para defender avionetas (en Alaska), colmenas, zonas de pasto de ganado, lugares de acampada, áreas de esquí, contenedores de basura, vertederos, huertos, cobertizos y cabañas aisladas, etc..., incluyendo su uso en cercados de exhibición de osos (por ejemplo, en Asturias en el cercado osero de Proaza). Sólo puntualmente se ha utilizado la electricidad en carreteras y similares con el fin de impedir el acceso a ellas a los osos y, casi nunca, a través de vallas, dadas las dificultades asociadas al mantenimiento (eliminación periódica de la vegetación para que no entre en contacto con los cables cargados, el problema de la nieve, los cables rotos o cortados, la carga y remplazo de las baterías, etc...) y a la seguridad en caso de accidentes. Es más habitual su uso mediante alfombras electrificadas, como las instaladas en la autovía 93 Norte (Canadá) (Figura 267), en su paso por el Parque Nacional de Banff, cuya finalidad es evitar la

entrada de osos y otros animales a la autovía por distintos accesos a la misma mediante una pequeña descarga en las garras o pezuñas del animal que las pise.



Figura 267.- Alfombra electrificada (o electromat) en un acceso a la autovía 93 North, en el Parque Nacional de Banff (fuente: PARKS CANADÁ, 2014).

El diseño de vallas capaces de detener e impedir el paso a los osos es una cuestión ampliamente estudiada desde hace tiempo por su vinculación con todo tipo de actividades económicas realizadas por los hombres en territorios con estos animales. Una de las mejores revisiones sobre el asunto puede encontrarse en el informe elaborado por FOLLMAN y col. (1980) con motivo de la construcción de oleoductos en Alaska, que contiene y recomienda tres diseños de vallas (protección estándar, intermedia o elevada) para osos negros y pardos (Figura 268), electrificadas o no, para la defensa de los campamentos de las obras y de otras instalaciones sensibles en las mismas, y que están en la base de la mayoría de las vallas que, con posterioridad, han sido construidas para impedir el acceso de los osos a cualquier tipo de infraestructura. Sus especificaciones técnicas se reflejan en la Tabla 26.

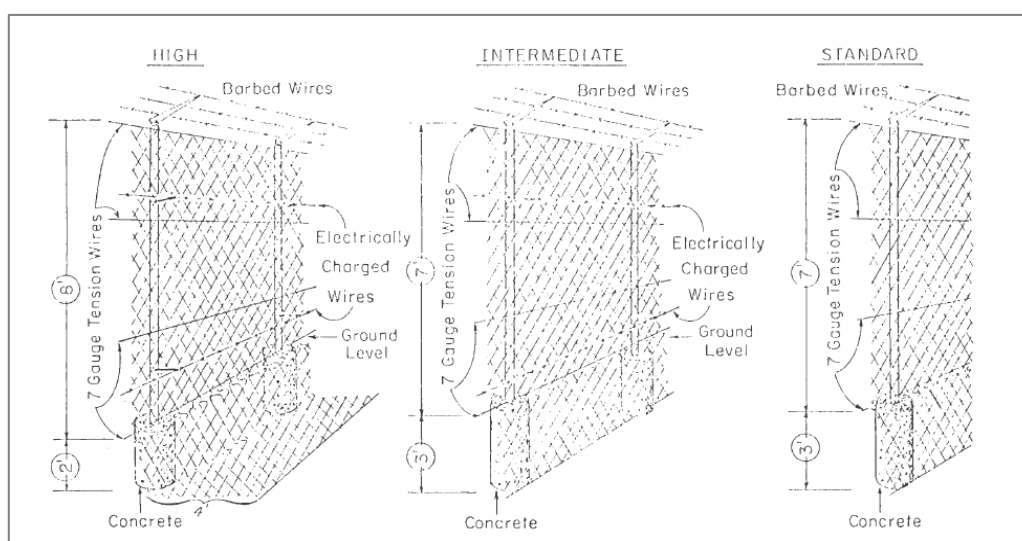


Figura 268.- Vista oblicua de las vallas disuasorias recomendadas para una protección de grado alto, intermedio y estándar para osos (fuente: FOLLMAN y col. 1980).

Tabla 26.- Especificaciones técnicas de los vallados antiosos de FOLLMAN y col. (1980). Dimensiones originales en pies (ft) y pulgadas (inch); 1 ft=0,3048 m; 1 inch=2,54 cm.

	Protección estándar	Protección intermedia	Protección elevada
Altura libre de la valla	7-pies 2-pulgadas	7-pies 2-pulgadas	8-pies 2-pulgadas
Altura enterrada de la valla	3 pies	3 pies	2 pies
Faldón de malla en tierra	No	No	Sí. Horizontal y enterrado, de 4 pies
Calibre de la malla	9	9	9
Colocación de la malla	Por la parte exterior de los postes	Por la parte exterior de los postes	Por la parte exterior de los postes
Diámetro de los postes	3 pulgadas	3 pulgadas	3 pulgadas
Separación entre postes	10 pies	10 pies	10 pies
Diámetro de los postes esquineros	4 pulgadas	4 pulgadas	4 pulgadas
Diámetro de los postes de las puertas	7 pulgadas	7 pulgadas	7 pulgadas
Anclaje de los postes	Hormigón (u otra forma que asegure fuerza y estabilidad)	Hormigón (u otra forma que asegure fuerza y estabilidad)	Hormigón (u otra forma que asegure fuerza y estabilidad)
Cables de tensión	4 (uno en la parte superior, dos en la intermedia y otro abajo)	4 (uno en la parte superior, dos en la intermedia y otro abajo)	4 (uno en la parte superior, dos en la intermedia y otro abajo)
Colocación de la bayoneta	Hacia el exterior	Hacia el exterior	Hacia el exterior
Barras de celosía para las bayonetas	3/8 pulgadas	3/8 pulgadas	3/8 pulgadas
Nº alambres de espino en la bayoneta	3	3	3
Características del alambre de espino	doble de 12-1 / 2 de calibre; púas de 4 puntas cada 5 pulgadas	doble de 12-1 / 2 de calibre; púas de 4 puntas cada 5 pulgadas	doble de 12-1 / 2 de calibre; púas de 4 puntas cada 5 pulgadas
Tipo de material de las barras de tensión, elementos de sujeción.	Acero (no aluminio)	Acero (no aluminio)	Acero (no aluminio)
Distancia a suelo del hilo eléctrico inferior		1 pie	1 pie
Distancia a suelo del hilo eléctrico superior		5-6 pies	5-6 pies
Colocación hilos eléctricos		En la parte exterior, sobre aisladores y a 10 pulgadas de la tela metálica	En la parte exterior, sobre aisladores y a 10 pulgadas de la tela metálica
Carga de los hilos		De forma independiente	De forma independiente
Tipo de corriente		Alto voltaje, bajo amperaje.	Alto voltaje, bajo amperaje.
Carga de los cables		+	+
Carga de la toma a tierra		-	-

No obstante, en las autovías, al tener que cubrir en ocasiones grandes extensiones de terreno muchas veces se ha recurrido a vallados más sencillos, incluso en lugares caracterizados por la elevada presencia de osos. Así, por ejemplo, en la Trans-Canada Highway –la autovía que une el este con el oeste canadiense, del Atlántico al Pacífico, atravesando más de 8000 km por 10 provincias de este país, y que discurre por algunos de los territorios más oseros de él, como el Parque Nacional de Banff (Figura 269)– o en alguna de sus conexiones –como la autovía 93S, que atraviesa el Parque Nacional de Kootenay– el vallado es por lo general más simple, limitándose a una estructura

con postes de madera y una malla de 2,4 m de altura libre y enterrada un metro (FORD y col. 2011) –recomendaciones más o menos similares a las recogidas en HUIJSER y col. 2015a–.



Figura 269.- Trans-Canada Highway en su discurrir por el Parque Nacional de Banff, con un paso superior de fauna (fuente: PARKS CANADA, 2014).

Desde 1996 la propia Trans-Canada Highway, en colaboración con el servicio de parques nacionales canadiense, mantiene un programa de seguimiento y evaluación del rendimiento de las medidas mitigadoras sobre la fauna que se llevaron a cabo en esta infraestructura (CLEVENGER 2011). Este seguimiento no ha mostrado que los osos pardos entren en esta autovía escalando las vallas, pero sí ha podido comprobar como los osos negros (*Ursus americanus*) lo hacen (CLEVENGER en HARDY y col. 2007). Para solucionar este problema CLEVENGER y HUIJSER (2011) proponen plataformas en voladizo en la parte superior de las vallas –aunque, en su opinión, su eficacia nunca ha sido probada formalmente–, que pueden estar dotadas de alambre de espino, sugerencia que también es recogida en HARDY y col. (2007) que, a su vez proponen otras medidas, como que los postes sean siempre metálicos o, de más dudosa eficacia, que el tamaño de la rejilla de la malla sea lo suficientemente pequeño como para que los osos no puedan meter los pies en ella. En cualquier caso, el propio Parque Nacional de Banff comenzó en 2014 un programa para probar diseños experimentales de cercas no electrificadas de bajo mantenimiento capaces de mantener los osos fuera de la Trans-Canada Highway (PARKS CANADA 2014).

Que los osos pardos escalan las vallas y entran así en las autovías sí ha sido ampliamente probado en Grecia, en la autovía Egnatia. Esta carretera de alta capacidad, que se denomina así porque discurre en muchos tramos paralela a la vía del mismo nombre construida por los romanos en el 146 a.C., tiene 670 km de longitud y recorre el norte del país de este (desde la ciudad de Kipoi, en la frontera greco-turca, junto al río Evros) a oeste (en el puerto de Igoumenitsa), contando con una sección de 24,5 m y con 76 túneles con 99 km de longitud, así como 1650 puentes (Figura 270), y

reduciendo el tiempo estimado de viaje entre las localidades situadas en sus extremos de 11 horas y 30 minutos a 6 horas y 10 minutos.



Figura 270.- Autovía Egnatia (Grecia) (fuente: Egnatia Odos S.A. en CSIL, 2012).

Más allá de los osos muertos en atropellos en la propia autovía Egnatia (Figura 271), en un estudio con 10 osos radiomarcados se pudo comprobar que de 1812 veces que cruzaron esta infraestructura el 21,14 % lo hicieron tras trepar el vallado (MERTZANIS en PALOMERO 2015). Estos cruces se producían con el vallado original de la autovía que tenía 1,5 m de altura, e incluso existen documentos gráficos sobre ello (Figura 272) colgados en Facebook y donde el autor de las fotos relata textualmente: *“Arkoudaki cruza la carretera delante de nosotros con facilidad, se sube a la cerca y se pierde en el bosque. Afortunadamente era una rama de Egnatia donde las velocidades son bajas”*.

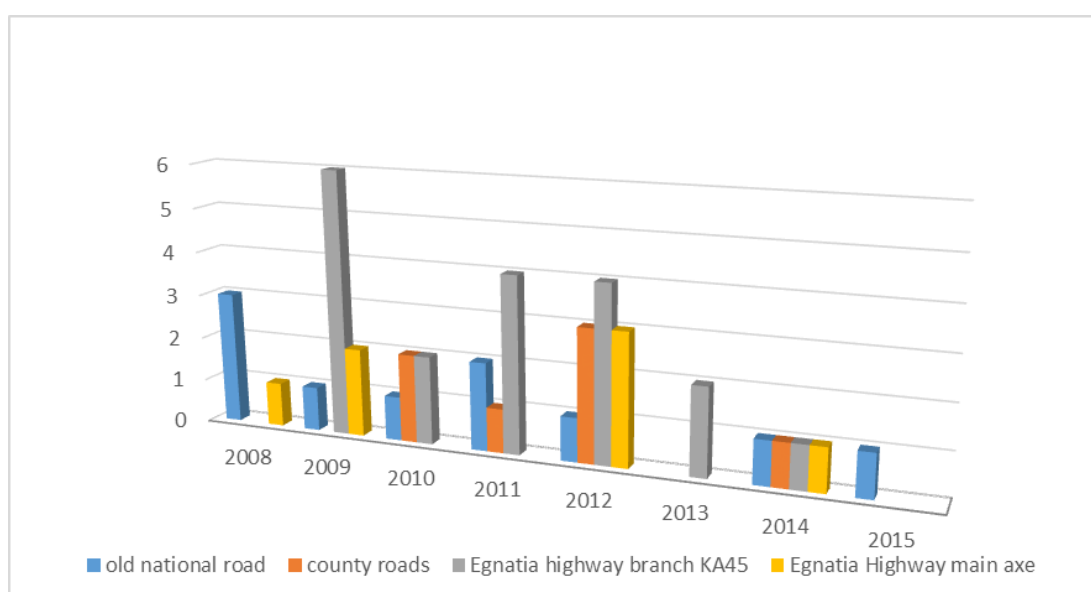


Figura 271.- Osos muertos por atropellos en diferentes tipos de carreteras en la región de Macedonia occidental, Grecia, 2008-2015 (fuente: MERTZANIS y col. 2015).



Figura 272.- Secuencia de oso joven trepando el vallado original de un ramal de la autovía Egnatia, Grecia, en diciembre de 2014 (fuente: TSIALOS 2014).

A la luz de su escasa eficacia, y en el marco de la compleja y controvertida adaptación ambiental de esta infraestructura –que requirió de dos procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental, al haber sido anulado el primero por una decisión de la Corte Suprema de Justicia Griega, y de un acuerdo entre el Estado Griego, Egnatia Odos SA (sociedad pública promotora del proyecto), y las organizaciones ambientalistas Arcturos, WWF-Grecia y Sociedad Helénica para la Conservación de la Naturaleza, promovido por la Unión Europea (que se vio forzada a intervenir por ser un proyecto cofinanciado por Fondos de Cohesión, afectar a 17 lugares del red Natura 2000 y haber abierto un procedimiento de emplazamiento por falta de cumplimiento de las disposiciones de la Directiva 92/43/CEE) (CSIL 2012, ECOSYSTEMS LTD 2013)–, el vallado original, y también uno instalado con posterioridad en un dudoso intento de

paliar el problema y que alcanzaba los dos metros de altura, fue finalmente sustituido en los 130 km donde se producían la mayor parte de los accidentes por uno de tres metros de altura total, con voladizo exterior con seis hilos de alambre de espino, y banda de malla tendida sobre el suelo de 1,5 m de anchura.

Esta valla está en sintonía con la recomendada por la bibliografía española (MAGRAMA, 2015) que consta de una malla de triple torsión de 8 x 10 de luz, alambres de 2,7 mm de grosor y 3 m de altura, con los 80 cm superiores formando una visera con un ángulo de 45° hacia el exterior de la vía. La parte inferior del cerramiento debe ser reforzada con un faldón horizontal de malla de 1,5 m de ancho, enterrado en la parte exterior del cerramiento para evitar que los osos excaven por debajo. Los postes de sujeción deben ser también reforzados (60 mm de diámetro y 4 mm de grosor).

6.2.2.- EL VALLADO ACTUAL EN LA AP-66.

El vallado de la autopista AP-66 está muy alejado de estas características y responde al diseño habitual en las autopistas españolas con malla cinética de altura efectiva en torno a 1,5 m y sin especiales medidas de fijación al suelo o enterramiento, ni uso de voladizos exteriores. Además, el vallado se encuentra deteriorado en múltiples lugares (Figura 273 y Figura 274) por deficiencias de instalación o mantenimiento –no puede olvidarse que es una autopista en un lugar con abundante precipitación que favorece un importante crecimiento de la vegetación y que se define como de “alta montaña”, pese a que su cota máxima sólo alcanza los 1229 m, lo que implica que en invierno las nevadas son relativamente frecuentes– lo que limita su funcionalidad.



Figura 273.- Deterioro en el vallado de la AP-66 con arreglo “artesanal” (foto: propia).

A pesar de que no se ha producido más que un caso de atropello de osos en una autovía española, el hecho de que su población esté aumentando considerablemente – al igual que, por otra parte, ocurre con la mayoría de las de los grandes carnívoros en el conjunto de Europa (CHAPRON y col. 2014), cuestión que ha generado un interesante debate sobre sus causas y consecuencias (GILROY y col. 2015, GOMPPER y

col. 2015, NEWSOME y RIPPLE 2015 y DG ENVIRONMENT 2015)– aunque siga clasificada “en peligro de extinción”, y de que se hayan detectado movimientos de dispersión de ejemplares que afectan al corredor Huerna-Pajares con bastante mayor frecuencia que en el pasado, así como la conveniencia, en ese contexto, de permeabilizar dicho pasillo manteniendo unos niveles de seguridad elevados en las infraestructuras que en él se encuentran (desde la doble vertiente de la población de osos –en cuya recuperación cualquier ejemplar resulta necesario– y de las personas –minimizando la siniestralidad–) aconsejan, en opinión de distintos expertos (PALOMERO, 2015) y en la nuestra, proceder a la sustitución del vallado actual por un vallado de alta seguridad inspirado en el caso griego.



Figura 274.- Vallado deteriorado en la AP-66 insuficiente para impedir el acceso de los osos a la calzada (foto: propia).

Aun así, debe asumirse que ningún vallado evita el acceso de animales a la calzada al 100%, pero reducir la posibilidad de que eso ocurra requiere no sólo cuidar del diseño (prestando atención, por ejemplo, a la resolución de la terminación del vallado contra estructuras tales como viaductos o túneles) e instalación (velar por la buena ejecución de la obra en los puntos delicados) del vallado, sino atender con posterioridad a su mantenimiento. Al igual, precisa también solventar todo lo relacionado con los accesos a servicios de la propia infraestructura (áreas de servicio y de mantenimiento, etc...) así como a las carreteras colindantes, aspectos todos ellos que deben ser correctamente considerados aportando las soluciones oportunas en cada ocasión.

Por último, considerado el riesgo de entrada de algún animal a la calzada debería sopesarse también la necesidad de acondicionar dispositivos de salida en caso de que, aun tomadas las medidas necesarias, alguno logre penetrar. Sin embargo, dada la baja ocurrencia, hasta ahora, de las entradas de osos en autovías en España, parece suficiente con el reforzamiento, por las razones señaladas, del vallado, dejando para ulteriores ocasiones, si es que llegara a ser necesario, el diseño de artefactos de escape.

6.2.3.- CARACTERÍSTICAS DEL NUEVO VALLADO PROPUESTO.

La nueva valla de cerramiento de la autopista AP-66 tendrá las características que se señalan en la Tabla 27 y que se referencian en las Figura 275, Figura 276 y Figura 277.

Tabla 27.- Características del nuevo vallado proyectado para la AP-66 (fuente: elaboración propia).

Altura total libre		3 m
Altura hasta voladizo		2,40 m
Ángulo del voladizo		45°
Longitud del voladizo		0,60 m
Faldón de malla sobre el suelo		1,50 m
Malla	Material	Acero galvanizado, con espesor mínimo de zinc de 260 g/m ²
	Entrelazado del alambre	Triple torsión
	Forma y tamaño de luz	Hexagonal. 10 x 8 cm
	Diámetro de alambre	2,7 mm
	Resistencia a la tracción	40800 N/m lineal x m de ancho.
Cordones de tensión	Material	Acero galvanizado, con espesor mínimo de zinc de 70 g/m ²
	Número	4
	Diámetro	3,90 mm
Alambres del voladizo	Tipo	Alambre de espino de acero galvanizado.
	Número	6
	Diámetro	2,50 mm
	Separación entre púas	8 cm
	Número de puntas por espino	4
Postes	Altura	Libre: 3 m (incluida la bayoneta o voladizo). Enterrada: 70 cm.
	Material	Postes redondos de acero galvanizado en caliente.
	Diámetro exterior	63 mm
	Diámetro interior	59 mm
	Separación entre postes	2 m
	Poste de refuerzo (arriostramiento transversal)	Uno cada tres. Arriostramiento con poste de iguales características colocado en ángulo de 30° y a 1,40 m del suelo en el poste principal.
	Poste de esquina	Con elementos de arriostramiento según figura. A colocar en ángulos iguales o superiores a 20°.
	Anclaje	Dados de hormigón de 1,35 m x 0,50 m x 0,80 m en postes de refuerzo, de 0,50 m x 0,50 m x 0,80 m en postes normales.

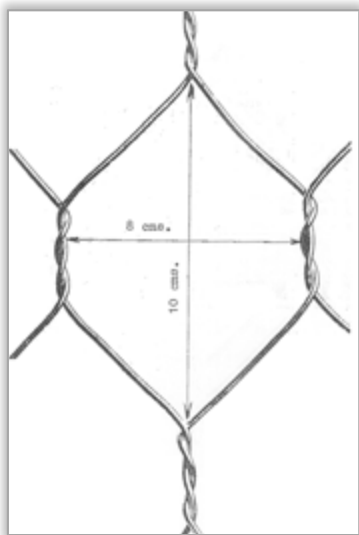


Figura 275.- Detalle de la malla de triple torsión.

Hay que destacar el uso del poste reforzado en los cambios de dirección del vallado. Se empleará siempre un poste reforzado en los casos en los que en ángulo girado sea igual o mayor de 20° . En el resto de casos se continuará con el orden establecido de alternancia de un poste reforzado cada tres. Se especifican a continuación los detalles en los planos.

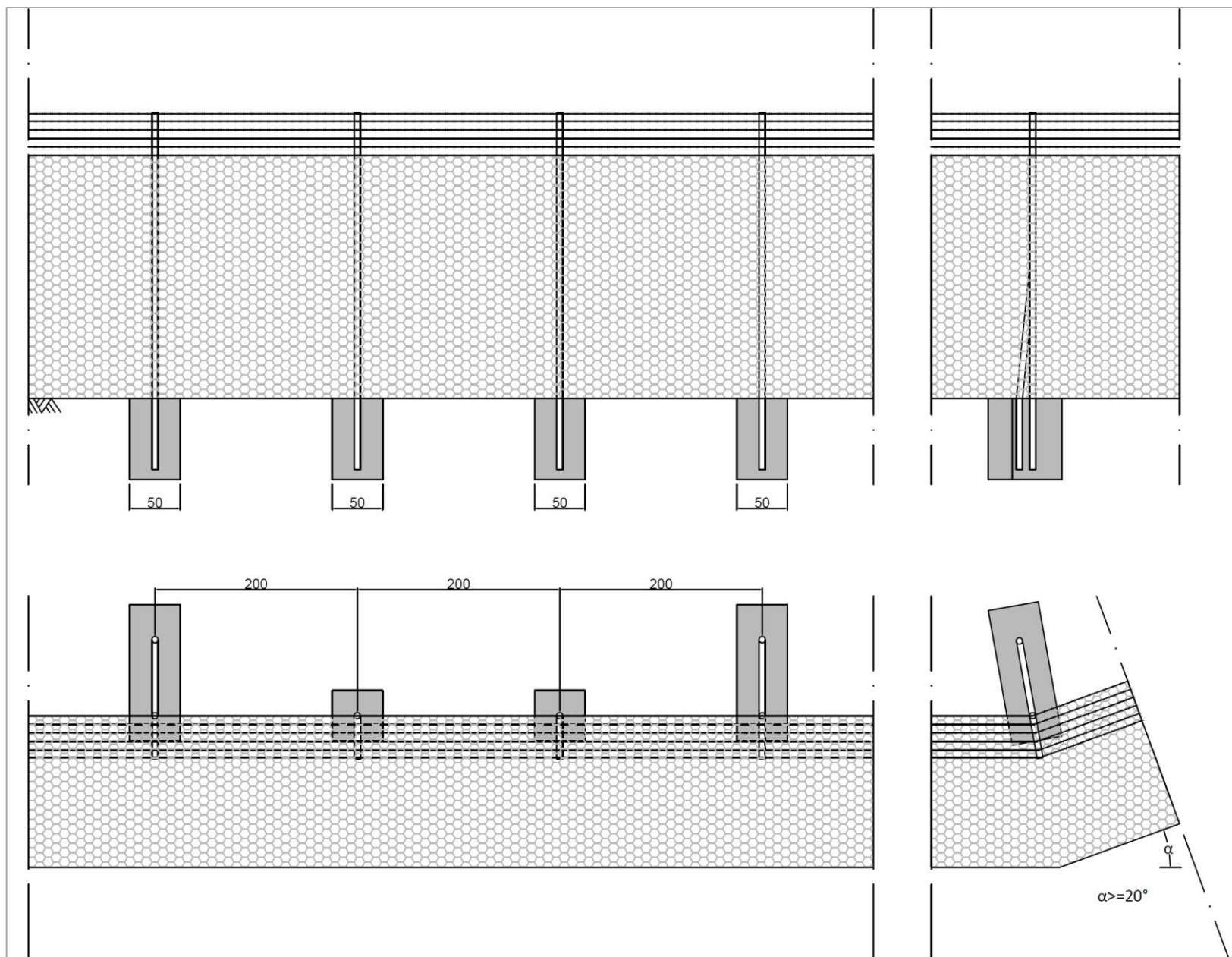


Figura 276.- Alzado y planta tipo del nuevo vallado (fuente: elaboración propia).

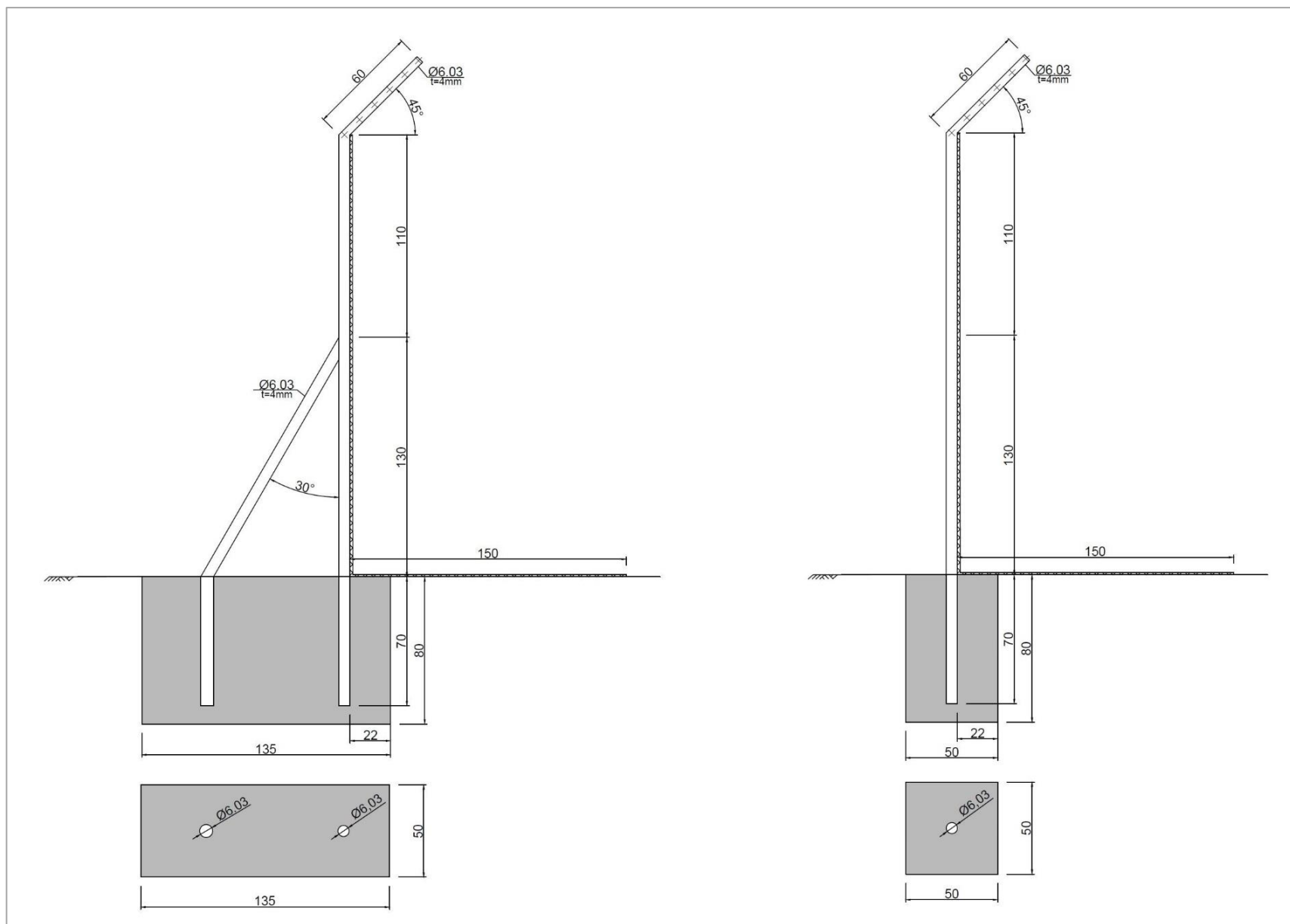


Figura 277.- Perfil reforzado (izquierda) y normal (derecha) del nuevo vallado (fuente: elaboración propia).

6.2.4.- DETALLES DE DESMONTAJE Y MONTAJE.

El nuevo vallado se colocará en la misma ubicación general que el actual, salvo en aquellos casos donde se disponga variación por la Dirección Técnica de Obra, quien deberá aprobar en cualquier caso el replanteo previo del vallado.

Con objeto de evitar el acceso de cualquier animal a las calzadas de la autopista, el nuevo vallado debe colocarse de forma que en ningún momento quede abierto el recinto de la misma, debiendo simultanearse el desmontaje del antiguo y la colocación del nuevo con ese fin.

El acceso a la zona de trabajo se realizará siempre que sea posible por camino de servicio y, en el caso de que éste no exista, desde el interior del recinto vallado. Antes de la ejecución de los distintos tramos, el contratista presentará croquis de los accesos previstos, que deberán ser aprobados, previamente a su uso, por la Dirección Técnica. En cualquier caso, los trabajos estarán siempre debidamente señalizados y la circulación regulada en lo que pueda afectar al normal funcionamiento de la AP-66.

Los medios materiales a disposición para la ejecución de la obra serán los necesarios para la realización de la misma, de manera que la posible afección a terceros sea la menor posible.

La calidad de los elementos de la malla se controlará mediante la aplicación de la normativa UNE correspondiente.

El hormigón para los anclajes cumplirá las prescripciones del artículo 610 del PG-3. En general, tanto el cemento, como el agua y los áridos empleados cumplirán los requisitos exigidos en los artículos correspondientes de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

La compactación de todos los hormigones se efectuará mediante vibrado o picado. La resistencia característica del hormigón a utilizar será de 20 N/mm². El control de calidad se efectuará al nivel normal previsto en la Instrucción EHE-08.

La procedencia de los materiales que se vayan a utilizar deberá ser aprobada previamente por la Dirección Técnica, aportando cuando así se solicite las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación. En ningún caso podrán ser acopiados y utilizados en obra, materiales cuya procedencia no haya sido aprobada plenamente por la Dirección Técnica.

Deberán extraerse las zapatas de hormigón del anclaje del antiguo vallado, excepto aquellas que estime oportuno por razones medioambientales o de seguridad, y transportarlas a vertedero junto a los elementos del vallado que se consideren inservibles. En todo caso, los postes y malla del vallado antiguo que, a juicio de la Dirección Técnica, sean aprovechables, se transportarán y acopiarán en los almacenes del concesionario de la autopista hasta su disposición definitiva final.

A finalización de obra el terreno deberá quedar totalmente nivelado, incluido el relleno de los huecos de las zapatas extraídas.

6.2.5.- FASES Y PROCESO CONSTRUCTIVO.

Las fases de ejecución son, consecutivamente:

- Limpieza de terreno para realizar un correcto replanteo.
- Replanteo de alineaciones y niveles.
- Marcado de la situación de los postes y tornapuntas.
- Apertura de huecos para colocación de los postes. Debe comprobarse que la profundidad de proyecto es suficiente atendiendo a que el terreno tenga la consistencia requerida. En caso contrario, se amplían las dimensiones del cimientto.
- Colocación de los postes.
- Vertido del hormigón.
- Aplomado y alineación de los postes y tornapuntas. Debe verificarse que estén bien aplomados los postes para que al colocar la malla, ésta no quede inclinada.
- Colocación de accesorios.
- Colocación de la malla y atirantado del conjunto. Debe limpiarse previamente el terreno de piedras, arbustos, etc. La tensión de los alambres tensores debe ser la misma en todo el conjunto y debe verificarse que la malla no presente zonas abombadas ni deterioradas por el montaje.
- Retirada del vallado antiguo.
- Extracción de zapatas antiguas.
- Nivelado del terreno y remates.

Acabada la obra el vallado resultante debe ser monolítico.

Durante la obra deben efectuarse controles de calidad sobre:

- Malla o rejilla.
- Postes.
- Hormigón.

Al recibir en obra los materiales, debe comprobarse lo siguiente:

- Que el albarán coincida con lo solicitado.
- Poseer el documento que acredita las características mecánicas de la malla y postes.
- Verificar dimensiones de la cuadrícula y el espesor del alambre.

En el ensayo hay que verificar:

- Uniformidad de recubrimiento de maya y postes (Norma UNE-7183)

- Masa de recubrimiento de galvanizado, gr/cm² exigidos en proyecto (Norma UNE-37504 en malla y UNE-EN-ISO 1461 en postes)
- Dosificación mínima de zinc (Norma UNE-37501)
- Resistencia a la tracción, alargamiento (Norma UNE 10218-1 en malla y Norma UNE-10002-4 en postes)

6.2.6.- ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LAS PRINCIPALES UNIDADES DE OBRA.

Atendiendo a las características de la intervención se define una única unidad de obra de la siguiente forma:

“Metro de valla de cerramiento compuesta por malla de 3,90 m de altura (2,40 m sobre terreno y 1,50 m tendida sobre el suelo) galvanizada de espesor mínimo de zinc 260 g/m², triple torsión, hexágono de diagonales 10 x 8 cm, grueso de alambre de 2,7 mm, dispuesta sobre cuatro cordones de tensión galvanizados de 3,90 mm de diámetro, incluso parte proporcional de postes redondos de acero galvanizado en caliente de 63 mm de diámetro exterior y 59 mm de interior, separados cada 2 m que deben anclarse al menos 70 cm, colocados en unas zapatas de hormigón en masa HM-20 enterradas, de dimensiones según planos, parte proporcional de postes de refuerzo y de esquina, con voladizo en la parte superior de 60 cm, colocado en ángulo de 45° y con seis filas de alambre de espinos galvanizado de 2,5 mm de diámetro, incluidas excavaciones de zapata, relleno de la misma, reperfilado del terreno si es preciso, desmontaje y retirada del cerramiento actual a almacén o vertedero de RCD, tensores, tornillería, totalmente colocada, montada y tensada según detalles de planos, todo ello según proyecto”.

El cálculo de los precios de cualquier unidad de obra se basa en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución. En consecuencia, cada precio de ejecución material se obtiene mediante la aplicación de una expresión del tipo:

$$P_n = (1 + K / 100) * C_n$$

Siendo:

- P_n = Precio de Ejecución Material de la unidad correspondiente.
- C_n = Coste directo de la unidad en Euros.

Se consideran costes directos la mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra; los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trata o que sean necesarios para su ejecución; los gastos de personal que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra; y los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Son costes indirectos todos aquellos gastos que no son imputables directamente a unidades concretas, sino al conjunto de la obra, tales como instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.

El valor de K es constante para cada proyecto y se calcula con una sola cifra decimal, estando compuesto de dos sumandos; el primero, el porcentaje que resulte de la relación entre la valoración de los costes indirectos obtenida con los criterios señalados y el importe de los costes directos de la obra, y el segundo el porcentaje correspondiente a los imprevistos (1% en obras terrestres).

En nuestro caso, y atendiendo al momento de la redacción del presente estudio, para el coste de la mano de obra deberíamos estar a los precios del convenio colectivo de trabajo para la construcción y obras públicas del Principado de Asturias para 2013-2016 y, en particular, a la actualización contenida en la Resolución de 3 de mayo de 2016, de la Consejería de Empleo, Industria y Turismo, por la que se ordena la inscripción de la revisión salarial para el año 2016 del Convenio Colectivo del sector de Construcción y Obras Públicas del Principado de Asturias en el Registro de convenios y acuerdos colectivos de la Dirección General de Trabajo (BOPA de 16 de mayo de 2016).

Por su parte, el precio de la maquinaria podría ser obtenido del Banco BEDEC del ITeC, que incluye, en su precio unitario, los gastos de personal, combustible, pequeños materiales, etc, que son necesarios para su accionamiento y funcionamiento, así como para su conservación y amortización. Igualmente, los precios de los materiales podrían obtenerse de dicho Banco, según tarifas sin IVA y pago a 30 días. Los materiales se consideran colocados a pie de obra. Por tanto, en su precio se consideran incluidos la manipulación, el embalaje, el transporte y la descarga.

No obstante, en este trabajo y en razón de la fase a la que viene a equivaler, un estudio de alternativas, se han utilizado unos precios orientativos obtenidos de diversas fuentes, básicamente de la consulta a distintos proyectos que incluyen actuaciones similares (intervenciones en autopistas y autovías con proyectos realizados en los últimos cinco años en varias partes del territorio español), a casas comerciales, a la base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento para 2016 Orden Circular 37/2016 (MINISTERIO DE FOMENTO 2016) y a la página web <http://www.generadordeprecios.com/>.

Por tanto, para la realización de los cálculos, que en esta fase lo son, como ya se ha dicho, a nivel de estudio previo de alternativas, debe considerarse como *cuadro de mediciones* que la parte asturiana de la AP-66 cuenta con 19,67 km de los que 3,92 km transcurren en túnel y 0,25 en viaductos, lo que totaliza 15,50 km que tienen necesidad de vallado. Tomando en consideración que el cerramiento es por las dos márgenes, el vallado a construir, y a desmontar en el caso del antiguo, mide 31000 m.

Después, el cuadro de precios unitarios del nuevo vallado y retirada del anterior se calcula a partir de la siguiente *justificación de precios*:

m ² Desbroce y limpieza del terreno.					0,57 €
Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales y, en su caso, carga a camión, incluido transporte a vertedero autorizado. hasta una distancia de 60 km					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Retroexcavadora hidráulica sobre ruedas. De 11 t de masa	0,0020	65,92	0,13
MQ	h	Tractores sobre cadenas. De 138 kW de potencia (19,8 t)	0,0008	94,61	0,08
MQ	h	Camión. Con caja basculante 4x4. De 221 kW de potencia	0,0040	78,93	0,32
MO	h	Capataz	0,0004	20,54	0,01
MO	h	Peón ordinario.	0,0008	16,60	0,01
	%	Medios auxiliares y costes indirectos	6	0,54	0,03
Total redondeado:					0,57

m Demolición de valla de cerramiento existente.					1,67 €
Demolición de valla de cerramiento de carreteras de 1,5 m de alto, incluso elementos de sustentación y cimentación, con transporte de materiales a vertedero o lugar de acopio para su posible reutilización hasta una distancia de 60 km.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Martillo manual picador de 9 kg	0,0011	16,95	0,02
MQ	h	Equipo y elementos auxiliares para corte de acero	0,0142	8,50	0,12
MQ	h	Camión caja fija con grúa auxiliar de 16 t	0,0141	63,20	0,89
MO	h	Oficial primera.	0,0032	20,36	0,07
MO	h	Peón ordinario.	0,0290	16,60	0,48
	%	Medios auxiliares y costes indirectos	6	1,58	0,09
Total redondeado:					1,67

m Valla de cerramiento.					79,15 €
Cerramiento formado por malla de 3,90 m de altura (2,40 m sobre terreno y 1,50 m tendida sobre el suelo) galvanizada de espesor mínimo de zinc 260 g/m ² , triple torsión, hexágono de diagonales 10 x 8 cm, grueso de alambre de 2,7 mm, dispuesta sobre cuatro cordones de tensión galvanizados de 3,90 mm de diámetro, incluso parte proporcional de postes redondos de acero galvanizado en caliente de 63 mm de diámetro exterior y 59 mm de interior, separados cada 2 m que deben anclarse al menos 70 cm, colocados en unas zapatas de hormigón en masa HM-20 enterradas, de dimensiones según planos, parte proporcional de postes de refuerzo y de esquina, con voladizo en la parte superior de 60 cm, colocado en ángulo de 45° y con seis filas de alambre de púas galvanizado de 2,5 mm de diámetro, incluidas excavaciones de zapata y relleno de la misma.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
C	m ³	Excavación de zapatas.	0,168	2,82	0,47
MT	Ud	Poste intermedio de tubo de acero galvanizado de 63 mm de diámetro y 4 mm de espesor, altura 3,70 m, de los que 0,60 m son en ángulo de 45°.	0,300	18,75	5,63
MT	Ud	Poste de refuerzo de tubo de acero galvanizado de 63 mm de diámetro y 4 mm de espesor, altura 3,70 m, de los que 0,60 m son en ángulo de 45°.	0,200	26,20	5,24
MT	m ²	Malla de triple torsión, de 2,7 mm de diámetro, acabado galvanizado (según prescripción técnica).	3,90	2,61	10,18
MT	m	Alambre de espino.	6	0,120	0,72
MT	ud	Material complementario o piezas especiales.	1	0,520	0,52
MT	m ³	Hormigón HM-20 de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm.	0,168	60,14	10,10
MO	h	Capataz	0,100	20,54	2,05
MO	h	Oficial primera.	0,590	20,36	12,01
MO	h	Peón ordinario.	1,671	16,60	27,74
	%	Medios auxiliares y costes indirectos	6	74,67	4,48
Total redondeado:					79,15

Partiendo de estas cifras, los cálculos para la unidad de obra se realizan conforme al supuesto de que en los desbroces se trabaja sobre una banda de 0,5 m, por lo que, el precio de la unidad de obra es de OCHENTA Y UN EUROS CON ONCE CÉNTIMOS (81,11 €).

En consecuencia, el presupuesto de ejecución material de esta parte de la actuación asciende a DOS MILLONES QUINIENTOS CATORCE MIL CUATROCIENTOS DIEZ EUROS (2.514.410 €).

Sin duda, este precio puede parecer elevado, pero debe considerarse el carácter ultra-reforzado respecto de los vallados convencionales y, en consecuencia, la muy diferente magnitud de los componentes de la unidad de obra respecto de ellos. Así, por ejemplo, la base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de

Fomento para 2016 (Orden Circular 37/2016) presupuesta el metro de cerramiento a 17,44 €, pero la unidad queda definida por una valla de 1,5 m de altura (frente a los 2,40 m sobre el terreno de la nuestra más los 0,60 m de bayoneta), con postes cada 3 m (en vez de cada 2 m de nuestro caso y de distinto grosor), de malla de simple torsión (frente a la de triple torsión), sin ningún tipo de enterramiento (frente al 1,5 tumbado sobre el suelo de la proyectada aquí) y con muy diferente volumen de hormigón para la cimentación (que, en nuestro caso, debe tenerse en cuenta con que todos los postes van enterrados 0,70 m), por no contar la mano de obra necesaria, que es mucho mayor también en nuestro evento.

Hay un caso, la autovía Egnatia en Grecia, que tiene en 65 Km un vallado similar al nuestro (por tanto, 130 km de cerramiento, puesto que hay que contar ambos márgenes), y en el que hemos podido consultar directamente con la empresa gestora de la infraestructura (Egnatia Odos S.A.) algunas referencias sobre su vallado y sus costes de ejecución. Dicha empresa nos ha suministrado información y nos ha remitido, además, a la consulta de ciertas referencias públicas sobre su presupuesto de proyecto y del precio de licitación final. Así, la documentación administrativa que sirvió para la licitación del proyecto establece el coste del vallado en 10.500.000 €, IVA incluido, (EGNATIA ODOS 2102a, EGNATIA ODOS 2102b y EGNATIA ODOS 2102c), mientras que el precio de adjudicación final anunciado por la propia concesionaria fue de 7.300.000 € (EGNATIA ODOS 2013), lo que haciendo las correspondientes operaciones arroja unas cifras más similares a las aquí calculadas, en especial teniendo en consideración la diferencia del coste de la vida entre ambos países y la previsible baja que se daría en una supuesta licitación de la construcción del vallado en nuestro caso.

Por último, comentar que se ha aquilatado mucho el diseño final del vallado a fin de evitar costes imprecendentes. Por ejemplo, el sistema de refuerzo de los postes previsto, que en la práctica es una arriostramiento transversal al vallado, hace innecesario cualquier otro tipo de arriostramiento, y más los longitudinales usualmente usados en los vallados convencionales y, por tanto, no han sido incluidos.

6.2.7.- PLAN DE OBRA

El plan de obra se ha calculado con una jornada laboral de 8 horas de lunes a viernes. Las obras empezarían el 5 de septiembre de 2016 y terminarían el 15 de noviembre de 2016 (Figura 278). Durante este periodo se sustituirá el vallado a lo largo de los 31km afectados. La colocación del nuevo vallado comienza 1 día después de la retirada del existente, de manera que se va avanzando simultáneamente en ambas tareas. Con este se consigue garantizar la impermeabilidad de la infraestructura durante la obra. Por ello, aunque la malla puede retirarse mucho más rápido que los postes, no se hará, a fin de conseguir el propósito ya mencionado.



Figura 278.- Plan de obra para la sustitución del vallado (fuente: elaboración propia).

6.3.- PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PASOS INFERIORES DE LA AP-66.

6.3.1.- PASOS DE FAUNA PARA OSOS.

La cuestión de la adecuación de los pasos inferiores potenciales para el oso en la AP-66 requiere de algunas consideraciones previas. En primer lugar, parece que los osos pardos prefieren los pasos superiores a los inferiores. Así, CLEVENGER (2011) muestra que en Parque Nacional de Banff los grizzlis enfrentados a la disyuntiva de usar pasos superiores o inferiores próximos parecen seleccionar muy positivamente los primeros hasta el extremo de utilizarlos, tal y como muestra la Figura 279, casi en exclusiva, cosa que no ocurre, por ejemplo, para los osos negros.

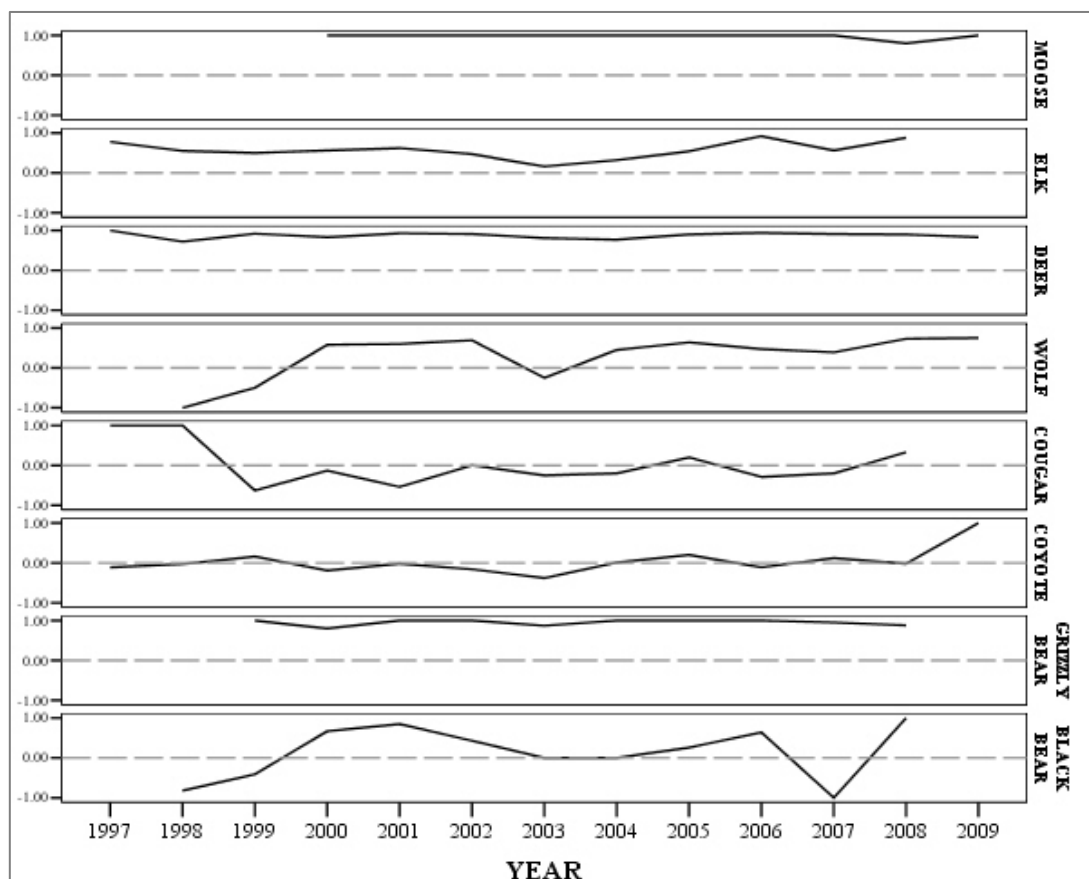


Figura 279.- Uso de pasos superiores e inferiores próximos por especies en el periodo 1997-2009 en la Trans-Canada Highway a su paso por el Parque Nacional de Banff. (+1 = uso exclusivo de pasos superiores. -1 = uso exclusivo de pasos inferiores. 0 = uso equivalente) (fuente: CLEVENGER 2011).

Sin embargo, una lectura más atenta de los datos obtenidos en el propio programa de seguimiento de la fauna de Banff en torno a la Trans-Canada Highway muestra que los osos grizzlis también utilizan, aunque no seleccionen, los pasos inferiores, puesto que de los 873 cruces detectados entre 1996 y 2011, 526 lo fueron por este tipo de pasos, por mucho que el número de ellos fuera más elevado (26 frente a tan sólo 2 superiores) y a que, por lo general, llevan funcionando más tiempo (CLEVENGER y col. 2011). De hecho, en CLEVENGER y HUIJSER (2011) se reconoce la posible adaptación al oso pardo de los pasos inferiores (Tabla 28) siempre que sean de ciertas dimensiones.

Un reconocimiento similar se produce en IUELL y col. (2003) que reconocen como solución óptima para el tránsito de osos pardos los ecoductos, los pasos superiores de fauna y los viaductos, pero que estiman que pueden ser adaptadas a las circunstancias locales los pasos superiores multifuncionales, los pasos inferiores para mamíferos de mediano y gran tamaño y los pasos inferiores multifuncionales.

No existe mucha información sobre las características y dimensiones de los pasos inferiores de cara a mejorar su eficacia para la utilización por los osos pardos. Es aceptado que, en general, los osos pardos prefieren estructuras abiertas, grandes y con buena visibilidad (CLEVENGER y col. 2009), pero intentar bajar a un terreno más concreto no es fácil. FELSBERG HOLT y ULLEVIG y col. (2010) se limitan a reconocer la utilidad de los “puentes de animales silvestres” (pasos inferiores específicos de amplias dimensiones) para los osos grizzly, mientras RUEDIGER (2007) incluye a estos animales entre las especies de carnívoros que pueden ser más sensibles al diseño de las estructuras de paso y RUEDIGER y DIGIORGIO (2007) presentan, también para el caso norteamericano y referidas a cinco tipos de estructuras, las sugerencias que se reproducen en la Tabla 29.

Tabla 28.- Idoneidad de los distintos tipos de pasos para el oso grizzly (fuente: CLEVENGER y HUIJSER 2011).

Tipo de paso	Idoneidad para el oso grizzly
Ecoducto (Landscape bridge)	Recomendado
Paso superior exclusivo (Wildlife overpass)	Recomendado
Paso superior multifuncional (Multiuse overpass)	No recomendado
Viaducto adaptado (Viaduct or flyover)	Recomendado
Paso inferior grandes mamíferos (Large mammal underpass)	Posible adaptación
Paso inferior multifuncional (Multiuse underpass)	No recomendado
Paso inferior con agua (Underpass with waterflow)	Posible adaptación
Paso inferior pequeños mamíferos (Small to medium sized mammal underpass)	No recomendado
Drenajes adaptados (Modified culvert desing)	No recomendado

Como se puede observar, estas dimensiones para los pasos inferiores, que de forma aproximada oscilan entre los 3,6 m de alto y los 7–15,2 m de ancho, y que se sitúan en un rango más o menos similar a las aportadas por CLEVENGER y HUIJSER (2011) que recomendaban 4,5 m de alto por 12 m de ancho, contienen algunas paradojas, como

que el tamaño real de los “arcos metálicos” es, en lo que se refiere a la superficie de la luz, menor que la del “drenaje de cajón”. En cualquier caso, conocemos que las primeras estructuras permiten el paso de los osos (Figura 280).

Tabla 29.- Recomendaciones para pasos para oso grizzly según RUEDIGER y DIGIORGIO (2007). Dimensiones originales en pies 1 pie=0,3048 m.

Estructura de cruce	Drenajes redondos (Round Culvert)	Drenajes de cajón (Concrete box Culvert)	Arcos metálicos multiplano (Multi-plate Steel arch)	Viaductos adaptados (Open-span bridge, bridge extensión)	Pasos superiores
Oso grizzly	No adecuado	Adecuado. 12 pies alto x 32 pies ancho	Adecuado. 12 pies alto x 23 pies ancho	Óptimo. 12 pies alto x 50 pies ancho	Óptimo. 150 pies ancho

Por otra parte, las dimensiones sugeridas para Norteamérica, aunque no generalizadas pues CRAMER y col. (2014) hablan de 4,5 m de ancho y alto, parecen algo elevadas a la luz de las pocas investigaciones realizadas en Europa, donde los datos resultan más contradictorios. Así, si KUSAK y col. (2009) evidenciaron en Croacia que los osos pardos preferían grandes pasos sobreelevados a pasos inferiores estrechos, TRITSIS (2011) encuentra en Grecia que los osos tienden a utilizar pasajes inferiores con índices de apertura medio-altos (0,48-0,70), relacionándose positivamente su uso con el propio índice y con la altura del paso, y no con la anchura, ni con la longitud del mismo, pero que también emplean pasos con índices de apertura muy bajos (0,06-0,27), hasta el extremo de haber transitado por un marco de hormigón de 2 x 2 m de apertura y 70 m de longitud.



Figura 280.- Un oso grizzly emerge de un paso tipo arco metálico multiplano en la Trans-Canada Highway en el Parque Nacional de Banff (fuente: highwaywilding.org).

Algo parecido ocurre con factores tales como el uso humano de los pasos o su ubicación. En estos casos, mientras los autores norteamericanos se encuentran con estrechas vinculaciones entre la humanización del territorio y la infrautilización de los

pasos o entre la naturalidad del entorno y la situación geográfica de la estructura de cruce, estos nexos aparecen más diluidos en los estudios europeos.

De una manera divulgadora WHITE (2010) se pregunta si nos gustaría compartir la acera con un oso grizzly y concluye que, de igual forma, a ellos tampoco les gusta compartir sus pasos con nosotros, explicando que algunas especies son muy sensibles a las perturbaciones por la actividad humana y que evitarán zonas, incluso con hábitat de alta calidad, si estamos cerca. De una manera más técnica, RUEDIGER y DIGIORGIO (2007) convienen que la naturalidad del paso y de su entorno es particularmente importante para las especies cautelosas como los osos pardos. CLEVENGER y WALTHO (2000) encuentran que los carnívoros como grupo presentan una correlación negativa en uso de pasos inferiores frente a la actividad humana y que, a nivel específico, en seis de las siete especies analizadas, entre ellas el oso grizzly, al menos un atributo relacionado con el uso humano figura como el primero o segundo más importante para explicar el rendimiento del uso de estos pasos. Por su parte, PROCTOR y col (2008) entienden que para animar a la vida silvestre a utilizar las estructuras de cruce deben ser colocados donde el hábitat natural esté menos perturbado y sea contiguo a cada lado de la carretera, así como alejadas del uso humano. Por último, BARRUETO y col. (2014) detectaron que los osos pardos, al igual que otros grandes carnívoros (lobos y pumas) fueron sensibles, en el uso de los pasos de fauna, a todas las formas de perturbación humana que midieron, sin embargo, en TRITSIS (2011) la selección no es tan marcada, encontrando esta autora que, si bien hay una tendencia leve a utilizar pasos en lugares con entornos menos humanizados y más naturales, la predilección por la cubierta vegetal es ambivalente tanto para zonas boscosas como abiertas (deforestadas), y que además se utilizaron con cierta frecuencia pasos próximos a asentamientos humanos o donde había un uso compartido importante con vehículos, lo que interpreta como una falta de necesidad de que los osos ajusten sus movimientos de acuerdo con las áreas con o sin influencia humana, sino más bien de hacerlo a través de un patrón de actividad nocturna a fin de evitar el contacto con los humanos que son predominantemente diurnos y que constituyen la única amenaza para ellos (KACZENSKY y col. 2006). En ese sentido, la capacidad de los osos pardos para predecir las actividades humanas próximas a las carreteras ya había sido propuesta como una posible variable explicativa en la comprensión de los movimientos espaciales y temporales de estos animales (CHRUSZCZ y col. 2003).

Otro factor con cierto debate es el de la densidad de los pasos de fauna. Por regla general en los análisis de permeabilidad interesa considerar la disposición y número de pasos adecuados para el conjunto de las especies que habitan en una determinada zona e, incluso, hay propuestas teóricas para su estricta elección atendiendo a que los recursos económicos suelen ser limitados y, por tanto, la eficacia a alcanzar debe ser elevada (LORAAMM y DOWNS 2016). Pero en casos singulares, como el nuestro, el factor de relevancia es el número de pasos que precisa una única especie –para nosotros, el oso pardo–. Aunque existen algunas reglas de carácter general, como por ejemplo que la densidad de pasos para grandes mamíferos debe oscilar entre 1 y 3 pasos/km de infraestructura, según se trate de hábitats bien conservados o muy humanizados, algunos manuales recomiendan que la distancia entre dos pasos para grandes carnívoros no supere la media de las distancias individuales recorridas diariamente, citándose el ejemplo de Croacia, donde a partir de los datos sobre

desplazamientos de oso pardo en se estableció que la distancia entre dos pasos debía ser como máximo de 1,4 km (MAGRAMA, 2015).

La conveniencia de aumentar la permeabilidad de la AP-66 a los osos justifica la adecuación, bajo parámetros no muy rigurosos, sino más bien próximos a la experiencia griega, de los pasos inferiores con los que cuenta esta infraestructura que, en estos momentos, se encuentran teóricamente muy alejados de los requerimientos estructurales de estos animales. Esta adecuación queda avalada, además, porque la misma se realizaría sobre estructuras situadas más al norte –nuestro caso– y más al sur –el caso de León– que los túneles sobre los que hasta ahora se han centrado los esfuerzos, ampliando así las posibilidades de que los animales franqueen este vial.

Además, señalar que los resultados reales de esta adaptación por lo que se refiere a incrementar su empleo por el oso también están sujetos a factores tales como el posterior mantenimiento de las actuaciones realizadas, en especial para velar que los pasos se encuentren libres de ocupaciones no previstas (acopios de materiales, aparcamientos de maquinaria agrícola o forestal, cierres para guardar ganado o evitar su paso, etc...), ya que entonces estas estructuras pueden resultar inútiles para los fines perseguidos.

Por último, comentar que, aunque los osos son animales muy plásticos es posible que los distintos ejemplares tarden un tiempo en adaptarse a las modificaciones que se introduzcan en la situación actual. CLEVENGER y col. (2011) han constatado un incremento drástico del uso de los pasos por el oso grizzly desde que se inició el seguimiento en la Trans-Canada Highway a su paso por el Parque Nacional de Banff (Figura 281), que parece estar relacionado con el aumento de la especie en este espacio protegido y con el aprendizaje por parte de los ejemplares de que las estructuras de cruce proporcionan un paso seguro a través de la autovía.

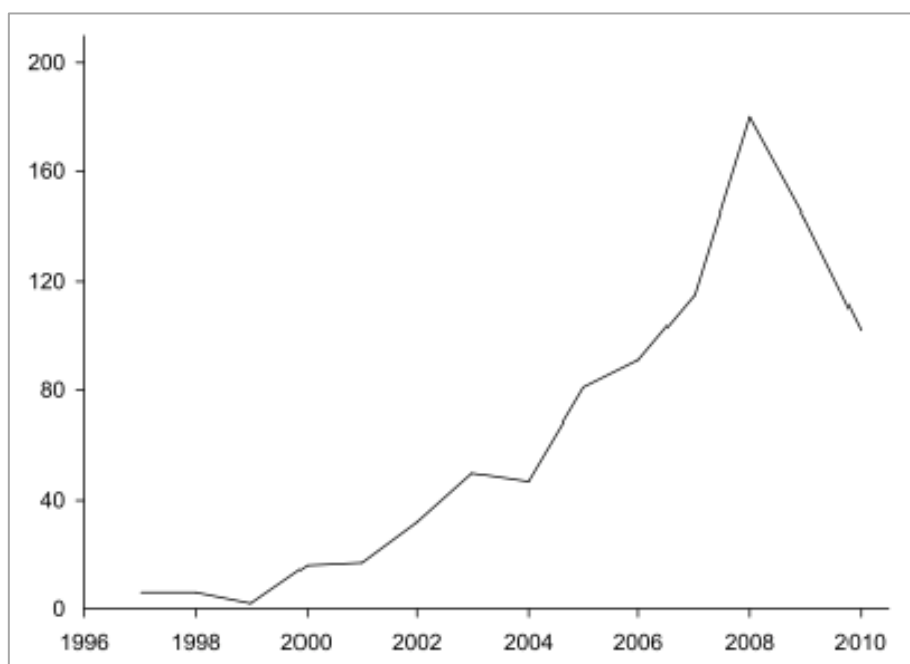


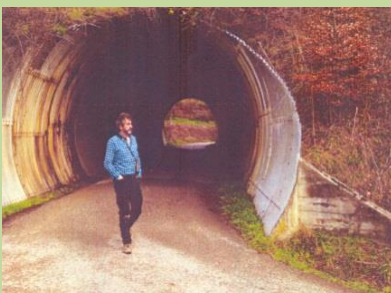
Figura 281.- Número total de cruces de osos grizzly en los pasos de la Trans-Canada Highway en el Parque Nacional de Banff entre 1997 y 2010 (fuente: CLEVENGER y col. 2011).

CLEVENGER (2011) sugiere que este patrón de adaptación puede ser un concepto generalizado para el conjunto de la fauna silvestre y, en una recomendación que parece muy aplicable a nuestro caso –dada la singularidad y situación de la especie en cuestión–, propone que los programas de seguimiento de la utilización de estas estructuras (incluso con la finalidad de sugerir mejoras) se efectúen considerando periodos largos de tiempo.

6.3.2.- LOS PASOS INFERIORES ACTUALES EN LA AP-66.

Tras la identificación de pasos potenciales realizada por la Fundación Oso Pardo (BLANCO y BALLESTEROS, 2012), y atendiendo a los principales corredores definidos por los modelos de hábitat, a la conexión boscosa con los núcleos reproductores más cercanos y a las propias características de los pasos actuales y a sus posibilidades de adaptación, PALOMERO (2015) realiza una selección más precisa que, en lo que afecta a Asturias, son los seis que se relacionan en la Tabla 30 (cuya numeración hace referencia a la empleada en la Figura 282).

Tabla 30.- Pasos seleccionados por PALOMERO (2015) para ser adaptados en la parte asturiana de la AP-66.

Nº	LOCALIZACIÓN		DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
	x	y		
9	43,026588	-5,824094	Arco de chapa corrugada (4 m de ancho, 4 m de alto, 57 m de largo). Paso de cruce de una pista forestal y ganadera.	
7	43,039932	-5,819595	Arco de chapa corrugada (2,9 m de ancho, 3,5 m de alto, 35 m de largo). Paso de cruce de una pista forestal y ganadera.	
6	43,045784	-5,819578	Arco de chapa corrugada (4 m de ancho, 3,2 m de alto, 42 m de largo) Paso de cruce de una pista forestal y ganadera.	
5	43,051762	-5,820594	Arco de chapa corrugada (3,5 m de alto, 2,5 m de ancho, 40 m de largo). Paso de cruce de una pista forestal y ganadera.	
3	43,065012	-5,821817	Arco de chapa corrugada (6 m de ancho, 5 m de alto, 35 m de largo). Paso de carretera local que da servicio al pueblo de Carraluz. Pavimento de asfalto.	
1	43,087577	-5,822969	Arco de chapa corrugada (3,5 m de ancho, 3 m de alto, 35 m de largo). Paso de una pista forestal y ganadera.	

Adicionalmente, en nuestro trabajo se han considerado dos pasos más de los listados por BLANCO y BALLESTEROS (2012) y otro que, en el curso de los trabajos de campo, fue estimado de inicio como potencialmente adaptable. Estos pasos y sus características se relacionan en la Tabla 31.

Tabla 31.- Otros pasos considerados de inicio en el proceso de selección.

Nº	LOCALIZACIÓN		DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
	x	y		
8	43,036475	-5,823484	Arco de chapa corrugada –con gunitado adicional por desperfectos por corrosión– (3 m de ancho, 2,7 m de alto, 84 m de largo). Paso de cruce de una pista forestal y ganadera.	
4	43,051132	-5,820613	Drenaje circular de 1 m de diámetro, más de 100 m de longitud (haciendo una curva en su interior) para el paso de un arroyo.	
2	43,078419	-5,826210	Arco de chapa corrugada (3,7 m de ancho, 3 m de alto, 34,5 m de largo). Paso de una pista forestal y ganadera.	

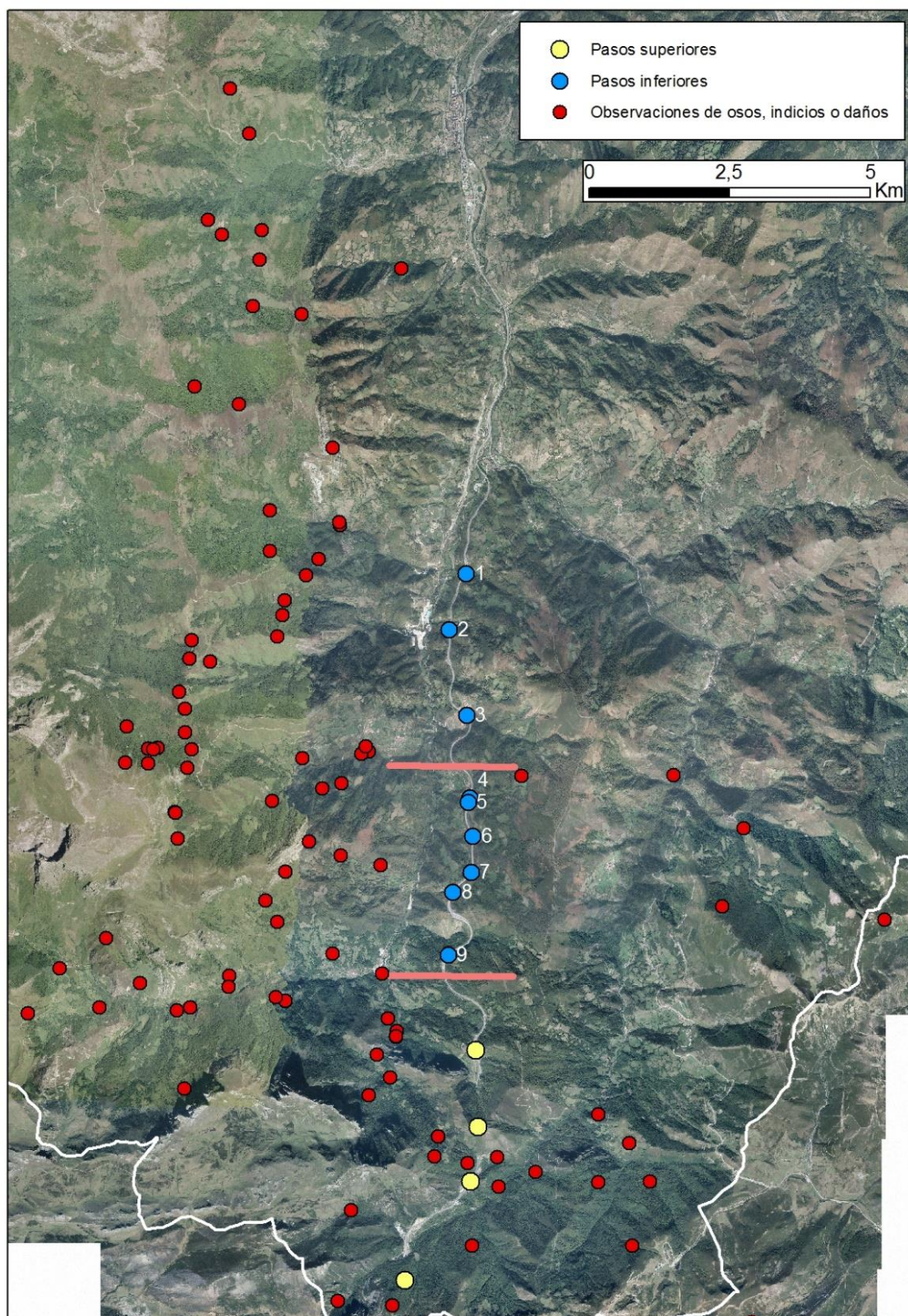


Figura 282.- Pasos superiores e inferiores en la AP-66 y localizaciones de osos (2004-2015) en el entorno dicha infraestructura (datos Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos y Fundación Oso Pardo). Líneas horizontales: sectorialización empleada en este trabajo (fuente: elaboración propia).

6.3.3.- SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE ACTUACIÓN.

En la selección de alternativas se han considerado criterios de tres tipos: naturales (relacionados con las necesidades y requerimientos de la especie), constructivos (relacionados con las posibilidades de ejecutar la obra bajo principios de racionalidad y eficacia) y socioeconómicos (atender a que los costes económicos y sociales no sean desproporcionados en relación con la finalidad que se persigue o que sean los menores posibles). No se ha asignado un peso específico a cada uno de estos factores, sino que se ha procedido a una interpretación conjunta de todos ellos, buscando las mejores alternativas posibles en cada caso.

Los criterios de orden “natural” manejados hacen referencia a:

- Ampliar tanto como sea posible el índice de apertura de los pasos.
- Utilizar el tipo de estructuras más favorables para el oso.
- Conservar o promover la mayor naturalidad del entorno y del paso.
- Minimizar la influencia del uso humano del paso.
- Realizar el apantallamiento vegetal de la estructura.
- Comunicar zonas con suficiente cobertura forestal y grado de naturalidad.
- Estar distribuidos intentando cubrir la mayor parte la autopista para facilitar la permeabilidad en todo su recorrido, respetando en lo posible las recomendaciones sobre distancias entre pasos.

En lo que se refiere a los criterios constructivos hay que señalar, de entrada, que las características del entorno y el propio hecho de tener que trabajar sobre una infraestructura existente dificulta y limita enormemente la ejecución de los trabajos, a pesar de tratarse de actuaciones aparentemente sencillas. Consideraciones análogas son igualmente válidas para los criterios socioeconómicos, donde las molestias a los usuarios de la AP-66 deben ser ponderadas con rigor.

Desde esa perspectiva, los criterios de orden constructivo tenidos en cuenta han sido:

- Superficies disponibles para los trabajos de la maquinaria.
- Movimientos de tierra.
- Necesidades y viabilidad de acondicionamientos adicionales en el terreno.
- Reducción de los tiempos de ejecución de la obra.

Por último, los de orden socioeconómico han sido:

- Minimizar el tiempo de interrupción del tráfico normal en la autopista.
- Coste económico.

Para la evaluación de las distintas posibilidades se han realizado dos visitas de campo a cada uno de los pasos potenciales. La primera tuvo como finalidad realizar un reconocimiento inicial y la toma de algunos datos básicos de cada uno de ellos, en aras a estudiar la viabilidad de su adaptación. En la segunda, se procedió a reconocer sobre

el terreno las soluciones consideradas en el trabajo de gabinete, para ultimar definitivamente la selección de alternativas.

6.3.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS ELEGIDOS.

Para la elección de los pasos sobre los que actuar se comenzó dividiendo la parte asturiana de la autopista AP-66 en tres tramos de sur a norte, según se expresa en la Figura 282. El tramo más meridional, que acumula mayor número de localizaciones de oso a ambos lados de la autopista en el periodo 2004-2015, parece estar suficientemente cubierto para el tránsito de la especie a través de la parte superior de los cuatro túneles existentes (tres íntegros en territorio asturiano y uno compartido con León), por lo que el objetivo es mejorar la permeabilidad del tramo central y del tramo septentrional.

En principio, en el sector central, a la vista de las localizaciones de osos, pudiera estar dándose ya un paso de animales entre ambos lados de la autopista, aunque en menor grado que en el sector meridional. Incrementar ese tránsito requeriría, en una situación ideal, de la mejora del mayor número posible de pasos, pero ello supondría tal nivel de intervención sobre el tráfico normal de la vía, excepto usando la técnica de hincado de cajones, que la obra tendría dudosa viabilidad desde una perspectiva social. Es por ello que, una vez desechada la posibilidad de trabajar con cajones empujados en cualquiera de las localizaciones por falta de superficies útiles para poder desarrollar el proceso constructivo con esta técnica, en esta primera fase se propone la intervención sobre un único paso.

En el sector norte la situación, es ligeramente diferente, aunque al igual que en el caso anterior en ninguna de las localizaciones se puede trabajar a través de cajones hincados. Parece evidente que, al igual que en el resto del territorio los osos están en ligera expansión y, al tiempo, es el lugar en el que la infraestructura parece tener un mayor efecto barrera, lo que explicaría que, en vez de aparecer localizaciones de ejemplares al este de la AP-66, cada día sean más frecuentes los indicios hallados hacia el norte (incluso en las proximidades de la localidad de Pola de Lena). Al igual que en el sector central, disminuir ese efecto barrera de forma sustancial obligará a intervenir sobre el mayor número de pasos posible, pero de nuevo consideraciones de carácter social desaconsejan la intervención. En ese sentido, parece más razonable promover la adaptación de un paso y realizar el seguimiento de la eficacia de la actuación en aras a, en su día, acometer otras actuaciones si fueran necesarias.

Desde esa perspectiva, el problema se plantea en términos de la elección de un paso entre los tres posibles en el sector septentrional y de otro entre los seis del central.

En el sector norte, la situación respecto de cada uno de los pasos es la siguiente:

- Paso 1: Es el situado más cerca de la población de Campomanes y el que se encuentra en un entorno más humanizado de todos los pasos considerados en este trabajo.

- Paso 2: Bien situado, en un ambiente bastante natural en la entrada al valle de Zureda. Es el paso que ofrece más posibilidades de habilitar pequeñas superficies de trabajo para la maquinaria en las márgenes de la autopista. En este momento tiene alguna afección el entorno por las obras del AVE, pero previsiblemente las zonas degradadas serán restauradas (como ya lo han sido en la actualidad algunas de las que aparecen como afectadas en los alrededores –zonas claras– en la ortofoto de la Figura 282).
- Paso 3: Bien situado, pero presenta el firme menos adecuado para el oso (asfalto) y un grado de utilización por los hombres más elevado que el anterior al tratarse de la carretera que da acceso al pueblo de Carraluz.

En el sector central, la situación es la siguiente:

- Paso 4: Excelentes características naturales en principio (zona tranquila, paso sin uso humano, existencia de agua y arbolado...) y bien situado, pero es un paso muy largo (supera los 100 m) y las dificultades de ejecución son notorias – y los costes y molestias en el tráfico también– porque la mayoría de los trabajos deberían ser realizados desde la misma plataforma de la autopista y los movimientos de tierra son mucho más grandes que en los demás casos. Está muy próximo (prácticamente adyacente) al paso 5.
- Paso 5: Bien situado. Muy próximo (adyacente) al paso 4, pero con peores características naturales que éste y mayor grado de humanización (da servicio a una pista ganadera) que, en cualquier, caso es bajo.
- Paso 6: Bien situado. Ambiente natural. Es el que ofrece, en este sector, mejores posibilidades de acondicionar pequeñas superficies de trabajo para la maquinaria fuera de la autopista y menores necesidades de acondicionamiento en el entorno, y en la pista a la que sirve el paso, para aumentar su altura.
- Paso 7: Bien situado, ofrece sin embargo pocas posibilidades para el desarrollo cómodo de los trabajos, al no poder habilitar superficies, aunque sean pequeñas, para los trabajos de la maquinaria desde los márgenes de la autopista y necesita de mucha obra adicional en el entorno para ganar gálibo en el paso.
- Paso 8: Paso muy estrecho y de luz muy pequeña, además de muy largo, por lo que su índice de apertura es muy bajo y tiene muy pocas posibilidades de ser aumentado de forma notable (porque la longitud no se puede disminuir).
- Paso 9: Muy al sur, su potencial interés se ve muy disminuido por la proximidad al sector meridional y la existencia de túneles en él que ya actúan como pasos superiores.

Del estudio de la situación anterior y la aplicación de los criterios reseñados en el apartado de “Generalidades” cabe concluir que las mejores opciones de acondicionamiento se dan en el paso 2 en el sector norte y en el paso 6 en el sector central.

Paso 2 en el sector norte:

LOCALIZACIÓN.				
Municipio:	Localidad más próxima:	pk AP-66:	Coordenadas	
			x	y
Lena	Sotiello	69+100	43,078419	-5,826210

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO.	
Configuración topográfica del entorno y del paso:	Toda la autopista transcurre por la ladera este del valle del Huerna, en una zona de fuertes pendientes y de orografía escarpada y complicada. El paso se sitúa en una loma perpendicular, donde en su día se realizó un pequeño desmonte (antes del paso) y un pequeño relleno (justo en el paso) para la caja de la autopista.
Vegetación:	Manchas de bosque caducifolio rodean la zona del paso. Entre ellas se intercalan zonas de matorral y pequeñas camperas.
Paisaje:	Paisaje bastante natural, aunque con uso de ganadería extensiva propio de toda la cordillera Cantábrica.
Uso humano:	Ganadero y aprovechamientos forestales (entresacas).
Observaciones:	En la actualidad, relativamente cerca se localizan algunas obras del AVE, así como infraestructuras auxiliares para su construcción (parque de dovelas, vertederos de tierras –uno de ellos en el propio acceso de la pista a la que sirve el paso–...), que desaparecerán y serán restauradas cuando terminen.

CARACTERÍSTICAS DEL PASO.	
Sección transversal AP-66:	Ambos lados en terraplén.
Tipo de paso y dimensiones:	Arco metálico de chapa corrugada. 3,70 m de ancho x 3 m de alto x 34,5 m de largo. Índice de apertura (Sección/Longitud)=0,23.
Servicio y uso humano:	Pista de uso agrario y forestal de escasa utilización.
Posibilidades acceso de maquinaria y camiones:	La más sencilla es por la propia calzada de la autopista. Se puede acondicionar acceso con facilidad al pie del paso por el lado este, siendo bastante más dificultoso por el oeste. El acceso por la pista es complejo, no tanto por la anchura, como por el radio de giro de varias curvas.
Posibilidades adecuación plataformas de trabajo:	Se puede acondicionar una pequeña plataforma de trabajo en el lado este de forma casi triangular y de unas medidas aproximadas de 50 m x 44 m x 24 m.

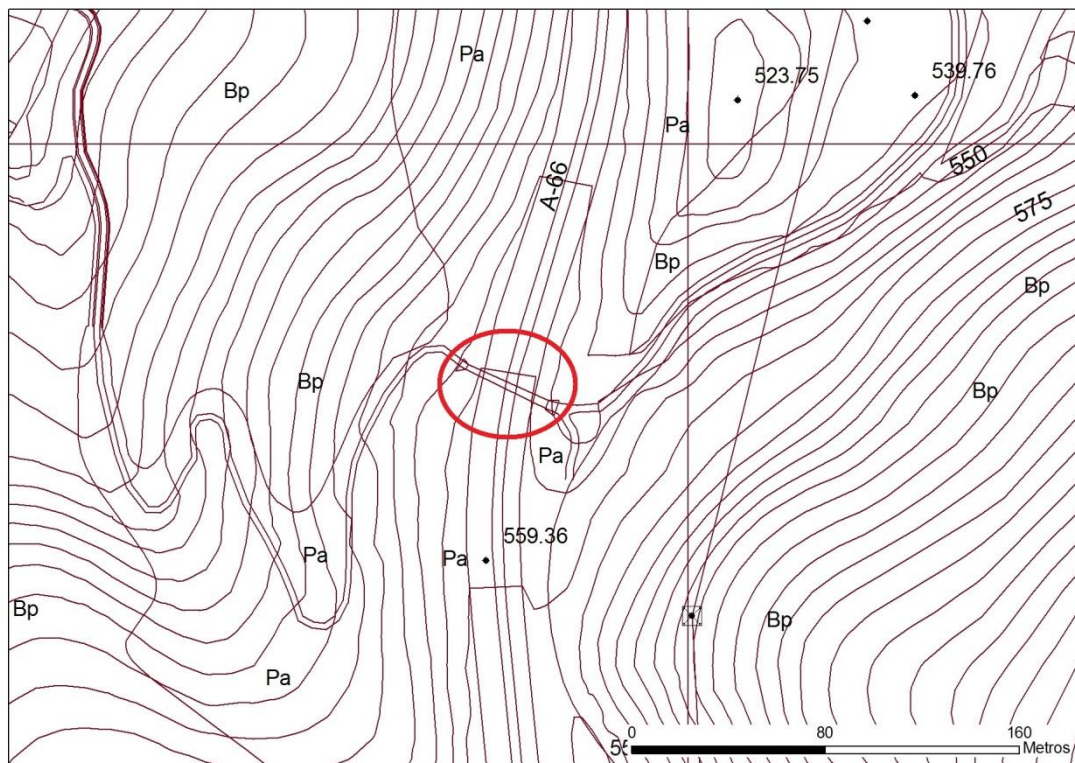


Figura 283.- Ubicación general del paso 2 (cartografía original 1:5000).



Figura 284.- Ortofotografía (escala original 1:5000) de la zona del paso 2.

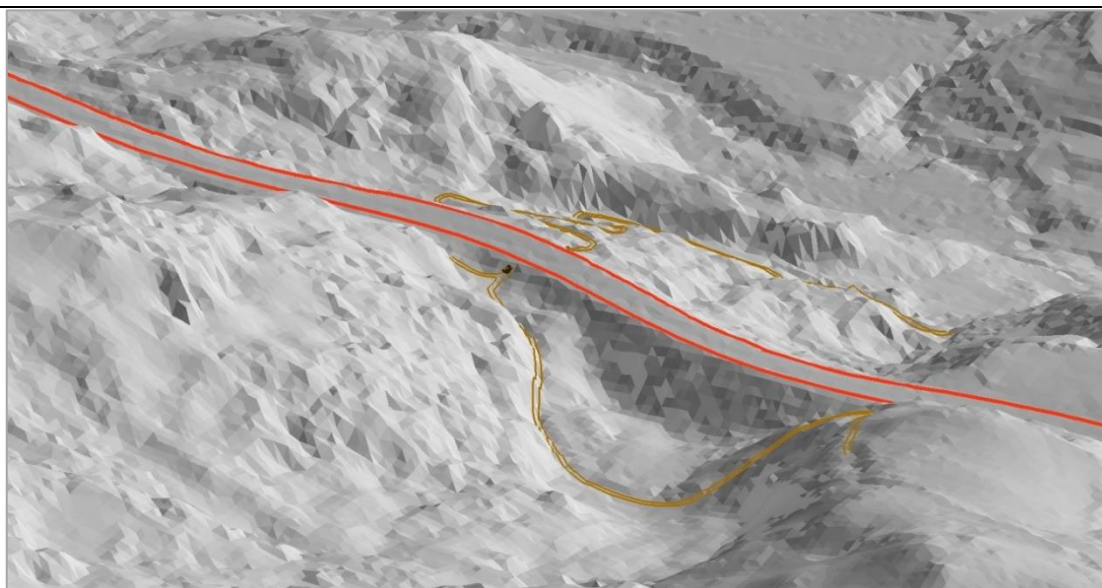


Figura 285.- Visualización 3D de un MDE de la zona del paso a partir de imágenes LIDAR; vista desde el este (fuente: elaboración propia).

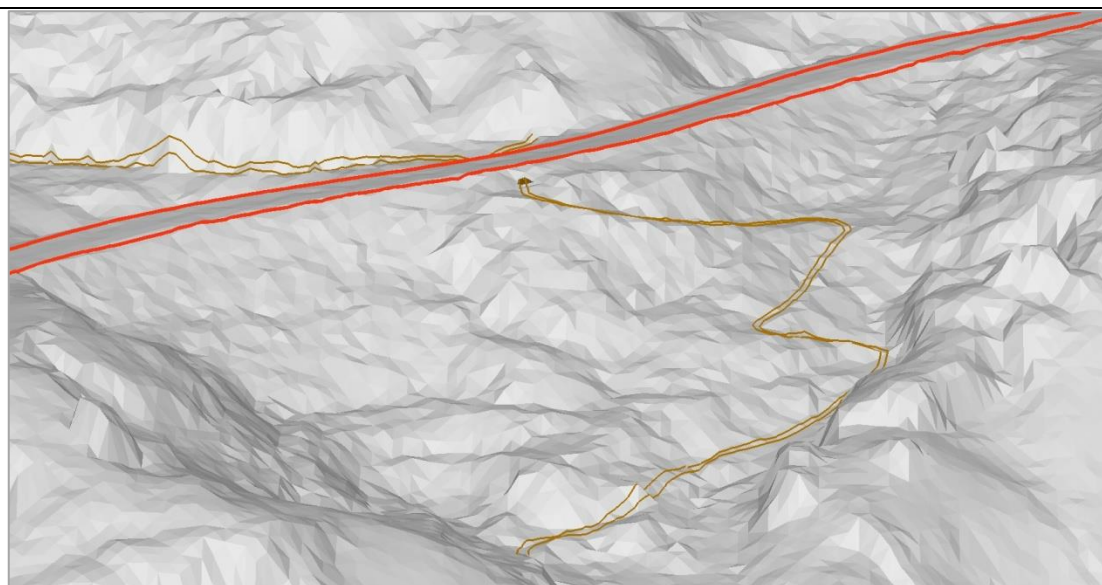


Figura 286.- Visualización 3D de un MDE de la zona del paso a partir de imágenes LIDAR; vista desde el oeste (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS.



Figura 287.- Lugar de acondicionamiento de posible pequeña plataforma para trabajo, lado este (foto: propia).



Figura 288.- Vegetación arbolada en el entorno inmediato (foto: propia).



Figura 289.- Pista de acceso, lado oeste, y obras del AVE al fondo del valle (foto: propia).



Figura 290.- Vista del paso, lado oeste (foto: propia).



Figura 291.- Vista del paso, lado este (foto: propia).



Figura 292.- Terraplén en lado oeste (foto: propia).



Figura 293.- Posible acceso maquinaria desde la AP-66, lado este (foto: propia).

Paso 6 en el sector central:

LOCALIZACIÓN.				
Municipio:	Localidad más próxima:	pk AP-66:	Coordenadas	
			x	y
Lena	Piñera de Arriba	73+100	43,045784	-5,819578

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO.	
Configuración topográfica del entorno y del paso:	Toda la autopista transcurre por la ladera este del valle del Huerna, en una zona de fuertes pendientes y de orografía escarpada y complicada. El paso se sitúa en una zona de vaguada.
Vegetación:	El bosque caducifolio llega al propio paso, aunque las manchas que lo rodean son menos extensas que en el anterior. Entre ellas se intercalan amplias zonas de matorral y pequeñas camperas y praderías.
Paisaje:	Paisaje bastante natural, aunque con uso de ganadería extensiva propio de toda la cordillera Cantábrica. Existe alguna construcción ganadera cerca del propio paso.
Uso humano:	Ganadero y aprovechamientos forestales (entresacas).
Observaciones:	

CARACTERÍSTICAS DEL PASO.	
Sección transversal AP-66:	Ambos lados en terraplén.
Tipo de paso y dimensiones:	Arco metálico de chapa corrugada. 4 m de ancho x 3,2 m de alto x 42 m de largo. Índice de apertura (Sección/Longitud)=0,26.
Servicio y uso humano:	Pista de uso agrario y forestal de escasa utilización.
Posibilidades acceso maquinaria y camiones:	La más sencilla es por la propia calzada de la autopista. Se puede acondicionar acceso con relativa facilidad al pie del paso por el lado oeste, siendo bastante más complejo por el oeste. El acceso por la pista es complicado principalmente por su distancia al núcleo más cercano.
Posibilidades adecuación plataforma de trabajo:	Muy escasas posibilidades de adecuar plataformas de trabajo a pie de paso. En la parte oeste se puede acondicionar una plataforma muy pequeña (casi un sobreancho) en el borde de la pista.

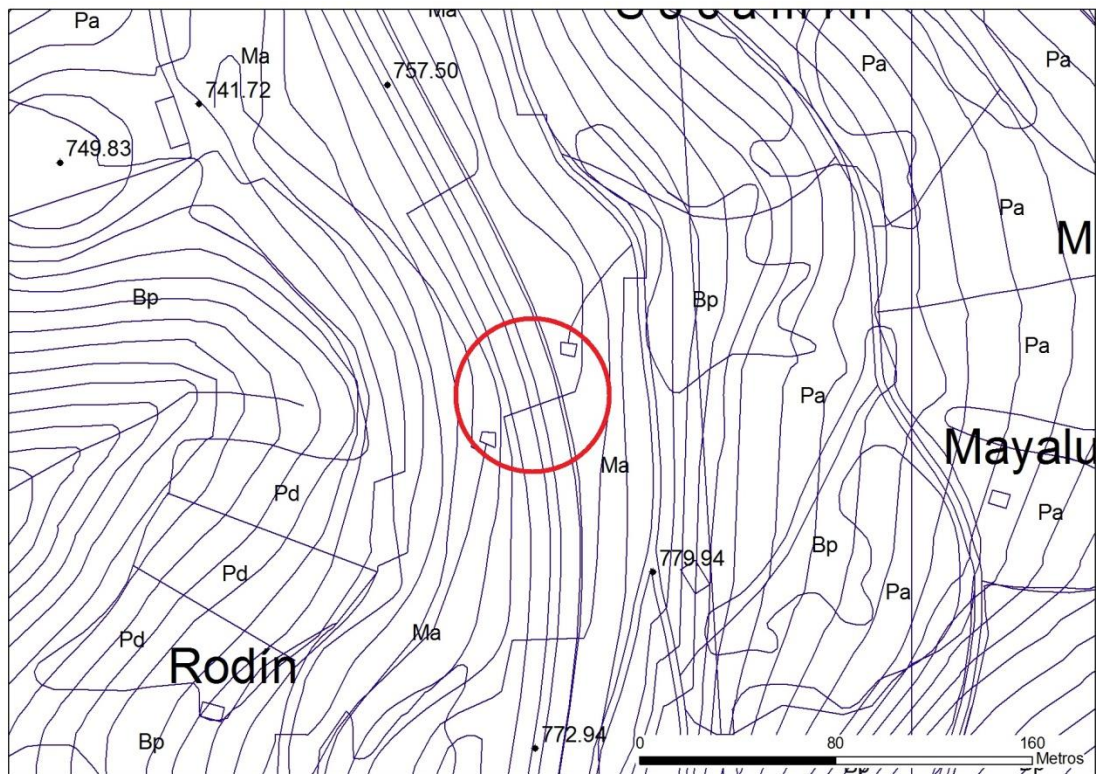


Figura 294.- Ubicación general del paso 6 (cartografía original 1:5000).



Figura 295.- Ortofotografía (escala original 1:5000) de la zona del paso 6.

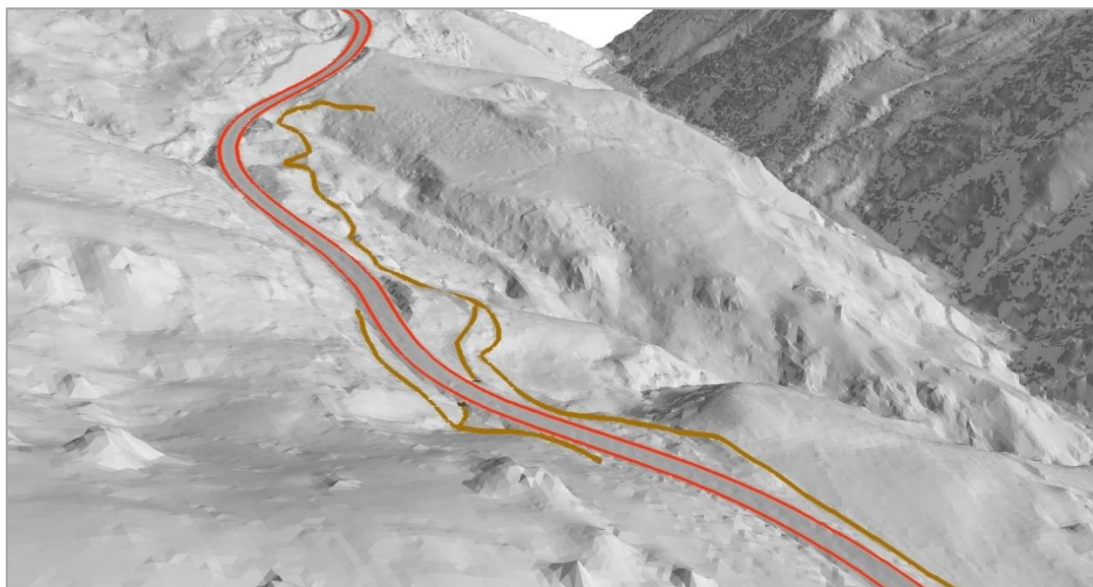


Figura 296.- Visualización 3D de un MDE de la zona del paso a partir de imágenes LIDAR; vista desde el este (fuente: elaboración propia).

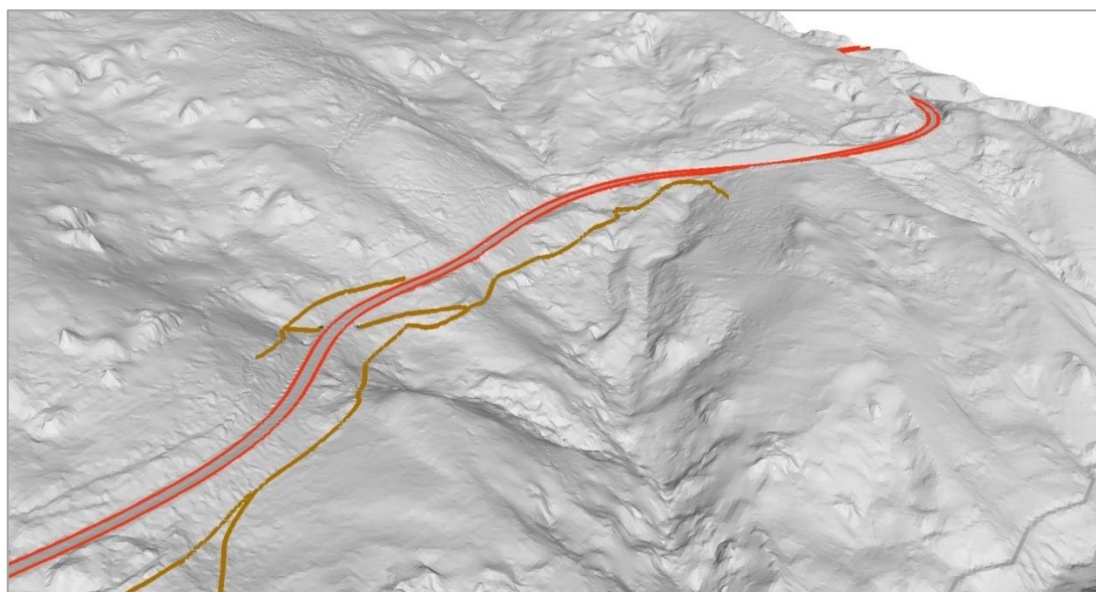


Figura 297.- Visualización 3D de un MDE de la zona del paso a partir de imágenes LIDAR; vista desde el oeste (fuente: elaboración propia).

FOTOGRAFÍAS.



Figura 298.- Vista del paso, lado oeste Vista del paso, lado oeste (foto: propia).



Figura 299.- Vista del paso, lado este Vista del paso, lado oeste (foto: propia).



Figura 300.- Pista acceso, lado oeste, y posible pequeña plataforma de trabajo (foto: propia).



Figura 301.- Posible acceso maquinaria desde la AP-66, lado este (foto: propia).

6.3.5.- DIMENSIÓN DE LOS NUEVOS PASOS INFERIORES.

Al igual que en otros supuestos, por lo habitual suelen emplearse sistemas de decisión multicriterio para elegir la mejor alternativa de proyecto a la hora de abordar la realización de un paso inferior. Sin embargo, en esta ocasión hay un condicionante de partida que encauza esa decisión desde un principio.

En efecto, el planteamiento en origen es conseguir un índice de apertura del paso mayor que el actualmente existente y dado que, en la práctica, la longitud es prácticamente inamovible (la actualmente existente), la única opción es intervenir sobre la sección. Teniendo en cuenta que la anchura máxima también es limitada, por las condiciones topográficas del terreno, la mejor opción es trabajar sobre una sección cuadrada o rectangular. Adicionalmente, esta sección parece la más atractiva, según muestra la bibliografía comentada con anterioridad, para el oso.

A partir de ahí, y considerando que la anchura en cualquier caso va a ser pequeña (en ambos lugares el terreno no permite nada más que dimensiones del orden de los cinco metros), la opción más razonable es un cajón, dado que en una sección en U invertida

las zapatas de los hastiales derecho e izquierdo llegarían a unirse para resistir el empuje del terreno, por lo que resulta más eficaz partir de entrada con un marco de cajón, que previsiblemente, además, resulta más fácil de instalar sobre el terreno. Las limitaciones topográficas del terreno, ya mencionadas, condicionan que las dimensiones máximas del cajón están limitadas a 5 x 4,5 m (ancho x alto, medidas interiores). Con esta situación la elección ahora se limita a la fabricación in situ del cajón, a la utilización de un marco prefabricado cerrado o al uso de un maco articulado. La primera opción queda prácticamente descartada atendiendo a la necesidad de ejecutar la obra lo más rápidamente posible para lograr la menor interrupción del tráfico normal de la AP-66.

Por su parte, la Figura 302 nos muestra que nuestras dimensiones se sitúan en el rango mayor de las recomendadas para marcos cerrados y las menores de los marcos articulados. Sin embargo, las propias características de las plataformas de trabajo, que se ven limitadas por lo que se refiere al transporte y manipulación del marco a uno de los dos carriles de la autopista, aconsejan reducir al máximo los condicionantes derivados de estas cuestiones y, en consecuencia, hacen altamente recomendable el uso en nuestra actuación de marcos articulados.

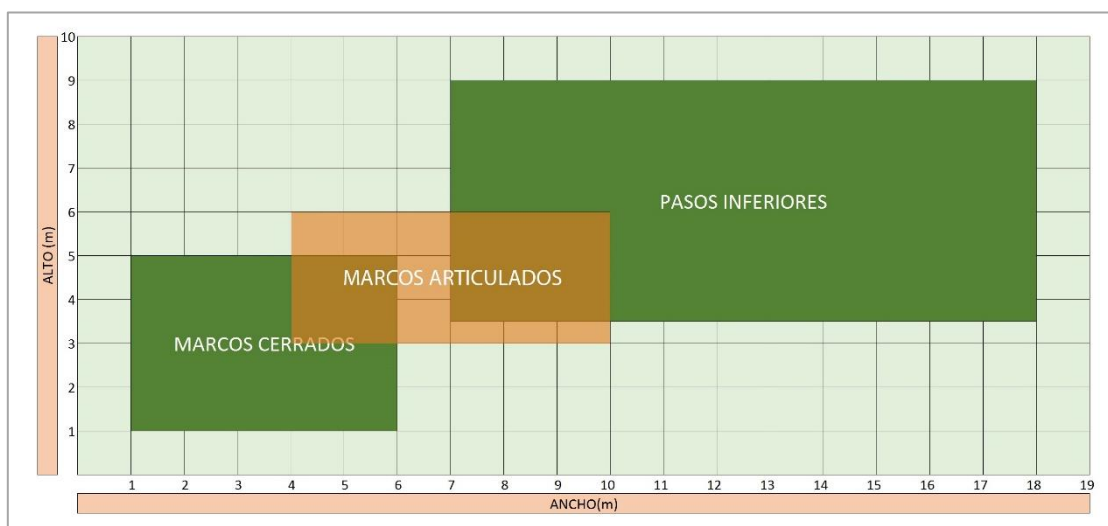


Figura 302.- Dimensiones recomendadas para la utilización de marcos cerrados, marcos articulados y pasos inferiores de fabricación in-situ (fuente: elaboración propia).

Por último, indicar que, con la finalidad de dotar de mayor luminosidad al paso, se ha previsto que la zona central –correspondiente a la mediana de la autopista– se solucione con un entramado de rejilla de acero electrosoldada tipo tramex, lo que obliga a la fabricación exprefeso de una de las piezas de los marcos a utilizar.

Utilizando marcos de 1,5 m de largo, serán necesarias 23 marcos articulados en el paso nº 2 y 28 en el paso nº 6, lo que suponen un total de 102 piezas (51 machos y 51 hembras –dos de ellas con las piezas de tramex comentadas–). Los marcos cumplirán con los requerimientos de la norma UNE EN-14844 y sus características quedan resumidas en la Tabla 32, referidas igualmente a la Figura 303. Estas dimensiones son las usuales para hipótesis de cálculo habituales para sobrecargas de tráfico de 60 t y 0,4 t de sobrecarga de uso.

Tabla 32.- Características de los marcos articulados a emplear (fuente: elaboración propia).

MATERIALES	
HORMIGÓN	HA35/B/20
ACERO BARRAS	B-500-SD
ACERO MALLA	B-500-T
MEDIDAS	
ANCHO INTERIOR	500 cm
ALTO INTERIOR	450 cm
LARGO ÚTIL	150 cm
ESPESOR HASTIALES	30 cm
ESPESOR DINTEL	35 cm
ESPESOR SOLERA	35 cm
LONGITUD MÁXIMA	150 cm
TOLERANCIAS	
ANCHO INTERIOR	± 15 mm
ALTO INTERIOR	± 15 mm
LONGITUD ÚTIL	± 15 mm
ESPESOR	± 10 mm
DATOS PARA CARGA	
PESO DE LA UNIDAD	24622 kg
PESO METRO	16415 kg
CARGA m/camión	1,5
TIPO DE JUNTA	
JUNTA	MACHICHEMBRADA

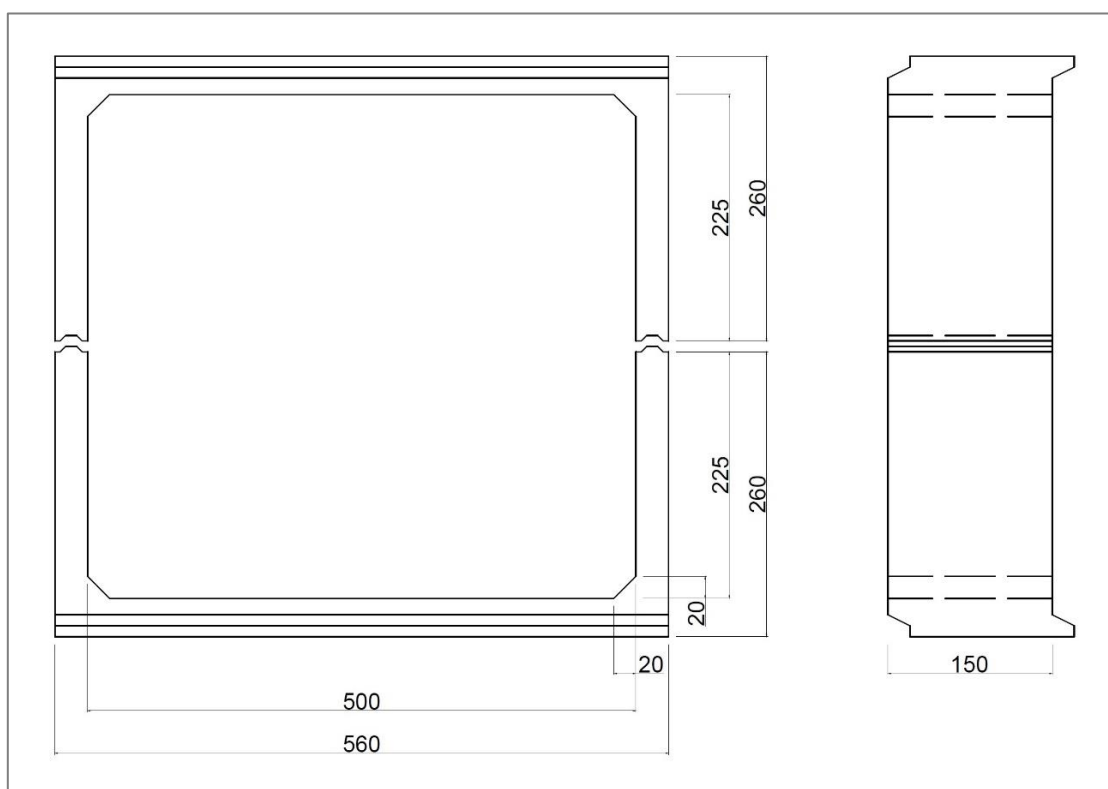


Figura 303.- Alzado y perfil del marco articulado prefabricado a emplear (medidas en cm) (fuente: elaboración propia).

Con esta intervención prácticamente se duplican los índices de apertura de los pasos respecto de los actualmente existentes, pasando de 0,23 a 0,58 en el caso del paso 2 del sector norte y de 0,26 a 0,48 en el paso 6 del sector central.

6.3.6.- DETALLE DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.

Las fases de ejecución, comunes a ambos pasos, son, consecutivamente:

1. Desbroce, limpieza del terreno y acondicionamiento de la zona (cortes de tráfico, colocación de señales de obra, acondicionamiento de accesos y superficies de trabajo...).
2. Retirada del pavimento.
3. Hinca de tablaestacas.
4. Desarme del marco existente.
5. Bajada de la rasante del camino al que el paso da servicio.
6. Excavación en la zona del marco y preparación de la solera de soporte (calzada primera).
7. Colocación del marco prefabricado de hormigón (calzada primera).
8. Relleno de tierras (Tapado del marco) y traslado de tierra sobrante a vertedero.
9. Reposición del pavimento.
10. Repetición en la otra calzada.
11. Restitución del camino al que el paso da servicio.
12. Restauración ambiental.

Descendiendo a mayor detalle, en primer lugar, se realizará un desbroce y acondicionamiento de las zonas aledañas necesarias para la ejecución de los tajos, el emplazamiento del acopio de tierras o el parque de maquinaria, ya que se tratará de perturbar lo menor posible la normal actividad de la autopista y de los caminos a los que los pasos dan servicio (que obligatoriamente verán interrumpido el tránsito por ellos durante todo el tiempo de duración de la obra).

Una tarea importante en esta fase es el cierre perimetral provisional de todo el tajo para evitar la entrada de animales silvestres, toda vez que el vallado de la AP-66 deberá ser desmontado.

La sustitución del marco constará de dos fases idénticas para cada sentido de calzada, es decir, se sustituirá primero el tramo de marco ubicado bajo la calzada oeste (derecha en sentido ascendente) y posteriormente el de la calzada este (calzada derecha en sentido descendente). Se eligió esta opción debido a la imposibilidad, obvia, de cortar el tráfico simultáneamente en ambas calzadas. Por este motivo se realizarán los transfers pertinentes, desviando el tráfico ascendente en el PK 68+000 al carril descendente hasta el PK 69+900 donde se reincorporará a su carril normal de circulación (Figura 304). De la misma manera, cuando se realice el tajo en la otra calzada, la configuración del tráfico será la misma mientras dure la obra, pero

quedando la circulación habilitada por la calzada ascendente. Igualmente, durante la ejecución de la obra del paso 6, se realizarán los tranfers en los PK 72+700 y 74+400.

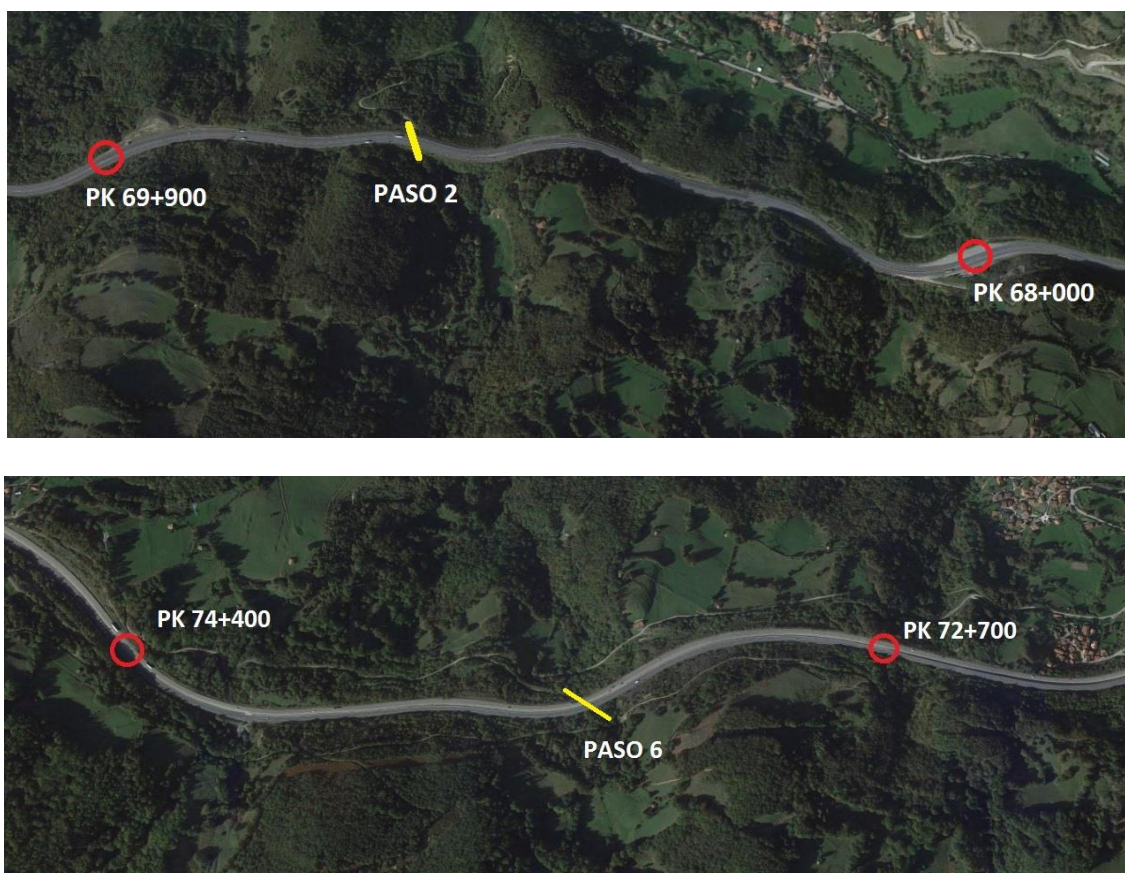


Figura 304.- Localización de los transfer (fuente: elaboración propia).

Simultáneamente se colocarán las señales pertinentes informando de la existencia de obras, del desvío a un carril y la consiguiente reducción de velocidad a 80 km/h para prevenir con la suficiente antelación a los conductores. Dichas señales correrán a cuenta del contratista y se colocarán según la norma.

Una vez terminado el acondicionamiento se comenzará con el proceso de excavación para el posterior desarme del marco corrugado existente. Lo primero que se realizará será la retirada del pavimento existente, firme y capa de rodadura, que se llevará a vertedero. Tras ello, comenzará la excavación del terraplén. Se realizará con retroexcavadora que ubicaremos en la base del terraplén. El área disponible no permite demasiada maniobrabilidad, pero sí la suficiente para situar la retroexcavadora y colocar el acopio de tierras. Puesto que el terreno es abrupto deberemos descender la retroexcavadora desde la calzada de la autopista descolgándola con una grúa.

La excavadora realizará la excavación del terraplén de la autopista con una sección de 10 metros de longitud, cinco metros a cada lado del eje longitudinal del paso inferior, tal y como se especifica en la Figura 305 y en la Tabla 33. La excavación debe dejar una zanja suficiente como para que los marcos puedan ser colocados con relativa facilidad.

Dicha excavación se ejecutará mediante el uso de tablaestacas, colocadas mediante hincas, para evitar el corrimiento del resto del terraplén sobre la zona de vaciado. Una vez se haya realizado casi la totalidad del vaciado se procederá al corte del marco corrugado existente por la mitad, para la retirada por piezas de la mitad correspondiente a la primera fase de la sustitución. La instalación de placa estructural corrugada se realiza mediante un sistema de ensamblaje con atornillado mediante pernos y tuercas y, en principio, el desmontaje sería posible desatornillándolos. Sin embargo, el tiempo transcurrido desde la instalación y, sobre todo, el actual estado de conservación de estas estructuras desaconseja tal sistema y hace optar por proceder al corte en piezas de dimensiones suficientes para su extracción mediante grúa y su carga a camión para traslado a vertedero. Finalizada la retirada se procederá a la extracción total de la tierra restante y a la demolición de las zapatas de hormigón armado que sujetan las placas estructurales corrugadas.

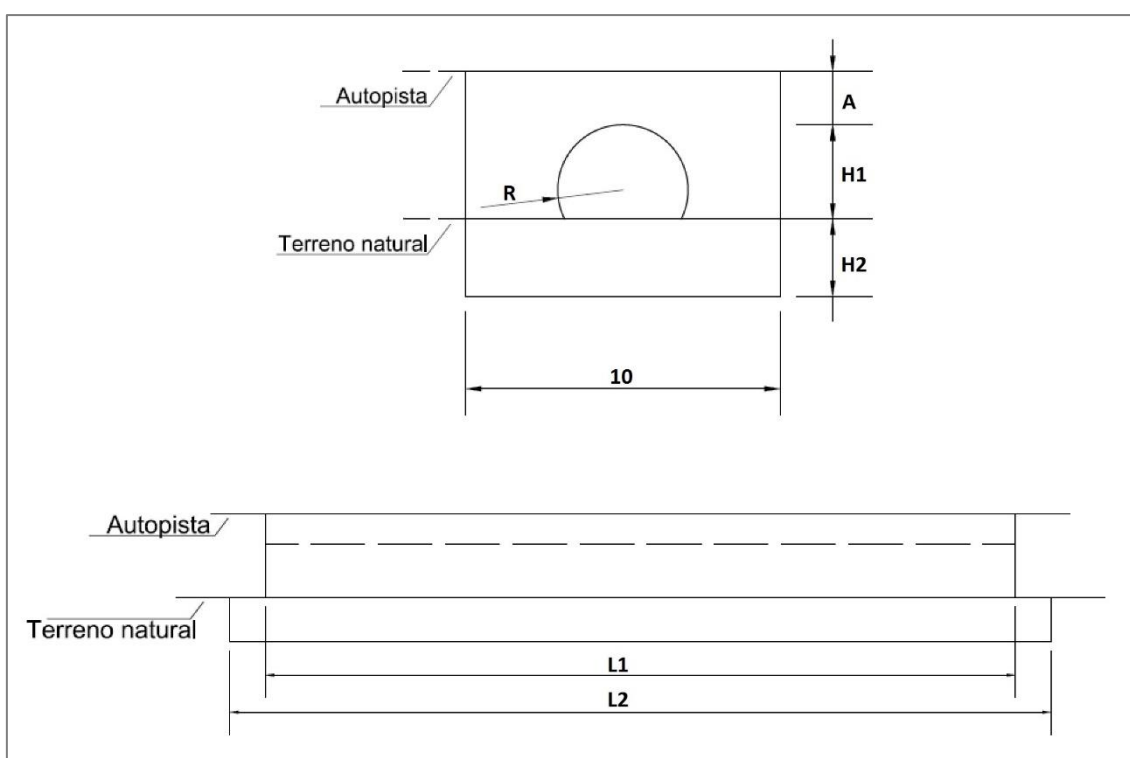


Figura 305.- Especificación de las dimensiones de vaciado del terraplén (alzado y perfil)
(fuente: elaboración propia).

Tabla 33.- Dimensiones del vaciado en cada paso.

Nº Paso	A (m)	H1 (m)	H2 (m)	R (m)	L1 (m)	L2 (m)
2	1,5	3	2,65	1,85	42	46
6	1,7	3	2,45	2	34,5	38,5

En este punto de la obra tenemos la excavación correspondiente al paso inferior existente (en realidad, a la mitad) realizada, pero es necesario bajar la rasante del camino de acceso puesto que las dimensiones del nuevo marco son mayores, no sólo de ancho, sino también de alto, y no hay margen superior para ello puesto que está limitado por la rasante de la autopista. Dicha operación será realizada por la

retroexcavadora previo replanteo. Bajaremos la rasante 1,55 m en el caso del primer marco y 1,35 m en el del segundo para ganarlo en altura del paso y aumentar así el índice de apertura (calculados sumando 1 m ó 0,8 m de altura de paso que se pretende ganar, 0,35 m del dintel del marco y 0,20 de la capa de zahorra de la posterior restitución del camino). El rebaje de la rasante del camino se realizará tanto en la zona del camino afectada por el paso como de forma progresiva en el tramo previo (500 m) a este, con el fin de suavizar el efecto y dejar el camino con una pendiente continua y razonable para el uso que fue concebido, y sin cambios bruscos.

La necesidad de asentar correctamente el marco, que requiere de una solera de hormigón de 15 cm y de un lecho de arena de 10 cm, sus propias dimensiones (los 35 cm de espesor de la solera del propio marco) y el hecho de que se pretenda que la superficie interna de la solera del marco esté hundida 50 cm sobre la rasante definitiva del camino al que da servicio (de tal forma que en el interior del marco se pueda preparar una superficie de características idénticas a la del camino del exterior –de cara a evitar el recelo de los osos a utilizarlo–) obligan a que en la zona de instalación se proceda, además, a una excavación adicional en la zona estricta del marco más una banda alrededor (para poder trabajar con seguridad durante la colocación de las piezas) de 0,95 m de profundidad. Sobre el lecho de arena debe realizarse un replanteo de los elementos del marco antes de su colocación.

Una vez construida “in situ” la solera de hormigón y pasado en tiempo de fraguado de 28 días hasta que alcanza la resistencia característica, el siguiente paso es la colocación de las piezas del marco prefabricado de hormigón, que constituye una de las fases más delicadas de la intervención. Atendiendo a las dimensiones y características de los marcos, las piezas llegarán hasta el tajo en camiones trailer de 25 t en la posición en la que se deberán colocar en obra. Antes de proceder a la descarga, que se realizará por una grúa móvil desde la calzada de la autopista, debe revisarse el envío, a fin de asegurarse que corresponden a los elementos especificados en el contrato y expresamente en el albarán de entrega, que están en buen estado y que no presentan daños motivados por el transporte.

Todos los procedimientos relacionados con la descarga deben estar listos antes de su inicio, y los materiales y equipos necesarios preparados y disponibles en el propio emplazamiento. La descarga deberá realizarse con bulones y ganchos homologados, toda vez que al tratarse de marcos articulados el sistema de pinza solo valdría para la pieza superior. En el proceso de descarga hay que tener en cuenta que el operario de grúa no verá la superficie del camino sobre la que reposará el marco, por lo que deberá recibir instrucciones precisas del exterior y deberá controlarse el izado y colocación con eslingas tiradas por operarios. En todo este proceso debe tenerse especial cuidado en no dañar las piezas en sus ensambles macho o hembra y en que no se desprenda ningún tipo de hormigón que ponga en peligro el recubrimiento de las armaduras.

Antes de iniciar la tarea de descarga debe comprobarse que el fondo donde vaya a ir colocado el marco esté totalmente exento de irregularidades y que esté perfectamente nivelado de manera que se garantice que el apoyo del marco es

uniforme (la última capa de esta base debe ser de un material fino que permita la correcta nivelación). Durante la descarga, deben tenerse en cuenta algunas consideraciones básicas de seguridad, como son:

- Que todas las tareas de enganche, desenganche, acople y desacople del útil de descarga se realicen con el marco apoyado en superficies planas, lisas y compactas.
- Que en la manipulación del marco no se produzcan sobrecargas que puedan sobrepasar la carga máxima del equipo o útil de elevación.
- Que ningún operario acompañe con sus manos la carga,
- Que ningún operario se sitúe debajo del marco cuando se encuentre suspendido.
- Que no se eleven o desplacen cargas por donde haya tránsito de personas.

En la colocación de los marcos habitualmente se sigue un orden de “aguja abajo” a “aguja arriba”, pero en este caso la propia configuración del tajo obliga a trabajar con un orden que va desde el centro de la autopista hacia el margen (debe considerarse que la correcta colocación del marco exige un impulso lateral que obligue al encaje de las juntas machihembradas). Debe tenerse en cuenta que la alineación no debe realizarse por un lado, sino por el eje del marco, para que las tolerancias se repartan adecuadamente.

Una vez colocadas todas las secciones del prefabricado se procederá al sellado de las juntas entre los diferentes elementos del marco utilizando para ello banda asfáltica fijada con resina o masilla bituminosa.

Posteriormente, comienza el relleno de tierras y la retirada de las tablaestacas laterales, no la del frente del marco ya que servirá para el vaciado del carril derecho. En el relleno del trasdós, cuyos materiales cumplirán siempre los requisitos exigidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3), debe compensarse la zanja hasta la altura superior del marco, rellenando alternativamente sobre los lados, utilizando materiales granulados seleccionados, compactados con la ayuda de un rodillo vibratorio (valor máximo carga lineal del compactador = 10 t/m) que, en todo caso, no debe emplearse a menos de un metro de los laterales y de la clave del marco. En esas zonas se utilizará un compactador ligero de mano (carga lineal del compactador ≤ 5 t/m). Las primeras tongadas de un lado no deben superar los 40 cm y luego no debe producirse un desequilibrio entre ambos lados superior a esa distancia (es decir, tras las primeras tongadas de un lado, que no superen los 40 cm, se rellena el otro lado hasta los 80 cm y así sucesivamente). La profundidad de las tongadas debe permitir una buena compactación (mayor del 98% P.N., lo que supone unos 20 cm de espesor). Es conveniente añadir un dren poroso en el trasdós de la estructura. Un esquema del proceso se presenta en la Figura 306.

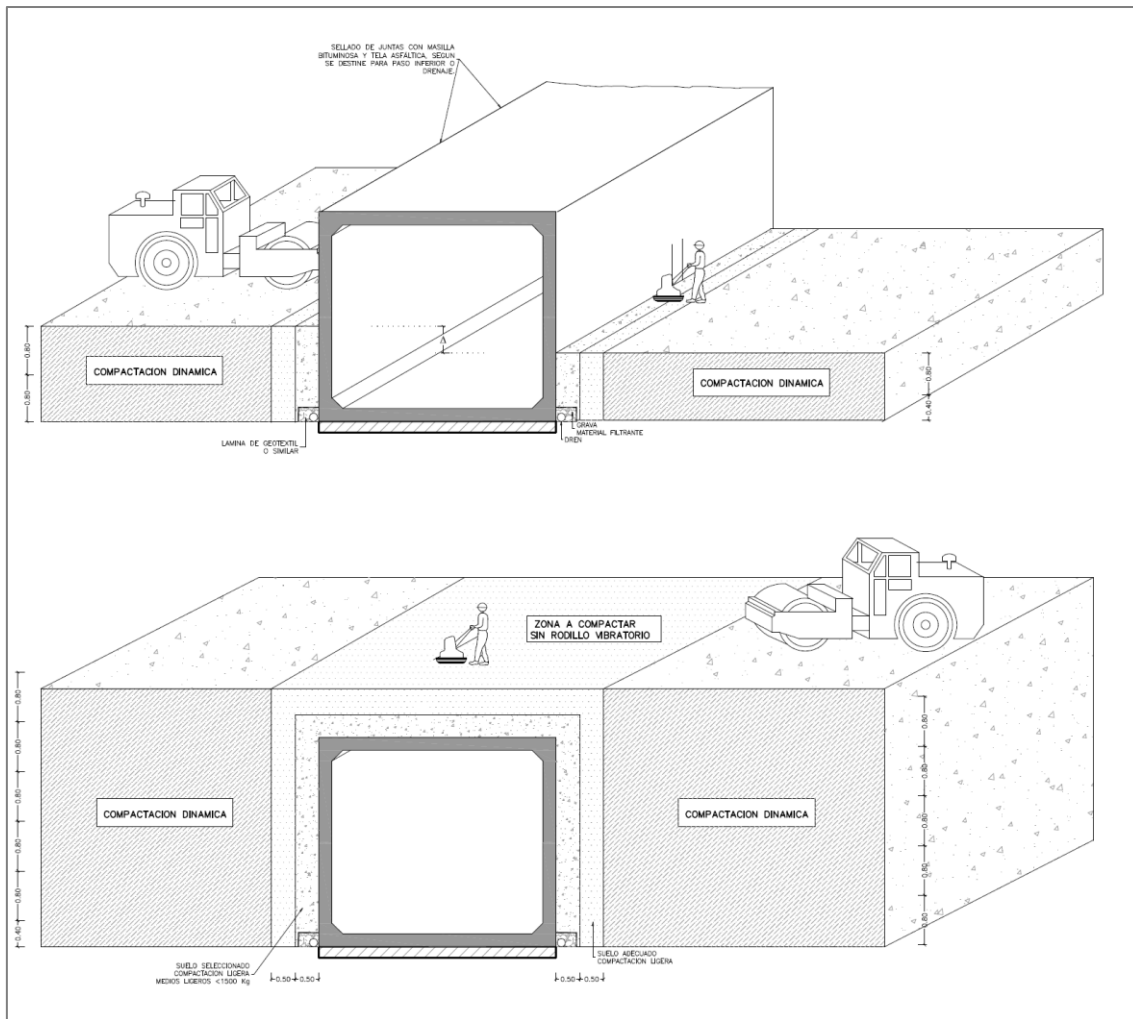


Figura 306.- Esquema del proceso de relleno de tierras en el marco.

Cada uno de los pasos se completa con cuatro aletas (dos a cada lado de la sección) con el objeto de contener las tierras. Las aletas serán igualmente prefabricadas y, atendiendo a las dimensiones del marco, constarán de varios módulos. Las dimensiones de las aletas deberán ser calculadas con detalle en función de la topografía real del terreno, del marco colocado y de la pendiente del terraplén, aproximándose, no obstante, a las dimensiones que se estiman en la Figura 307.

La colocación de las aletas se realizará sobre una solera de hormigón de 15 cm (similar a la del marco), garantizándose un correcto rozamiento “zapata – solera de hormigón – terreno”. La aleta no es autoportante y, en consecuencia, es obligatorio asegurar su estabilidad, una vez que ha sido correctamente colocada, hasta que se haya realizado la zapata in-situ y ésta haya adquirido una resistencia característica mínima de 15 MPa. La aleta se une al marco conforme al material suministrado por el fabricante (barra pasante, pletinas y tornillos...). La longitud del solape de las esperas de la aleta con la armadura de la zapata in-situ debe tener una longitud mínima de 30 cm. El relleno del trasdós de la aleta nunca puede comenzar hasta que la zapata haya adquirido su resistencia característica. La compactación del terreno solo puede realizarse por medios ligeros.

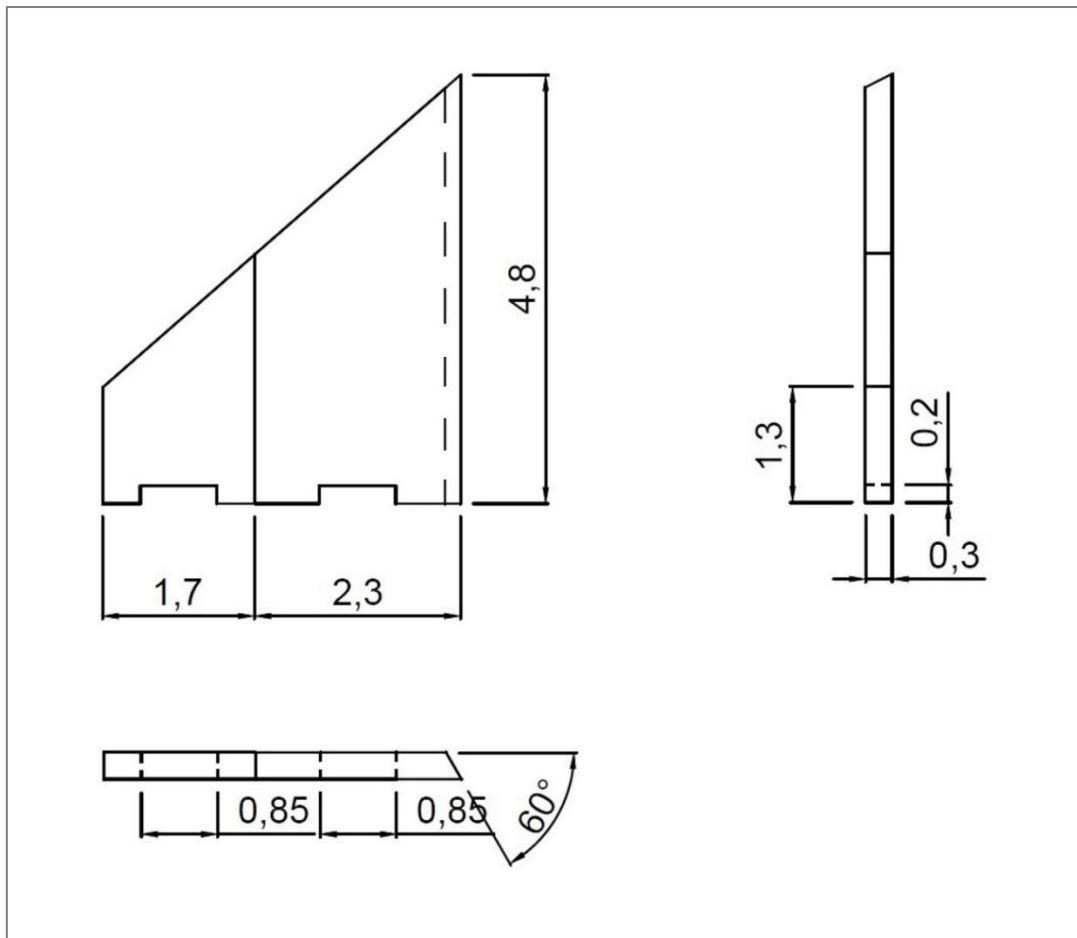


Figura 307.- Dimensiones de las aletas previstas (fuente: elaboración propia).

Terminado el relleno se realizará la colocación del firme y pavimento, siguiendo las prescripciones técnicas del resto de la autopista. Puesto que no se tiene acceso a la información del firme colocado actualmente se ha definido uno según la norma. El IMD_p es 597 por lo que nos encontramos en la categoría T2 de tráfico pesado. El firme se coloca sobre una explanada E1, siendo este un firme semiflexible con mezcla bituminosa en caliente de 28cm de espesor sobre una capa granular de zahorra de 40cm.

Los dos caminos a restaurar son vías de escasa utilización por vehículos (es decir, que soportan unas intensidades medias diarias de tráfico muy pequeñas por lo que tiene la consideración genérica de vía de baja intensidad de tráfico), que además mayoritariamente tienen un carácter agroganadero (pequeños tractores, motocultores con remolque, todoterrenos...). Al igual que en el caso de la autopista, los caminos son preexistentes y la actuación viene determinada por la necesidad de restituirlos a su uso una vez que se ha bajado la rasante en un tramo de un kilómetro en cada caso para dar altura suficiente a los nuevos pasos inferiores en la AP-66.

En consecuencia, la pauta general de la restitución será devolverlos a su estado inicial, manteniendo la misma anchura, aunque teniendo en consideración que, dado que la nueva rasante tiene una mayor pendiente, deben realizarse algunas mejoras para garantizar la duración y buen estado de la infraestructura, especialmente en lo que se refiere al firme y a la evacuación de las aguas.

El proceso constructivo comenzará con la compactación de los restos de las capas preexistentes para garantizar la calidad de la plataforma. La compactación de los materiales se llevará a cabo con arreglo a lo especificado en el artículo 330, "Terraplenes", del Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes.

Sobre la plataforma se extenderá el pavimento, que estará compuesto por una capa de 30 cm de zahorra artificial ZA 25, CBR 15-35 cm. Para este material el coeficiente de limpieza deberá ser inferior a dos (anexo C de la Norma UNE 14613), el equivalente de arena deberá cumplir lo indicado en la tabla 510.1. para el tipo de tráfico EA > 35, (UNE-EN 933-8), el material será "No Plástico" (Norma UNE 103104) y el Coeficiente de Los Ángeles no podrá ser superior a 35 (Norma UNE-EN 10972). Para esta capa, la densidad de compactación del Proctor Modificado será del 96%.

El camino llevará una pendiente del 1,5% en sentido transversal, facilitando la evacuación del agua de lluvia hacia las cunetas, que se construirán por el lado del talud con una profundidad de 0,50 m y que finalizarán en un caño transversal hacia el terraplén de 0,60 m de diámetro, para evitar su obturación.

Dentro de los marcos, el camino tendrá unas características superficiales similares (anchura, materiales, etc...) al exterior, formando en apariencia un todo continuo, pero deben considerarse los problemas derivados de la necesidad de evitar que se acumule agua en su interior (que, además de por las entradas de los marcos, puede penetrar, aunque en menor cuantía, por las láminas de tramex del dintel correspondiente a la mediana de la AP-66), por lo que se debe ser especialmente cuidadoso con que el perfil transversal y longitudinal tenga la inclinación adecuada para desahogar. Adicionalmente, y puesto que el camino sólo ocupa 3,5 m de ancho, en las márgenes (hasta cubrir los 5 m del ancho del marco) del camino se utilizarán zavorras drenantes (de granulometría continua y en las que se han eliminado los tamaños más finos) y se instalará un tubo drenante similar al empleado en el exterior.

Finalizada la reposición de los caminos la siguiente fase es la restauración vegetal que, en este caso, tiene una doble finalidad: pretende la recuperación de todos los entornos afectados por la actuación y trata de facilitar el acercamiento del oso pardo a las estructuras de cruce mediante el apantallamiento de la AP-66.

La última fase es la restauración ambiental y revegetación de la zona afectada por la intervención. Si bien el objetivo general de cualquier restauración ecológica es el de devolver a un ecosistema degradado los elementos necesarios para conseguir un estado similar al natural, no es viable económica ni técnicamente plantear un proyecto de restauración de la cobertura vegetal contemplando la reintroducción de todas las especies que, en teoría, podrían componer el sistema. Por ello, es preciso seleccionar un número limitado de especies clave a introducir que, por una parte, ejerzan un papel fundamental sobre la dinámica del ecosistema y, por otra, satisfagan las necesidades más inmediatas relacionadas con la finalidad de nuestra intervención.

Desde esta última perspectiva, nuestra restauración pretende dos objetivos: aminorar el impacto paisajístico de la actuación (causado por los movimientos de tierra asociados a ellas: plataformas de trabajo, taludes de los pasos...) y favorecer la utilización de los pasos por el oso (lo que obliga a atender a dos requerimientos: cobertura forestal para apantallar la autopista y producción de alimentos para atraer al plantígrado). Estos dos objetivos condicionan, en consecuencia, el tipo de restauración que también tendrá que ser doble: por una parte, la revegetación con herbáceas (que por la rapidez con que germinan y se desarrollan, además de atenuar el efecto paisajístico, intervendrán en la defensa contra la erosión y acondicionarán el terreno para acoger otros tipos de vegetación) y, por otra, la plantación de árboles y arbustos.

La intervención de revegetación comienza por el extendido de la tierra que fue removida y acumulada al inicio de la obra. Su carga y distribución se realizarán con una pala cargadora, aunque posteriormente se procederá a un extendido y perfilado manual con objeto de homogeneizar el espesor de la capa de tierra vegetal.

Atendiendo a la necesidad de conseguir una muy rápida implantación de la capa vegetal, la hidrosiembra de herbáceas se realizará con una mezcla acuosa (15000 l/ha) de semillas (20 g/m²), mulch, fertilizantes (abono orgánico vegetal a razón de 150 g/m²) y sustancias adherentes. Se realizarán en dos pasadas, una primera de siembra en la que se incorporan las semillas, agua, mulch, estabilizador y abono; y una segunda de tapado en la que únicamente se añadirá mulch y estabilizador. La composición de semillas de la hidrosiembra será: *Dactylis glomerata* 25%, *Festuca rubra rubra* 25%, *Lolium perenne* 20%, *Sanguisorba minor* 5%, *Agrostis capillaris* 5%, *Trifolium repens* 5%, *Lotus corniculatus* 5%, *Crataegus monogyna* 3,5%, *Genista florida* 2,5%, *Plantago lanceolata* 1%, *Achillea millefolium* 1%, *Cytisus scoparius* 1% *Sambucus nigra* 1%.

La provisión de las semillas se realizará mediante su adquisición en centros oficiales o instituciones análogas o, en todo caso, en empresas de reconocida solvencia. Se garantizará que se encuentren exentas de impurezas, granos rotos, defectuosos o enfermos (no estar parasitadas por insectos, ni contaminadas por hongos o haber sufrido cualquier enfermedad micológica), así como de granos de especies diferentes a la determinada. Desde el momento en que se mezclan las semillas hasta el momento en que se inicie la operación de siembra no transcurrirán más de 20 min.

De forma general, la hidrosiembra se realizará directamente sobre la tierra sin compactar y con cierto grado de humedad. Se realizará en días sin viento. El cañón de la hidrosembadora se situará inclinado por encima de la horizontal. La hidrosiembra se realizará a través del cañón de la hidrosembadora, si es posible el acceso hasta el punto de siembra, o en caso contrario, por medio de una o varias mangueras enchufadas al cañón. La expulsión de la mezcla se realizará de tal manera que no incida directamente el chorro en la superficie a sembrar para evitar que durante la operación se produzcan movimientos de finos en el talud y describiendo círculos, o en zigzag, para evitar que la mezcla proyectada escurra por el talud. La distancia entre la boca del cañón (o manguera) y la superficie a tratar es función de la potencia de expulsión de la bomba, oscilando entre los 20 y 50 metros, y deberá ajustarse en obra, realizando las pruebas pertinentes a fin de evitar los efectos antes indicados.

En relación a la plantación de especies arbóreas o arbustivas, la elección de especies compaginará, siguiendo los criterios de la FUNDACIÓN OSO PARDO (2014) matizados con las necesidades particulares de este proyecto, especies productoras de frutos en diferentes épocas del año con aquellas que, no teniendo repercusión, o no importante, en la dieta del oso, tienen facilidad de arraigo y carácter pionero. En consecuencia, se plantarán las especies definidas y con los criterios expuestos en la Tabla 34.

Tabla 34.- Especies arbóreas y arbustivas a utilizar en la recuperación ambiental del entorno de los pasos (fuente: elaboración propia a partir de las recomendaciones de la FOP, 2014).

ESPECIE	OBSERVACIONES	MARCO PLANTACIÓN	TIPO PLANTACIÓN
Acebo (<i>Ilex aquifolium</i>)	Principalmente en la zona más próxima a la calzada. Ofrece cobertura (hoja perenne), pero no alimentación. Carácter colonizador.	6 m x 6 m	En maceta de 40 cm (unos 1,5 m de alto). (Nota: tamaños grandes para lograr el apantallamiento inmediato).
Tejo (<i>Taxus baccata</i>)	Principalmente en la zona más próxima a la calzada. Ofrece cobertura (hoja perenne), pero no alimentación. Carácter colonizador.	3 m x 6 m	En maceta de 49 cm (unos 1,5 m de altura). (Nota: tamaños grandes para lograr el apantallamiento inmediato).
Abedul (<i>Betula alba</i>)	Principalmente en la zona más próxima a la calzada, pero por todo el área, siendo la especie de mayor utilización general. Ofrece cobertura, pero no alimentación. Carácter colonizador y rápido crecimiento.	3 m x 3m	Con cepellón. 2 savias.
Serbal de cazadores (<i>Sorbus aucuparia</i>)	Principalmente en la zona más próxima a la calzada, pero por todo el área. Ofrece cobertura, pero escasa alimentación. Carácter colonizador.	3 m x 3 m	Con cepellón. 2 savias.
Avellano (<i>Corylus avellana</i>)	Alejado de la calzada. Fruto a finales de verano y principios de otoño.	6 m x 6 m	Con cepellón. 2 savias.
Cerezo (<i>Prunus avium</i>)	Alejado de la calzada. Fruto a principios de verano e incluso finales de primavera.	6 m x 6 m	Con cepellón. 2 savias.
Escuernacabras (<i>Rhamnus alpina</i>)	Alejado de la calzada. Fruto a finales de verano.	6 m x 6 m	Con cepellón. 2 savias.

En primer lugar, se procederá a la apertura de cavidades aproximadamente prismáticas, con dimensiones apropiadas para permitir a las raíces de la planta su

situación holgada dentro del hueco (1 m x 1 m x 1m para árboles de más de 0,50 m de altura y de 0,40 m x 0,40 m x 0,40 m para el resto). La tierra extraída se apilará en los bordes laterales del hoyo (hasta el momento de la plantación y relleno), disponiendo en un borde la extraída en los primeros 30-40 cm y, en el otro borde la restante, de forma que, al rellenar, vuelve a ocupar la posición primitiva. Los hoyos de superficies llanas o de pendiente suave se podrán mecanizar mediante el empleo de maquinaria ligera (60-75 CV) que evite la compactación del terreno circundante, aunque dados el tamaño y la disposición de las superficies a reforestar lo habitual será el uso de motoahoyadora manual. Los hoyos se dispondrán al tresbolillo o de forma irregular, imitando la disposición natural y evitando las formas geométricas, excepción hecha de las más próximas a la calzada, donde en aras al apantallamiento inmediato se permitirán las formas lineales.

Una vez instalada la planta en el hueco de excavación, este debe rellenarse en capas sucesivas, compactando ligeramente, por tongadas. Las cantidades utilizadas de tierra vegetal serán: 0,25 m³ para arbustos y 0,5 m³ para árboles. Con el relleno se aportará abono en las siguientes cantidades por hoyo para cada tipo de planta: 1 kg de estiércol para árboles de más de 0,5 m y 0,4 kg para el resto. El relleno final debe llegar hasta el cuello de la raíz o ligeramente más bajo.

En la plantación la parte menos frondosa se orientará hacia el sudoeste, para favorecer el crecimiento del ramaje al recibir el máximo de luminosidad. La planta se colocará recta, no admitiéndose inclinaciones que superen 5° respecto a la vertical. Todas las plantas irán dotadas de sistemas de protección mediante tubo invernadero o de malla envolvente fijos al suelo convenientemente. Se deberá prever la correspondiente reposición de marras.

La intervención finaliza con la retirada del vallado provisional y la instalación del nuevo vallado (aspecto ya contemplado en apartados precedentes).

6.3.7.- ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LAS PRINCIPALES UNIDADES DE OBRA.

Las premisas generales sobre las que se establece el presupuesto son idénticas a las formuladas en el apartado 6.2.5., pero referidas a las unidades de obra a utilizar en esta parte del proyecto que son las siguientes:

- Desbroce y limpieza del terreno: al inicio de la actuación.
- Delimitación del perímetro de obra: al inicio de la actuación.
- Retirada de las medidas de seguridad existentes en el tramo de la vía afectado: al inicio de la actuación.
- Excavación de tierra vegetal: al inicio de la actuación.
- Excavación: en el acondicionamiento de las plataformas de trabajo, en la demolición de los marcos existentes y en la rebaja de la rasante de los caminos.
- Demolición tubo metálico multiplaca corrugado: en la demolición de los marcos existentes.
- Demolición zapata de hormigón: en la demolición de los marcos existentes.

- Montaje marco prefabricado articulado de hormigón armado: en la construcción del nuevo paso inferior.
- Relleno: en la construcción del nuevo paso de hormigón.
- Restitución de la capa de rodadura de la AP-66, de las medidas de seguridad y de la señalización.
- Restauración camino: en la reconstrucción de los caminos a los que los pasos dan servicio, e incluye reconstrucción del firme, acondicionamiento de cunetas y colocación de caños transversales.
- Restauración ambiental y acondicionamiento para el oso (hidrosiembra y plantaciones arbóreas y arbustivas): en la fase final.

La justificación de precios para estas unidades de obra se realiza de la siguiente manera:

m ² Desbroce y limpieza del terreno.					0,58 €
Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales y, en su caso, carga a camión, incluido transporte a vertedero autorizado. hasta una distancia de 60 km					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Retroexcavadora hidráulica sobre ruedas. De 11 t de masa	0,0020	65,92	0,13
MQ	h	Tractores sobre cadenas. De 138 kW de potencia (19,8 t)	0,0008	94,61	0,08
MQ	h	Camión. Con caja basculante 4x4. De 221 kW de potencia	0,0040	78,93	0,32
MO	h	Capataz	0,0004	20,54	0,01
MO	h	Peón ordinario.	0,0008	16,60	0,01
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	0,55	0,03
				Total redondeado:	0,58

m ² Excavación de tierra vegetal.					1,98 €
Excavación de tierra vegetal i/ carga y transporte a vertedero hasta una distancia de 10 km o acopio dentro de la obra, depósito de tierra vegetal en zona adecuada para su reutilización y acondicionamiento y mantenimiento de acopios, formación y mantenimiento de los caballeros y pago de los cánones de ocupación.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Excavadora hidráulica sobre rueda. De 22 t de masa	0,0060	82,70	0,50
MQ	h	Camión. Con caja basculante 6x6. De 258 kW de potencia	0,0150	87,45	1,31
MO	h	Capataz	0,0007	20,54	0,01
MO	h	Peón ordinario.	0,0030	16,60	0,05
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	1,87	0,11
				Total redondeado:	1,98

m Delimitación del perímetro de obra.					1,80 €
Delimitación del perímetro de obra con malla de 1,5 m de altura sujeta con redondos de acero cada 2 m, totalmente colocada i/ retirada de la misma al finalizar la actividad.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MT	kg	Acero corrugado B 500 S en barras	1,5800	0,60	0,95
MT	m	Malla de 1,5 m de altura para delimitación de perímetro de obra	1,0000	0,48	0,48
MO	h	Peón especialista.	0,0160	16,77	0,27
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	1,70	0,10
				Total redondeado:	1,80

m Levantamiento de barrera metálica bionda					5 €
Levantamiento de barrera metálica bionda i/ desmontaje, arranque de postes, demolición, desescombro, carga y transporte de material demolido a gestor autorizado hasta una distancia de 60 km.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ		Retrocargadora sobre ruedas. De 75 kW de potencia	0,0180	44,39	0,80
MQ	h	Martillos demoledores hidráulicos. De 600 kg de masa	0,0180	5,26	0,09
MQ	h	Camión. Con caja basculante 6x6. De 258 kW de potencia	0,0360	87,45	3,15
MO	h	Capataz	0,0040	20,54	0,08
MO	h	Peón ordinario.	0,0360	16,60	0,60
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	4,72	0,28
				Total redondeado:	5,00

m²		Demolición de firme			3,85 €
Demolición de firme o pavimento existente de cualquier tipo o espesor i/ bajas por rendimiento por paso de vehículos, demolición de aceras, isletas, bordillos y toda clase de piezas especiales de pavimentación, desescombro, carga y transporte de material demolido a gestor autorizado hasta una distancia de 60 km.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Excavadora hidráulica sobre rueda. De 22 t de masa	0,0080	82,70	0,66
MQ	h	Camión. Con caja basculante 6x6. De 258 kW de potencia	0,0240	87,45	2,10
MQ	h	Martillos demoledores hidráulicos. De 1000 kg de masa	0.0080	7,74	0,06
MQ	h	Cargadoras sobre ruedas. De 125 kW de potencia (3 m³)	0,0080	74,48	0,60
MO	h	Capataz	0,0040	20,54	0,08
MO	h	Peón especialista.	0,0080	16,77	0,13
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	3,63	0,22
				Total redondeado:	3,85

m³ Excavación			4,27 €		
Excavación en vaciado entre pantallas en cualquier tipo de terreno a cielo abierto i/ carga y transporte a vertedero hasta una distancia de 10 km o al lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Excavadora hidráulica sobre rueda. De 22 t de masa	0,0110	82,70	0,91
MQ	h	Camión. Con caja basculante 6x6. De 258 kW de potencia	0,0330	87,45	2,89
MO	h	Capataz	0,0025	20,54	0,05
MO	h	Peón especialista.	0,0110	16,77	0,18
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	4,03	0,24
				Total redondeado:	4,27

m Demolición tubo metálico multiplaca corrugado			54,52 €		
Demolición de tubo metálico multiplaca corrugado mediante medios mecánicos y carga sobre camión y transporte de material demolido a gestor autorizado hasta una distancia de 60 km.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Cargadoras sobre ruedas. De 125 kW de potencia (3 m³)	0,0420	74,48	3,13
MQ	h	Camión. Con caja basculante 6x6. De 258 kW de potencia	0,0600	87,45	5,25
MQ	h	Equipo y elementos auxiliares para corte oxiacetilénico	1,2800	6,99	8,95
MO	h	Oficial de 1ª	1,2800	20,36	26,06
MO	h	Peón especialista.	0,4800	16,77	8,05
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	51,43	3,09
				Total redondeado:	54,52

m³ Demolición zapata de hormigón de tubo metálico multiplaca corrugado				29,63 €	
Demolición de zapata de hormigón de tubo metálico multiplaca corrugado i/ desescombro, carga y transporte de material demolido a gestor autorizado hasta una distancia de 60 km.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Excavadora hidráulica sobre rueda. De 22 t de masa	0,0550	82,70	4,55
MQ	h	Martillos demoledores hidráulicos. De 1000 kg de masa	0,0550	7,74	0,43
MQ	h	Cargadoras sobre ruedas. De 125 kW de potencia (3 m³)	0,0550	74,48	4,10
MQ	h	Camión. Con caja basculante 6x6. De 258 kW de potencia	0,1640	87,45	14,34
MQ	h	Equipo oxicorte	0,0550	13,59	0,15
MQ	h	Grupo electrógeno. Con motor diésel. De 80 kVA de potencia	0,0550	16,01	0,88
MO	h	Capataz	0,0270	20,54	0,55
MO	h	Oficial de 1ª	0,0550	20,36	1,12
MO	h	Peón especialista.	0,1090	16,77	1,83
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	27,95	1,68
				Total redondeado:	29,63

m		Marco prefabricado articulado de hormigón armado 5 x 4,5 m			2513,90 €
Marco prefabricado de hormigón armado de medidas interiores h:5,00 x v:4,50 m según planos i/ suministro, altura de tierras sobre clave < 8 m, montaje, solera de hormigón en masa HM-20 de 15 cm de espesor, arena de nivelación de 10 cm de espesor, junta, totalmente instalado..					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Grúas de carretera (desplazamiento rápido) de más de 221 t. Para carga máxima de 300 t	0,9700	283,34	274,84
MT	m	Marco prefabricado articulado 5,00 x 4,50 m	1	1969,68	1969,68
MT	m³	Hormigón en masa HM-20 de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm	0,8100	60,14	48,71
MT	T	Arenas calizas	0,5400	8,18	4,42
MO	h	Capataz	0,0490	20,54	1,01
MO	h	Oficial de 1ª	1,5400	20,36	31,35
MO	h	Peón especialista.	2,4800	16,77	41,59
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	2371,60	142,30
				Total redondeado:	2513,90

Ud Aleta prefabricada en dos piezas, de 4,5 m de altura y 4 m de largo.					3018,13 €
Aleta prefabricada de hormigón armado de medidas totales 4,5 m de alto y 4 m de largo, de dos piezas, para marco de 5 x 4,5 m, según planos i/ suministro, montaje, solera de hormigón en masa HM-20 de 15 cm de espesor y construcción de zapata in-situ.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Grúa autopropulsada para carga máxima de 30 t	0,9000	95,03	85,53
MT	ud	Aleta prefabricada en 2 piezas, de dimensiones totales 4,5 x 4	1	2324	2324
MT	m³	Hormigón en masa HM-20 de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm	1,2100	60,14	72,77
MT	m³	Hormigón para armar HA-25 de consistencia fluida y tamaño máximo del árido 20 mm	0,6100	83,13	50,71
MT	kg	Acero en barras corrugadas B 500 S i/ colocado en armaduras	10,7600	0,89	9,58
MO	h	Capataz	0,0490	20,54	1,01
MO	h	Oficial de 1ª	7,2000	20,36	146,59
MO	h	Peón especialista.	1,3500	16,77	22,64
MO	h	Peón ordinario	8,1000	16,60	134,46
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	2847,29	170,84
				Total redondeado:	3018,13

m³ Relleno					1,09 €
Relleno todo-uno con materiales procedentes de la excavación, i/ extendido, humectación, nivelación, compactación, terminación y refino de taludes totalmente terminado.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Tractores sobre cadenas. De 138 kW de potencia (19,8 t)	0,0027	94,61	0,26
MQ	h	Motoniveladoras. De 104 kW de potencia	0,0027	80,28	0,22
MQ	h	Compactador vibrante autopropulsado, de un cilindro, liso. De 16 t de masa	0,0054	50,62	0,27
MQ	h	Camión cisterna para riego. Para una cantidad de 8000 litros	0,0009	80,74	0,07
MT	m³	Agua	0,2500	0,58	0,15
MO	h	Capataz	0,0006	20,54	0,01
MO	h	Peón especialista.	0,0027	16,77	0,05
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	1,03	0,06
				Total redondeado:	1,09

m³ Relleno en formación de vertedero					0,51 €
Relleno en formación de vertedero i/ extendido del material y demás actuaciones complementarias para realizar la unidad.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Tractores sobre cadenas. De 138 kW de potencia (19,8 t)	0,0011	94,61	0,10
MQ	h	Motoniveladoras. De 104 kW de potencia	0,0011	80,28	0,09
MQ	h	Compactador vibrante autopropulsado, de un cilindro, liso. De 16 t de masa	0,0011	50,62	0,06
MQ	h	Camión cisterna para riego. Para una cantidad de 8000 litros	0,0006	80,74	0,05
MT	m³	Agua	0,2500	0,58	0,15
MO	h	Capataz	0,0006	20,54	0,01
MO	h	Peón especialista.	0,0011	16,77	0,02
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	0,48	0,03
				Total redondeado:	0,51

t Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de granulometría semidensa para capa intermedia.					51,85 €
Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente tipo AC 32 bin B 50/70 S, con betún asfáltico de penetración, de granulometría semidensa para capa intermedia y árido calcáreo, extendida y compactada					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Rodillo vibratorio para hormigones y betunes autopropulsado neumático	0,0100	60,52	0,61
MQ	h	Rodillo vibratorio autopropulsado, de 12 a 14 t	0,0100	66,20	0,66
MQ	h	Extendedora para pavimentos de mezcla bituminosa	0,0080	53,72	0,43
MT	t	Mezcla bituminosa continua en caliente tipo AC 32 bin B 50/70 S, con betún asfáltico de penetración, de granulometría semidensa para capa intermedia y árido calcáreo.	1,0000	45,70	45,70
MO	h	Oficial de 1ª	0,0160	20,36	0,33
MO	h	Peón ordinario.	0,0720	16,60	1,20
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	48,92	2,94
				Total redondeado:	51,85

m³ Base de zahorras artificial sobre explanada E1.

21,30 €

Base de zahorras artificial sobre explanada E1 colocada con motoniveladora y compactado del material al 100% del PM					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Camión cisterna de 8 m³	0,0050	80,74	0,40
MQ	h	Compactador vibrante autopropulsado, de un cilindro, liso. De 16 t de masa	0,0330	50,62	1,67
MQ	h	Motoniveladora mediana	0,0170	63,59	1,08
MT	m³	Zahorras artificial	1,2000	8,00	9,60
MT	m³	Agua	0,0500	0,58	0,03
MO	h	Peón ordinario.	0,4400	16,60	7,30
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	20,09	1,21
				Total redondeado:	21,30

t Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de granulometría gruesa para capa base.

51,85 €

Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente tipo AC 32 base B 50/70 G, con betún asfáltico de penetración, de granulometría gruesa para capa base y árido calcáreo, extendida y compactada.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Rodillo vibratorio para hormigones y betunes autopropulsado neumático	0,0100	60,52	0,61
MQ	h	Rodillo vibratorio autopropulsado, de 12 a 14 t	0,0100	66,20	0,66
MQ	h	Extendedora para pavimentos de mezcla bituminosa	0,0080	53,72	0,43
MT	t	Mezcla bituminosa continua en caliente tipo AC 32 base B 50/70 G, con betún asfáltico de penetración, de granulometría gruesa para capa base y árido calcáreo	1,0000	45,70	45,70
MO	h	Oficial de 1ª	0,0160	20,36	0,33
MO	h	Peón ordinario.	0,0720	16,60	1,20
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	48,92	2,94
				Total redondeado:	51,85

m² Pavimento de mezcla bituminosa discontinua en caliente para capa de rodadura

4,20 €

Pavimento de mezcla bituminosa discontinua en caliente, para capas de rodadura BBTM, 11B PMB 45/80-60(BM-3b) con betún modificado y árido granítico, para una capa de rodadura de 3 cm de espesor					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Rodillo vibratorio para hormigones y betunes autopropulsado neumático	0,0007	60,52	0,04
MQ	h	Rodillo vibratorio autopropulsado, de 12 a 14 t	0,0007	66,20	0,05
MQ	h	Extendedora para pavimentos de mezcla bituminosa	0,0007	53,72	0,04
MT	t	Mezcla bituminosa discontinua en caliente, para capas de rodadura BBTM, 11B PMB 45/80-60(BM-3b) con betún modificado y árido granítico	0,0690	54,52	3,76
MO	h	Oficial de 1ª	0,0014	20,36	0,03
MO	h	Peón ordinario.	0,0028	16,60	0,05
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	3,96	0,24
				Total redondeado:	4,20

t Riego de imprimación con emulsión bituminosa catiónica tipo C50BF4 IMP

406,22 €

Riego de imprimación con emulsión bituminosa catiónica tipo C50BF4 IMP					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Camión cisterna para riego asfáltico	0,7000	28,13	19,69
MT	t	Emulsión bituminosa catiónica con un 50% de betún asfáltico, para riego de imprimación tipo C50BF4 IMP con un contenido de fluidificante > 3%	1,0000	330	330
MO	h	Peón especialista.	2,0000	16,77	33,54
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	383,23	22,99
				Total redondeado:	406,22

t Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica tipo C60B3/B2 ADH

542,01 €

Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica tipo C60B3/B2 ADH					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Camión cisterna para riego asfáltico	0,7000	28,13	19,69
MQ	h	Barredora autopropulsada	5,0000	41,62	208,10
MT	t	Emulsión bituminosa catiónica con un 60% de betún asfáltico, para riego de adherencia tipo C60B3/B2 ADH	1,0000	250	250,00
MO	h	Peón especialista.	2,0000	16,77	33,54
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	511,33	30,68
				Total redondeado:	542,01

t Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica modificada con polímeros tipo C60BP3/BP2 ADH 722,21 €

Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica modificada con polímeros tipo C60BP3/BP2 ADH					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Camión cisterna para riego asfáltico	0,7000	28,13	19,69
MQ	h	Barredora autopropulsada	5,0000	41,62	208,10
MT	t	Emulsión bituminosa catiónica modificada con polímeros con un 60% de betún asfáltico, para riego de adherencia tipo C60BP3/BP2 ADH	1,0000	420	420,00
MO	h	Peón especialista.	2,0000	16,77	33,54
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	681,33	40,88
				Total redondeado:	722,21

m Barrera de seguridad doble 44,23 €

Barrera de seguridad doble, con nivel de contención N2, anchura de trabajo W4 o inferior, deflexión dinámica 1,10 m o inferior, índice de severidad A i/ captafaros, postes, p.p. de uniones, tornillería y anclajes, totalmente instalada.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Maquina colocación bionda. Automotriz. De 10 kW de potencia	0,0120	11,29	0,14
MQ	h	Camión. Con caja basculante 4x4. De 199 kW de potencia	0,0040	72,23	0,29
MT	m	Barrera metálica doble galvanizada de contención normal N2, índice de severidad A, anchura de trabajo W4, deflexión dinámica 1,10 m o inferior i/ postes, uniones, tornillería y anclajes	1,000	35,40	35,40
MT	ud	Captafaros triangular barrera dos caras H.I.	0,2500	2,70	0,68
MO	h	Oficial 1ª	0,0600	20,36	1,22
MO	h	Peón ordinario.	0,1800	16,60	2,99
MO	h	Ayudante	0,0600	16,87	1,01
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	41,73	2,50
				Total redondeado:	44,23

m Marca vial de 30 cm 1,55 €

Marca vial de tipo II (RR), de pintura reflectante, tipo acrílica en base agua autorreticulable, de 30 cm de ancho i/ preparación de la superficie y premarcaje.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Máquinas para pintar bandas. De 225 l de capacidad	0,0020	37,70	0,08
MQ	h	Barredora y aspirador de polvo. Remolcada sin aspiración de polvo, de 60 kW	0,0010	26,87	0,03
MQ	h	Minicargadora de 43 kW de potencia (60 l/m)	0,0010	34,74	0,03
MT	kg	Pintura acrílica en solución acuosa	0,7500	1,50	1,13
MT	kg	Microesferas de vidrio	0,1800	0,82	0,15
MO	h	Oficial 1ª	0,0020	20,36	0,04
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	1,46	0,09
				Total redondeado:	1,55

m Marca vial de 20 cm 1,09 €

Marca vial de tipo II (RR), de pintura reflectante, tipo acrílica en base agua autorreticulable, de 20 cm de ancho i/ preparación de la superficie y premarcaje					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Máquinas para pintar bandas. De 225 l de capacidad	0,0020	37,70	0,08
MQ	h	Barredora y aspirador de polvo. Remolcada sin aspiración de polvo, de 60 kW	0,0010	26,87	0,03
MQ	h	Minicargadora de 43 kW de potencia (60 l/m)	0,0010	34,74	0,03
MT	kg	Pintura acrílica en solución acuosa	0,5000	1,50	0,75
MT	kg	Microesferas de vidrio	0,1200	0,82	0,10
MO	h	Oficial 1ª	0,0020	20,36	0,04
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	1,03	0,06
				Total redondeado:	1,09

m Marca vial de 10 cm 0,65 €

Marca vial de tipo II (RR), de pintura reflectante, tipo acrílica en base agua autorreticulable, de 10 cm de ancho i/ preparación de la superficie y premarcaje					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Máquinas para pintar bandas. De 225 l de capacidad	0,0020	37,70	0,08
MQ	h	Barredora y aspirador de polvo. Remolcada sin aspiración de polvo, de 60 kW	0,0010	26,87	0,03
MQ	h	Minicargadora de 43 kW de potencia (60 l/m)	0,0010	34,74	0,03
MT	kg	Pintura acrílica en solución acuosa	0,2500	1,50	0,38
MT	kg	Microesferas de vidrio	0,0600	0,82	0,05
MO	h	Oficial 1ª	0,0020	20,36	0,04
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	0,61	0,04
				Total redondeado:	0,65

m Barrera de seguridad simple					28,22 €	
barrera de seguridad simple, con nivel de contención N2, anchura de trabajo W4 o inferior, deflexión dinámica 1,10 m o inferior, índice de severidad a i/ captafaros, postes, p.p. de uniones, tornillería y anclajes, totalmente instalada.						
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida	
MQ	h	Maquina colocación bionda. Automotriz. De 10 kW de potencia	0,0120	11,29	0,14	
MQ	h	Camión. Con caja basculante 4x4. De 199 kW de potencia	0,0030	72,23	0,22	
MT	m	Barrera metálica simple galvanizada de contención normal N2, índice de severidad A, anchura de trabajo W4, deflexión dinámica 1,10 m o inferior i/ postes, uniones, tornillería y anclajes	1,000	22,00	22,00	
MT	ud	Captafaros triangular barrera dos caras H.I.	0,1250	2,70	0,34	
MO	h	Oficial 1ª	0,0450	20,36	0,92	
MO	h	Peón ordinario.	0,1350	16,60	2,24	
MO	h	Ayudante	0,0450	16,87	0,76	
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	26,62	1,60	
				Total redondeado:	28,22	

m³ Restauración firme camino					18,19 €
Zahorra artificial i/ transporte, extensión y compactación, medido sobre perfil teórico.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Camión. Con caja basculante 4x4. De 199 kW de potencia	0,0540	72,23	3,90
MQ	h	Motoniveladoras. De 104 kW de potencia	0,0180	80,28	1,45
MQ	h	Compactador vibrante autopropulsado, de un cilindro, liso. De 12 t de masa	0,0180	48,17	0,87
MQ	h	Camión cisterna para riego. Para una cantidad de 8000 litros	0,0180	80,74	1,45
MT	m³	Zahorra artificial	1,0500	8,00	8,40
MT	m³	Agua	0,2000	0,58	0,12
MO	h	Capataz	0,0180	20,54	0,37
MO	h	Peón ordinario	0,0360	16,60	0,60
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	17,16	1,03
				Total redondeado:	18,19

m Perfilado cuneta					0,58 €	
Perfilado y refino de cuneta, de sección triangular en tierra, con transporte de los productos resultantes a vertedero o lugar de empleo.						
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida	
MQ	h	Camión. Con caja basculante 4x4. De 199 kW de potencia	0,0020	72,23	0,14	
MQ	h	Motoniveladoras. De 104 kW de potencia	0,0040	80,28	0,32	
MQ	h	Excavadora hidráulica neumáticos 100 CV	0,0010	46,60	0,05	
MO	h	Capataz	0,0020	20,54	0,04	
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	0,55	0,03	
				Total redondeado:	0,58	

m Caño			86,74 €		
Caño de hormigón en masa HM-20 de 60 cm. de diámetro interior, formado por tubo de hormigón en masa D=60 cm., reforzado con hormigón en masa HM-20, de espesor 10 cm., incluyendo encofrado, desencofrado, vibrado, curado, terminado.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Retrocargadora neumáticos 75 CV	0,0500	44,39	2,23
MT	m	Tubo HM junta machihembrada D=600mm	1,0100	16,86	17,03
MT	m²	Encofrado cimientos obras fábrica	1,8000	18,63	33,53
MT	m³	Hormigón HM-20 cimientos obras fábrica	0,4200	60,14	25,26
MO	h	Capataz	0,0040	20,54	0,08
MO	h	Oficial de 1ª	0,1000	20,36	2,04
MO	h	Peón ordinario	0,1000	16,60	1,66
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	81,83	4,91
				Total redondeado:	86,74

Ud		Boquilla para caño	372,63 €		
Boquilla para caño D=0,60 m., formada por imposta de 0,40x0,20 m., aletas de h=0,90 m. y espesor 0,30 m., con talud 2/1, cimientos de 0,50x0,50 m., solera entre aletas de espesor 0,25 m., incluyendo excavación, encofrado, hormigón HM-20 en cimientos y alzados, terminado.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MT	m³	Excavación s/c en embocaduras	1,7100	12,00	20,52
MT	m²	Encofrado cimientos obras fábrica	4,3000	18,63	80,11
MT	m³	Hormigón HM-20 cimientos obras fábrica	1,7100	60,14	102,84
MT	m²	Encofrado oculto embocaduras obras fábrica	1,6200	20,73	33,58
MT	m²	Encofrado visto embocaduras obras fábrica	1,6200	24,53	39,74
MT	m²	Encofrado impostas obras fábrica	1,2000	31,90	38,28
MT	m³	Hormigón HM-20 embocaduras obras fábrica	0,6060	60,14	36,44
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	351,54	21,09
				Total redondeado:	372,63

m² Hidrosiembra					1,09 €
Hidrosiembra con mezcla de semillas herbáceas según proyecto i/ preparación de la superficie, abonado y mantenimiento.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Hidrosembradora 6.000 l	0,0100	43,08	0,43
MT	kg	Bioactivador microbiano	0,0220	5,58	0,12
MT	kg	Estabilizador sintético de base acrílica	0,0110	6,47	0,07
MT	kg	Abono mineral de liberación muy lento (15-8-11%+2mgo)	0,0580	0,97	0,06
		gr			
MT	kg	Encojinamiento protector para hidrosiembras	0,0220	0,77	0,02
MT	kg	Mezcla de hidrosiembra de especies herbáceas	0,0280	3,32	0,09
MT	m³	Agua	0,0140	0,58	0,01
MO	h	Capataz	0,0010	20,54	0,02
MO	h	Oficial de 1ª	0,0040	20,36	0,08
MO	h	Peón especialista.	0,0080	16,77	0,13
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	1,03	0,06
				Total redondeado:	1,09

Ud		Plantación arbóreas o arbustivas (abedul, serbal de cazadores, avellano, cerezo y escuernacabras) de h ≤ 0, 5 m (2 savias)	4,25 €		
Ejecución de plantación de especies arbóreas o arbustivas (abedul, serbal de cazadores, avellano, cerezo y escuernacabras) de 2 savias en alveolo forestal de 300 cc, excavación de hoyo de plantación de 40 x 40 x 40 cm con medio manuales y relleno del hoyo con tierra de la excavación y tierra vegetal i/ colocación de tutor, tubo protector, abono mineral y primer riego de plantación, suministro, transporte y descarga de la planta.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Camión con tanque para agua. De 10 m³ de capacidad	0,0100	54,84	0,55
MQ	h	Camión. Con caja basculante 4x4. De 199 kW de potencia	0,0010	72,23	0,07
MT	kg	Estiercol	0,5000	0,33	0,17
MT	kg	Abono mineral simple, no soluble.	0,0500	0,58	0,03
MT	ud	Tutor y protector.	1	0,22	0,22
MT	ud	Planta de 2 savias	1	1,08	1,08
MT	m³	Agua	0,0100	0,58	0,01
MO	h	Oficial de 1ª	0,0100	20,36	0,20
MO	h	Peón especialista.	0,1000	16,77	1,68
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	4,01	0,24
				Total redondeado:	4,25

Ud		Plantación arbórea (acebo y tejo) de h ≥ 1, 5 m	86,61 €		
Ejecución de plantación de especies arbóreas (acebo y tejo) de más de 1,5 m de altura en alveolo forestal de 500 cc, excavación de hoyo de plantación de 100 x 100 x 100 cm con medios manuales y relleno del hoyo con tierra de la excavación y tierra vegetal i/ colocación de tutor, protector, abono mineral y primer riego de plantación, suministro, transporte y descarga de la planta.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
MQ	h	Camión con tanque para agua. De 10 m³ de capacidad	0,0100	54,84	0,55
MQ	h	Camión. Con caja basculante 4x4. De 199 kW de potencia	0,0010	72,23	0,07
MT	kg	Estiercol	0,5000	0,33	0,17
MT	kg	Abono mineral simple, no soluble.	0,0500	0,58	0,03
MT	ud	Tutor y protector.	1	0,44	0,44
MT	ud	Planta de 1,5 m de altura	1	75	75
MT	m³	Agua	0,0100	0,58	0,01
MO	h	Oficial de 1ª	0,0200	20,36	0,41
MO	h	Peón especialista.	0,3000	16,77	5,03
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	81,71	4,90
				Total redondeado:	86,61

Un levantamiento topográfico preciso permitiría el cálculo del precio de ejecución material con exactitud, pero, no obstante, se puede realizar una aproximación partiendo de un cuadro de mediciones aproximado calculado a partir de la cartografía disponible (inadecuada para la fase de elaboración del proyecto de ejecución) y de algunas medidas tomadas en las visitas de campo, que es el siguiente:

Paso 2 del sector norte	
Descripción	Cantidad
<i>Acondicionamiento previo del terreno</i>	
Delimitación del perímetro de obra	262,52 m
Desbroce y limpieza del terreno	3935,20 m ²
Excavación de tierra vegetal	3935,20 m ²
Excavación	350 m ³
<i>Demolición del paso existente</i>	
Retirada medidas de seguridad	40 m
Demolición de firme	250 m ²
Excavación	2201,80 m ³
Demolición tubo metálico multiplaca corrugado	34,5 m
Demolición zapata de hormigón de tubo metálico multiplaca corrugado	8,28 m ³
<i>Disminución rasante camino</i>	
Excavación	2699,99 m ³
<i>Construcción nuevo paso</i>	
Marco prefabricado articulado de hormigón armado 5 x 4,5 m	34,5 m
Aletas	4 ud
Relleno	1140,21 m ³
<i>Restitución firme AP-66</i>	
Base de zahorras artificial sobre explanada E1	100 m ³
Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de granulometría semidensa para capa intermedia	57,50 t
Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de granulometría gruesa para capa base	86,25 t
Pavimento de mezcla bituminosa discontinua en caliente para capa de rodadura	250 m ²
Riego de imprimación con emulsión bituminosa catiónica tipo C50BF4 IMP	0,30 t
Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica tipo C60B3/B2 ADH	0,18 t
Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica modificada con polímeros tipo C60BP3/BP2 ADH	0,13 t
Marcas viales 30 cm	5 m
Marcas viales 20 cm	40 m
Marcas viales 10 cm	5,88 m
Reposición medidas seguridad (barrera simple)	20 m
Reposición medidas de seguridad (barrera doble)	20 m
<i>Restitución camino</i>	
Restauración firme camino	724,15 m ³
Perfilado cuneta	1000 m
Caño	5 m
Boquilla para caño	2 ud
<i>Restauración ambiental</i>	
Relleno en formación de vertedero	4111,58 m ³
Hidrosiembra	3935,20 m ²
Plantación arbóreas o arbustivas de h ≤ 0,5 m (2 savias)	245 ud
Plantación arbórea de h ≥ 1,5 m	43 ud

Paso 6 del sector central	
Descripción	Cantidad
<i>Acondicionamiento previo del terreno</i>	
Delimitación del perímetro de obra	182,43 m
Desbroce y limpieza del terreno	1521 m ²
Excavación de tierra vegetal	1521 m ²
Excavación	200 m ³
<i>Demolición del paso existente</i>	
Retirada medidas de seguridad	40 m
Demolición de firme	250 m ²
Excavación	2573,22 m ³
Demolición tubo metálico multiplaca corrugado	42 m
Demolición zapata de hormigón de tubo metálico multiplaca corrugado	10,08 m ³
<i>Disminución rasante camino</i>	
Excavación	2699,99 m ³
<i>Construcción nuevo paso</i>	
Marco prefabricado articulado de hormigón armado 5 x 4,5 m	42 m
Aletas	4 ud
Relleno	1385,16 m ³
<i>Restitución firme AP-66</i>	
Base de zahorras artificial sobre explanada E1	100 m ³
Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de granulometría semidensa para capa intermedia	57,50 t
Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de granulometría gruesa para capa base	86,25 t
Pavimento de mezcla bituminosa discontinua en caliente para capa de rodadura	250 m ²
Riego de imprimación con emulsión bituminosa catiónica tipo C50BF4 IMP	0,30 t
Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica tipo C60B3/B2 ADH	0,18 t
Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica modificada con polímeros tipo C60BP3/BP2 ADH	0,13 t
Marcas viales 30 cm	5 m
Marcas viales 20 cm	40 m
Marcas viales 10 cm	5,88 m
Reposición medidas de seguridad (barrera simple)	20 m
Reposición medidas de seguridad (barrera doble)	20 m
<i>Restitución camino</i>	
Restauración firme camino	729,40 m ³
Perfilado cuneta	1000 m
Caño	5 m
Boquilla para caño	2 ud
<i>Restauración ambiental</i>	
Relleno en formación de vertedero	4088,05 m ³
Hidrosiembra	1521 m ²
Plantación arbóreas o arbustivas de h ≤ 0,5 m (2 savias)	95 ud
Plantación arbórea de h ≥ 1,5 m	18 ud

De esta forma puede elaborarse el presupuesto siguiente:

Paso 2 en el sector norte:

CAPÍTULO 1: EXPLANACIONES				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
m	Delimitación del perímetro de obra	262,52	1,80	472,54
m ²	Desbroce y limpieza del terreno	3935,20	0,58	2282,42
m ³	Excavación de tierra vegetal	3935,20	1,98	7791,70
m ³	Excavación	5525,79	4,27	23595,12
m ²	Demolición de firme	250	3,85	962,50
m	Demolición tubo metálico multiplaca corrugado	34,5	54,52	1880,80
m ³	Demolición zapata de hormigón de tubo metálico multiplaca corrugado	8,28	29,63	245,34
m ³	Relleno	1140,21	1,09	1242,83
m	Perfilado cuneta	1000	0,58	580,00
m ³	Relleno en formación de vertedero	4111,58	0,51	2096,91
TOTAL				41150,16

CAPÍTULO 2: ESTRUCTURAS				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
m	Marco prefabricado articulado de hormigón armado 5 x 4,5 m	34,5	2513,90	86729,55
m	Aletas	4	3018,13	12072,52
m	Caño	5	86,74	433,70
Ud	Boquilla para caño	2	372,63	745,26
TOTAL				99981,03

CAPÍTULO 3: FIRMES				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
m ³	Restauración firme camino	724,15	18,19	13172,29
m ³	Base de zahorras artificial sobre explanada E1	100	21,30	2130,00
t	Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de granulometría semidensa para capa intermedia.	57,50	51,85	2981,38
t	Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de granulometría gruesa para capa base	86,25	51,85	4472,06
m ²	Pavimento de mezcla bituminosa discontinua en caliente para capa de rodadura	250	4,20	1050,00
t	Riego de imprimación con emulsión bituminosa catiónica tipo C50BF4 IMP	0,30	406,22	121,87
t	Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica tipo C60B3/B2 ADH	0,18	542,01	97,56
t	Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica modificada con polímeros tipo C60BP3/BP2 ADH	0,13	722,21	93,89
TOTAL				24119,05

CAPÍTULO 4: SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
m	Levantamiento de barrera metálica bionda	40	5	200,00
m	Barrera de seguridad simple	20	28,22	564,40
m	Barrera de seguridad doble	20	44,23	884,60
m	Marca vial de 30 cm	5	1,55	7,75
m	Marca vial de 20 cm	40	1,09	43,60
m	Marca vial de 10 cm	5,88	0,65	3,82
TOTAL				1704,17

CAPÍTULO 5: INTEGRACIÓN AMBIENTAL				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
m ²	Hidrosiembra	3935,20	1,09	4289,37
Ud	Plantación arbóreas o arbustivas de h ≤ 0, 5 m (2 savias)	245	4,25	1041,25
Ud	Plantación arbóreas de h ≥ 1, 5 m	43	86,61	3724,23
TOTAL				9054,85

Paso 6 en el sector central:

CAPÍTULO 1: EXPLANACIONES				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
m	Delimitación del perímetro de obra	182,43	1,80	328,37
m ²	Desbroce y limpieza del terreno	1521	0,58	882,18
m ³	Excavación de tierra vegetal	1521	1,98	3011,58
m ³	Excavación	5473,21	4,27	23370,61
m ²	Demolición de firme	250	3,85	962,50
m	Demolición tubo metálico multiplaca corrugado	42	54,52	2289,84
m ³	Demolición zapata de hormigón de tubo metálico multiplaca corrugado	10, 08	29,63	298,67
m ³	Relleno	1385,16	1,09	1509,82
m	Perfilado cuneta	1000	0,58	580,00
m ³	Relleno en formación de vertedero	4088,05	0,51	2084,91
TOTAL				35318,48

CAPÍTULO 2: ESTRUCTURAS				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
m	Marco prefabricado articulado de hormigón armado 5 x 4,5 m	42	2513,90	105583,80
Ud	Aletas	4	3018,13	12072,52
m	Caño	5	86,74	433,70
Ud	Boquilla para caño	2	372,63	745,26
TOTAL				118835,28

CAPÍTULO 3: FIRMES				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
m ³	Restauración firme camino	729,40	18,19	13267,79
m3	Base de zahorras artificial sobre explanada E1	100	21,30	2130,00
t	Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de granulometría semidensa para capa intermedia.	57,50	51, 85	2981,38
t	Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de granulometría gruesa para capa base	86,25	51, 85	4472,06
m2	Pavimento de mezcla bituminosa discontinua en caliente para capa de rodadura	250	4,20	1050,00
t	Riego de imprimación con emulsión bituminosa catiónica tipo C50BF4 IMP	0,30	406,22	121,87
t	Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica tipo C60B3/B2 ADH	0,18	542,01	97,56
t	Riego de adherencia con emulsión bituminosa catiónica modificada con polímeros tipo C60BP3/BP2 ADH	0,13	722,21	93,89
TOTAL				24214,55

CAPÍTULO 4: SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
m	Levantamiento de barrera metálica bionda	40	5	200,00
m	Barrera de seguridad simple	20	28,22	564,40
m	Barrera de seguridad doble	20	44,23	884,60
m	Marca vial de 30 cm	5	1,55	7,75
m	Marca vial de 20 cm	40	1,09	43,60
m	Marca vial de 10 cm	5,88	0,65	3,82
TOTAL				1704,17

CAPÍTULO 5: INTEGRACIÓN AMBIENTAL				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
m ²	Hidrosiembra	1521	1,09	1657,89
Ud	Plantación arbóreas o arbustivas de h ≤ 0, 5 m (2 savias)	95	4,25	403,75
Ud	Plantación arbórea de h ≥ 1, 5 m	18	86,61	1558,98
TOTAL				3620,62

En consecuencia, el precio de ejecución material del paso 2 del sector norte asciende CIENTO SETENTA Y SEIS MIL NUEVE EUROS CON VENTISEIS CÉNTIMOS (176.009,26 €) y el del paso 6 del sector central a CIENTO OCHENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y TRES EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS (183.693,10 €). El conjunto de la actuación en lo referente a los pasos asciende por tanto a un precio de ejecución material de TRESCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS (359.702,36 €).

6.3.8.- PLAN DE OBRA.

El plan de obra se ha calculado con una jornada laboral de dos turnos de 8 horas de lunes a sábado. Las obras empezarían el 5 de septiembre de 2016 y terminarían el 31 de octubre de 2016. Si fuese necesario se concentrarían los recursos en las tareas críticas que pueden deducirse de la Figura 308. Como puede observarse el mayor tiempo se emplea en el vaciado de tierras y la construcción de la solera de hormigón, ya que se construye in situ y hay que dejar el tiempo de fraguado para que alcance la resistencia característica. Se han tenido en cuenta también los días intempestivos en los meses considerados. La reducción en el tiempo de ejecución es difícil ya que la tarea principal, en cuanto a tiempo, no puede acortarse de ninguna manera. En el resto de tajos, y si fuese necesario, podrían realizarse en jornadas de 24 horas, tres turnos de 8 horas, a fin de acortar, lo poco que se puede, el tiempo de ejecución. Dicha actuación no afectaría a ninguna población durante la jornada nocturna, por lo que en principio no habría contras para que la obra se realice de manera ininterrumpida. Habría que tener en cuenta entonces la modificación del presupuesto que eso supondría, aunque se prevé, a priori, que no represente una modificación sustancial de este.

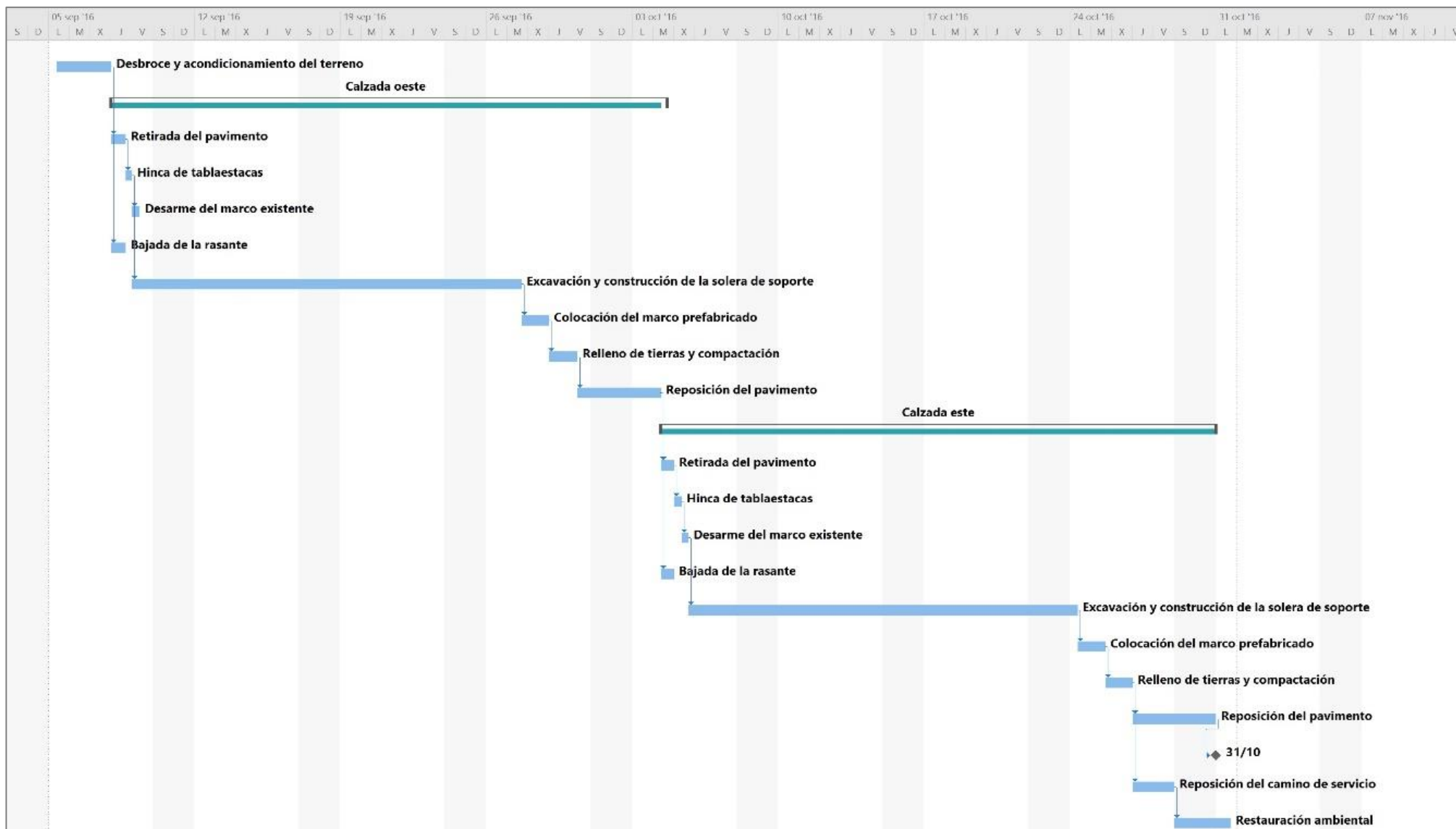


Figura 308.- Esquema del plan de obra (fuente: elaboración propia).

6.4.- INFORMACIÓN DESTACADA PARA EL PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LAS MEJORAS PROPUESTAS.

6.4.1.- JUSTIFICACIÓN.

La ejecución definitiva de la obra debe hacerse conforme a proyecto y este debe contener la documentación que legal o técnicamente sea imprescindible. Buena parte de esa documentación se incorpora en el proyecto a través de los correspondientes anejos. En esta ocasión, se han agregado a este estudio de alternativas los anejos que se incluyen a continuación por resultar de interés y en el entendido de que los mismos puedan servir de base para la redacción de los que, en su día, pudieran figurar en el documento final, que deben ser realizados conforme a las propiedades exactas de los terrenos y a las circunstancias que se deriven del proyecto.

6.4.2.- CLIMATOLOGÍA.

La descripción del clima del valle del Huerna, se ha abordado desde el análisis de los datos que ofrecen las cuatro estaciones meteorológicas más próximas a la AP-66 de entre las integradas en la red nacional de observación de la Agencia Estatal de Meteorología del Gobierno de España (AEMET), cuya ubicación y características de detallan en la Tabla 35 y se representa en la Figura 309.

Dentro del contexto general del clima de Asturias (ver capítulo 5.1. de este trabajo), el clima del Huerna en la zona de trabajo se caracteriza por la variedad que se deriva de su amplitud altitudinal, que va desde los apenas 380 m de Campomanes (donde existe una estación que ofrece datos de precipitaciones) hasta los 2417 m de Peña Ubiña, siendo la cota máxima de la AP-66 los 1229 m del túnel del Negrón.

Tabla 35.- Estaciones meteorológicas empleadas para caracterizar el clima del valle del Huerna (fuente: elaboración propia).

Código AEMET	Estación	Longitud	Latitud	Altitud m.s.n.m	Datos precipitaciones	Datos Temperaturas
1221D	Pajares (Valgrande)	-5,7750	42,9797	1480	X	X
1223U	Tablado de Lena	-5,8800	43,1417	640	X	X
1221E	El Nocedo de Lena	-5,7920	43,0181	900	X	
1223	Campomanes (C.G.C.)	-5,8190	43,1042	380	X	

Para las estaciones de Pajares (Valgrande) y Tablado de Lena, donde existen datos de precipitaciones y temperaturas, se han recogido los diagramas ombroclimáticos realizados por VILLA (2007) que se reproducen en las Figura 310 y Figura 311.



Figura 309.- Ubicación de las estaciones meteorológicas de referencia en este trabajo.

Para el conjunto de las estaciones, en las Figura 312, Figura 313, Figura 314 y Figura 315, se han reproducido los gráficos de temperatura y precipitaciones ofrecidos por GONZÁLEZ y ANADÓN (2011), que hacen referencia, en la parte derecha, a la evolución de la precipitación mensual acumulada (azul) o la temperatura media mensual (en naranja) mediante una línea que une puntos que corresponden a cada mes para el que hay observaciones disponibles, mientras que, en la parte izquierda, se presentan diagramas de caja para cada mes del año, elaborados a partir del conjunto de observaciones disponibles para cada mes (puntos). En ambos casos, se incluye a modo de guía el ajuste de un modelo generalizado aditivo que trata de reflejar o bien la tendencia media en la serie temporal o bien el ciclo estacional medio.

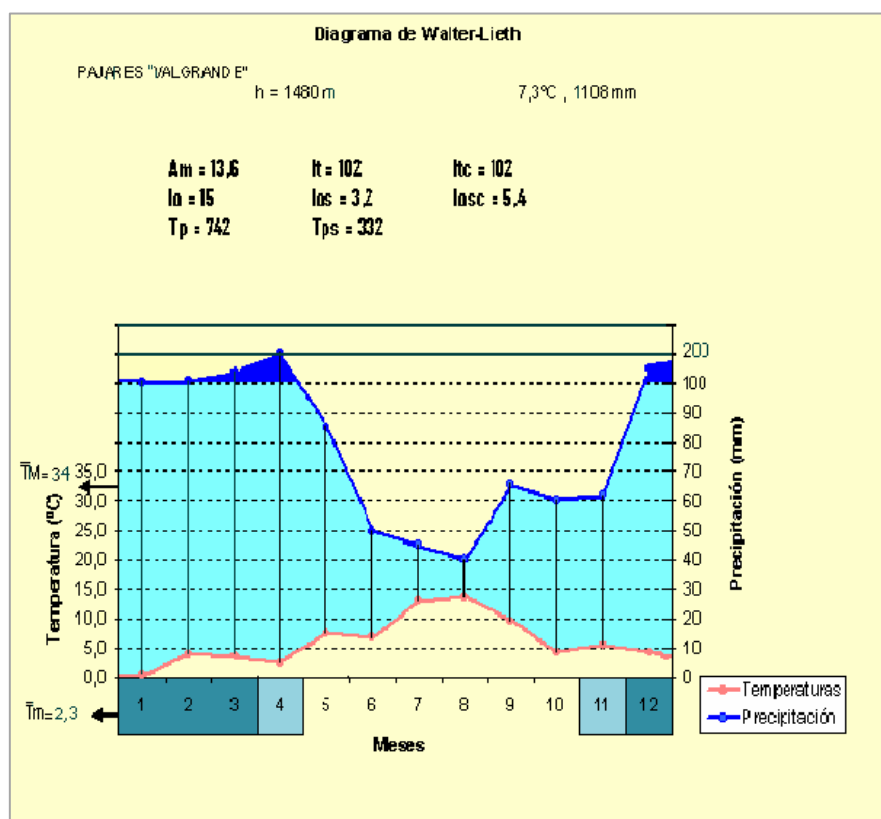


Figura 310.- Diagrama Walter-Lieth para la estación "Pajares (Valgrande)" (fuente: VILLA, 2007).

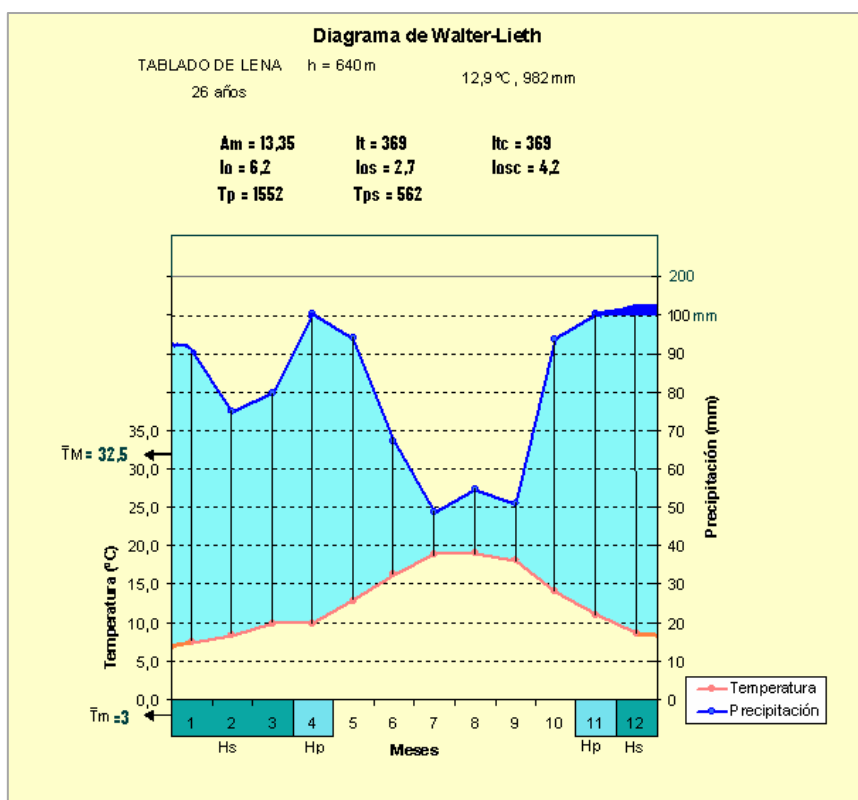


Figura 311.- Diagrama Walter-Lieth para la estación “Tablado de Lena” (fuente: VILLA, 2007).

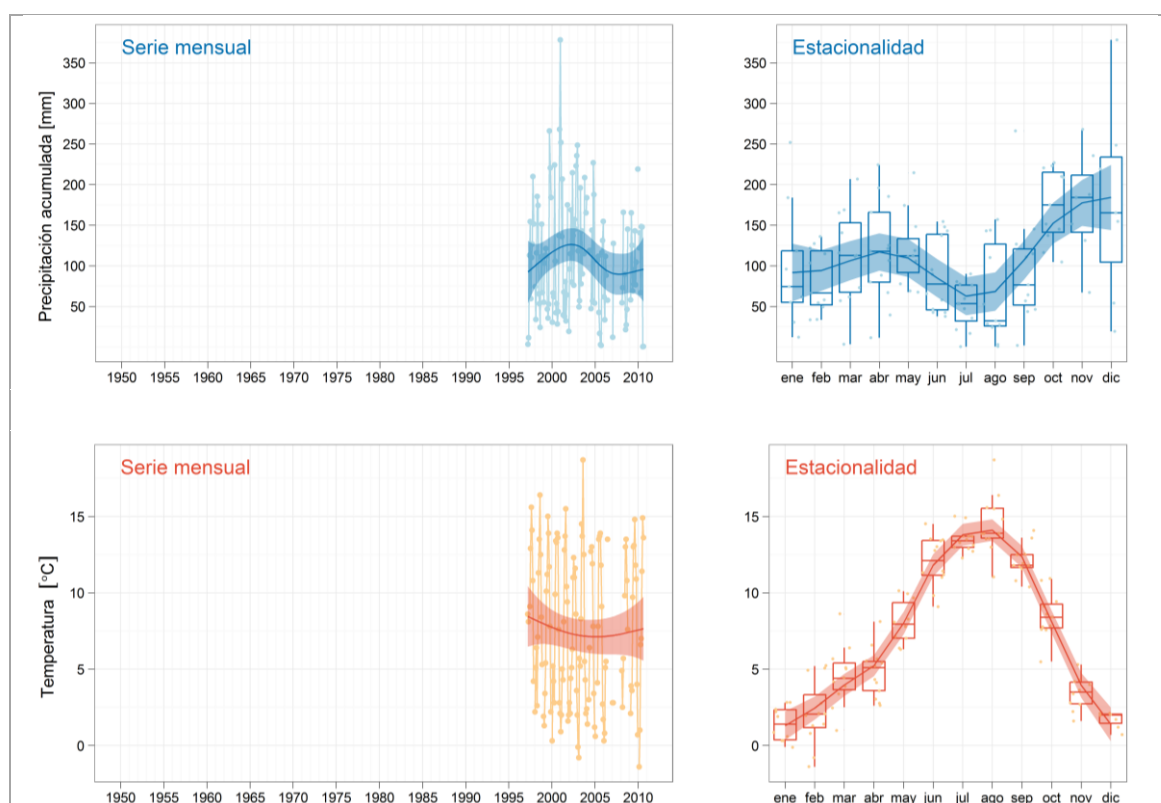


Figura 312.- Datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica de Pajares (Valgrande) (fuente: GONZÁLEZ y ANADÓN, 2011).

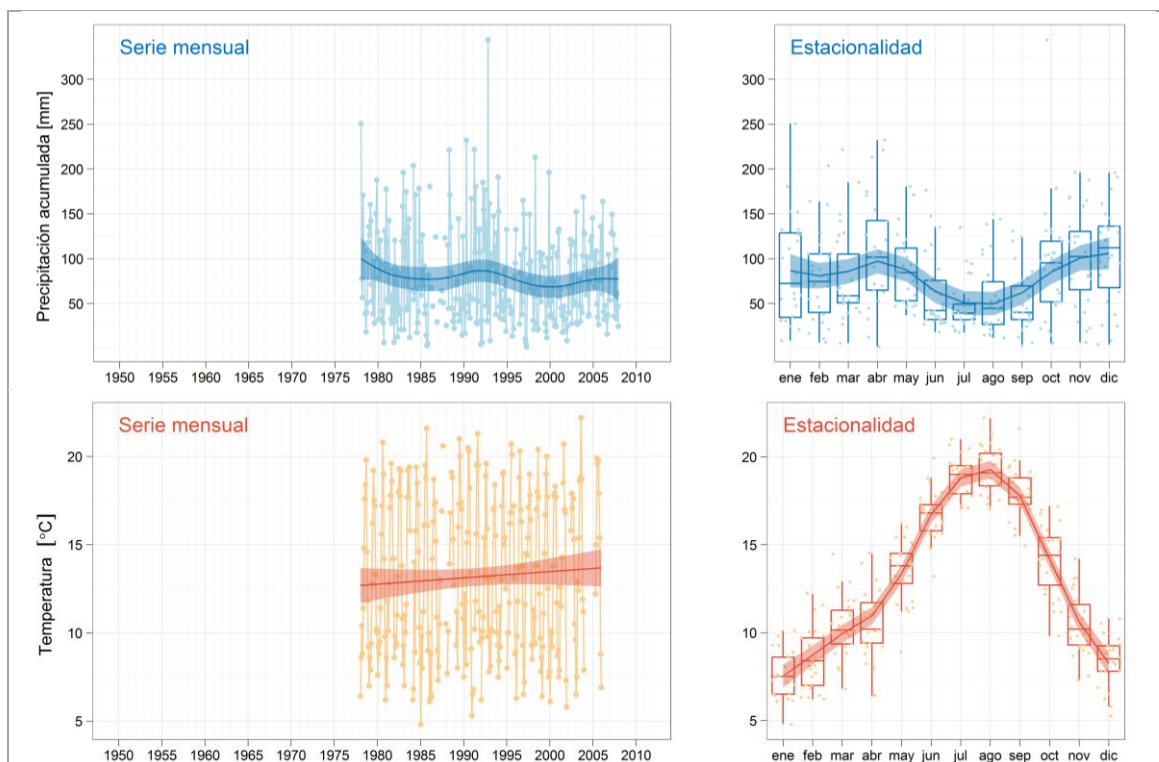


Figura 313.- Datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica de Tablado de Lena (fuente: GONZÁLEZ y ANADÓN, 2011).

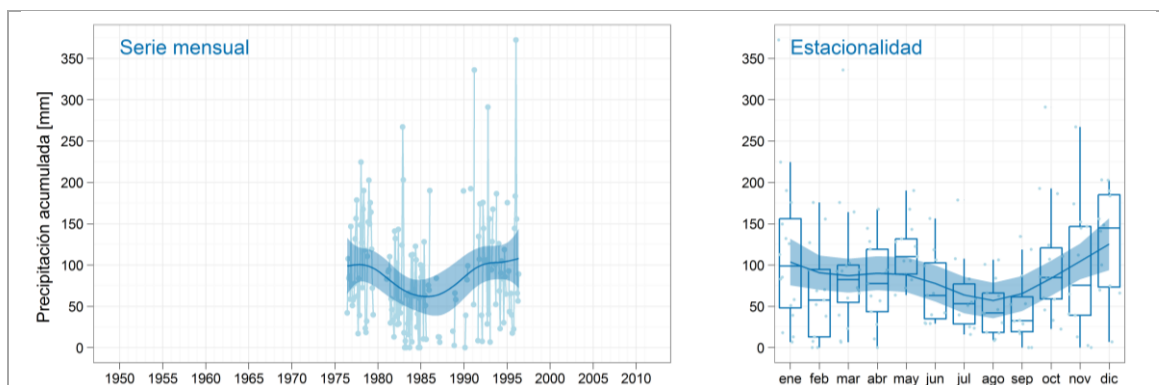


Figura 314.- Datos de precipitación de la estación meteorológica de El Nocado de Lena (fuente: GONZÁLEZ y ANADÓN, 2011).

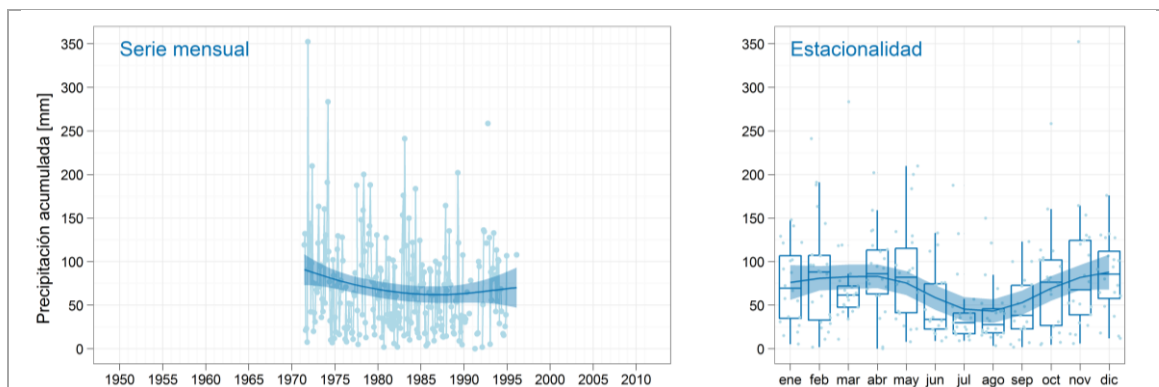


Figura 315.- Datos de precipitación de la estación meteorológica de Campomanes (fuente: GONZÁLEZ y ANADÓN, 2011).

Como se observa en los datos presentados la zona se sitúa en la banda de contacto entre los climas de influencia oceánica y los de alta montaña, con algunas características generales comunes a ambos. Las precipitaciones son abundantes, no existiendo período de sequía, mientras que en el régimen de temperaturas pueden verse claros indicios de continentalidad, como son las grandes oscilaciones entre las temperaturas invernales y las estivales. Puede decirse que las temperaturas medias son en general moderadas, similares a las de un clima atlántico, pero que en función de la altitud del lugar las variaciones diarias son más bruscas en las zonas altas que en las bajas. Esta oscilación puede ir de los -10°C en los meses más fríos a los 31°C de la época estival. El termotipo correspondiente, según valores de temperatura positiva anual e índice de termicidad compensada, es mesotemplado y orotemplado respectivamente en las estaciones de Tablado de Lena y de Pajares. Por su parte, el ombrotipo es, según los valores del índice ombrotérmico, húmedo bajo en Tablado de Lena, y de hiperhúmedo bajo en Pajares “Valgrande”.

6.4.3.- GEOLOGÍA.

Geológicamente el área de trabajo se encuadra dentro de la Zona Cantábrica del Macizo Ibérico, entre las subunidades geoestructurales conocidas como Región de Pliegues y Mantos y como Cuenca Carbonífera Central, caracterizadas por presentar un sustrato muy variado, aunque la litología es claramente siliciclástica.

Las litofacies que se encuentran en la zona son la Formación Barrios (de cuarcitas), la Formación Oville (de pizarras y areniscas), la Formación Formigoso (de pizarras y areniscas), la Formación Herrería (de pizarras y areniscas), la Formación Láncara (de calizas), el Grupo Lena (de litología mixta), el Grupo Rañeces-La Vid (de litología mixta), la Formación San Pedro-Furada (de pizarras y areniscas), las Areniscas del Devónico Superior (de pizarras y areniscas), la Formación Alba (de calizas) y la Caliza de Montaña (de calizas), aunque la unidad de sustrato mayoritaria es la primera, salvando la zona más elevada que pertenece a la segunda. Las características de estas dos unidades son:

Formación Barrios:

Unidad formada esencialmente por cuarzoareniscas blancas muy endurecidas (cuarcitas), entre las que se intercalan pizarras grises o verdosas. Su espesor es muy variable, desde menos de 100 m a 1000 m, con un valor medio de 500 m. La dureza de la roca da lugar generalmente a un relieve muy pronunciado. Las alineaciones montañosas formadas por este material suelen presentar a lo lejos coloraciones oscuras muy características (entre otras razones, debido al recubrimiento por líquenes y arbustos). Antiguamente, y en ocasiones aún hoy en día, era conocida como “Cuarcita Armoricana”.

En los niveles pizarrosos suelen encontrarse trazas fósiles de diversos tipos, entre las que son característicos los ejemplares de *Cruziana* y *Skolithos*. A excepción de estos fósiles, el contenido paleontológico de la formación es muy escaso, limitándose a

varias lumaquelas de lingúlidos, palinomorfos (acritardos y quitinozoos) y unos pocos graptolitos cerca de su techo.

La edad de la formación de Barrios abarca desde el Cámbrico Medio hasta el Arenig (Ordovícico Inferior). Los sedimentos que originaron la Formación de Barrios fueron depositados en una amplia llanura deltaica del tipo “delta de llanura trenzada”, comprendiendo facies continentales depositadas por ríos de cauces trenzados y de avenidas de inundación que alteran con otras marinas muy someras.

Formación Oville:

Unidad formada por una alternancia de pizarras verdosas (con abundantes fósiles, especialmente trilobites, aunque también contiene braquiópodos, carpoideos, etc), limonitas y Areniscas (con abundantes granos verdes de glaucomita). El espesor de la formación varía entre los 100 m y los 800 m, aumentando, en líneas generales, desde el oriente hasta el occidente.

La sedimentación de estos materiales tuvo lugar en un ambiente marino somero, aunque de profundidad progresivamente decreciente, de manera que su parte alta se originaría ya en zonas de transición marina-continental, dentro de la llanura deltaica.

Las unidades de formaciones superficiales en éste área son formaciones clásticas silíceas con poca matriz y de escaso espesor, lo que condiciona el desarrollo de la vegetación. Precisamente, las características de suelos de escasa matriz atañe a que son suelos pedregosos, con un bajo porcentaje de finos, es decir una estructura clastosoportada.

La AP-66 en su parte asturiana transcurre casi íntegramente por el valle del río Huerna (tributario del río Lena, en la cuenca del Nalón), que a efectos geomorfológicos se integra dentro de la unidad denominada “subregión central”. Se trata de un modelado mayoritariamente fluvial, excepto en las partes más elevadas donde es visible la huella del glaciario (Figura 316). Son abundantes las evidencias de inestabilidad de las laderas.

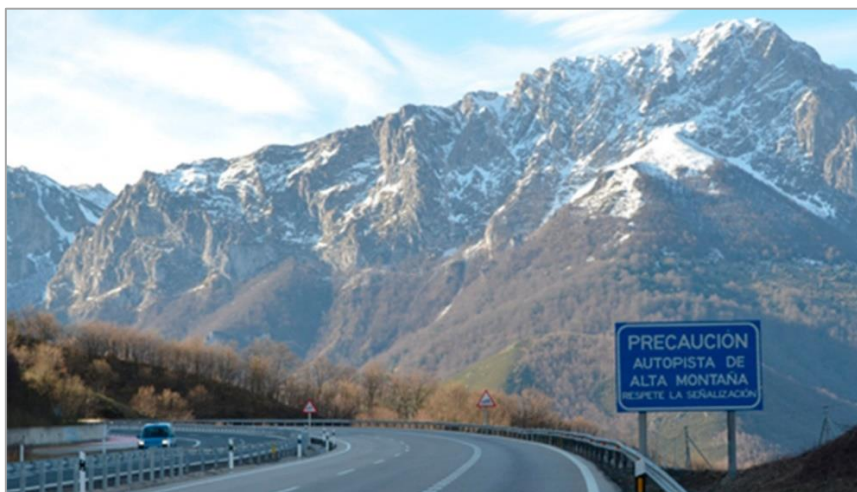


Figura 316.- Vista general de la AP-66 en el valle del Huerna.

Para una información cartográfica más completa se incluyen, en las Figura 323 y Figura 324, copia de la hoja 78 del mapa geológico nacional a escala 1:50000 (MAGNA) del IGME (en una versión pdf y otra jpg, por contener esta última cortes geológicos no representados en la anterior) (VELANDO y col. 1973), así como de la 78-I y 78-III del litológico a escala 1:25000 de la Cartografía Temática Ambiental del Principado de Asturias (GONZÁLEZ 1998 y MENÉNDEZ 1994) (Figura 325 y Figura 326). Esta últimas contienen información sobre las formaciones superficiales que recubren el sustrato geológico y que, en nuestro caso, tienen notable interés porque identifica depósitos antrópicos que tienen su origen en la construcción de la AP-66 y que afectan a nuestros pasos.

En cualquier caso, y por lo que se refiere a nuestra actuación concreta, debe tenerse en cuenta que la mayoría de los trabajos, y en particular todos los de cierta envergadura (adecuación de pasos inferiores), se van a realizar sobre terrenos previamente alterados por la propia construcción de la autopista. Es decir, en muchas ocasiones en realidad se va a trabajar sobre terrenos de relleno (Figura 317), provenientes de los propios desmontes y movimientos de tierras que fueron ejecutados en su día para el trazado de la autopista.

De interés para la obra civil es la consideración de los procesos geológicos activos. En Asturias no existe un mapa de consulta directa sobre este aspecto, pero en el año 2003 se publicó un trabajo sobre riesgos naturales que ponía de manifiesto que los asociados a la dinámica geológica externa y a la hidrología eran los más importantes en la región (MARQUINEZ y col. 2003). Este primer trabajo, a escala regional, partía de la información generada, en lo referente a geología, geomorfología, roquedos y vegetación, a escala 1:25000 por la Cartografía Temática Ambiental del Principado de Asturias y de un modelo digital de elevaciones elaborado a partir de celdas de 50 m de lado. Sin embargo, la escala de salida del trabajo tenía un planteamiento más general (próxima a 1:300000), aunque su incorporación a un Sistema de Información Geográfica permitía aplicaciones a mayor detalle y más específicas. No obstante, el planteamiento del trabajo es amplio y, en consecuencia, no es más que una primera aproximación que dista mucho de ser utilizable a escalas 1:50000 o de mayor detalle, como las que se emplean en el planteamiento territorial o en la obra civil.



Figura 317.- Ejemplo de actuación a realizar sobre un terreno de relleno.

En cualquier caso, esta primera aproximación nos da una idea de los posibles riesgos potenciales a los que habría que prestar atención en un estudio más detallado, entendiendo el riesgo como una variable que es función del tipo o tipos de procesos que pueden tener lugar y su probabilidad (lo que suele denominarse susceptibilidad o peligrosidad) y de las pérdidas esperables si el proceso tiene lugar (denominado comúnmente como valor y vulnerabilidad). En las Figura 318, Figura 319, Figura 320, Figura 321 y Figura 322 se muestran la susceptibilidad de caída de rocas, de deslizamientos superficiales, de grandes movimientos en masa y de aludes de nieve, así como el riesgo de inundaciones del trabajo citado para el área de nuestro trabajo.

Debe señalarse, no obstante, que los riesgos realmente importantes en nuestro caso son los derivados de los movimientos en masa –flujos y deslizamientos, en algunos casos de grandes dimensiones– y los procesos de reptación del suelo, como consecuencia de la notable orografía de la zona –laderas de fuertes pendientes– (en la Figura 327 se muestra una representación 3D de un Modelo Digital de Elevaciones –realizado a partir de datos de sensores LIDAR– con la ortofoto superpuesta del valle del Huerna en la zona de intervención que da idea de esa compleja orografía). De hecho, el sistema constructivo de la AP-66, realizada en su día a base de grandes movimientos de tierra y con escasez de viaductos y túneles, generó grandes problemas de deslizamientos y debió recurrirse al uso de bulones para la estabilización de numerosos taludes.

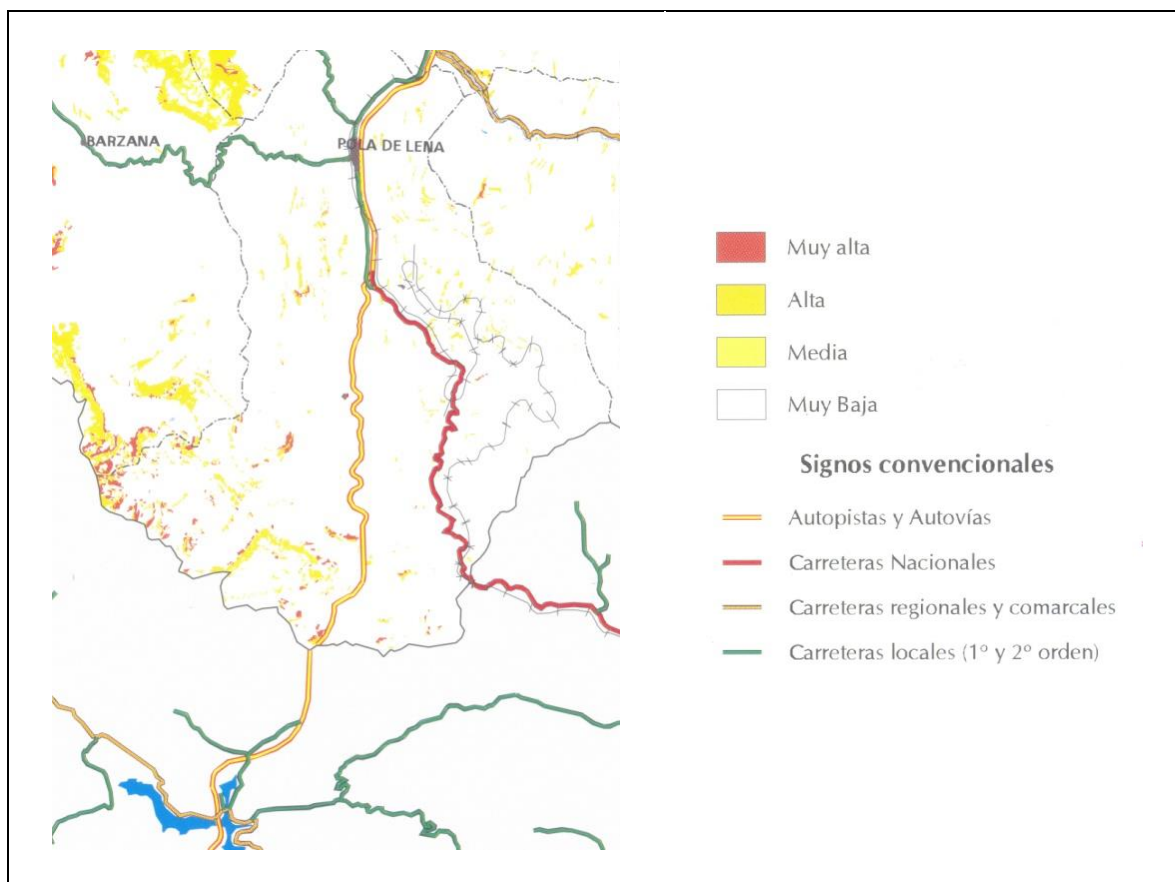


Figura 318.- Mapa de susceptibilidad a la caída de rocas (fuente: MARQUÍNEZ y col. 2003).

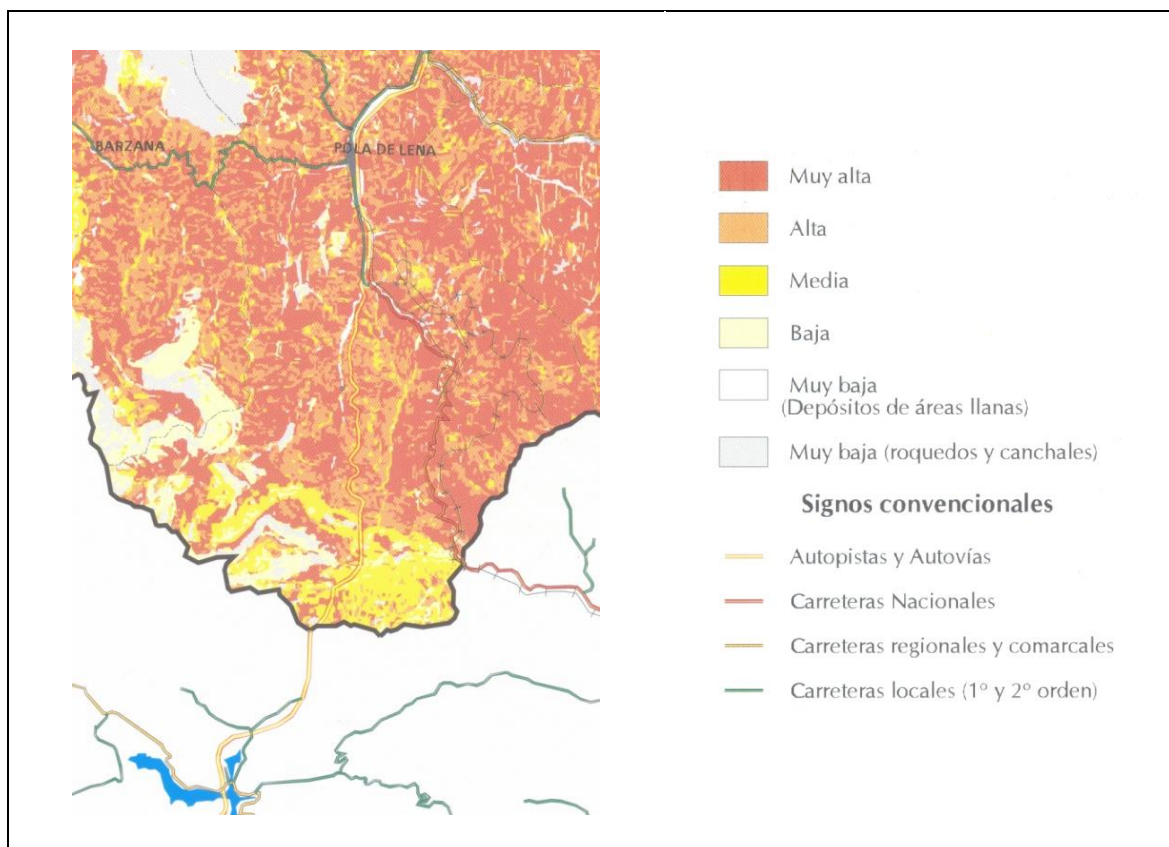


Figura 319.- Mapa de susceptibilidad a deslizamientos superficiales (fuente: MARQUÍNEZ y col. 2003).

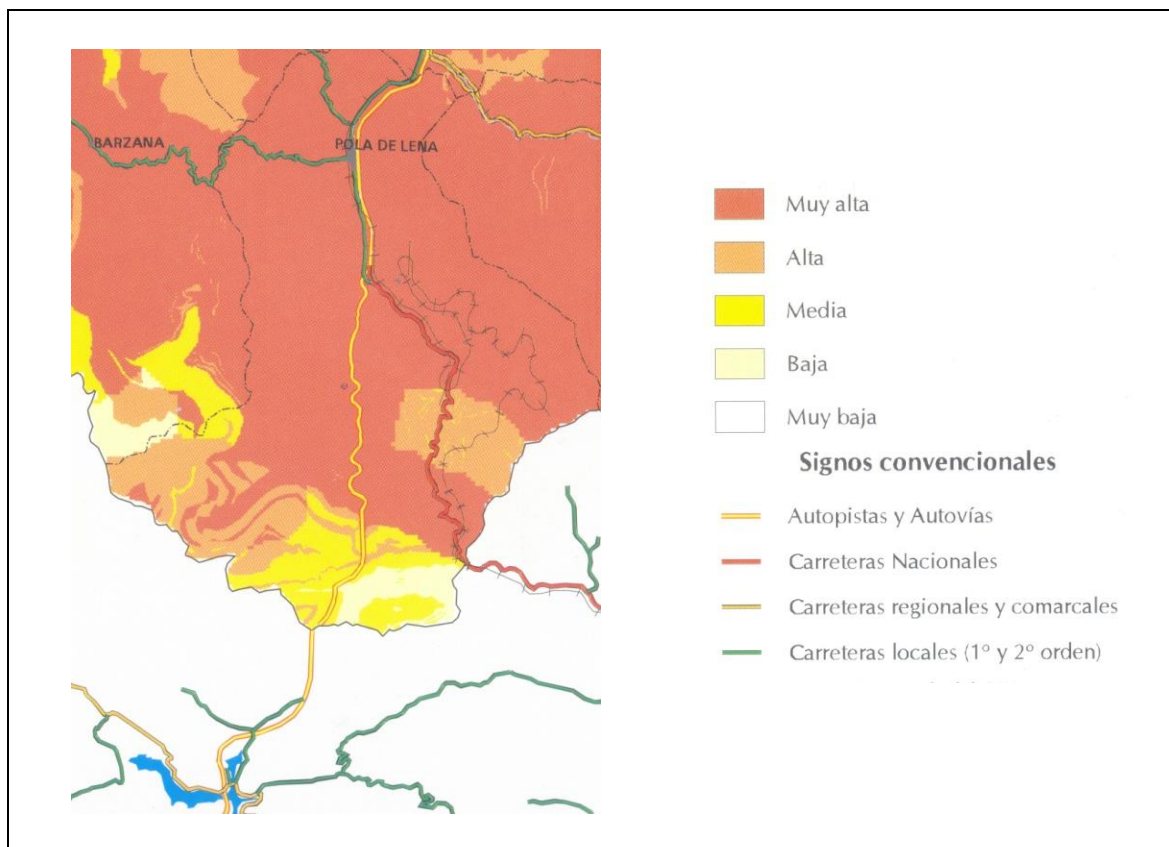
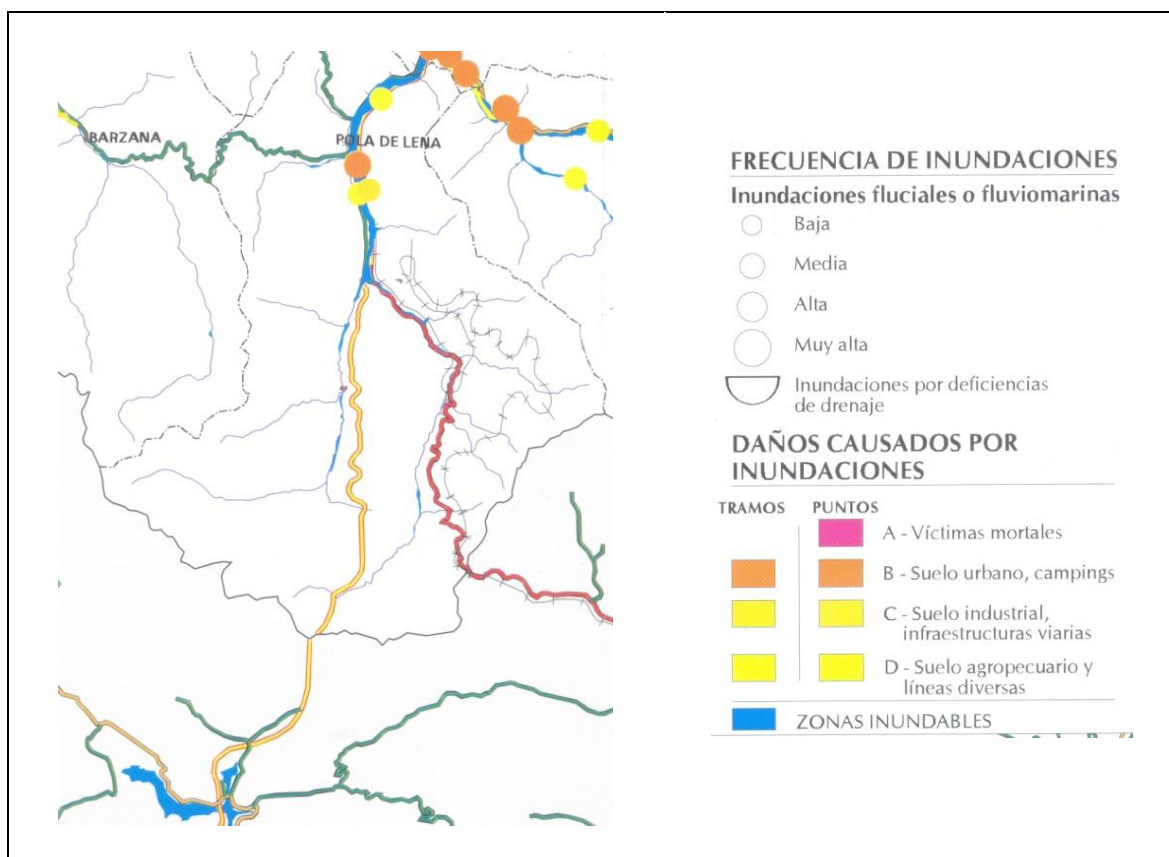
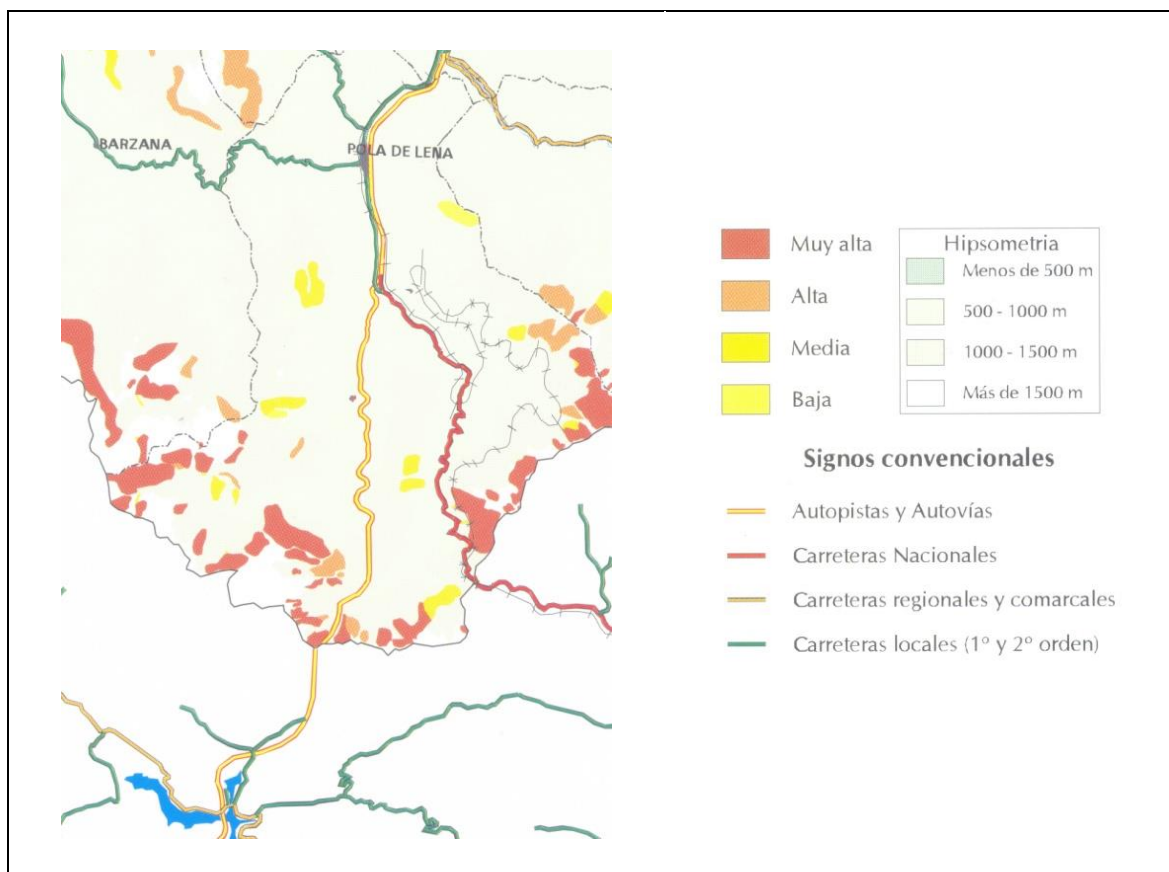
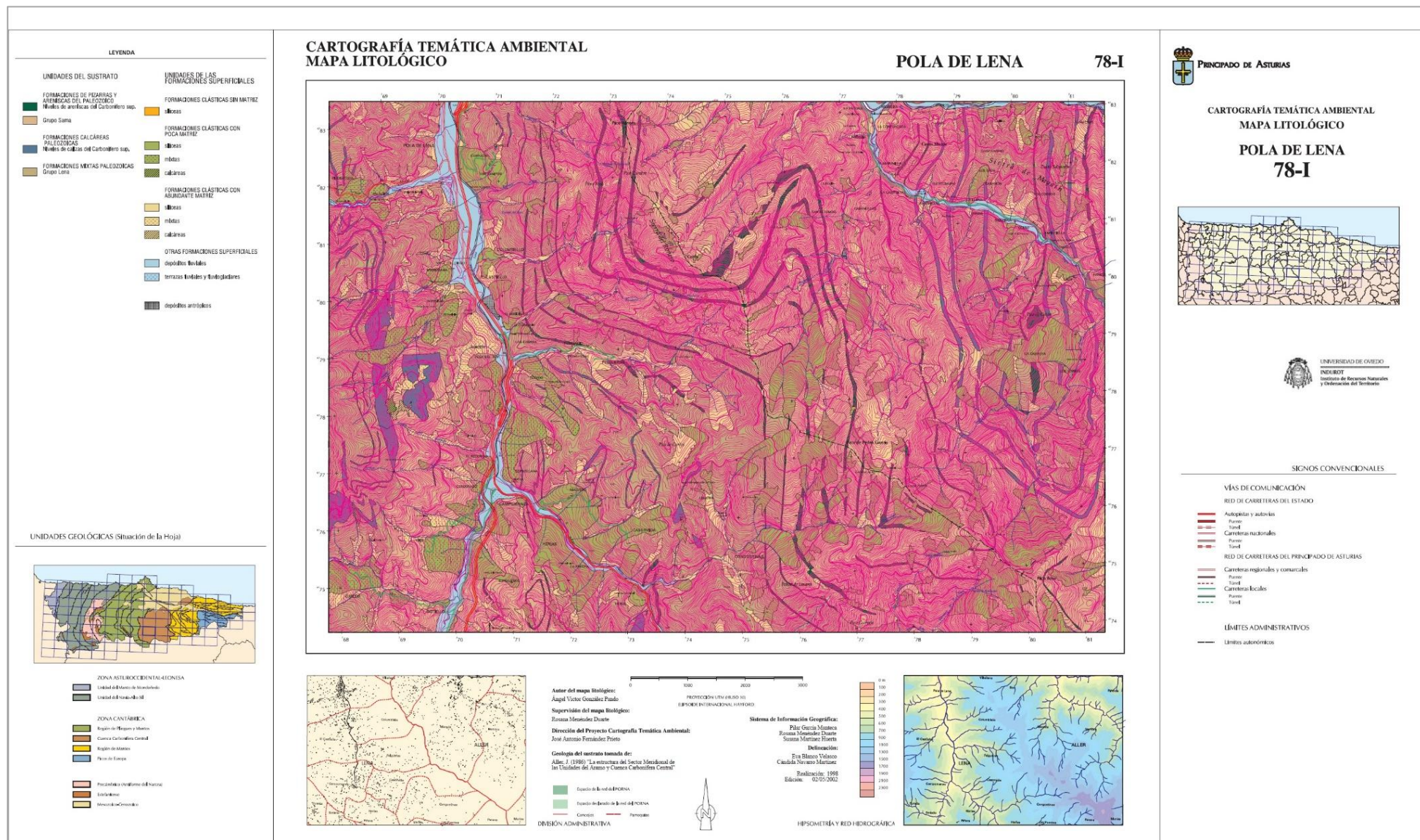


Figura 320.- Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (fuente: MARQUÍNEZ y col. 2003).







Antor del mapa litológico:

Ángel Víctor González Pardo

Supervisión del mapa litológico:

Rosana Menéndez Diez

Dirección del Proyecto Cartografía Temática Ambiental:

José Antonio Fernández Prieto

Geología del sustrato tomada de:

Alber, J. (1986) "La estructura del Sector Meridional de las Unidades del Astur y Cantabro-Carballos Central"

0 1000 2000 3000

PROYECCIÓN LITOLÓGICA (HORIZONTAL)

ESCALA INTERNACIONAL (HORIZONTAL)

Sistema de Información Geográfica:

Páez García Muro

Rosana Menéndez Diez

Sistema Meridiano: Everest

Delineación:

Eva Blanco Velasco

Cristina Navarro Martínez

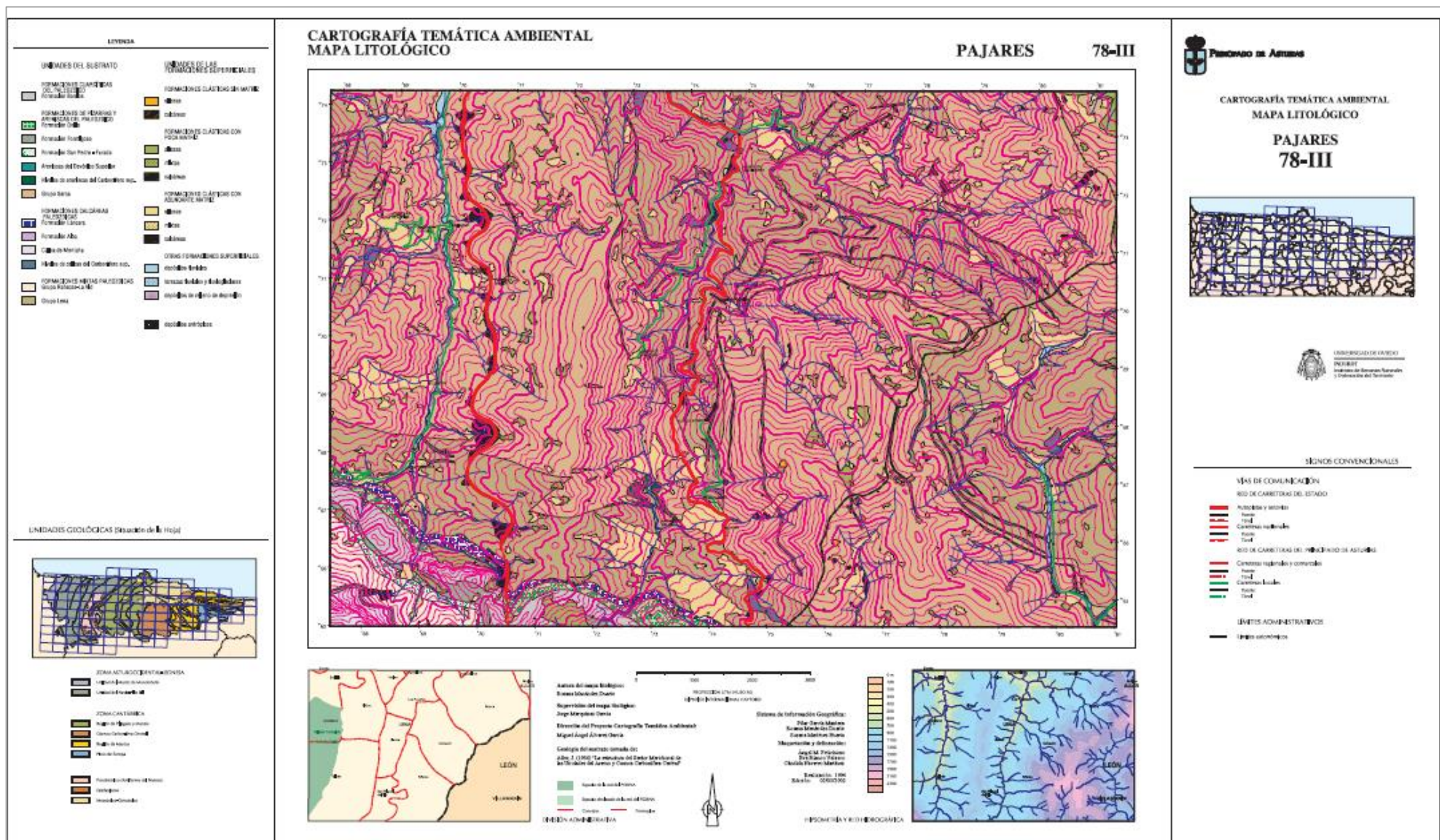
Realización: 1998

Edición: 02/07/2002

DIVISIÓN ADMINISTRATIVA

HIPSOMETRÍA Y RED HIDROGRÁFICA

Figura 325.- Hoja 78-I del mapa litológico a escala 1:25000 de la Cartografía Temática Ambiental del Principado de Asturias (fuente: GONZÁLEZ 1998).



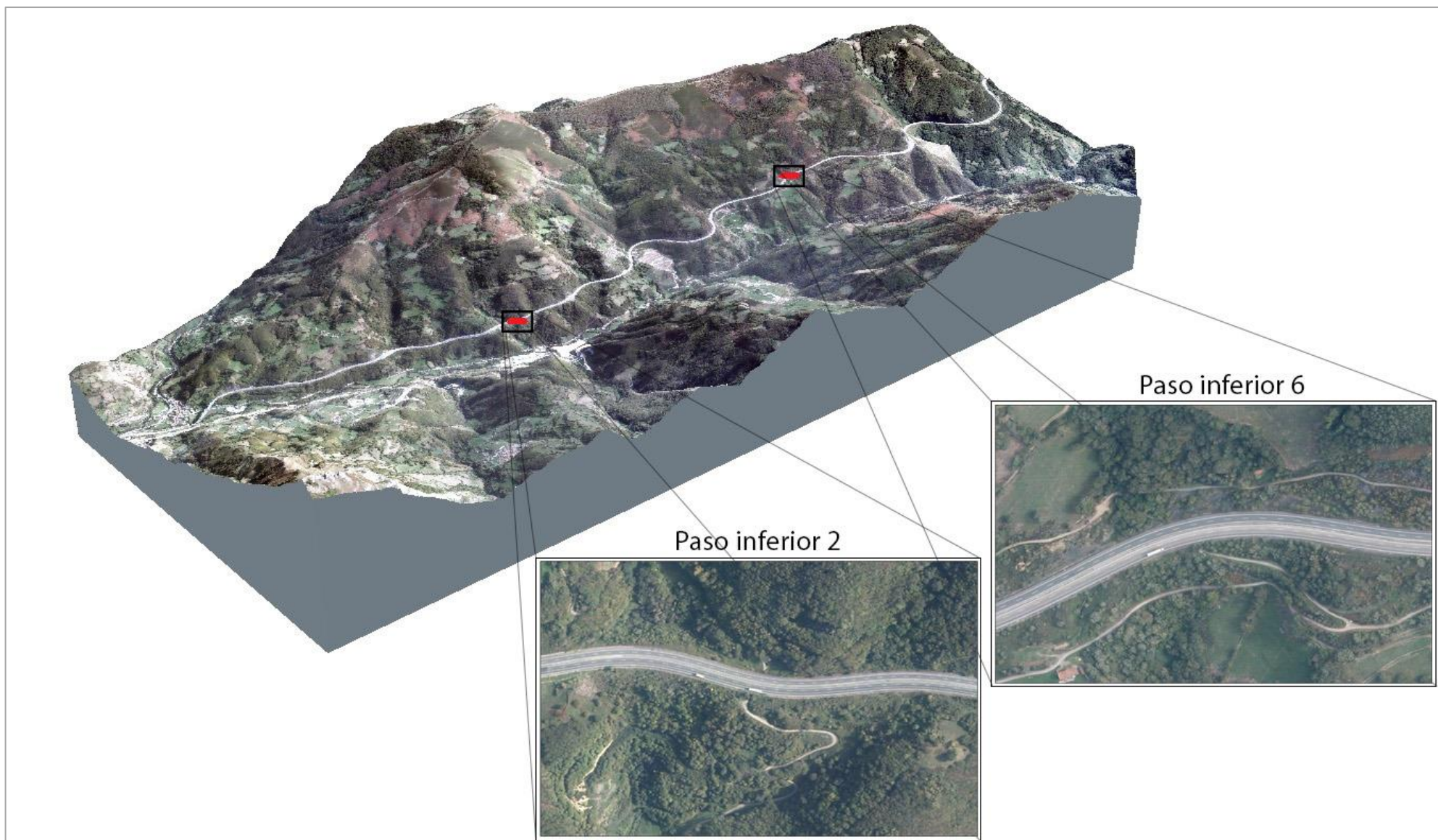


Figura 327.- Visualización 3D de un MDE del valle del Huerna (con la ortofoto superpuesta) en la zona donde se sitúan los pasos (más al norte de los túneles de la AP-66), con detalle de los dos pasos de adaptación propuesta. Imagen observada desde el noroeste (fuente: elaboración propia).

6.4.4.- ESTUDIO AMBIENTAL.

La actuación que se pretende tiene un enfoque netamente ambiental, puesto que se trata de minorar la posible siniestralidad con influencia sobre el oso pardo y, a la vez, aumentar la permeabilidad de la infraestructura (la AP-66) para esta especie, esto último mediante la adecuación de una serie de pasos inferiores.

No obstante, y por sus propias características, así como por su ubicación (casi el 40% del recorrido de la AP-66 en su vertiente asturiana discurre por terrenos incluidos en la Zona de Especial Conservación Valgrande, en el Parque Natural de Las Ubiñas-La Mesa y en la Reserva de la Biosfera de Las Ubiñas-La Mesa), el conjunto de la actuación debe ser analizada minuciosa y detalladamente desde la perspectiva ambiental.

DETERMINACIÓN DEL PROCEDIMIENTO AMBIENTAL Y TRAMITACIÓN.

Por ubicación y características la obra se encuentra potencialmente afectada por las siguientes normas legales:

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Decreto 159/2014, de 29 de diciembre, por el que se declaran las Zonas Especiales de Conservación Aller-Lena (ES1200037), Caldoveiro (ES1200012), Montovo-La Mesa (ES1200010), Peña Manteca-Genestaza (ES1200041), Peña Ubiña (ES1200011) y Valgrande (ES1200046) y se aprueba el I Instrumento de Gestión Integrado de diversos espacios protegidos de la Montaña Central Asturiana.

La actuación en cuestión no está incluida en los supuestos contemplados en los anejos I y II de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, que sin embargo establece en su artículo 7.2.b) que serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada “los proyectos no incluidos ni en el anejo I ni el anejo II que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a Espacios Protegidos Red Natura 2000”. La utilización del condicional (“pueden”), la importancia del bien ambiental para el que se pretende actuar (el oso pardo, que se encuentra incluido en el anejo 4 de la Directiva 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestre, y en el 5 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad), y la ubicación de parte de la actuación (en el marco ya mencionado de la Zona de Especial Conservación Valgrande, del Parque Natural de Las Ubiñas-La Mesa y de la Reserva de la Biosfera de Las Ubiñas-La Mesa) aconsejan, para mayor seguridad jurídica (en el sentido de que, no obstante, parece muy discutible que realmente pueda tener una afección negativa significativa sobre el oso, cuando se realiza, precisamente por las razones contrarias) someter la actuación a dicho procedimiento de evaluación de impacto ambiental simplificada.

En ese sentido, debe mencionarse, además, que el artículo 46.4. de la Ley 42/2007 establece que “cualquier plan, programa o proyecto que, sin tener relación directa con

la gestión del lugar o sin ser necesario para la misma, pueda afectar de forma apreciable a las especies o hábitats de los citados espacios, ya sea individualmente o en combinación con otros planes, programas o proyectos, se someterá a una adecuada evaluación de sus repercusiones en el espacio, que se realizará de acuerdo con las normas que sean de aplicación, de acuerdo con lo establecido en la legislación básica estatal y en las normas adicionales de protección dictadas por las comunidades autónomas, teniendo en cuenta los objetivos de conservación de dicho espacio”.

Por su parte, el Decreto 159/2014, de 29 de diciembre, por el que se declaran las Zonas Especiales de Conservación Aller-Lena (ES1200037), Caldoveiro (ES1200012), Montovo-La Mesa (ES1200010), Peña Manteca-Genestaza (ES1200041), Peña Ubiña (ES1200011) y Valgrande (ES1200046) y se aprueba el I Instrumento de Gestión Integrado de diversos espacios protegidos de la Montaña Central Asturiana, recoge en el apartado 3.4.5.3. de su anejo (dedicado al Instrumento de Gestión Integrado) relativo a la “Regulación de usos en infraestructuras de tránsito y acceso” que “las nuevas carreteras y las obras de mejora tendrán la consideración de Uso Autorizable” y que “asimismo deberán superar los trámites de carácter ambiental que se precisen según la legislación en materia de impacto ambiental que incluirán entre otros aspectos, una valoración de afecciones a la Red Natura 2000 y deberán ser informados por la Administración del Parque”. En ese contexto, las “mejoras” son definidas como la “obras y proyectos que suponen la introducción de nuevas actuaciones que impliquen un cambio en el perfil longitudinal y transversal del vial en cuestión, la construcción de infraestructuras de avenamiento y la instalación de medidas de sostenimiento y de prevención de desprendimientos y nuevas obras de afirmado y pavimentado”. De nuevo, aunque puede parecer discutible la afectación de dicha norma a la obra propuesta, las razones de seguridad jurídica esgrimidas aconsejan una aplicación estricta y refuerzan la necesidad de someter la actuación al procedimiento de evaluación de impacto ambiental simplificada.

Además, dicho Decreto 159/2014 establece que “todos los proyectos que se ejecuten en el ámbito del Parque, ya se trate de mejora de carreteras, de apertura de nuevos caminos agrícolas o pistas y vías forestales o de mejoras autorizables de los existentes, deberán incorporar las medidas de restauración y reducción de impacto que se determinen para los mismos, ya sean las incluidas en el informe elaborado por la Administración del Parque Natural para el procedimiento de autorización por el Órgano o Administración competente, o las resueltas en el trámite ambiental en caso de que este sea preceptivo. Para la reducción del impacto ambiental o paisajístico, deben incluirse al menos la revegetación de taludes mediante hidrosiembra y plantación de arbustos o árboles autóctonos al pie de los desmontes de mayor importancia o más visibles”, siguiendo los criterios que el propio texto enumera a continuación.

Por último, señalar que en lo relativo a la tramitación, y atendiendo a la titularidad de la infraestructura, debe considerarse como órgano sustantivo en el procedimiento al Ministerio de Fomento y como órgano ambiental al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente –aunque deben evacuarse las correspondientes consultas al Principado de Asturias, en tanto que órgano gestor del Parque Natural, de la Reserva de la Biosfera y de la Zona de Especial Conservación–, correspondiendo al

promotor de la actuación la realización del preceptivo documento ambiental con el siguiente contenido:

- a) La motivación de la aplicación del procedimiento de evaluación de impacto ambiental simplificada.
 - b) La definición, características y ubicación del proyecto.
 - c) Una exposición de las principales alternativas estudiadas y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales.
 - d) Una evaluación de los efectos previsibles directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados, durante las fases de ejecución, explotación y en su caso durante la demolición o abandono del proyecto.
- Cuando el proyecto pueda afectar directa o indirectamente a los espacios Red Natura 2000 se incluirá un apartado específico para la evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación del espacio.
- e) Las medidas que permitan prevenir, reducir y compensar y, en la medida de lo posible, corregir, cualquier efecto negativo relevante en el medio ambiente de la ejecución del proyecto.
 - f) La forma de realizar el seguimiento que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras contenidas en el documento ambiental.

BASES PARA EL DOCUMENTO AMBIENTAL.

Breve descripción del área de trabajo.

La AP-66, en su parte asturiana, discurre muy mayoritariamente, por el valle del río Huerna, aunque en la parte más alta, hasta atravesar a través de un túnel el llamado cordal de Pando, lo hace por el del río Pajares, ambos tributarios del Caudal.

El valle del Huerna es uno de los valles de la montaña central asturiana. Tiene 104,49 km² y está situado en el suroeste del concejo (término municipal) de Lena, comprendiendo las parroquias rurales (entidades locales menores) de Jomezana, Piñera, Sotiello, Telledo, Tuiza y Zureda.

Se integra en la unidad ambiental “Núcleo central de la Cordillera” de las definidas en el anejo de la Ley del Principado de Asturias 5/91, de 5 de abril, de protección de los espacios naturales, y caracterizada detalladamente en el apartado 4.2.5. del anejo del Decreto 38/94, de 19 de mayo, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Principado de Asturias.

La mayor parte de la mencionada unidad pertenece, desde la perspectiva geomorfológica a la “unidad pluvial de la subregión central”, aunque las cotas más elevadas se integran en la “unidad glacial de la subregión central”. Una descripción detallada de la geología y la climatología del valle del Huerna puede encontrarse en apartados anteriores del presente trabajo.

Desde la perspectiva fitogeográfica el valle del Huerna forma parte, mayoritariamente del subsector “Ubiñense”, aunque en la parte más baja pueden encontrarse formaciones relacionadas más bien con el subsector “Ovetense”. En cualquier caso, excepto en las zonas de cumbres más elevadas, donde la vegetación es propia de las áreas subalpinas, las formaciones vegetales climáticas son arboladas, destacando los hayedos, que en una buena parte del territorio han sido taladas para la obtención de pastos para el ganado (sobre todo en las laderas solanas) y, que hoy en día, están ocupadas en buena parte por matorral.

En lo referente a la fauna en la zona se pueden encontrar un buen número de especies de entre las más representativas de la cordillera Cantábrica. Así, están presentes algunas de elevado interés cinegético –tales como el jabalí y el corzo–, compartiendo espacio con la mayor parte de los carnívoros cantábricos –desde la comadreja, hasta el oso pardo, pasando por el lobo, la marta, el armiño, el zorro o el gato montés–, o con aves adaptadas a medios forestales –tales como el urogallo, el pico mediano y el azor– y de montaña –con ejemplos como el gorrión alpino o la perdiz pardilla–. Los ríos tienen una nutrida población de truchas.

En cualquier caso, las actuaciones previstas se van a realizar sobre el propio trazado ya alterado por la autopista –caso de la adaptación de los cruces inferiores– o por su área de dominio –caso del vallado–.

Bases para el análisis de los principales efectos ambientales.

Los principales efectos ambientales previsibles y su carácter, sobre los elementos citados en la Ley 21/2013, quedan resumidos en la Tabla 36.

Como se observa, la mayoría de efectos negativos tienen lugar en la fase de ejecución y desaparecen en la fase de explotación, es decir tienen un carácter claramente transitorio y se derivan de las propias labores y del uso de la maquinaria necesaria para llevarlas a cabo. En cualquier caso, son todos de baja intensidad atendiendo a lo limitado de la intervención o al lugar donde se realizan.

Sin embargo, los principales efectos positivos ocurren en la fase de explotación, ya que la propia actuación tiene un carácter netamente ambiental. En ese sentido, destacan los efectos sobre la fauna, en particular sobre el oso, pero también sobre otras especies (jabalíes, corzos...) que se verán beneficiadas de la disminución de accidentes que debe conllevar el nuevo vallado y de la disminución de la fragmentación derivada de la mejora de los pasos subterráneos. Estos efectos se han calificado de sinérgicos porque refuerzan actuaciones realizadas o previstas con una finalidad similar en el ámbito de la desfragmentación en el entorno del Huerna. Los efectos sobre la flora, sobre el paisaje, sobre la salud o sobre los bienes materiales tiene un carácter

sobrevenido, derivado de las tareas de restauración que se desarrollarán al término de la actuación, de reforestación en su caso para conducir a los animales hacia los pasos y de la evitación de accidentes, con su repercusión en la hipotética disminución de heridos y de coches siniestrados.

Tabla 36.- Caracterización de los efectos ambientales previsibles.

Tipo de elemento	Elemento	Efecto en fase de ejecución	Efecto en fase de explotación
Medio Físico	Suelo	Directo. Negativo. Bajo.	Nulo.
	Clima (cambio climático)	Indirecto. Acumulativo. Negativo. Bajo.	Nulo.
	Aire	Directo. Acumulativo. Bajo.	Nulo.
	Agua	Nulo.	Nulo.
Biodiversidad	Flora	Directo. Negativo. Bajo.	Directo. Positivo. Sinérgico. Bajo.
	Fauna	Directo. Negativo. Bajo.	Directo. Sinérgico. Positivo. Alto.
	Espacios Naturales Protegidos	Directo. Negativo. Bajo.	Nulo.
Paisaje	Paisaje	Directo. Negativo. Bajo.	Directo. Positivo. Bajo.
Medio humano	Población	Nulo.	Nulo.
	Salud	Nulo.	Directo. Positivo. Medio.
	Bienes materiales	Directo. Negativo. Bajo.	Directo. Positivo. Bajo.
	Patrimonio cultural	Nulo.	Nulo.

Por último, señalar que tanto a efectos del Parque Natural de Las Ubiñas- La Mesa, como de la Reserva de la Biosfera del mismo nombre, las actuaciones se realizarán en zonas de uso general y de transición, respectivamente, conforme a la zonificación de estos espacios, que considera a las vías de comunicación y su dominio como tales. Este tipo de zonas, que son las de menor interés natural, permiten el tipo de actuaciones que se pretenden. No obstante, la autopista del Huerna (la AP-66) transcurre rodeada de terrenos de mayor valor natural, considerado en las zonificaciones mencionadas como Zonas Tampón y Zonas Núcleo, respectivamente.

Bases para el análisis de las principales repercusiones sobre los valores Natura 2000.

El análisis de las repercusiones sobre los valores Natura 2000 debe de realizarse desde las disposiciones del Instrumento de Gestión Integrado aprobado por el Decreto 159/2014, de 29 de diciembre, que establece que en lo relativo a los espacios Natura 2000 los objetivos son:

- a) El mantenimiento en un estado favorable de conservación en cuanto a su superficie, estado y funcionalidad de los ecosistemas del ámbito considerado, en especial en lo referente a hábitat de interés comunitario.
- b) La protección de la biodiversidad, en especial de aquellas especies incluidas en los catálogos regionales, nacionales y comunitarios, en la Directiva Hábitat y en la Directiva Aves.
- c) La conservación de ecosistemas, hábitat o formaciones naturales representativos de la región, tanto en estructura como en funcionalidad.

El formulario oficial de la red Natura 2000 contiene los listados completos de hábitats y especies de interés comunitario presentes en la ZEC ES1200046 Valgrande y puede ser consultado tanto en la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/ES1200046_tcm7-153547.pdf) , como en la del Principado de Asturias (<http://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=88c3c059c5a73210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnextchannel=fcd25b51cb90c110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es>).

Por su parte, y de entre ellos, el Instrumento de Gestión Integrado considera que, atendiendo a su estado de conservación, son preferentes para establecer objetivos y aplicar medidas los hábitats y especies que se reflejan en las Tabla 37 y Tabla 388, donde los asteriscos indican los prioritarios según la Directiva 92/43/CEE.

Tabla 37.- Hábitats preferentes para establecer objetivos y medidas de conservación (fuente: elaboración propia a partir de los datos del Instrumento de Gestión Integrado de la Montaña Central Asturiana.

ZEC VALGRANDE (ES1200046)		
Código Natura 2000	Denominación	Superficie (ha)
4060	Brezales alpinos y boreales	103,65
6160	Prados ibéricos silíceos de <i>Festuca indigesta</i>	101,53
6170	Prados alpinos y subalpinos calcáreos	97,98
6210	Prados secos seminaturales y facies de matorral sobre sustratos calcáreos (<i>Festuco-Brometalia</i>) (*parajes con importantes orquídeas)	19,93
6510	Prados pobres de siega de baja altitud (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	12,84
7230	Turberas bajas alcalinas	0,01
8230	Roquedos silíceos con vegetación pionera del <i>Sedo-Scleranthion</i> o del <i>Sedo albi- Veronicion dillenii</i>	47,39
9120	Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de <i>Ilex</i> y a veces de <i>Taxus</i> (<i>Quercion robori-petraeae</i> o <i>Illici-Fagenion</i>)	1396,67
91E0*	Bosques aluviales de <i>Alnus glutinosa</i> y <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)	7,51
9230	Robledales galaico-portugueses con <i>Quercus robur</i> y <i>Quercus pyrenaica</i>	7,19
9340	Bosques de <i>Quercus ilex</i> y <i>Quercus rotundifolia</i>	27,85
9380	Bosques de <i>Ilex aquifolium</i>	3,00

Tabla 38.- Especies preferentes para establecer objetivos y medidas de conservación (fuente: elaboración propia a partir de los datos del Instrumento de Gestión Integrado de).

ZEC VALGRANDE (ES1200046)				
Natura 2000	Especie	Nombre común	Estado poblacional	Hábitat que ocupa
ANFIBIOS Y REPTILES				
1249	<i>Lacerta monticola</i>	Lagartija serrana	Sedentario. Común	Matorral de montaña
MAMÍFEROS				
1301	<i>Galemys pyrenaicus</i>	Desmán Ibérico	Sedentario. Presente	Fluvial
1354*	<i>Ursus arctos</i>	Oso pardo	Sedentario. Muy escaso	Forestal
1355	<i>Lutra lutra</i>	Nutria	Sedentario. Presente	Fluvia
AVES				
esA077	<i>Neophron percnopterus</i>	Alimoche común	Reproductor. 1 pareja	Cortados rocosos
A085	<i>Accipiter gentilis</i>	Azor común	Sedentario. Presente	Forestal
A091	<i>Aquila chrysaetos</i>	Águila real	Sedentario. Escaso	Cortados rocosos
A103	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Sedentario. 1 pareja	Cortados rocosos
A108	<i>Tetrao urogallus</i>	Urogallo cantábrico	Sedentario. 3 machos	Forestal
A415	<i>Perdix perdix hispaniensis</i>	Perdiz pardilla	Sedentario. Presente	Forestal

Para la evaluación de la repercusión de la actuación propuesta se utilizará, en el caso de los hábitats, la metodología contemplada en las “Directrices para la evaluación ambiental de planes, programas y proyectos que afecten a Espacios de la Red Natura 2000. I: hábitats de interés comunitario” elaboradas, en diciembre de 2015, por la Subdirección General de Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente con el objeto de “que sean utilizadas por todos los agentes que participan en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental. En especial, por parte del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, como órgano ambiental de los proyectos autorizados o aprobados por la Administración General del Estado, en el marco de sus competencias, así como en el caso de los proyectos autorizados o aprobados por la Administración General del Estado sobre espacios RN2000, en que competa al MAGRAMA fijar las medidas compensatorias necesarias para garantizar la coherencia global de Natura 2000, según la disposición adicional séptima de la ley 21/2013”. En el análisis los datos de referencia, además de los contenidos en el formulario oficial de la ZEC ES1200046 Valgrande, serán los correspondientes al Inventario Nacional de Hábitats de Interés Comunitario del Anejo I de la Directiva 92/43/CEE, que pueden ser obtenidos a través de la página web del Ministerio (http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/index_habitat_descargas.aspx).

Lamentablemente, la elaboración y aprobación de un manual similar para las especies de interés comunitario está prevista para finales de 2016 o principios de 2017, así que en su ausencia deberá establecerse una metodología “ad-hoc” teniendo en cuenta los objetivos de conservación para las distintas especies que marca el Instrumento de Gestión Integrado.

No obstante, es preciso resaltar de nuevo que dado el carácter de la actuación, muy limitado al trazado estricto de la autopista AP-66 y su dominio y con obras de poca envergadura, no parece probable que puedan aparecer repercusiones negativas significativas sobre ninguno de los hábitats y especies mencionadas, y menos atendiendo a las medidas correctoras y preventivas que se insinúan en el apartado correspondiente.

Por el contrario, sus efectos sobre la población de oso pardo parecen muy positivas, y más a la luz de las propias disposiciones del Instrumento de Gestión Integrado. En efecto, el apartado 2.2.2.6. del mismo, dedicado a esta especie, cita entre sus presiones y amenazas específicas la fragmentación del hábitat apropiado debido, entre otros, a las infraestructuras, y la mortalidad por causas imputables directamente a la acción del hombre, tales como los atropellos, y las actuaciones previstas están orientadas precisamente a combatir ambos extremos.

Bases para las medidas preventivas y correctoras.

Las medidas preventivas y correctoras estarán destinadas a minimizar al máximo los efectos negativos durante la ejecución o derivados de ésta y se basarán, en principio, en las usuales en estos casos, tales como:

Para la protección del suelo:

- Retirar la capa de tierra vegetal procedente del movimiento de tierras y excavaciones, para su reutilización posterior en la propia obra, almacenándola y tratándola de forma que conserve hasta entonces sus propiedades y características biológicas.

Para la protección del clima (cambio climático):

- Vigilar estrictamente el cumplimiento del nivel de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂) de la maquinaria, siendo rigurosos en su mantenimiento.

Para la protección del aire y la atmósfera:

- Evitar las emisiones difusas de polvo, dotando a las zonas de tránsito de vehículos de firmes adecuados estableciendo, en su caso, sistemas de riego.
- Proteger de la acción del viento las zonas de almacenamiento de áridos.
- Realizar un seguimiento de las condiciones de calidad atmosférica en las operaciones de vertido de todo tipo de materiales y, en su caso, establecer las medidas que proceda.

- Cumplir estrictamente los objetivos de calidad y valores límite de emisión de ruido establecidos en la legislación vigente (Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido; Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003 en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas; Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre).

Para la protección de la flora y la vegetación:

- Proceder a la restauración vegetal de todos los terraplenes y taludes generados. Debe considerarse al efecto la obligación impuesta por el Instrumento de Gestión Integrado de prohibir la utilización de especies no autóctonas, recomendándose el empleo de las leguminosas arbustivas características de ese territorio biogeográfico: piorno (*Genista florida* subsp. *polygaliphylla*), escoba (*Cytisus scoparius*), tojo (*Ulex cantabricus*) y aulaga (*Genista hispánica* subsp. *occidentalis*).
- Atender a la finalidad principal de la actuación (coadyuvar a la desfragmentación del territorio osero) y, cuando proceda a fin de facilitar el acceso de los animales a los pasos inferiores, atender al uso de especies arbóreas propias de los hábitats forestales Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de *Ilex* y a veces de *Taxus* (Quercion robori-petraeae o Ilici-Fagenion) (Cod. 9120), Bosques galaico-portugueses con *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica* (Cod. 9230), Bosques de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia* (Cod. 9340) y Bosques de *Ilex aquifolium* (Cod. 9380) es preferente, y Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae) (Cod. 91E0*).

Para la protección de la fauna:

- Ejecutar las obras, si es necesario, conforme a un calendario que minimice las posibles molestias a las faunas y, en especial, al oso pardo.

Para la protección del paisaje y de los Espacios Naturales Protegidos:

- Proceder a la adecuada restauración vegetal de la obra, conforme a los criterios ya expresados.
- Adoptar soluciones constructivas de los elementos de seguridad vial, cuando sean necesarios, no relacionados con la AP-66, sino con las carreteras secundarias o caminos que puedan transitar por los pasos inferiores, que tengan un carácter acorde con el entorno rural y natural, recomendándose el empleo de la madera para el recubrimiento de las biondas.

Para la protección de los bienes materiales:

- Evitar la salida de vehículos desde el área de trabajo a la AP-66 o, en su caso, otras carreteras de uso público sin que hayan realizado un paso previo por un sistema de limpieza de vehículos y sus neumáticos.
- Dotar a los vehículos de sistemas y prácticas que eviten pérdidas de carga.
- Utilizar cuando sea necesario y sea posible para la sujeción de taludes muros de sujeción de mampostería en seco, empalizadas o técnicas de bioingeniería en lugar de escolleras de pedraplén.

Bases para el seguimiento.

Además del seguimiento de las medidas correctoras (por ejemplo, para proceder a la reposición de marras en el caso de las reforestaciones) deberá articularse un programa de seguimiento de la efectividad de las medidas de desfragmentación (adecuación de los pasos inferiores).

El seguimiento de la efectividad del nuevo vallado se realizará mediante el análisis de la siniestralidad por fauna en la AP-66, vertiente asturiana, y su comparación con los años previos a su instalación.

6.4.5.- GESTIÓN DE RESIDUOS.

En el presente anejo se realiza una estimación de los posibles residuos que se generarán durante la ejecución de los trabajos y se establecen unas pautas para su eliminación, todo ello en el marco de lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Atendiendo a que el proyecto pretende la sustitución del vallado perimetral del tramo asturiano de la autopista AP-66 y la remodelación, en aras a su ampliación y adaptación para favorecer el paso de la gran fauna y, en particular, del oso pardo, de dos pasos subterráneos en la misma, las principales actividades que generarán residuos serán la demolición del pavimento existente (mezclas bituminosas), la excavación de terrenos, el desmontaje de las estructuras de cruce actuales (básicamente tubos de chapa corrugada) y la eliminación del vallado actual.

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA:

En las Tabla 39 y Tabla 40 se indican las cantidades de residuos de construcción y demolición (en adelante, RCD) que previsiblemente se generarán en la obra. Los residuos están codificados con arreglo a la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

La primera corresponde al capítulo 17 de la citada lista europea, titulado “Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)”, mientras que la segunda se refiere a los envases de los productos de construcción aportados a la obra, y corresponde al capítulo 15 de la lista, titulada “Residuos de envases”. Los residuos que aparecen señalados con un asterisco se consideran peligrosos de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas, y su trasposición española a través de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Tabla 39.- Residuos de la construcción y demolición.

Código	RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	t	m ³
17 01	HORMIGÓN, LADRILLOS, TEJAS Y MATERIALES CERÁMICOS		
17 01 01	Hormigón (estimada densidad de 2,0 t/m ³)	592,92	296,46
17 02	MADERA, VIDRIO Y PLÁSTICO		
17 02 01	Madera	<0,5	<0,5
17 02 02	Vidrio	<0,5	<0,5
17 02 03	Plástico	<0,5	<0,5
17 03	MEZCLAS BITUMINOSAS, ALQUITRÁN, HULLA Y OTROSPRODUCTOS ALQUITRANADOS		
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las especificadas en el cód. 17 03 01 (estimada densidad de 2,4 t/m ³)	289,50	120,63
17 04	METALES		
17 04 02	Aluminio	27	
17 04 07	Metales mezclados	<0,5	<0,5
17 09	OTROS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN O DEMOLICIÓN		
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos a los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03 (densidad estimada de 0,5 t/m ³)	<0,5	<0,5

Tabla 40.- Residuos de envases.

Código	RESIDUOS DE ENVASES; ABSORBENTES, TPAPOS DE LIMPIEZA, MATERIALES DE FILTRACIÓN Y ROPAS DE PROTECCIÓN NO ESPECIFICADOS EN OTRA CATEGORÍA	t	m ³
15 01	ENVASES		
15 01 01	Envases de papel y cartón	0,10	1,00
15 01 02	Envases de plástico	0,10	1,00
15 01 03	Envases de madera	0,10	1,00
15 01 04	Envases metálicos	0,10	1,00
15 01 05	Envases compuestos	0,10	1,00
15 01 06	Envases mezclados	0,10	1,00
15 01 07	Envases de vidrio	0,10	1,00
15 01 09	Envases textiles	0,10	1,00
15 01 10 *	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	0,10	1,00

MEDIDAS DE PREVENCIÓN, DE SEGREGACIÓN “IN SITU” Y DE REUTILIZACIÓN, DE VALORIZACIÓN O DE ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LA OBRA OBJETO DEL PROYECTO.

La mayor parte de los residuos que se generarán en la obra no son de naturaleza peligrosa (excepto los del código 15.01.10*), y provienen de la demolición del pavimentos y obras de fábrica existentes, de la excavación del terreno y de la retirada del vallado actual. Para este tipo de residuos no es posible diseñar ninguna medida específica que prevenga su generación, aunque en cualquier caso siempre debe procederse a un manejo cuidadoso y al acopio en un lugar acorde para su reutilización o retirada posterior.

En cuanto a los envases desechados de productos contaminantes o peligrosos utilizados en su ejecución, se tratarán con precaución y obligatoriamente se retirarán de la obra a medida que se vayan empleando.

Dada la naturaleza de los residuos previsiblemente a generar, y las características de la obra proyectada, se prevé la valorización dentro de la propia obra de la mayoría de ellos, y en particular de todos los correspondientes a tierras y piedras procedentes de la excavación, que serán reutilizados como materiales de relleno.

No obstante, cabe recordar que el artículo 5.5 del Real Decreto 105/2008 marca los límites a partir de los cuales la separación en fracciones de los residuos es obligatoria, aunque en nuestro caso, y atendiendo a la naturaleza y ubicación del proyecto, se procederá a la retirada separada de todos los mencionados en las Tabla 41 y Tabla 42 mediante entrega a gestor autorizado, se alcancen o no esos límites, con la frecuencia que se indica en las mismas.

Tabla 41.- Frecuencia de retirada de los residuos de construcción y demolición.

Código	RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	Frecuencia de retirada
17 01	HORMIGÓN, LADRILLOS, TEJAS Y MATERIALES CERÁMICOS	
17 01 01	Hormigón	ACELERADA
17 02	MADERA, VIDRIO Y PLÁSTICO	
17 02 03	Plástico	ESPORÁDICA
17 03	MEZCLAS BITUMINOSAS, ALQUITRÁN, HULLA Y OTROS PRODUCTOS. ALQUITRANADOS	
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las especificadas en el cód. 17 03 01	ACELERADA
17 04	METALES	
17 04 02	Aluminio	ESPORÁDICA
17 04 07	Metales mezclados	ESPORÁDICA

La frecuencia ESPORÁDICA consiste en la retirada de los residuos cada vez que el contenedor instalado a tal efecto esté lleno, o bien de una sola vez, en la etapa final de la ejecución del proyecto. La frecuencia ACELERADA indica que los residuos se irán retirando a medida que se vayan generando, preferentemente cada día. A esta categoría corresponden los residuos producidos por la actividad de los posibles

subcontratistas. A la finalización de la obra ningún residuo de ningún tipo quedará en la zona.

En Asturias las instalaciones de COGERSA (Compañía para la Gestión de los Residuos Sólidos en Asturias) disponen desde finales del año 2003 de una planta de tratamiento de RCD, y desde el año 2004 también de un vertedero de inertes donde se eliminan los RCD que no son susceptibles de recuperación, prohibiéndose de forma explícita el vertido de RCD que no hayan sido sometidos a tratamiento previo.

Tabla 42.- Frecuencia de retirada de los residuos de envases.

Código	RESIDUOS DE ENVASES; ABSORBENTES, TRAPOS DE LIMPIEZA, MATERIALES DE FILTRACIÓN Y ROPAS DE PROTECCIÓN NO ESPECIFICADOS EN OTRA CATEGORÍA	Frecuencia de retirada
15 01	ENVASES	
15 01 01	Envases de papel y cartón	ESPORÁDICA
15 01 02	Envases de plástico	ACELERADA
15 01 03	Envases de madera	ESPORÁDICA
15 01 04	Envases metálicos	ESPORÁDICA
15 01 05	Envases compuestos	ACELERADA
15 01 06	Envases mezclados	ESPORÁDICA
15 01 07	Envases de vidrio	ESPORÁDICA
15 01 09	Envases textiles	ESPORÁDICA
15 01 10 *	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	ACELERADA Y URGENTE

ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS Y PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS.

El Real Decreto 105/2008 distingue a los agentes implicados en la gestión de los residuos, diferenciando entre los productores de RCD, que se identifican básicamente con la persona física o jurídica titular de la licencia de obras o, en su defecto, del bien inmueble objeto de la obra, y el poseedor de RCD, que se corresponde con la persona física o jurídica que ejecuta la obra (constructor, subcontratista o trabajador autónomo), que tiene el control físico de los residuos que se generan en la misma.

Entre las obligaciones que la norma establece, destaca la de que el productor deberá incluir en el proyecto de obra un “estudio de gestión” de los RCD, donde se detalle cómo se gestionarán los que se generarán en ella, y la obligación por parte del poseedor de presentar al productor un plan de gestión de ellos, en el que se concrete la forma en que se llevarán a cabo las exigencias recogidas en el estudio de gestión.

Otra de las obligaciones es la de que las obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma incluyan, en el “estudio de gestión” de RCD que debe acompañar al proyecto, un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, así como las medidas previstas para su retirada selectiva y su envío a gestores autorizados.

El mencionado “estudio de gestión” se redactará siguiendo las instrucciones y pautas recogidas en el presente trabajo.

ESTIMACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE LA OBRA.

El coste de la gestión de los RCD de la obra descrita en el presente trabajo, atendiendo a su volumen, previsiblemente tendrá escasa cuantía, aunque debe considerarse que en el caso particular de la retirada del vallado existente se actúa sobre un trazado lineal de 31000 m, lo que implica una elevación de los costes de desplazamiento para la eliminación de poco material en cada lugar. En cualquier caso, las unidades de obra consideradas incluyen en todos los casos la manipulación y el transporte a vertedero de los residuos por lo que este aspecto no debe ser considerado en este apartado. No obstante, las propias características de la actuación, que exigirá un almacenamiento temporal de residuos en la obra hasta que se alcance un volumen suficiente para el transporte, aconseja incluir ahora un capítulo independiente en el que se valora el coste previsto para la gestión (discriminación para impedir la mezcla de residuos de distinto tipo, el almacenamiento y mantenimiento de los mismos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, y su posterior valorización o entrega al Gestor de residuos de construcción y demolición) dentro de la obra. Para ello, se ha recurrido, como en ocasiones anteriores, a los precios de referencia del Ministerio de Fomento para la construcción de carreteras que incluye una unidad de obra con la siguiente justificación:

t		Clasificación y recogida selectiva de residuos mediante medios manuales y mecánicos				5,61 €
Clasificación y recogida selectiva de residuos, excepto tierras y piedras de excavación, mediante medios manuales y mecánicos de los residuos y su depósito en la zona principal de almacenamiento de residuos de la obra.						
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida	
MQ	h	Retrocargadoras sobre ruedas. De 75 kW de potencia	0,0300	44,39	1,33	
MQ	h	Motovolquetes. De 3.000 kg de carga	0,0200	32,04	0,64	
MO	h	Peón ordinario.	0,2000	16,60	3,32	
		Medios auxiliares y costes indirectos	6%	5,29	0,32	
				Total redondeado:	5,61	

Por lo que atendiendo a las cantidades señaladas en las Tabla 39 y Tabla 40 el precio de ejecución material de esta partida asciende a CINCO MIL CIENTO VEINTE EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS (5120,92 €).

6.4.6.- SEGURIDAD Y SALUD.

El Estudio de Seguridad y Salud establece, durante la duración de la obra, las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores. Además, sirve para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre (dictado en desarrollo de la Ley 31/1995, de 10 de noviembre, de prevención de riesgos Laborales), por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud o de un Estudio Básico de Seguridad y Salud en los proyectos de

edificación y obras públicas atendiendo a la casuística que se establece en su artículo 4.

En nuestro caso, según lo dispuesto en el mencionado Real Decreto, debe elaborarse un Estudio de Seguridad y Salud, que se redactará siguiendo las pautas que a continuación se detallan.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.

Las obras a ejecutar se encuentran en el término municipal de Lena (Asturias), en la zona de dominio de la autopista AP-66.

La obra consiste en la sustitución del vallado actual de la autopista por otro mejor capacitado para impedir el acceso a la misma de la fauna silvestre, especialmente del oso pardo, y en el acondicionamiento de dos pasos subterráneos para facilitar su uso por la mencionada especie, a fin de disminuir la fragmentación de la población de osos que la infraestructura causa.

El presupuesto estimado de Ejecución Material de la obra asciende a la cantidad de DOS MILLONES OCHOCIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL SETENTA Y OCHO EUROS CON VENTISEIS CÉNTIMOS (2.879.078, 26 €).

El plazo de ejecución previsto es de cuatro meses (4 meses).

Como consecuencia de las obras en lo relativo al acondicionamiento de los pasos subterráneos se prevén afecciones al tráfico en la AP-66 y, de menor entidad, a los servicios que ofrecen los mencionados pasos inferiores. Se deberán de mantener, de forma permanente, con piso adecuado y ancho suficiente, a juicio del Director de Obra, pasos para el tráfico en las dos direcciones, que se limitarán a un carril por sentido, aprovechando alternativamente una de las dos calzadas. Las zonas de obras y eventuales desvíos deberán estar correctamente señalizados de acuerdo con la Norma 8.3-IC "Señalización de obras".

Con objeto de que pueda apreciarse con facilidad la posible incidencia de cada parte de la obra las unidades constructivas que la componen son las siguientes, que además quedan recogidas y definidas en el Pliego y en los Presupuestos:

- Eliminación del vallado perimetral antiguo y sustitución por uno nuevo reforzado.
- Retirada tierra vegetal.
- Despeje y desbroce del terreno.
- Excavaciones.
- Demolición de estructuras de pasos inferiores existentes y retirada.
- Marcos de los pasos inferiores.
- Relleno de taludes y, en su caso, protección de las mismas.
- Reconstrucción de la base de la calzada de la AP-66 en las zonas afectadas (extensión y compactación de bases granulares).

- Acondicionamiento de las pistas afectadas por las mejoras en los pasos inferiores.
- Reasfaltado de las zonas afectadas por los pasos inferiores (extensión y compactación de mezclas bituminosas).
- Colocación de elementos de señalización y balizamiento.
- Revegetación.
- Uso de atrayentes de fauna.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

Generalidades.

La identificación y evaluación de los riesgos potenciales se lleva a cabo en las distintas actividades constructivas o en los tajos de la obra proyectada, señalando además las necesidades preventivas en cada una de dichas fases,

La evaluación final debe referirse, obviamente, a aquellos riesgos o condiciones insuficientes que no hayan podido ser resueltas o evitadas en su totalidad antes de formalizar el estudio de seguridad y salud. En cualquier caso, aquí se presenta un resumen de los riesgos potenciales para poder desarrollar, a partir de ellos, el pertinente estudio.

Riesgos del entorno.

El entorno en el que se van a desarrollar los trabajos posee una serie de características que, de por sí, pueden ser factores de riesgo para la generación de accidentes o enfermedades. Entre estos factores se pueden citar: Las condiciones climáticas (resbalones por el agua, quemaduras por el sol...), el relieve (potenciales caídas al mismo y distinto nivel), la presencia de rocas, piedras sueltas, y terrenos inestables, la existencia de animales (picaduras, embistes...), la presencia de especies arbustivas y de matorrales espinosos (pinchazos, raspaduras o irritaciones...), la abundancia de polen en el ambiente en las épocas de polinización (alergias)...

Riesgos en la retirada y sustitución del vallado.

Los habituales son:

- Enganche con mallas y cables.
- Atropellos o accidentes con maquinaria.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas de material sobre personal.
- Vuelcos de vehículos y máquinas.
- Ruido.

Riesgos en las tareas de limpieza y desbroce previas.

- Enganche con cableados.

- Proyección de fragmentos o partículas (piedras, tierra, restos vegetales...).
- Atropellos o accidentes con maquinaria.
- Caídas al mismo o distinto nivel.
- Caídas de material y, en su caso, árboles sobre personal.
- Golpes de o contra objetos.
- Vuelcos de vehículos y máquinas.
- Lesiones por incrustación de ramas o astillas.
- Incendios (de elementos de las máquinas o por la proyección de chispas hacia la vegetación).
- Ruido.
- Polvo.

Riesgos en demoliciones, excavaciones y movimientos de tierra.

- Corrimientos, desprendimientos o hundimientos.
- Caídas de materiales de demolición.
- Atrapamientos de personas por material de excavación o de relleno.
- Caídas de personas al mismo y a distinto nivel.
- Vuelco de máquinas y vehículos.
- Atropellos por máquinas y vehículos.
- Cortes y golpes.
- Ruido y vibraciones.
- Proyección de partículas a los ojos.
- Polvo.
- Emanación de gases.

Riesgos en hormigones.

- Caídas de materiales
- Dermatitis por cementos.
- Derrumbamiento de la cimbra o del encofrado.
- Derrumbamiento de muro.
- Cortes y golpes.
- Proyección de partículas a los ojos.
- Heridas producidas por objetos punzantes y cortantes.
- Vuelco o accidentes de máquinas y vehículos.
- Atropellos por máquinas y vehículos.

Riesgos en manipulación y colocación de elementos prefabricados de hormigón.

- Caídas de materiales
- Caídas de personal al mismo o distinto nivel.
- Atrapamientos.
- Cortes y golpes con herramientas o elementos prefabricados.
- Aplastamiento por elementos prefabricados.
- Heridas producidas por objetos punzantes y cortantes.

- Vuelco o accidentes de máquinas y vehículos.
- Atropellos por máquinas y vehículos.

Riesgos en pavimentación.

- Atropellos de personas por maquinaria o vehículos, en particular camiones de vertido.
- Atrapamientos por maquinaria y vehículos.
- Colisiones y vuelcos de maquinaria y vehículos.
- Caídas al mismo o distinto nivel (por ejemplo, al subir y bajar de la maquinaria).
- Los derivados de los trabajos realizados a altas temperaturas (quemaduras).
- Los derivados de la inhalación de vapores de betún asfáltico.
- Los derivados de las operaciones de mantenimiento.
- Salpicaduras.
- Proyección de partículas a ojos.
- Ruidos.
- Vibraciones.
- Polvo ambiental.
- Sobreesfuerzos.
- Cortes y golpes.

Riesgos en revegetación.

- Cortes y aplastamientos en extremidades.
- Caída de materiales.
- Atropellos o accidentes por máquinas o vehículos.
- Alergias por contacto o respiración de productos (fertilizantes, adherentes)
- Cortes y golpes.

Riesgo en uso de atrayentes y repelentes.

- Los derivados del manejo de productos químicos (alergias, intoxicaciones...).
- Cortes.
- Caídas al mismo nivel.

Riesgo de daños a terceros.

Derivan de la circulación de vehículos de transporte de tierras, materiales, maquinaria, etc... por las carreteras y caminos hasta el tajo. Igualmente, deberán considerarse los emanados de las restricciones y desvíos en la circulación, así como la posibilidad de proyección de materiales, como consecuencia de las excavaciones u otras tareas, sobre personas y vehículos.

PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES: MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECTORAS.

Aplicables a los trabajos.

Como indicaciones de posibles medidas de prevención a tomar por los operarios para la reducción de la probabilidad de que ocurra un accidente, se pueden citar las siguientes:

a) *Normas generales para todos los trabajos:*

- Circular por la obra con precaución
- Mantener libres de obstáculos todas las áreas de trabajo y tránsito.
- Dosificar los esfuerzos de acuerdo con la capacidad física
- Reconocer los tajos previamente al inicio del trabajo.
- Revisar, antes de los trabajos, el estado de máquinas, herramientas, equipos y medios a utilizar, comprobando que están en perfecto estado de uso.
- Evitar trabajar sólo
- No trabajar en zonas de influencia de máquinas
- Almacenar los materiales y medios de trabajos en los lugares específicos destinados para ellos.

b) *Labores de desbroce, desarbolado y destocoado del terreno:*

- No realizar trabajos de medición o estancia de personas en la zona de influencia donde se encuentran operando las máquinas que realizan labores de desbroce.
- Evitar, en las operaciones de desbroce en zonas con rocas el golpeo de éstas, pues causan chispas que podrían provocar incendio.
- Inspeccionar, en desarbolados o destocoados, debidamente la zona, en prevención de que puedan caer sobre personas o cosas.
- Dejar una vez abatidos los árboles, arrancados los tocones o la vegetación arbustiva, el material sobre el terreno formando cordones o montones para su posterior eliminación, quedando totalmente prohibido pasar por encima con la máquina.

c) *Movimientos de tierra:*

- No realizar trabajos de replanteo, medición o estancia de personas en la zona de influencia donde se encuentre operando la maquinaria de movimiento de tierras.
- Hacer un reconocimiento visual de la zona de trabajo, previa al comienzo, con el fin de detectar las alteraciones del terreno que denoten riesgo de desprendimiento de tierras, rocas o árboles.
- No realizar trabajos al pie de cortes o taludes inestables.
- Tender, sobre los taludes que por sus características geológicas se puedan producir desprendimientos, una malla de alambre galvanizado firmemente

anclada o en su defecto una red de seguridad, según sean rocas o tierras, de acuerdo a los condicionantes geológicos determinantes.

d) *Construcción de escolleras y muros:*

- No realizar trabajos de replanteo, medición o estancia de personas en la zona de influencia donde se encuentre operando la maquinaria.
- Hacer un reconocimiento visual de la zona de trabajo, previa al comienzo del mismo, localizando, en su caso, lugares de refugio para casos de posibles desprendimientos.
- Disponer un vigilante para avisar de los posibles riesgos inminentes de desprendimiento.
- Estar los operarios perfectamente cualificados y entrenados.
- Organizar el proceso constructivo de manera que la estabilidad del desmonte se vaya incrementando progresivamente reduciéndose los riesgos de desprendimientos sobre operarios y tráfico.
- Trabajar por encima de los núcleos inestables.
- Evitar la presencia de personal por debajo de las zonas y en el pie del desmonte.
- Evitar trabajar en las zonas si se detecta la presencia de animales sueltos que puedan generar inestabilidades del terreno.
- Señalizarán adecuadamente limitar el tránsito durante la realización de estas obras.

e) *Ejecución de obras de fábrica y obras con hormigón:*

- No permanecer en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de chapas, tablonas, sopandas, puntales, ferralla, etc.
- Tomar las medidas de prevención y protección necesarias para un tránsito seguro en el tajo.
- Efectuar el ascenso y descenso del personal a los encofrados a través de escaleras de mano reglamentarias.
- Esmerar el orden y la limpieza durante la ejecución de los trabajos. Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se deben extraer o remachar.
- Ejecutar las labores por personal especializado en cada una de las tareas.

f) *Subbases, bases y firmes:*

- Evitar siempre situarse en las áreas de maniobra o descarga de los camiones y máquinas.
- Prestar especial atención a las emanaciones de gases o polvo y utilizar, en caso necesario el equipo de protección adecuado.
- Regar periódicamente los tajos y vehículos para evitar polvaredas

Aplicables a los trabajos con maquinaria, herramientas y vehículos.

a) *Normas generales:*

- Las máquinas y vehículos deben ser manejados sólo por personal especializado
- Para subir o bajar del tractor se deben utilizar los peldaños y asideros dispuestos para tal menester, los cuales se mantendrán limpios. No acceder a la máquina encaramándose a través de las cadenas.
- Revisar siempre el estado de la máquina antes de iniciar la labor. No trabajar con las máquinas en casos de anomalías.
- Las labores de repostaje y mantenimiento se deben hacer siempre con la máquina parada.
- Todos los sistemas de seguridad deben ser los específicos de la máquina.
- Ajustar todos los elementos ergonómicos al operario.
- Las zonas de tránsito y maniobra de las máquinas deben permanecer libres de obstáculos.
- Nunca se debe trabajar en zonas con pendientes superiores a las recomendadas para cada tipo de máquina.
- Todos los tractores deben ir provistos de cabinas antivuelco (pórtico de seguridad antivuelcos y antiimpactos). Las cabinas antivuelco y antiimpacto serán exclusivamente las indicadas por el fabricante para cada modelo de tractor a utilizar y no deben presentar deformaciones de haber resistido algún vuelco.
- Regular la velocidad de acuerdo las condiciones de la obra.
- Prohibir el transporte de personas en el tractor, salvo en caso de emergencia.
- No estacionar los tractores en las zonas de influencia de los bordes de los barrancos, pozos, zanjas y asimilables, para evitar el riesgo de vuelcos por fatiga del terreno.
- El estado físico y psíquico de los operarios, así como su equipamiento personal deben ser los óptimos para el buen desarrollo de su actividad.
- Los aperos instalados en cada tipo de tractor serán los adecuados a cada tipo de trabajo, empleándose sólo para el cometido para el que están diseñados.
- Los aperos cumplirán todas las normas establecidas para los mismos y se encontrarán en perfecto estado para su utilización.

b) *Pala cargadora:*

- Para evitar lesiones, apoye en el suelo la cuchara, pare el motor, ponga el freno de mano y bloquee la máquina; a continuación, realice las operaciones de servicio que necesite.
- No se admitirán palas cargadoras que no vengan con la protección de cabina antivuelco instaladas (o pórtico de seguridad).
- Las palas cargadoras estarán dotadas de un botiquín de primeros auxilios.
- La cuchara durante los transportes de tierras, permanecerá lo más baja posible para poder desplazarse con la máxima estabilidad.
- Se prohíbe transportar o izar personas utilizando la cuchara.
- Se prohíbe el manejo de grandes cargas bajo régimen de fuertes vientos.

c) *Retroexcavadora:*

- No se admitirán retroexcavadoras que no vengan con la protección de cabina antivuelco instaladas (o pórtico de seguridad).
- Se prohíbe transportar o izar personas utilizando la cuchara.
- Se prohíbe el manejo de grandes cargas bajo régimen de fuertes vientos.
- Se prohíbe realizar maniobras de movimiento de tierras sin antes haber puesto en servicio los apoyos hidráulicos de inmovilización.
- Se prohíbe utilizar la retroexcavadora como una grúa para la introducción de piezas, tuberías, etc., en el interior de las zanjas.
- Se prohíbe realizar esfuerzos por encima del límite de carga útil de la retroexcavadora.
- El cambio de posición de la retroexcavadora, se efectuará situando el brazo en el sentido de la marcha.
- Se instalará una señal de peligro sobre “un pie derecho”, como límite de la zona de seguridad del alcance del brazo de la máquina.

d) *Camión de transporte:*

- Antes de iniciar las maniobras de carga y descarga del material además de haber sido instalado el freno de mano de la cabina del camión, se instalarán calzos de inmovilización de las ruedas.
- Todas las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por un especialista conocedor del proceder más adecuado.
- Las maniobras de carga y descarga mediante plano inclinado, será gobernada desde la caja del camión por un mínimo de dos operarios mediante soga de descenso. En el entorno del final del plano no habrá nunca personas.
- El colmo máximo permitido para materiales sueltos no superará la pendiente ideal del 5 % y se cubrirá con una lona, en previsión de desplomes.
- Las cargas se instalarán sobre la caja de forma uniforme, compensando los pesos.
- El gancho de la grúa auxiliar estará dotado de pestillo de seguridad.

e) *Camión grúa:*

- Antes de iniciar las maniobras de carga se instalarán calzos de inmovilización en las cuatro ruedas y los gatos estabilizadores.
- Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad.
- Se prohíbe sobrepasar la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión en función de la extensión brazo-grúa.
- Las rampas de acceso a los tajos no superarán la pendiente del 20 % en prevención de atoramientos o vuelco.
- Se prohíbe realizar suspensión de cargas de forma lateral cuando la superficie de apoyo del camión esté inclinada hacia el lado de la carga, en previsión de los accidentes por vuelco.
- Se prohíbe arrastrar cargas con el camión-grúa.

- Las cargas en suspensión, para evitar golpes y balanceos se guiarán mediante cabos de gobierno.
- Se prohíbe la permanencia de personas en torno al camión-grúa a distancias inferiores a 5 metros.
- Se prohíbe la permanencia bajo las cargas en suspensión.

f) *Camión hormigonera:*

- Las rampas de acceso a los tajos no superarán la pendiente del 20 % en prevención de atoramientos o vuelco.
- La limpieza de la cuba y canaletas se efectuará en lugares señalados para tal labor.
- La puesta en estación y los movimientos del vehículo durante las operaciones de vertido, serán dirigidos por un señalista.
- Las operaciones de vertido a lo largo de cortes en el terreno se efectuarán sin que las ruedas de los camiones-hormigonera sobrepasen la línea blanca de seguridad, trazada a 2 m. del borde.

g) *Dumper:*

- Se prohíben los colmos del cubilete de los dumperes que impidan la visibilidad frontal.
- Se prohíbe el transporte de piezas que sobresalgan lateralmente del cubilete del dumper.
- Se prohíbe conducir los dumperes a velocidades superiores a 20 km/h.
- Los dumperes llevarán en el cubilete un letrero que indique la carga máxima admisible.
- Los dumperes para el transporte de masas, poseerán en el interior del cubilete una señal que indique el llenado máximo admisible, para evitar los accidentes por sobrecarga de la máquina.
- Se prohíbe el transporte de personas sobre los dumperes.
- Estarán dotados de faros de marcha adelante y retroceso.
- Si debe remontar pendientes con el dumper cargado, es más seguro hacerlo en marcha hacia atrás, de lo contrario, puede volcar.

h) *Rodillo vibrante autopropulsado:*

- Las compactadoras estarán dotadas de cabinas antivuelco y antiimpactos.
- Estarán provistas de un botiquín de primeros auxilios.
- Se prohíbe el abandono del rodillo vibrante con el motor en marcha.
- Se prohíbe el transporte de personas sobre el rodillo vibrante.
- Dispondrán de luces de marcha hacia delante y de retroceso.
- Se prohíbe la permanencia de operarios en el tajo de rodillos vibrantes.

i) *Extendedora de productos bituminosos:*

- No se permite la permanencia sobre la extendedora en marcha a otra persona que no sea su conductor.
- Todos los operarios de auxilio quedarán en posición en la cuneta por delante de la máquina durante las operaciones de llenado de la tolva.
- Los bordes laterales de la extendedora, en prevención de atrapamientos, estarán señalizados a bandas amarillas y negras alternativas.
- Todas las plataformas estarán bordeadas de barandillas formadas por pasamanos de 90 cm. de altura, barra intermedia y rodapié de 15 cm.
- Se prohíbe el acceso de operarios a la regla vibrante durante las operaciones de extendido.
- Dirigir las maniobras de aproximación y vertido de productos asfálticos, por un especialista en previsión de riesgos por impericia.
- Prohibir expresamente el acceso de personal a la regla vibrante durante las operaciones de extendido de aglomerado
- Sobre la máquina, junto a los lugares de paso, se adherirán las siguientes señales: “Peligro, sustancias calientes” y “No tocar, altas temperaturas”.

j) *Trabajos con maquinaria de accionamiento manual:*

- Comprobar el buen funcionamiento de la herramienta.
- Trabajar en buenas condiciones físicas, estando descansado y sano.
- Tener puesto correctamente el equipo de protección adecuado.
- Las máquinas serán manejadas por una sola persona. El operario debe conocer perfectamente el funcionamiento de la máquina.
- Mantener la distancia de seguridad.
- Trabajar siempre con las posturas ergonómicas adecuadas y con los pies perfectamente asentados en el suelo.
- Realizar las labores de mantenimiento adecuadas y con la periodicidad establecida en su libro de instrucciones.

k) *Trabajos con herramientas manuales:*

- El personal que utilice estas herramientas ha de conocer su uso y tener suficiente habilidad para su manejo.
- Cada herramienta sólo se puede usar para su función específica.
- Las herramientas han de ser revidadas periódicamente, de manera que se encuentren siempre en perfectas condiciones.
- Guardar en todo momento la distancia de seguridad a mantener con los compañeros o cualquier persona ajena a la obra.
- Los trabajos se deben efectuar siempre en posición estable. Evitar posturas forzadas durante el trabajo. Evitar trabajar en condiciones de cansancio, sueño o falta de concentración.

Protecciones colectivas.

En muchos de los trabajos no es suficiente con las medidas preventivas para evitar los accidentes, sino que solamente es posible la reducción del riesgo, pero no su eliminación. Por tanto, se deben contemplar también medidas de protección, tanto colectivas como personales que complementen las anteriores y también actúen sobre las consecuencias de los accidentes en los casos en que éstos ocurran.

Como protecciones para el conjunto de los trabajadores deben existir las siguientes:

- Vallas de limitación y protección.
- Sistemas de señalización, tanto del tráfico como de seguridad.
- Barandillas.
- Balizamiento luminoso.
- Cinta de balizamiento.
- Pasillos de seguridad.
- Jalones de señalización.
- Redes de protección.
- Cables de sujeción de cinturón de seguridad y sus anclajes.
- Plataformas de trabajo
- Topes de desplazamiento de vehículos.
- Extintores.
- Interruptores diferenciales
- Tomas de tierra
- Iluminación de emergencia
- Señales ópticas y sonoras.
- Señales de marcha atrás en vehículos.
- Extintores portátiles.
- Equipos de rescate: oxígeno, camilla, grupo electrógeno, lámparas autónomas, gatos, etc.

Protecciones individuales.

Las protecciones individuales suponen el último nivel en la reducción del riesgo, actuando sobre las consecuencias de los accidentes. Como equipos de protección individual para los distintos trabajos y máquinas y herramientas a utilizar se citan los siguientes:

- Cascos: para todas las personas que participan en la obra incluidos visitantes, adecuados a cada tipo de trabajo y homologados.
- Monos o buzos.
- Prendas reflectantes.
- Botas de seguridad, con protectores de puntera y suela.
- Botas de agua.
- Botas aislantes de la electricidad.
- Guantes de uso general.
- Guantes de goma.

- Cinturón de seguridad de sujeción.
- Cinturón de seguridad de caída.
- Cinturón antivibratorio.
- Gafas antipolvo y contra impactos.
- Mascarillas antipolvo.
- Protectores auditivos.
- Trajes de agua y comandos de abrigo.
- Riñoneras.
- Arneses, para trabajos en altura.
- Equipos de protección específicos para las máquinas de accionamiento manual: casco, protector facial, auriculares, guantes, ropa de seguridad, botas de seguridad.

SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA Y PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS.

Para evitar los posibles daños a terceros se colocarán las oportunas señales de advertencia de salida de camiones y de limitación de velocidad en el carril adecuado para la circulación general de vehículos a las distancias obligatorias y se procederá a la correcta señalización y balizamiento del conjunto de las obras, siguiendo las determinaciones e instrucciones de la Norma de carreteras 8.3-I.C. “Señalización de Obras” en los relativo a obras fijas en vías situadas fuera de poblado”. Conforme a dicha Norma las medidas que se adopten para la correcta señalización, balizamiento y defensa de las obras deberán:

- Estar justificadas.
- Ser creíbles.
- No resultar excesivas.
- Seguir la evolución de las obras, tanto en el espacio como en el tiempo.
- Anular las medidas permanentes de ayuda a la conducción que resulten contradictorias con ellas, en especial la señalización fija.
- Permanecer mientras persistan las circunstancias concretas que las motivaron.
- Desaparecer apenas deje de ser imprescindible su presencia tanto total como parcialmente, y la circulación vuelva a ser normal.

Partiendo de estas premisas y, siempre en concordancia con la mencionada norma, se indican a continuación algunas especificaciones en materia de señalización que deberían ser de obligado cumplimiento en la ejecución de las obras descritas en este trabajo:

- Disponer siempre en la obra una cantidad suficiente de señales y elementos de balizamiento (conos, cinta de balizamiento, piquetas reflectantes, etc.) para poder procederse a la inmediata señalización de las mismas.
- Tener en cuenta de forma prioritaria la señalización de las zonas donde se han ejecutado trabajos que han dado lugar a la variación de las condiciones habituales de la vía, tales como son las excavaciones.

- Evitar la invasión de la vía sin haberse colocado antes la señalización adecuada, aunque sea para trabajos de corta duración.
- Cuidar del buen estado de las señales, vallas y demás elementos de balizamiento, siendo sustituidos inmediatamente cuando presenten deterioros de importancia.
- Evitar que la suciedad acumulada impida la perfecta visión de la señalización, procediendo a su lavado cuando proceda.
- Lastrar todas las señales y carteles señalizadores con bloques de hormigón o algún otro dispositivo de igual eficacia, con el fin de evitar su caída a causa del viento.
- Cumplir la orden circular 15/2003 sobre señalización de los tramos afectados por la puesta en servicio de las obras. -remates de obras-.

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares sobre Seguridad y Salud debe hacer referencia a los aspectos que se comentan en los siguientes apartados.

Disposiciones legales de aplicación.

Que son de obligado cumplimiento y entre las que se encuentran las siguientes:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto 863/1985 de 2 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención y modificación posterior mediante el Real Decreto 780/1998, de 30 de abril.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.

- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 22 de mayo, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 949/1997, de 20 de junio, por el que se establece el certificado de profesionalidad de la ocupación de prevencionista de riesgos laborales.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y
- salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 837/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción técnica complementaria «MIE-AEM-4» del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas móviles autopropulsadas.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. (Trasposición española de la Directiva 98/37/EC).
- Ordenanza General de la Seguridad e Higiene en el Trabajo (OM 9-3-71), que sigue estando en vigor en lo relativo a su Título II (artículos 13 al 51).

Igualmente, habrá que esa a lo dispuesto en otras normas tales como el Convenio Colectivo de la Construcción, las Normas UNE del Instituto Español de Normalización, la Orden ministerial de 31 de Agosto de 1987 sobre señalización, balizamiento,

defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado (8.3-IC), las Normas Técnicas Reglamentarias para distintos medios de protección personal de trabajadores (Resolución de 14 de diciembre de 1974: N.R. MT-1: Cascos no metálicos; Resolución de 28 de julio de 1975: N.R. MT-2: Protectores auditivos; Resolución de 28 de julio de 1975: N.R. MT-3: Pantallas para soldadores; Resolución de 28 de julio de 1975: N.R. MT-4: Guantes aislantes de electricidad; Resolución de 28 de julio de 1975: N.R. MT-5: Calzado de seguridad contra riesgos mecánicos; Resolución de 28 de julio de 1975: N.R. MT-6: Banquetas aislantes de maniobras; Resolución de 28 de julio de 1975: N.R. MT-7: Equipos de protección personal de vías respiratorias. Normas comunes y adaptadores faciales; Resolución de 28 de julio de 1975: N.R. MT-8: Equipos de protección personal de vías respiratorias: Filtros mecánicos; Resolución de 28 de julio de 1975: N.R. MT-9: Equipos de protección personal de vías respiratorias: Mascarillas autofiltrantes; Resolución de 28 de julio de 1975: N.R. MT-10: Equipos de protección personal de vías respiratorias: filtros químicos y mixtos contra amoníaco.) y demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad e Higiene y Medicina en el Trabajo que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra.

Establecimiento de responsabilidades y atribuciones en materia de seguridad e higiene. Plan de Seguridad y Salud.

El contratista deberá elaborar un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de la obra las previsiones contenidas o establecidas en el Estudio Seguridad y Salud. El Plan es, por ello, el documento operativo y que se aplicará en la ejecución de la obra, cumpliendo con los pasos para su aprobación y con los mecanismos instituidos para su control.

Además de implantar en obra el Plan de Seguridad y Salud, es de responsabilidad del Contratista la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Estudio Seguridad y Salud.

Las demás responsabilidades y atribuciones dimanarán del:

- Incumplimiento del derecho por el empresario
- Incumplimiento del deber por parte de los trabajadores
- Incumplimiento del deber por parte de los profesionales

De acuerdo con el Reglamento de Servicios de Prevención (RD. 39/1997) el contratista dispondrá de técnicos con atribución y responsabilidad para la adopción de medidas de seguridad e higiene en el trabajo.

Empleo y mantenimiento de los medios y equipos de protección.

En este capítulo del Pliego se debe hacer referencia a los siguientes aspectos:

- Características de empleo y conservación de la maquinaria.
- Características de empleo y conservación de los útiles y herramientas.

- Empleo y conservación de los equipos de prevención y protección (protecciones personales, protecciones colectivas y señalización)

Las cuestiones identificadas en cada apartado deben ser conformes a las medidas de prevención de los riesgos señaladas en el Estudio.

Formación:

Todo el personal de la obra contará con una formación adecuada sobre los métodos de trabajo y los riesgos que pueden entrañar, juntamente con las medidas de seguridad a emplear. Se impartirá formación en materia de seguridad e higiene en el trabajo al personal de la obra. Eligiendo al personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios, de forma que todos los tajos dispongan de algún socorrista.

Medicina preventiva y primeros auxilios.

Se dispondrá de un local destinado a botiquín central, equipado con el material sanitario necesario y será obligatoria la existencia de un botiquín de tajo en aquellas zonas de trabajo que estén alejadas del botiquín central, para poder atender pequeñas curas, dotado con el imprescindible material actualizado. Los botiquines se revisarán mensualmente y se repondrá inmediatamente lo consumido.

En su caso, los vehículos que desplacen a trabajadores a centros de trabajo que no dispongan de botiquín para desarrollar tareas de forma esporádica deberán estar dotados de un “botiquín de viaje”.

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, y que no perteneciera ya a la empresa constructora, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo.

La empresa constructora dispondrá de un Servicio Médico de Empresa Propio o mancomunado.

Se deberá informar al personal de la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.,) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento. Las dependencias sanitarias más cercanas se sitúan en los siguientes lugares:

- Consultorio de Campomanes, C/ F. Falcón, s/n, 33620 Lena y con número de teléfono 985496622.
- Centro de Salud de Pola de Lena, situado en la Calle Vicente Regueral nº 2, 33630 Lena y con número de teléfono 985491172.
- Hospital Público Álvarez Buylla, Murias, s/n – Mieres y con número de teléfono 985458500.

Para casos de Urgencia, ponerse en contacto directamente con el Servicio de Emergencias del Principado de Asturias, teléfono de emergencias 112, quien además mantiene un grupo de rescate dotado de un helicóptero medicalizado.

Es conveniente disponer en la obra, en un lugar visible, información en la que se haga constar estos centros sanitarios, así como el recorrido más recomendable para acceder a los mismos, y cuantos teléfonos sean necesarios en caso de urgencia.

Instalaciones de higiene y bienestar.

En cumplimiento de la normativa vigente y con el fin de dotar al centro de trabajo de las mejores condiciones para la realización de las tareas, deberá preverse la instalación de casetas prefabricadas en chapa para vestuarios y aseos, dotada de taquillas metálicas y bancos de madera.

Los servicios higiénicos tendrán un lavabo y una ducha por cada 10 trabajadores, con agua fría y caliente, y un WC por cada 20 trabajadores, disponiendo de espejos e iluminación.

Se ventilarán oportunamente los locales, manteniéndolos además en buen estado de conservación, para lo que existirá una partida presupuestaria para su limpieza y desinfección.

7.- CONCLUSIONES

En el presente Trabajo de Fin de Grado se han obtenido las siguientes conclusiones:

GENERALES

- 1.- La mayor conciencia ambiental de la sociedad y la proliferación de infraestructuras de transporte ha impulsado el campo de la “ecología de las carreteras”, área interdisciplinaria de la ciencia y la ingeniería que estudia los impactos de las vías de transporte terrestre en el medio ambiente y propone medidas orientadas a paliarlos.
- 2.- Las dos principales y mejor conocidos interacciones entre las carreteras y la fauna silvestre son el efecto barrera, con la fragmentación del territorio de él derivada, y los atropellos de animales, con su vertiente de siniestralidad.
- 3.- La desfragmentación y la reducción de la siniestralidad son dos objetivos que deben estar presentes desde el momento mismo de la planificación a gran escala hasta la ejecución de las obras en una carretera dada, siendo la mejor forma de obtener resultados y de hacerlo a costes significativamente menores.
- 4.- Existen 27 tipos de medidas que están a disposición de los ingenieros para eliminar o minimizar estos problemas, y es posible clasificarlas según se dirijan a facilitar conexiones para el paso de la fauna o impermeabilizar la vía o, alternativamente, atendiendo al sujeto sobre el que pretendan incidir: el animal o el conductor.
- 5.- La elección adecuada de las medidas para un proyecto resulta es posible disponiendo de un catálogo estructurado que contemple las especies a la que cada una está destinada, su eficacia, la tipología constructiva, las dimensiones, las prescripciones técnicas, las recomendaciones de construcción, u otras observaciones (tales como su coste).
- 6.- Tan importante como la ejecución de las medidas es el seguimiento de su eficacia, que ha de tener un planteamiento que contemple el análisis de la situación pre-operacional y la comparación con la situación post-operacional.

RELATIVAS A ASTURIAS:

- 1.- Asturias es una de las provincias españolas en el que la siniestralidad con fauna silvestre tiene una mayor incidencia. Igualmente, es una comunidad muy fragmentada en la parte media y baja de su territorio, pero conserva todavía zonas poco fragmentadas que funcionan como notables corredores ecológicos en el sur.
- 2.- No obstante, la autopista AP-66, que discurre en sentido norte-sur por el medio de la región, fragmenta esa zona mejor conservada y acumula su efecto con otras barreras previas existentes (la N-630 y una vía de ferrocarril convencional) o en construcción (AVE) en el llamado corredor del Huerna-Pajares.

DEL CASO PRÁCTICO 1: SINIESTRALIDAD POR FAUNA SILVESTRE EN ASTURIAS.

1.- El número de accidentes vehículo-animal en Asturias ha mostrado una tendencia creciente en el periodo 2007-2014, si bien en 2013 comenzaron a disminuir, con un descenso más acusado en la Red de Carreteras del Principado de Asturias que en la Red del Estado en esta región y, dentro de ésta, en las vías convencionales que en las de alta capacidad, que superan desde ese año en número de siniestros a las primeras.

2.- La relación “número de siniestros por fauna silvestre/intensidad de tráfico” es sensiblemente inferior en las vías de alta capacidad que en las convencionales debido al vallado.

3.- El jabalí y el corzo son las especies que causan más accidentes, por lo que deben ser el objeto preferente de la atención del constructor y gestor de carreteras, que debe tener en cuenta que las colisiones se concentran durante el otoño y a finales del invierno y principios de la primavera, pero es diferente en el jabalí (máximo en el otoño y comienzo del invierno) y en el corzo (máximo al finalizar el invierno y comenzar la primavera). Además, hay un incremento de la siniestralidad por fauna silvestre los sábados y domingos, con una marcada tendencia a la concentración en la franja horaria situada entre las 20 y las 23 horas, aunque el corzo muestra una distribución más equilibrada entre el amanecer y el atardecer, mientras que el jabalí concentra la mayoría de los accidentes en las últimas horas del día.

4.- Las colisiones tienden a agruparse en el espacio, por lo que es posible la determinación de “Tramos de Acumulación de Accidentes por Fauna Silvestre” (TAAF), habiéndose identificado 175 de ellos que se reparten prácticamente a la mitad entre las Redes de Carreteras del Estado y autonómica, aunque el número de kilómetros afectados por ellos suponen 1,5 veces más en la primera que en la segunda.

5.- Las vías de alta capacidad reúnen casi el 25% de los TAAF frente al 75% de las vías convencionales, lo que supone un sesgo positivo hacia las primeras, toda vez que, en relación con el número de kilómetros que acumulan cada tipo de estas dos clases de viales, implica que tienen 3,32 ó 4,38 veces más que las segundas, según tomemos el número de TAAF por kilómetro de vía o el de kilómetros afectados por TAAF por kilómetro de vía. Esta situación es producto de la distribución geográfica de los viales y la impermeabilidad de los viales de alta capacidad.

6.- La aplicación de esta información a la gestión de las carreteras asturianas, en aras a minimizar los accidentes, requiere priorizar los TAAF para permitir una elección de los de intervención más urgente (en nuestro caso diez) y un sistema de análisis detallado de cada uno de ellos para la proposición de medidas en base a un diagnóstico real.

DEL CASO PRÁCTICO 2: OSO Y FRAGMENTACIÓN EN LA PARTE ASTURIANA DE LA AP-66.

1.- El aumento de la población de osos cantábricos, la recolonización de antiguas zonas de distribución y la detección de movimientos de dispersión de ejemplares que afectan al corredor Huerna-Pajares con bastante mayor frecuencia que en el pasado,

aconsejan intervenir en la principal infraestructura y barrera que existe en esta zona (la AP-66) para evitar la potencial muerte de osos y personas en siniestros y aumentar la conexión entre poblaciones.

2.- Para aumentar la impermeabilidad es necesario proceder a la sustitución del actual cerramiento, deficiente tanto en tipología como en estado de conservación, de la AP-66 por un vallado ultra-reforzado.

La sustitución del vallado en la parte asturiana de la AP-66 (31000 m) tiene un coste elevado (precio de ejecución material: DOS MILLONES QUINIENTOS CATORCE MIL CUATROCIENTOS DIEZ EUROS (2.514.410 €), pero acorde con el encontrado en otras actuaciones similares y con el mismo fin realizadas en autovías europeas.

3.- Las características constructivas originales de la AP-66 condicionan en Asturias las posibilidades de movimiento de los osos a través de ella a la parte más meridional (donde se acumulan los 4 túneles con que cuenta), y acotan también las alternativas factibles de ser ejecutadas de forma razonable para favorecerlo en el resto del trazado. La única alternativa viable para desarrollar actuaciones a costes equilibrados y limitando las molestias a los usuarios es el acondicionamiento de alguno de los pasos inferiores existentes buscando mejores condiciones para los osos.

4.- Los acondicionamientos de los pasos inferiores están muy limitados por las características topográficas del terreno que los rodea y de la propia autopista, por lo que la alternativa es la utilización de marcos articulados prefabricados de hormigón para conseguir en los pasos un índice de apertura mayor que los actuales pasando así de 0,23-0,26 a 0,48-0,58.

Debido a las limitaciones del acondicionamiento se propone sustituir únicamente dos de los pasos inferiores, con una intervención que alcanza un precio de ejecución de TRESCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS (359702,36 €), y realizar un seguimiento de los mismos para determinar su utilización por los osos y la conveniencia de ejecutar nuevas actuaciones.

5.- En la elección de los pasos sobre los que intervenir se han utilizado criterios constructivos, socioeconómicos y naturales, utilizando la mejor información disponible en el momento, pero entendiendo que también es posible que sean los propios pasos, una vez acondicionados, los que modelen los corredores que los animales vayan a emplear.

REFERENCIAS

ACEVEDO P; FARFÁN, M.A.; MÁRQUEZ, A.L; DELIBES-MATEOS, M.; REAL, R. y VARGAS, J.M. 2011. Past, present and future of wild ungulates in relation to changes in land use. *Landsc. Ecol.* 26:19–31.

https://www.researchgate.net/publication/226928019_Past_present_and_future_of_wild_ungulates_in_relation_to_changes_in_land_use_Landsc_Ecol

AEMA/OFMA. 2011. *Landscape fragmentation in Europe*. EEA Report Nº 2/2011. (versión en Español de 2013).

<http://www.eea.europa.eu/publications/landscape-fragmentation-in-europe/download>

http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/FRAGMENTACION_PAISAJE_EUROPA_tcm7-306343.pdf

ALFARO, R.M.; OSORIO, M.A., SEIJAS, J.M. y BALLESTEROS, F. 2011. Los osos en el corredor interpoblacional. *Quercus*, nº especial LIFE+ corredores oso: 8-11.

<http://www.fundacionosopardo.org/wp-content/uploads/2013/03/lifequercus2.pdf>

ÁLVAREZ, G. 1999. Ecología y gestión de las poblaciones de cérvidos, ciervo (*Cervus elaphus*), gamo (*Dama dama*) y corzo (*Capreolus capreolus*), en los Quintos de Mora (Montes de Toledo). TESIS DOCTORAL. Universidad Complutense de Madrid.

<http://biblioteca.ucm.es/tesis/19972000/X/3/X3045601.pdf>

AMENT, R., CALLAHAN, R., MCCLURE, M., REULING, M. y TABOR, G. 2014. *Wildlife Connectivity: Fundamentals for conservation action*. Center for Large Landscape Conservation. Bozeman, Montana.

<http://largelandscapes.org/media/publications/Wildlife-Connectivity-Fundamentals-for-Conservation-Action.pdf>

AMIT, D., ARASON, N., MUSSELL, L. y WOOLSEY, D. 2016. *Moving to Vision Zero: Road Safety Strategy Update and Showcase of Innovation in British Columbia*. Ministry of Public Safety and Solicitor General. RoadSafetyBC.

<http://www2.gov.bc.ca/assets/gov/driving-and-transportation/driving/publications/road-safety-strategy-update-vision-zero.pdf>

ANDERSON, J.M., KALRA, N., STANLEY, K.D., SORENSEN, P., SAMARAS, C. y OLUWATOLA, O.A. 2014. *Autonomous Vehicle Technology. A Guide for Policymakers*. RAND Corporation. http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR443-1.html

ANTONSON, H., JÄGERBRAND, A. y AHLSTRÖM, C. 2015. Experiencing moose and landscape while driving: A simulator and questionnaire study. *Journal of Environmental Psychology*, 41, 91–100.

https://www.researchgate.net/publication/270539012_Experiencing_moose_and_landscape_while_driving_A_simulator_and_questionnaire_study

ASFBE. 2003. *Overview of Technologies Aimed at Reducing and Preventing Large Animal Strike*. Standards Research and Development Branch. Road Safety and Motor. Vehicle Regulation Directorate. Transport Canada. Ottawa

<http://www.wildlifecollisions.ca/docs/e063e9492a82fbb7.pdf>

AUCALSA. 2015. Página web corporativa. <http://www.aucalsa.com><http://www.aucalsa.com/>

<http://www.aucalsa.com/>

BADII, M.H., GUILLEN, A., LANDEROS, J., CERNA, E., OCHOA, Y. y VALENZUELA J. 2012. Muestreo por Métodos de Captura-Recaptura. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 7(1): 97-131. [http://www.spentamexico.org/v7-n1/7\(1\)97-131.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n1/7(1)97-131.pdf)

BAILLY, L., DAURÈS, J.P., DUNAIS, B. y PRADIER, C. 2015. Bayesian estimation of a cancer population by capture-recapture with individual capture heterogeneity and small sample. *BMC Medical Research Methodology* 15 (39).
<http://bmcmmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12874-015-0029-7>

BALČIAUSKAS, L. y BALČIAUSKIENĖ, L. 2008. Wildlife–vehicle accidents in Lithuania, 2002–2007. *Acta biol. univ. Daugavpil*, 8(1):89–94.
https://www.researchgate.net/publication/236838663_Wildlife-vehicle_accidents_in_Lithuania_2002-2007

BALLESTEROS, F. 2015. *Connecting bears in Northwestern Spain: infrastructure and habitat defragmentation*. International conference on transportation infrastructure and other categories of bear-human conflicts. Kastoria. Grecia.
<http://www.arctoslife-2015.eu/index.php/en/conference-presentations>

BARASONA, J.A., LATHAM, M.C., ACEVEDO, P., ARMENTEROS, J.A., LATHAM, D.M. GORTAZAR, C., CARRO, F., SORIGUER, R.C. y VICENTE, J. 2014. Spatiotemporal interactions between wild boar and cattle: implications for cross-species disease transmission. *Veterinary Research*, 45:122.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4264384/>

BARKER, S. 2015. *Autonomous vehicles. Adoption, regulation and business models 2015-2025*. Juniper.
<http://www.juniperresearch.com/researchstore/key-vertical-markets/autonomous-vehicles/adoption-regulation-business-models>

BARRUETO, M., FORD, A. T., y CLEVINGER, A.P. 2014. Anthropogenic effects on activity patterns of wildlife at crossing structures. *Ecosphere* 5(3):27.
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/ES13-00382.1/pdf>

BEBEN, D. 2012. Crossings for Animals – an Effective Method of Wild Fauna Conservation. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 20:1, 86-96. <http://dx.doi.org/10.3846/16486897.2012.662753>

BLANCO, J.C.1998. *Mamíferos de España*. Editorial Planeta.

BLANCO, J.C. y BALLESTEROS, F. 2012. Reducción del impacto de las infraestructuras lineales sobre los osos. En: San Miguel A., Ballesteros, F., Blanco, J.C. y Palomero, G., *Manual de buenas prácticas para la gestión de corredores osos en la cordillera Cantábrica*. Fundación Oso Pardo. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Serie especies amenazadas. Madrid.
http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=Oso_Pardo_Buenas_Practicas_2012.pdf

BLAND, A. 2015. Will Driverless Cars Mean Less Roadkill? Avoiding wildlife could be a tough task for these super-smart cars. *SMITHSONIAN.COM*
<http://www.smithsonianmag.com/innovation/will-driverless-cars-mean-less-roadkill-180957103/?no-ist>

BONNEFON, J.F., SHARIFF, A. y RAHWAN, I. 2016. The social dilemma of autonomous vehicles. *Science*, 352: 1573-1576. <http://science.sciencemag.org/content/352/6293/1573>

BONNOT, N., MORELLET, N., VERHEYDEN, H., CARGNELUTTI, B., LOURTET, B., KLEIN, F. y MARK HEWISON, A.J. 2013. Habitat use under predation risk: hunting, roads and human dwellings influence the spatial behaviour of roe deer. *Eur J Wildl Res*, 59 (2): 185-193.

https://www.researchgate.net/publication/232417255_Habitat_use_under_predation_risk_Hunting_roads_and_human_dwelling_s_influence_the_spatial_behaviour_of_roe_deer

BOUCHER, M. 2010. *Fréquentation des passages fauniques par la petite faune*. Centre Universitaire de Formation en Environnement, Université de Sherbrooke, Québec.

https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Boucher_M_12-05-2010_.pdf

BRUUN-SCHMIDT, J. 1994. *Trafikdræbtedyr*. Spaciale rapport, Odense Universitet.

BUTON, C. y BEROUD, T. 2013. *Les échappatoire à sangliers SANGLI-PASS®*. Cabinet X-AEQUO. http://www.impcf.fr/Article_echappatoire%20XA%2008-03-2013.pdf

CONSEJERÍA DE FOMENTO, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE. 2014. *Plan Director de Infraestructuras para la movilidad de Asturias 2015-2030*.

<ftp://ftp.asturias.es/asturias/territorio/PIMA>

CHAMBERS, B. y BENCINI, R. 2013. *The Factors Affecting the Use of Fauna Underpasses by Quenda and Bobtail Lizards*. Main Roads Western Australia.

<https://bcwildliferesearch.files.wordpress.com/2013/11/uwa-fauna-underpass-use-report.pdf>

CHAPRON, G., KACZENSKY, P., LINNELL, J. D. C., VON ARX, M., HUBER, D., ANDRÉN, H., LÓPEZ-BAO, J. V., ADAMEC, M., ÁLVARES, F., ANDERS, O., BALČIAUSKAS, L., BALYS, V., BEDÓ, P., BEGO, F., BLANCO, J. C., BREITENMOSER, U., BRØSETH, H., BUFKA, L., BUNIKYTE, R., CIUCCI, P., DUTSOV, A., ENGLEDER, T., FUXJÄGER, C., GROFF, C., HOLMALA, K., HOXHA, B., ILIOPOULOS, Y., IONESCU, O., JEREMIĆ, J., JERINA, K., KLUTH, G., KNAUER, F., KOJOLA, I., KOS, I., KROFEL, M., KUBALA, J., KUNOVAC, S., KUSAK, J., KUTAL, M., LIBERG, O., MAJIĆ, A., MÄNNIL, P., MANZ, R., MARBOUTIN, E., MARUCCO, F., MELOVSKI, D., MERSINI, K., MERTZANIS, Y., MYSŁAJEK, R. W., NOWAK, S., ODDEN, J., OZOLINS, J., PALOMERO, G., PAUNOVIĆ, M., PERSSON, J., POTOČNIK, H., QUENETTE, P.Y., RAUER, G., REINHARDT, I., RIGG, R., RYSER, A., SALVATORI, V., SKRBINŠEK, T., STOJANOV, A., SWENSON, J. E., SZEMETHY, L., TRAJČE, A., TSINGARSKA-SEDEFICHEVA, E., VÁŇA, M., VEEROJA, R., WABAKKEN, P., WÖLFL, M., WÖLFL, S., ZIMMERMANN, F., ZLATANOVA, D. y BOITANI, L. 2014. Recovery of large carnivores in Europe's modern human-dominated landscapes. *Science* 346: 1517-1519

https://www.researchgate.net/publication/269709443_Recovery_of_large_carnivores_in_Europe,s_modern_human-dominated_landscapes

CHRISTIE, J. S. y NASON, S. 2003. *Analysis of vehicle collisions with moose and deer on New Brunswick Arterial Highways*. 31st Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, Moncton, New Brunswick.

<http://www.unb.ca/research/transportation-group/resources/pdf/research-papers/analysis-of-vehicle-collisions-with-moose-and-deer-on-new-brunswick-arterial-highways.pdf>

CHRUSZCS, B., CLEVENGER, A.P, GUNSON, K., y GIBEAU, M.L. 2003. Relationship among grizzly bears, highways and habitat on the Banff-Bow valley, Alberta, Canada. *Canadian Journal of Zoology* 81:1378-1391.

[http://www.academia.edu/1585007/Relationships among grizzly bears highways and habitat in the Banff-Bow Valley Alberta Canada](http://www.academia.edu/1585007/Relationships_among_grizzly_bears_highways_and_habitat_in_the_Banff-Bow_Valley_Alberta_Canada)

CLEVENGER, A.P. 2011. 15 years of Banff research: what we've learned and why it's important to transportation managers beyond the park boundary. *ICOET 2011 Proceedings*: 433-447. http://www.icoet.net/ICOET_2011/documents/proceedings/Session-CRB-1.pdf

CLEVENGER, A.P.; CHRUSZCZ, B. y GUNSON, K. 2001. Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology* 38:1340-1349. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.0021-8901.2001.00678.x/pdf>

CLEVENGER, A.P., DUKE, D., HADDOCK, R. y AMENT, R. 2011. *Trans-Canada Highway Wildlife Monitoring and Research, Annual Report, Year 2 - 2010-2011*. Prepared for Parks Canada, Radium Hot Springs, B.C.

http://highwaywilding.org/files/Annual_Report_PCA_Year_2_HW_website.pdf

CLEVENGER, A.P., FORD, A.T. y SAWAYA, M.A. 2009. *Banff wildlife crossings project: Integrating science and education in restoring population connectivity across transportation corridors*. Final report to Parks Canada Agency, Radium Hot Springs, British Columbia, Canada. 165pp.

<http://arc-solutions.org/wp-content/uploads/2012/03/Clevenger-et-al-2009-Banff-wildlife-crossings-project.pdf>

CLEVENGER, A.P. y HUIJSER, M.P.. 2011. *Wildlife Crossing Structure Handbook: Design and Evaluation in North America*. Report No. FHWA-CFL/TD-11-003. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation. Washington.

http://roadecology.ucdavis.edu/files/content/projects/DOT-FHWA_Wildlife_Crossing_Structures_Handbook.pdf

CLEVENGER, A.P. y WALTHO, N. 2000. Factors Influencing the Effectiveness of Wildlife Underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology*, 14: 47-56.

<http://www.transwildalliance.org/resources/200884165345.pdf>

COLINO-RABANAL, V.J. 2011. *Contribuciones al análisis de mortalidad de vertebrados en carreteras*. Universidad de Salamanca. Departamento de Biología Animal. Tesis doctoral.

http://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/108952/1/DBAPEEQA_Colino_Rabanal_VJ_ContribucionesAlAnalisis.pdf

COLINO-RABANAL, V. J., BOSCH, J., MUÑOZ, M^a J. y PERIS, S. J., 2012. Influence of new irrigated croplands on wild boar (*Sus scrofa*) road kills in NW Spain. *Animal Biodiversity and Conservation*, 35.2: 247-252. http://abc.museocienciasjournals.cat/files/ABC_35-2_pp_247-252.pdf

COLLAZOS, F., RUIZ DE VILLA, J. A., SANCIBRIAN, F., y MARTÍNEZ, M. 2015. *Análisis y actuaciones de accidentes por atropello a animales sueltos en la Red de Carreteras del Estado en Cantabria*. VII Congreso Nacional de Seguridad Vial, Asociación Española de la Carretera.

<http://87.98.229.209/~aec/ponencias7csv/nuevo/sesion3/Maria%20Martinez%20Nicolau-TEXTO.pdf>

CRAMER, P. 2013. Design Recommendations From Five Years of Wildlife Crossing Research Across Utah. En: *Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation*, C.L. Irwin, P. Garrett, and K.P. McDermott (eds.). Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.

http://www.icoet.net/icoet_2013/documents/papers/ICOET2013_Paper402A_Cramer_Formatted.pdf

CRAMER, P.C., GIFFORD, S., CRABB, B., MCGINTY, C., RAMSEY, D., SHILLING, F., KINTSCH, J., GUNSO, K. y JACOBSON, S. 2014. *Methodology for Prioritizing Appropriate Mitigation Actions to Reduce Wildlife-Vehicle Collisions on Idaho Highways*. Idaho Transportation Department, Division of Engineering Services, Contracting Services, Research Program. <http://itd.idaho.gov/highways/research/archived/reports/RP229FINAL.pdf>

CRAWFORD, B.A. y ANDREWS K.M. 2016. Drivers, attitudes toward wildlife-vehicle collisions with reptiles and other taxa. *Animal Conservation*.

https://tropicalconservationscience.mongabay.com/content/v8/tcs_v8i2_352-366_Kioko.pdf

CRENN, G. 2011. *Ouvrages hydrauliques routiers. Analyse des passages a petite faune. Note de presentation*. Service Ouvrages d'Art. Conseil Général du Morbihan.

<http://www.cotita.fr/IMG/pdf/1-Notice-indA.pdf>

CSIL (CENTRE FOR INDUSTRIAL STUDIES). 2012. *The Egnatia Motorway. Ex post evaluation of investment projects co-financed by the European Regional Development Fund (ERDF) or Cohesion Fund (CF) in the period 1994-1999*. Evaluation Unit, DG Regional Policy, European Commission.

http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/evaluation/pdf/projects/incept_rep_projects_en.pdf

DANDY, N., BALLANTYNE, S., MOSELEY, D., GILL, R. Y QUINE, C. 2009. *The management of roe deer in peri-urban Scotland*. Final Report. The Research Agency of the Forestry Commission.

[http://www.forestry.gov.uk/pdf/Management_of_roe_deer_in_periurban_Scotland_final_report_May_2009.pdf/\\$FILE/Management_of_roe_deer_in_peri-urban_Scotland_final_report_May_2009.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/Management_of_roe_deer_in_periurban_Scotland_final_report_May_2009.pdf/$FILE/Management_of_roe_deer_in_peri-urban_Scotland_final_report_May_2009.pdf)

D,AMICO, M., ROMÁN, J., DE LOS REYES, L. y REVILLA E. 2015. Vertebrate road-kill patterns in Mediterranean habitats: Who, when and where. *Biological Conservation* 191: 234–242.

https://www.researchgate.net/publication/279838208_Vertebrate_road-kill_patterns_in_Mediterranean_habitats_Who_when_and_where

DE VRIES, M. 2015. *Road kills of roe deer (Capreolus capreolus) in the Netherlands: assessment of impacts and mitigation measures*. MSc Internship report, Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University Utrecht.

<http://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/312187/Scriptie%20Mirjam%20de%20Vries.pdf?sequence=3>

DEČAK, D., FRKOVIĆ, A., GRUBEŠIĆ, M., HUBER, D., IVIČEK, B., KULIĆ, B., SERTIĆ, D., y ŠTAHAN, Z. 2005. *Brown bear management plan for the Republic of Croatia*. Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management, Department for Hunting. Ministry of Culture, Department for Nature Protection.

http://www1.nina.no/lcie_new/pdf/634986164067645008_Croatian%20bear%20action%20plan%202005.pdf

DELGADO, J.D. 2003. Efectos de borde de las carreteras en la laurisilva y el pinar de Tenerife (Islas Canarias). Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral.
https://www.researchgate.net/publication/273711397_EFECTOS_DE_BORDE_DE_LAS_CARRETERAS_EN_LA_LAURISILVA_Y_EL_PINAR_DE_TENERIFE_ISLAS_CANARIAS

DELIBES, A. y BENITO, F. 2002. Los accidentes de circulación causados por especies de caza mayor en Castilla y León. Algunas sugerencias para combatir el problema. *Accazadores*, 7: 66-70.

DELIBES-MATEOS, M.; FARFÁN, M.A.; OLIVERO, J.; MÁRQUEZ A.L. y VARGAS J.M. 2009. Long-term changes in game species over a long period of transformation in the Iberian Mediterranean landscape. *Environ. Manag.* 46:1256–1268.
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00267-009-9297-5>

DEPARTMENT OF TRANSPORTATION AND WORKS. 2014. *Evaluation of Moose-Vehicle Collision Mitigation Pilot Initiatives*. Department of Transportation and Works. Policy, Planning, and Evaluation Division. Government of Newfoundland and Labrador.
<http://www.tw.gov.nl.ca/publications/Evaluation%20of%20Moose-Vehicle%20Collision%20Mitigation%20Pilot%20Initiatives.pdf>

DESJARDINS. 2013. Ontario tests latest deer-detecting program.
<http://dgidirect.ca/2013/11/21/ontario-tests-latest-deer-detecting-program/>

DÍAZ, J. 2007. *Mapa de Interpretación del Medio Ambiente a través de la Red de carreteras (MIMAR)*. Actas del V Congreso Nacional de la Ingeniería Civil.
http://www.ciccp.es/ImgWeb/Sede%20Nacional/nuevo_home/Programa_congr_2.pdf

DÍAZ, E. y FERNÁNDEZ, A. 2006. *Detección y análisis del grado de mortandad de vertebrados en las carreteras de la red Natura 2000 del Principado de Asturias*. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, y Fundación Naturaleza y Hombre. Informe inédito.

DÍAZ, T.E., FERNANDEZ PRIETO, J. A, BUENO, A. Y ALONSO, J.I. 2005. *Itinerario botánico por el oriente de Asturias. El paisaje vegetal de los Lagos de Covadonga y de los Bufones de Pría*. Cuadernos del Jardín Botánico Atlántico. Gijón.
http://botanico.gijon.es/multimedia_objects/download?object_type=document&object_id=158663

DÍAZ-PULIDO, A. y PAYÁN, E. 2012. *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp. http://www.cibioma.edu.bo/biblio/3_files/manual-foto.pdf

DICLEMENTE, J., MOGOS, S, y WANG, R. 2014. *Autonomous car final*. Carnegie Mellon University. <https://www.cmu.edu/epp/people/faculty/course-reports/Autonomous%20Car%20Final%20Report.pdf>

DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. 2004. *Accidentes producidos por la presencia de animales en la calzada*. Dirección General de Tráfico – Observatorio Nacional de Seguridad Vial. <http://www.dgt.es/images/Accidentes-producidos-por-la-presencia-de-animales-en-la-c..pdf>

DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. 2013. *Anuario Estadístico de Accidentes 2013*. Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior. Madrid.
<http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/anuario-estadistico-de-accidentes/anuario-accidentes-2013.pdf>

DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. 2014. *Tablas estadísticas 2014*. DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. 2013.
<http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/accidentes-30dias/tablas-estadisticas/2014/>

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. 2008. *Accidentalidad producida por animales sueltos. Informe SV-4*. Dirección General de Carreteras. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras. Informe inédito.

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. 2016. Base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras (Orden Circular 37/2016). Ministerio de Fomento.
http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/B5DCAB2E-7ED1-4262-B897-957C484E7966/136078/ORDEN_CIRCULAR_372016.pdf

DIRECTION GENERAL ENVIRONMENT. 2015. Science for Environment Policy. Large carnivores are making a comeback in Europe. DG Environment. European Commission. News Alert Service.
http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/large_carnivores_making_comeback_in_Europe_407na1_en.pdf

DONALDSON, B.M., KWEON, Y.J. y LEWIS N. LLOYD, L.N. 2015. *An Evaluation of Roadside Activity and Behavior of Deer and Black Bear to Determine Mitigation Strategies for Animal-Vehicle Collisions*. Virginia Transportation Research Council.
http://www.virginiadot.org/vtrc/main/online_reports/pdf/16-r4.pdf

DRUTA, C. y ALDEN, A.S. 2015. *Evaluation of a buried cable Roadside Animal Detection System. Final report*. Eco-Transportation and Alternative Technologies Group. Virginia Tech Transportation Institute. http://www.virginiadot.org/vtrc/main/online_reports/pdf/15-r25.pdf

DUMOULIN, J., MARCHETTI, M., BOUCHER, V., WENDLING, L. y COLOMB, M. 2008. *Roadway perception technology using the infrared know-how*. En: NR2C. New Road Construction Concepts. Towards reliable, green, safe&smart and human infrastructure in Europe. NR2C. http://ec.europa.eu/transport/road_safety/projects/doc/nr2c_final_report.pdf

DUNCAN P., TIXIER H., HOFFMAN R.R. y LECHNER-DOLL M., 1998. Feeding strategies and the physiology of digestion in roe deer. En: Andersen R., Duncan P. and Linnell J.D.C. (Eds.). *The European roe deer: the biology of success*. Scandinavian Univ. Press, Oslo. pp. 91–116. <http://www.cebc.cnrs.fr/publipdf/1998/DERD.pdf>

EBA ENGINEERING CONSULTANTS LTD. 2005. *Animal collision countermeasures on rural Alberta highways*. Centre for Transportation Engineering and Planning. Calgary.
<http://www.c-tep.com/pdf/Animal%20Collision%20Countermeasures%20Final%20Report%20EBA.pdf>

ECCLES, K., GROSS, F., LIU, M. y COUNCIL, F. 2012. *Crash Data Analyses for Vehicle-to-Infrastructure Communications for Safety Applications*. Report No. FHWA-HRT-11-040. Office of Safety Research and Development. Federal Highway Administration. US Department of Transportation. <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/connectedvehicles/11040/>

ECOSYSTEMS LTD. 2013. *Compilation of case studies on the Article 6.3 permit procedure under the Habitats Directive*. Report produced by Ecosystems LTD, 21 Bld General Wahis, 1030 Brussels for the European Commission, DG.ENV.B.3. Informe inédito. http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/AA_case_study_compilation.pdf

EDI (ENVIRONMENTAL DYNAMICS INC.). 2015. *Large mammal-vehicle collisions: Overview of mitigations and analysis of collisions in Yukon*. Yukon Government, Preventing Wildlife Collisions Interdepartmental Working Group: Yukon Department of Environment and Yukon Department of Highways and Public Works. <http://www.env.gov.yk.ca/publications-maps/documents/MRC-15-02WildlifeCollisionsReport.pdf>

EGNATIA ODOS. 2012a. ΕΠΙΚΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ (ΕΣΥ). «Εγνατία Οδός: Τοποθέτηση ενισχυμένης υπερυψηλής περίφραξης στο τμήμα «Σιάτιστα – Κορομηλιά (45.1-3)» του Κάθετου Άξονα 45 «Σιάτιστα – Κρυσταλλοπηγή» και σε τμήματα του κυρίου άξονα της Εγνατίας Οδού από Παναγιά έως Σιάτιστα» (4.1 - 4.2)». Egnatia Odos, S.A. http://www.egnatia.eu/Files/Adverts/5180_esy.pdf

EGNATIA ODOS. 2012b. ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ. «Εγνατία Οδός: Τοποθέτηση ενισχυμένης υπερυψηλής περίφραξης στο τμήμα «Σιάτιστα – Κορομηλιά (45.1-3)» του Κάθετου Άξονα 45 «Σιάτιστα – Κρυσταλλοπηγή» και σε τμήματα του κυρίου άξονα της Εγνατίας Οδού από Παναγιά έως Σιάτιστα» (4.1 - 4.2)». Egnatia Odos, S.A. http://www.egnatia.eu/Files/Adverts/5180_promel.pdf

EGNATIA ODOS. 2012c. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ. «Εγνατία Οδός: Τοποθέτηση ενισχυμένης υπερυψηλής περίφραξης στο τμήμα «Σιάτιστα – Κορομηλιά (45.1-3)» του Κάθετου Άξονα 45 «Σιάτιστα – Κρυσταλλοπηγή» και σε τμήματα του κυρίου άξονα της Εγνατίας Οδού από Παναγιά έως Σιάτιστα» (4.1 - 4.2)». Egnatia Odos, S.A. http://www.egnatia.gr/Files/Adverts/5180_texper.pdf

EGNATIA ODOS. 2013. The Egnatia Motorway and the measures taken for the protection of bears. Press Releases. Egnatia Odos, S.A. <http://www.egnatia.eu/page/default.asp?la=2&id=70&pl=1075&pk=104&ap=1063>

ESPINOSA A., SERRANO J.A., MONTORI A. 2012. Incidencia de los atropellos sobre la fauna vertebrada en el Valle de El Paular. LIC "Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte". *Munibe (Ciencias Naturales-Natur Zientziak)*. Nº 60: 209-236. <http://www.aranzadi.eus/fileadmin/docs/Munibe/2012209236CN.pdf>

EU (EUROPEAN UNION). 2015. *Road safety in the European Union. Trends, statistics and main challenges*. European Commission, Directorate-General Mobility and Transport. http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/vademecum_2015.pdf

FAGNANT, D.J. y KOCKELMAN, K.M. 2013. *Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations*. Eno Foundation. <http://www.enotrans.org/etl-material/preparing-a-nation-for-autonomous-vehicles-opportunities-barriers-and-policy-recommendations/>

FAHRIG, L. y RYTWINSKY, T. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecol. and Soc.* 14: 21. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/>

FANDOS, P., MARTÍNEZ, T. y PAIACIOS, F. 1987. Estudio sobre la alimentación del corzo (*Capreolus capreolus* L. 1758) en España. *Ecología*, 1: 161-186
http://www.magrama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_01_15_tcm7-45917.pdf

FDOT Florida Department of Transportation. 2009. Wildlife and Wetland Habitat Mitigation. *Environmental Review Toolkit*. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation.

FELSBURG HOLT Y ULLEVIG, ECOSPHERE ENVIRONMENTAL SERVICES y WILDLIFE CONSULTING RESOURCE. 2010. *Best management practices for wildlife and roads in La Plata County*. FHU Reference No. 09-028. La Plata County Planning Department.
http://lpcds.org/UserFiles/Servers/Server_1323669/File/La%20Plata%20County,s%20Community%20Development%20Services%20Department%20Migration/Planning/Historic%20Preservation/Research,%20Studies%20and%20Presentations/Final%20Wildlife%20BMPs%20and%20Roads_.pdf

FERNÁNDEZ, J.M.; GARCÍA-ARANGO, I y VIÑA, H. 2006. Las obras de la autovía del Cantábrico: puentes, túneles y obras singulares. *I.T.* 73:58-65.
<http://www.ciccp.es/revistaIT/textos/pdf/07.%20J.M.%20Fern%C3%A1ndez%20L%C3%B3pez.pdf>

FERNÁNDEZ, M. 2006. *Análisis de la restauración del hábitat en el corredor del Huerna (Lena) y estudio de alternativas*. Escuela Universitaria de Ingenierías Técnicas de Mieres. Universidad de Oviedo. Proyecto fin de carrera. Mieres.

FERNÁNDEZ-GIL, A., ORDIZ, A. y NAVES, J. 2010. Are Cantabrian brown bears recovering? *Ursus*, 21(1):121-124
http://www.researchgate.net/publication/232670594_Are_Cantabrian_brown_bears_recovering

FIDALGO, L., LÓPEZ, A., PÉREZ, J. y MARTÍNEZ-CARRASCO, C. 2012. *El gusano de nariz y garganta del corzo (Cephenemyia stimulator)*. FEDENCA.
http://www.fedecazabarcelona.es/public/publicaciones/gusano_corzo.pdf

FIENBERG, S. E. y MANRIQUE-VALLIER, D. 2009. Integrated methodology for multiple systems estimation and record linkage using a missing data formulation. *Advances in Statistical Analysis* 93 (1): 49-60. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10182-008-0084-z#page-1>

FLOWER, J.P. 2016. Emerging Technology to Exclude Wildlife from Roads: Electrified Pavement and Deer Guards in Utah, USA. Utah State University. *All Graduate Theses and Dissertations*. Paper 4944.
<http://digitalcommons.usu.edu/etd/4944/>

FOLLMAN, E.H., DIETERICH, R.A. y HECHTEL, J.L. 1980. *Recommended carnivore control program for the proposed Northwest Alaskan Pipeline project including a review of human-carnivore encounter problems and animal deterrent methodology*. Institute of Arctic Biology, University of Alaska. Northwest Alaskan Pipeline Company. Informe inédito. http://www.arlis.org/docs/vol1/AlaskaGas/Report/Report_UAFIAB_1980_CarnivoreControlDraft.pdf

FONSECA, A.I., ALDAMA, J., ESPAÑOL, I. y DE SANTOS, D. 2010. *Recomendaciones ambientales para las actuaciones de carreteras en el País Vasco. Volumen 3: Medidas preventivas y correctoras de Impacto Ambiental*. Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transportes. Gobierno Vasco.

FORD A.T., CLEVENGER A.P. y RETTIE K. 2010. *The Banff Wildlife Crossings Project: An international public private partnership*. En: Beckmann J.P., Clevenger A.P., Huijser M.P. y Hilty J.A. (eds) *Safe passages— highways, wildlife and habitat connectivity*. Island Press, Washington, DC, pp 157–173.

<https://books.google.es/books?id=dgiq9UnHVf4C&pg=PA167&lpg=PA167&dq=The+Banff+Wildlife+Crossings+Project:+An+international+publicprivate+partnership&source=bl&ots=3WyZ1GFQaU&sig=cvWUPJMtsmOqAtstILXoFgchUVs&hl=es&sa=X&ved=0ahUK EwIsn8ynw5DKAhVFchQKHZ6DAG8Q6AEIQjAE#v=onepage&q=The%20Banff%20Wildlife%20Crossings%20Project%3A%20An%20international%20publicprivate%20partnership&f=false>

FORD, A.T., CLEVENGER, A.P., HUIJSER, M.P. y DIBB, A. 2011. Planning and prioritization strategies for phased highway mitigation using wildlife-vehicle collision data. *Wildl. Biol.* 17: 253-265.

https://www.researchgate.net/publication/232693174_Planning_and_prioritization_strategies_for_phased_highway_mitigation_using_wildlife-vehicle_collision_data

FORMAN, R.T.T.; FRIEDMAN, D.S.; FITZHENRY, D.; MARTIN, J.D.; CHEN, A.S. y ALEXANDER, L.E. 1997. Ecological effects of roads: Toward three summary indices an overview for North America. En Canters, K. (ed) *"Habitat Fragmentation and Infrastructure"*. Ministry of Transport, Public Works and Water Management: Maastricht and The Hague, Netherlands.

http://www.transwildalliance.org/resources/2010518125311.effects.roads..Habitat.fragmentation_Forman_.pdf

FORMAN, R.T.T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J.A; CLEVENGER, A.P.; CUTSHALL, C.D.; DALE, V.H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C.R.; HEANUE, K.; JONES, J.A.; SWANSON, F.J.; TURRENTINE, T. y WINTER, T.C. 2003. *Road ecology: science and solutions*. Island Press. Washington, D.C.

<https://books.google.es/books?id=uGfEdM9YleMC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22John+A.+Bissonette%22&hl=en&sa=X&ei=j29iVKajA9HToATmrYHgBA#v=onepage&q&f=false>

FOP (FUNDACIÓN OSO PARDO). 2015. Página web.

<http://www.fundacionosopardo.org/http://www.fundacionosopardo.org/>
<http://www.fundacionosopardo.org/>

FUNDACIÓN OSO PARDO. 2014. *Mejora del hábitat del oso pardo en entornos mineros degradados*. Manuales de Desarrollo Sostenible nº 15. Fundación Banco de Santander.

https://www.fundacionbancosantander.com/download.php?src=/media/files/sostenibilidad_manual_15.pdf

GAILUS, J. 2013. *Securing a National Treasure: Protecting Canada,s Grizzly Bear*. David Suzuki Foundation. Vancouver.

http://www.davidsuzuki.org/publications/downloads/2012/DSF_grizzly_March_2013_web_2.pdf

GAMELON, M., DOUHARD, M., BAUBET, E., GIMENEZ, O., BRANDT, S. y, GAILLARD, J.M. 2013. Fluctuating food resources influence developmental plasticity in wild boar. *Biol Lett* 9: 20130419. <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/9/5/20130419>

GAO, P., HENSLEY, R. y ZIELKE, A. 2014. *A roadmap to the future for the auto industry*. McKinsey Quarterly.

<http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/a-road-map-to-the-future-for-the-auto-industry>

GARCÍA, P. 2009. Diseño de Redes de Conservación: los corredores ecológicos a través de los modelos espaciales. *Naturalia Cantabricae* 4: 3-70.

http://www.indurot.uniovi.es/c/document_library/get_file?uuid=c800b383-e5f6-4573-b569-9adcaba57709&groupId=2490442

- GARCÍA, P., LASTRA, J., MARQUÍNEZ, J. y NORES, C. 2007. Detailed model of shelter areas for the Cantabrian brown bear. *Ecological informatics* 2: 297–307.
https://www.researchgate.net/publication/220110008_Detailed_model_of_shelter_areas_for_the_Cantabrian_brown_bear
- GARCÍA, M.R., GARCÍA, A.V., JUÁREZ, E. y ESPIGARES, T. 2014. Efecto de la tipología de las estructuras transversales de paso sobre el uso por la fauna en diferentes tramos de carreteras y líneas de ferrocarril de alta velocidad en España. *Ingeniería Civil* 176: 49-55.
- GARCÍA-GARITAGOITIA, J.L., REY, I. y DOADRIO, I. 2006.- Variabilidad genética. En: *Demografía, distribución, genética y conservación del oso pardo cantábrico* (Eds: Palomero, G., Ballesteros, F., Herrero, J. y Nores, C.). Naturaleza y Parques Nacionales. Serie Técnica. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- GIBBS, J.P., SHRIVER, W.G. 2005. Can road mortality limit populations of pool–breeding amphibians? *Wetl. Ecol. Manag.* 13: 281–289.
<http://www.environmental-expert.com/Files%5C0%5Carticles%5C9372%5CCanroadmortality.pdf>
- GILROY, J.J., ORDIZ, A. y BISCHOF, R. 2015. Carnivores coexistence: Value the wilderness. *Science*, 347 (6220).
https://www.researchgate.net/publication/271335075_Carnivore_coexistence_Value_the_wilderness
- GLISTA, D.J., DEVAULT, T.L., DEWOODY, J.A. 2007. Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians. *Herpetol. Conserv. Biol.* 3: 77–87
<http://www.salvemossapos.com/PDFs/Glista%202007%20Roadkill%20Mortality%20in%20Amphibians.pdf>
- GLISTA, D.J., DEVAULT, T.L. y DEWOODY, J.A. 2009. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning* 91: 1-7.
http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1842&context=icwdm_usdanwrc
- GOGUEN, F.J. y CONNOLLY, J.D. 2015. *Automobiles and the Age of Autonomy*. The Boston Company Asset Management, LLC.
http://www.thebostoncompany.com/documents/10676/10762/July15_Autonomous_Vehicles.pdf
- GOMEZ GONZÁLEZ, R., 1987: «Encuesta sobre vertebrados muertos en las carreteras asturianas». *Asturnatura*, 6: 30-31.
- GÓMEZ, M. y BARREDO, J.I. 2005. *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio*. Ra-Ma Editorial. Madrid.
- GOMPPER, M.E., BELANT, J.L. y KAYS, R. 2015. Carnivores coexistence: America's recovery. *Science*, 347 (6220).
https://www.researchgate.net/publication/271335183_Carnivore_coexistence_America,s_recovery
- GONZÁLEZ, A. 1998. Cartografía Temática Ambiental de Asturias, Mapa Litológico, Hoja 78-I. INDUROT y Principado de Asturias.
- GONZÁLEZ, E.G., BLANCO, J.C., BALLESTEROS, F., ALCARAZ, L., PALOMERO, G. y DOADRIO, I. 2016. Genetic and demographic recovery of an isolated population of brown bear *Ursus arctos* L., 1758. *PeerJ* 4:e1928; DOI 10.7717/peerj.1928.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4860320/>

GONZALEZ, F. y ANADÓN, R. 2011. *Análisis de escenarios de cambio climático en Asturias*. Gobierno del Principado de Asturias. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras. Oficina para la Sostenibilidad, el Cambio Climático y la Participación. Oviedo

<https://www.asturias.es/medioambiente/publicaciones/ficheros/escenarios%20cambio%20climatico%20web%20af.pdf>

GONZÁLEZ-PRieto, S., VILLARINO, A., FREÁN-HERNÁNDEZ, M.M. 1993. Mortalidad de vertebrados por atropello en una carretera nacional del NO de España. *Ecología*, 7: 375-389. http://www.magrama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_07_20_tcm7-46163.pdf

GOOGLE. 2014. *Google Self-Driving Car Project*. <https://www.google.com/selfdrivingcar/>

GRAUNT, J. 1662. *Natural and Political Observations mentioned in a following Index, and made upon the Bills of Mortality*, Londres, John Martyn.

http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9783642358579-c1.pdf?SGWID=0-0-45-1404408-p174815756

GREENE, J.D. 2016. Our driverless dilemma: When should your car be willing to kill you? *Science*, 352: 1514-1512. <http://science.sciencemag.org/content/352/6293/1514>

GRILO, C., BISSONETTE, J.A. y SANTOS-REIS, M. 2008. Response of carnivores to existing highway culverts and underpasses: implications for road planning and mitigation. *Biodivers Conserv* 17: 1685-1699.

https://www.researchgate.net/publication/225644889_Response_of_carnivores_to_existing_highway_culverts_and_underpasses_Implications_for_road_planning_and_mitigation

GRIMM, A., GRUBER, B. y HENLE, K. 2014. Reliability of Different Mark-Recapture Methods for Population Size Estimation Tested against Reference Population Sizes Constructed from Field Data. *PLoS ONE* 9(6): e98840.

<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0098840>

GUNDERMANN, S., DRESSLER, N., WINTERHOFF, M., AULBUR, W. y BERNHART, W. 2015. *On the road toward the Autonomous Truck. Opportunities for OEMs and suppliers*. Roland Berger Strategy Consultants.

https://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_Toward_the_autonomous_truck_20150126.pdf

GURRUTXAGA, M., RUBIO L. Y SAURA, S. 2011. Key connectors in protected forest area networks and the impact of highways: A transnational case study from the Cantabrian Range to the Western Alps (SW Europe). *Landscape and Urban Planning* 101: 310–320

http://www2.montes.upm.es/personales/saura/pdf/Gurrutxaga_et_al_2011_Landscape_and_Urban_Planning.pdf

GUSTAFSON, E. J. 1998. Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art? *Ecosystems* 1, 143-156.

http://www.umass.edu/landeco/teaching/landscape_ecology/references/Gustafson_1998.pdf

GUTIERREZ, J. 2015. *Uso del espacio por el jabalí en los montes de Toledo centrales: implicaciones como reservorio de enfermedades*. Universidad de Castilla La Mancha, Instituto de Investigaciones en Recursos Cinegéticos. Trabajo de Fin de Máster.

https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/7260/TFM_JAVIER%20GUTIERREZ%20CAMINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HANSEN, L., 1969: «Trafikdøden i den danskedyreverden». *Dansk. Forn. Tidsskrift*, 63: 81-92.

HANSEN, L. 1982. Trafikdræbte dyr i Danmark. *Dansk Ornitologisk foreningstids skrift* 76: 97-110

HARDY, A.R., FULLER, J., HUIJSER, M.P., KOCIOLEK, A. y EVANS, M. 2007. *Evaluation of Wildlife Crossing Structures and Fencing on US Highway 93 Evaro to Polson. Phase I: Preconstruction Data Collection and Finalization of Evaluation Plan. Final Report.* Research Programs Montana Department of Transportation. Federal Highway Administration. Washington.
https://www.mdt.mt.gov/other/webdata/external/research/docs/research_proj/wildlife_crossing/final_report.pdf

HARWOOD y col. 1992. *Ever Increasing Circles: The impact and effectiveness of the M25 plan.* RSN, The Wildlife Trusts Partnership.

HERVÁS, I., SUÁREZ, F., MATA, C., HERRANZ, J., Y MALO, J.E. 2006. *Pasos de fauna para vertebrados. Minimización y seguimiento del efecto barrera de las vías de comunicación.* CEDEX; Centro de Publicaciones, Ministerio de Fomento

HODSON, N.L. 1960. A Survey of vertebrate road mortality 1959. *Bird Study*, 7: 224 – 231. <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00063656009475974>

HODSON, N.L. 1962. Some notes on the casualties of bird road mortality. *Bird Study*, 9: 168 – 173.
<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00063656209476024>

HORNET. 2014. *The Hornet Deer Whistle: Product Information.*
<http://www.xp3hornet.com/products.shtml>

HUIJSER, M.P.; MCGOWEN, P.; FULLER, J.; HARDY, A.; KOCIOLEK, A.; CLEVINGER, A.P.; SMITH, D. y AMENT, R. 2008a. *Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress.* Report N° FHWA-HRT-08-034. Federal Highway Administration. Office of Safety Research and Development. U.S. Department of Transportation.
<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/08034/08034.pdf>

HUIJSER, M.P.; MCGOWEN, P.; FULLER, J.; HARDY, A.; KOCIOLEK, A.; CLEVINGER, A.P.; SMITH, D. y AMENT, R. 2008b. *Wildlife-vehicle Collision Reduction Study: Best Practices Manual.* Report No. FHWA-HEP-09-022. Federal Highway Administration. Office of Safety Research and Development. U.S. Department of Transportation.
<https://www.environment.fhwa.dot.gov/ecosystems/wvc/wvc.pdf>

HUIJSER, M.P., HOLLAND, T.D., KOCIOLEK, A.V., BARKDOLL, A.M. y SCHWALM, J.D. 2009. *Animal-Vehicle Crash Mitigation Using Advanced Technology. Phase II: System Effectiveness and System Acceptance.* Federal Highway Administration, Alaska Department of Transportation and Public Facilities, and the Departments of Transportation of California, Indiana, Iowa, Kansas, Maryland, Montana, Nevada, New Hampshire, New York, North Dakota, Pennsylvania, Wisconsin, and Wyoming.
http://www.oregon.gov/odot/td/tp_res/docs/reports/2009/animal_vehicle_ph2.pdf

HUIJSER, M.P., HAAS, C. y CROOKS, K.R. 2012. *The Reliability and Effectiveness of an Electromagnetic Animal Detection and Driver Warning System. Final Report.* Report N° CDOT-2012-2. Colorado Department of Transportation.
<https://www.codot.gov/programs/research/pdfs/2012/avc>

HUIJSER, M.P., KOCIOLEK, A.V., ALLEN T.D.H. y MCGOWEN, P. 2015a. *Construction guidelines for wildlife fencing and associated escape and lateral access control measures*. National Cooperative Highway Research Program. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

[http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP25-25\(84\)_FR.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP25-25(84)_FR.pdf)

HUIJSER, M.P., FAIRBANK, E. y CAMEL, W. 2015b. *US 93 North Post-Construction Wildlife-Vehicle Collision and Wildlife Crossing Monitoring and Research on the Flathead Indian Reservation between Evaro and Polson, Montana. Annual Report 2014*. Montana Department of Transportation, Helena.

http://www.mdt.mt.gov/other/webdata/external/research/docs/research_proj/wildlife_crossing/phaseii/annual_2014.pdf

HUIJSER, M.P., FAIRBANK, E.R., CAMEL-MEANS, W., GRAHAM, J., WATSON, V., BASTING, P. y BECKER, D. 2016. Effectiveness of short sections of wildlife fencing and crossing structures along highways in reducing wildlife–vehicle collisions and providing safe crossing opportunities for large mammals. *Biological Conservation* 197: 61–68.

https://www.researchgate.net/publication/298328185_Effectiveness_of_short_sections_of_wildlife_fencing_and_crossing_structures_along_highways_in_reducing_wildlife-vehicle_collisions_and_providing_safe_crossing_opportunities_for_large_mammals

IGLESIAS, C. 2010. Diseño de pasos de fauna en tramos de concentración de atropellos de animales. *Cimbra*, nº de julio, agosto, septiembre 2010.

http://www.citop.es/publicaciones/documentos/Cimbra392_05.pdf

IGLESIAS, C., MATA, C. y MALO, J.E. 2012. The influence of traffic noise on vertebrate road crossing through underpasses. *AMBIO* 41:193–201

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3357842/>

ILLANA, A., PANIAGUA D. y ECHEGARAY, J. 2004. *Medidas para minimizar el riesgo de accidentes con la fauna y el efecto barrera en las carreteras N-1, N-240 y N-622 a su paso por el territorio histórico de Álava*. Grupo Alavés para la Defensa y Estudio de la Naturaleza. Informe para el Departamento de Obras Públicas y Urbanismo de la Diputación Foral de Álava. http://www.faunadealava.org/adjuntos/faunadealavaDocumentos/45_archivo.pdf

INF. 2012. *Cuarto Inventario Forestal Nacional*. Principado de Asturias. Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE). 2014. *Cifras de población a 1 de julio de 2014. Estadística de Migraciones. Primer semestre de 2014, Datos Provisionales*. Madrid. http://www.ine.es/inebmenu/mnu_cifraspob.htm

IUELL, B.; BEKKER, H.; CUPERUS, R.; DUFEK, J.; FRY, G.; HICKS, C.; HLAVÁČ, V.; KELLER, V.; ROSELL, C.; SANGWINE, T; TØRSLØV, N.; WANDALL, B. (Eds.). 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research. Brussels. (Versión en español de 2005).

http://www.iene.info/wp-content/uploads/COST341_Handbook.pdf

http://origin.magrama.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/fauna_trafico_2005_tcm7-19515.pdf

JAARSMA, C.F., VAN LANGEVELDE, F., BOTMA, H. 2006. Flattened fauna and mitigation: traffic victims related to road, traffic, vehicle, and species characteristics. *Transport Res D-Tr E* 11: 264–276.

https://www.researchgate.net/publication/222412334_Flattened_fauna_and_mitigation_Traffic_victims_related_to_road_traffic_vehicle_and_species_characteristics

JACOBSON, S.L., BLISS-KETCHUM, L.L., DE RIVERA, C.E. y SMITH, W. P. 2016. A behavior-based framework for assessing barrier effects to wildlife from vehicle traffic volume. *Ecosphere* 7(4):e01345. 10.1002/ecs2.1345

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecs2.1345/full>

JAEGER, J. A. G. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology* 15(2): 115- 130.

http://www.concordia.ca/content/dam/artsci/geography-planning-environment/docs/jaeger/publications/31Jaeger_2000_Landscape_Ecology.pdf

JAEGER, J. y HOLDEREGGER, R., 2005, «Thresholds of landscape fragmentation». *GAIA* 14(2), 113-118.

JAIME, A. y TINOCO, R. 2006. Métodos de valuación de externalidades ambientales provocadas por obras de ingeniería. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, VII(2), 105-119. <http://www.redalyc.org/pdf/404/40470204.pdf>

JUNTA DE ANDALUCÍA. 2010. Canales para anfibios, vallados y rampas.

<http://www.juntadeandalucia.es/presidencia/portavoz/056257/canales/anfibios/vallados/rampas>

KACZENSKY, P., HUBER, D., KNAUER, F., ROTH, H., WAGNER, A. y KUSAK, J. 2006. Activity patterns of brown bears (*Ursus arctos*) in Slovenia and Croatia. *Journal of Zoology*, 269:474-485.

[https://www.researchgate.net/publication/227635606_Activity_patterns_of_brown_bears_\(Ursus_arctos\)_in_Slovenia_and_Croatia/preview/00b23b4f0cf202ff64616f8c/Preview-227635606_Activity_patterns_of_brown_bears_\(Ursus_arctos\)_in_Slovenia_and_Croatia.pdf?inViewer=0&pdfJsDownload=0&origin=publication_detail](https://www.researchgate.net/publication/227635606_Activity_patterns_of_brown_bears_(Ursus_arctos)_in_Slovenia_and_Croatia/preview/00b23b4f0cf202ff64616f8c/Preview-227635606_Activity_patterns_of_brown_bears_(Ursus_arctos)_in_Slovenia_and_Croatia.pdf?inViewer=0&pdfJsDownload=0&origin=publication_detail)

KEULING, O., STIER, N. y ROTH, M. 2008. How does hunting influence activity and spatial usage in wild boar *Sus scrofa* L. *Eur. J. Wildl. Res.*, 54:729–737

https://www.researchgate.net/publication/227325894_How_Does_Hunting_Influence_Activity_and_Spatial_Usage_in_Wild_Boar

KEULING, O., STIER, N. y ROTH, M. 2009. Commuting, shifting or remaining? Different spatial utilisation patterns of wild boar (*Sus scrofa* L.) in forest and field crops during summer. *Mammalian Biology – Zeitschrift für Säugetierkunde* 74:145–152.

https://www.researchgate.net/publication/222191648_Commuting_shifting_or_remaining_Different_spatial_utilisation_patterns_of_wild_boar_Sus_scrofa_L_in_forest_and_field_crops_during_summer

KLOMBERG, Y. 2012. *Reeën bij Staatsbosbeheer Regio Oost: Het beheer van een succesvolle diersoort nader bekeken en een stappenplan voor een beter beheer in de gehele regio*. Thesis, Wageningen universiteit.

<https://yglomborg.files.wordpress.com/2012/09/plan-reebeheer-klomborg-31-10-2012-definitief.pdf>

KNIGHT, W. 2013. From Driverless Cars Are Further Away Than you Think. *MIT Technology Review*. <http://www.technologyreview.com/featuredstory/520431/driverless-cars-are-further-away-than-you-think/>

KPMG. 2015. *Connected and Autonomous Vehicles – Opportunity The UK Economic*. KPMG.

https://www.kpmg.com/BR/en/Estudios_Analises/artigosepublicacoes/Documents/Industrias/Connected-Autonomous-Vehicles-Study.pdf

KPMG y CAT (CENTER FOR AUTOMOTIVE RESEARCH). 2012. *Self-Driving Cars: The Next Revolution*. KPMG.

<https://www.kpmg.com/US/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/self-driving-cars-next-revolution.pdf>

KRASNOV, V., SHELEST, Z., BOIKO, S., GULIK, I., SIENIAWSKI, W. y BADAWCZE, L.P. 2015. The diet of the roe deer (*Capreolus capreolus*) in the forest ecosystems of Zhytomirskie Polesie of the Ukraine. *Forest Research Papers*, Vol. 76 (2): 184–190

<http://www.degruyter.com/view/j/frp.2015.76.issue-2/frp-2015-0018/frp-2015-0018.xml>

KRUUSE, M., ENNO, S.E. y OJA, T. 2016. Temporal patterns of wild boar-vehicle collisions in Estonia, at the northern limit of its range. *Eur. J. Wildl. Res.*, published on line.

KUSAK, J., HUBER, D., GOMERVČID, T., SCHWADERER, G. y GUVŽVICA, G. 2009. The permeability of highway in Gorski kotar (Croatia) for large mammals. *European Journal of Wildlife Research*, 55(1): 7-21.

https://www.researchgate.net/publication/227327864_The_permeability_of_highway_in_Gorski_kotar_Croatia_for_large_mammals

KUŠTA, T., KEKEN, Z., JEZEK, M. y KUTA, Z. 2015. Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife–vehicle collisions: A case study in Central Bohemia, Czech Republic. *Transportation Research Part D* 38: 1–5.

https://www.researchgate.net/publication/276853011_Effectiveness_and_costs_of_odor_repellents_in_wildlife-vehicle_collisions_A_case_study_in_Central_Bohemia_Czech_Republic

LAGOS, L.; PICOS, J. y VALERO, E.; 2012. Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain. *Eur J Wildl Res* 58: 661-668.

<http://link.springer.com/article/10.1007/s10344-012-0614-6>

LANGBEIN, J., PUTMAN, R. y POKORNY, B. 2011. Traffic collisions involving deer and other ungulates in Europe and available measures for mitigation. In R. Putman, M. Apollonio and R. Andersen (eds), *Ungulate management in Europe: Problems and practices*. Book. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 215-259.

LANGBEIN, J.; PUTMAN, R. y POKORNY, B.; 2011. Traffic collisions involving deer and other ungulates in Europe and available measures for mitigation. En: PUTMAN, R., APOLLONIO, M., y ANDERSEN, R. (eds): *Ungulate management in Europe: problems and practices*. 215–259. Cambridge University Press. Nueva York.

https://www.researchgate.net/publication/269763759_Traffic_collision_involving_deer_and_other_ungulates_in_Europe_and_available_measures_for_mitigation

LAPLACE, P.S. 1786. Sur les naissances, les mariages et les morts. *Mém. Acad. R. Sci. Paris* 1783: 693–702. <https://www.ceremade.dauphine.fr/~pasquig/FE/1786-laplace.pdf>

LARA, J., BENITO, F., VALLEJO, F.J. y LAFUENTE, J.C. 2004 Los accidentes de circulación causados por especies de caza mayor en Castilla y León (España). En: Oficina Nacional de la Caza. *Accidentes de tráfico provocados por atropello de animales. Prevención, seguridad y responsabilidad. I Seminario*. Propuesta de soluciones. Recopilación de comunicaciones y presentaciones.

LEITÃO, A. B., MILLER, J., AHERN, J. y MCGARIGAL, K. 2006. *Measuring landscapes — A planner's handbook*. Island Press, Washington DC, 245 pp.

LIN, P. 2016. Why Ethics Matters for Autonomous Cars. En: Maurer, M., Gerdes, J.C, Lenz, B. y Winner, H. (eds.) *Autonomous Driving Technical, Legal and Social Aspects*. Springer Open.

<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-662-48847-8>

LINCOLN, F.C. 1930. *Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns*. U.S. Dept. of Agriculture, Circ. Nº 118. <https://archive.org/stream/calculatingwater118linc#page/n5/mode/2up>

LISTER N.M. 2012. Crossing the road, raising the bar: the ARC International Design Competition. *Ecol. Restor.* 30: 335–40.

https://www.researchgate.net/publication/265973393_Crossing_the_Road_Raising_the_Bar_The_ARC_International_Design_Competition

LISTER, N.M., BROCKI, M. y AMENT, R. 2015. Integrated adaptive design for wildlife movement under climate change. *Front. Ecol. Environ.* 13(9): 493–502

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/150080/pdf>

LITMAN, T.A. 2015. *Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implications for Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute. <http://www.vtpi.org/avip.pdf>

LIZAÑA, M. 1991. La mortalidad de anfibios y reptiles en las carreteras. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 2: 2-7.

LORAAMM, R. y DOWNS, J.A. 2016. A wildlife movement approach to optimally locate wildlife crossing structures. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(1): 74-88.

https://www.researchgate.net/publication/283615008_International_Journal_of_Geographical_Information_Science_A_wildlife_movement_approach_to_optimally_locate_wildlife_crossing_structures_A_wildlife_movement_approach_to_optimally_locate_wildlife_crossi

MAINE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. 2008. *Waterway and wildlife crossing policy and design guide*. Maine Department of Transportation, Environmental Office. 3ª Edición. http://digitalmaine.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=mdot_docs

MALO, J.E., SUÁREZ, F. Y DÍEZ, A. 2004. Can we mitigate animal-vehicle accident using predictive models? *Journal of Applied Ecology* 41: 701-710.

MANCINELLI, S., PETERS, W., BOITANI, L., HEBBLEWHITE, M. y CAGNACCI, F. 2015. "Roe deer summer habitat selection at multiple spatio-temporal scales in an Alpine environment". *Hystrix, It. J. Mamm.* — online first

http://www.italian-journal-of-mammalogy.it/article/download/11223/pdf_11223

- MAREY, M.F.; RODRIGUEZ, B. y DÍAZ, E.R. 2013. *Análisis espacio temporal de las colisiones de vehículos y ungulados en carreteras de la provincia de Lugo (Galicia)*. 6º Congreso Forestal Español. <http://www.congresoforestal.es/fichero.php?t=12225&i=1012&m=2185>
- MARKINA, F.A. 1999. Accidentes de carretera con ungulados cinegéticos en el Territorio Histórico de Álava. En: *Fauna y Carreteras*. Asociación Técnica de Carreteras, Madrid.
- MARQUÍNEZ, J., MENÉNDEZ, R., LASTRA, J., FERNÁNDEZ, E., GIMÉNEZ, B., WOZNIK, E., FERNÁNDEZ, S., GONZÁLEZ, J., GARCÍA, P., ÁLVAREZ, M.A., LOBO, T. y ADRADOS, L. 2003. *Riesgos Naturales en Asturias*. Principado de Asturias, INDUROT y KRK Ediciones.
- MARTÍN, B., BALLESTEROS, F., BLANCO, J.C., NORES, C. y PALOMERO, G. 2008. *Estudio del corredor entre las poblaciones cantábricas de oso pardo*. Fundación Biodiversidad, Fundacio Territori i Paisatge, Fundación Oso Pardo. Santander. Informe inédito.
- MATA, C. 2007. *Utilización por vertebrados terrestres de los pasos de fauna y otras estructuras transversales de dos autovías del centro-noroeste peninsular*. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias. Departamento de Ecología. Tesis doctoral. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/2384/2115_mata_estacio_cristina.pdf?sequence=1
- MATEOS-QUESADA, P. 2005. Corzo -*Capreolus capreolus*-. En: Carrascal LM, Salvador A (eds.). *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/mamiferos/capcap.html>
- MATEO-SÁNCHEZ, M.C., CUSHMAN, S., SAN MIGUEL, A. y SAURA, S. 2013 a. *Mejora de la calidad y conectividad del hábitat forestal del oso pardo en la Cordillera Cantábrica: propuesta metodológica e implicaciones de gestión*. 6º Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. http://oa.upm.es/26696/1/INVE_MEM_2013_158737.pdf
- MATEO-SÁNCHEZ, M.C., CUSHMAN, S. y SAURA, S. 2013 b. Scale dependence in habitat selection: the case of the endangered brown bear (*Ursus arctos*) in the Cantabrian Range (NW Spain). *International Journal of Geographical Information Science*. http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2013_sanchez_m001.pdf
- MATEO-SÁNCHEZ, M.C., CUSHMAN, S. y SAURA, S. 2014. Connecting endangered brown bear subpopulations in the Cantabrian Range (north-western Spain). *Animal Conservation* 17(5):430-440. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/acv.12109/abstract>
- MATEO-SANCHEZ, BALKENHOL, N., CUSHMAN, S., PÉREZ T., DOMÍNGUEZ, A. y SAURA, S. 2015. Estimating effective landscape distances and movement corridors: comparison of habitat and genetic data. *Ecosphere* 6(4):59. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/ES14-00387.1/epdf>
- MENÉNDEZ, R. 1994. Cartografía Temática Ambiental de Asturias, Mapa Litológico, Hoja 78-III. INDUROT y Principado de Asturias.
- MENÉNDEZ, S. 2009. *Análisis de los atropellos ocasionados por la fauna silvestre (2000-2008) en el Principado de Asturias y medidas de corrección*. Universidad de Oviedo. E. U. de Ingenierías Técnicas de Mieres. I. T. Forestal, Explotaciones Forestales. Proyecto Fin de Carrera.

MERCADO, A. 2011. *Análisis de la siniestralidad provocada por la irrupción de especies cinegéticas (ciervo, corzo y jabalí) en las carreteras de la provincia de Soria. Aplicación de medidas correctoras*. Tesis Doctoral. Escuela Universitaria de Ingenierías Agrarias de Soria. Universidad de Valladolid. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/908>

MERTZANIS, Y., MAZARIS, A., SGARDELIS, S., ARAVIDIS, E., GIANNAKOPOULOS, A., GODES, C., RIEGLER, S., RIEGLER, A., y TRAGOS A. 2011. Telemetry as a Tool to Study Spatial Behaviour and Patterns of Brown Bears as Affected by the Newly Constructed Egnatia Highway – N. Pindos– Greece. En: Krejcar, O. (ed) *Modern Telemetry*. IntechEurope. <http://cdn.intechweb.org/pdfs/21102.pdf>

MERTZANIS, Y., ILIOPOULOS, Y., GODES, C., GIANNAKOPOULOS, A., RIEGLER, A., RIEGLER, S., TRAGOS, A., TSAKNAKIS, Y., LAZAROU, Y., PETRIDOU, M. y ARAVIDES, E. 2015. *The combined use of telemetry to mitigate a new highway functioning as a deadly barrier for brown bears in NW Greece*. International conference on transportation infrastructure and other categories of bear-human conflicts. Kastoria. Grecia. <http://www.arctoslife-2015.eu/index.php/en/conference-presentations>

MILER, S.A. y HEARD, B.R. 2016. The Environmental Impact of Autonomous Vehicles Depends on Adoption Patterns. *Environ. Sci. Technol.*, 50: 6119–6121. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.6b02490>

MINISTERIO DE FOMENTO. 2003. *Anuario Estadístico 2003*. Ministerio de Fomento. Madrid. http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUDADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/2003/

MINISTERIO DE FOMENTO. 2004. *Anuario Estadístico 2004*. Ministerio de Fomento. Madrid. http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUDADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/2004/

MINISTERIO DE FOMENTO. 2005. *Anuario Estadístico 2005*. Ministerio de Fomento. Madrid. http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUDADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/2005/

MINISTERIO DE FOMENTO. 2006. *Anuario Estadístico 2006*. Ministerio de Fomento. Madrid. http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUDADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/2006/

MINISTERIO DE FOMENTO. 2007. *Anuario Estadístico 2007*. Ministerio de Fomento. Madrid. <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/527CBD4E-2E30-4001-8383-391C03349BBE/110326/Anuar2007.pdf>

MINISTERIO DE FOMENTO. 2008. *Anuario Estadístico 2008*. Ministerio de Fomento. Madrid. http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUDADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/2008/SeriesAnuario2008.htm

MINISTERIO DE FOMENTO. 2009. *Anuario Estadístico 2009*. Ministerio de Fomento. Madrid.

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/2009/

MINISTERIO DE FOMENTO. 2010a. *Inventario de la Red de Carreteras del Estado*. Ministerio de Fomento. Madrid.

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/CARRETERAS/CATYEVO_RED_CARRETERAS/INVENTARIO/

MINISTERIO DE FOMENTO. 2010b. *Anuario Estadístico 2010*. Ministerio de Fomento. Madrid.

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/2010/

MINISTERIO DE FOMENTO. 2011. *Anuario Estadístico 2011*. Ministerio de Fomento. Madrid.

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/

MINISTERIO DE FOMENTO. 2012. *Anuario Estadístico 2012*. Ministerio de Fomento. Madrid.

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/

MINISTERIO DE FOMENTO. 2012b. Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012-2024.

<http://www.fomento.gob.es/NR/ronlyres/E35B8D33-F3B6-4695-9012-C22229966FA0/130944/PITVI20122024.pdf>

MINISTERIO DE FOMENTO. 2013. *Anuario Estadístico 2013*. Ministerio de Fomento. Madrid.

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/2013/TablasAnuario2013.htm

MINISTERIO DE FOMENTO. 2014a. *Catálogo Provincial de Carreteras*. Ministerio de Fomento. Madrid.

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/CARRETERAS/CATYEVO_RED_CARRETERAS/

MINISTERIO DE FOMENTO. 2014b. *Anuario Estadístico 2014*. Ministerio de Fomento. Madrid.

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/2014/TablasAnuario2014.htm

MINISTERIO DE FOMENTO. 2016. Orden Circular 37/2016, Base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras.

http://www.fomento.gob.es/NR/ronlyres/B5DCAB2E-7ED1-4262-B897-957C484E7966/136078/ORDEN_CIRCULAR_372016.pdf

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2006. *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por las infraestructuras de transporte, número 1. O. A. Parques Nacionales. 108 pp. Madrid. (Edición revisada y aumentada, en prensa).

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/prescripciones_pasos_vallados_tcm7-19518.pdf

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, 2008. *Prescripciones técnicas para el seguimiento y la evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera de las infraestructuras de transporte*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por las infraestructuras de transporte, número 2. O. A. Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 138 pp. Madrid.

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/Efecto_barrera_infraestructuras_transporte_tcm7-19514.pdf

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. 2010 a. *Prescripciones técnicas para la reducción de la fragmentación de hábitats en las fases de planificación y trazado*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por las infraestructuras de transporte, número 3. O. A. Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 145 pp. Madrid.

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/planificacion_trazado_tcm7-19517.pdf

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. 2010 b. *Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras lineales de transporte*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por las infraestructuras de transporte, número 4. O. A. Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 133 pp. Madrid

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/sec_copia_de_libro_parques_nacionales_tcm7-165477.pdf

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. 2013 a. *Desfragmentación de hábitats. Orientaciones para reducir los efectos de las carreteras y ferrocarriles en funcionamiento*. O. A. Parques Nacionales, Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por las infraestructuras de transporte, número 5. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 159 pp. Madrid.

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/FHT_PT5_desfrag_2013_tcm7-243117.pdf

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. 2013 b. *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 las infraestructuras de transporte, número 6. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 260 pp. Madrid.

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/pbl_reduccion_fragm_infraestructuras_transp_tcm7-319598.pdf

MOORE, M. y LU, B. 2011. Autonomous Vehicles for Personal Transport: A Technology Assessment. *Social Science Research Network*.

http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1865047

MORELLE, K., LEHAIRE, F. y LEJEUNE, P. 2013. Spatio-temporal patterns of wildlife-vehicle collisions in a region with a high-density road network. *Nature Conserv.* 5:53–73. http://natureconservation.pensoft.net/lib/ajax_srv/generate_pdf.php?readonly_preview=1&document_id=1345

MOSER, B., JAEGER, J. A. G., TAPPEINER, U., TASSER, E. y EISELT, B. 2007. Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape Ecology* 22(3): 447-459.

https://www.researchgate.net/publication/227155942_Modification_of_the_effective_mesh_size_for_measuring_landscape_fragmentation_to_solve_the_boundary_problem

MOSQUET, X., DAUNER, T., LANG, N., RÜBMANN, M., MEI-POCHTLER, A., AGRAWAL, R. y SCHMIEG, F. 2015. *Revolution in the driver,s seat the road. To autonomous vehicles*. The Boston Consulting Group (BCG).
<https://www.bcgperspectives.com/content/articles/automotive-consumer-insight-revolution-drivers-seat-road-autonomous-vehicles/>

MULERO, A. 2013. El paisaje forestal-cinegético en Sierra Morena: una lectura geográfica. *Cuadernos Geográficos* 52(1):108–128.
<http://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/928/1102>

MUNROE, D. K., CROISSANT, C. Y YORK, A. M. 2005. Land use policy and landscape fragmentation in an urbanizing region: Assessing the impact of zoning. *Applied Geography* 25: 121-141. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622805000123>

MUSSA, P., ACETO, P., ABBA, C., STERPONE, L. y MEINER G. 2003. Preliminary study on the feeding habits of roe deer (*Capreolus capreolus*) in the western Alps. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 87: 105–108.
https://www.researchgate.net/publication/9079333_Preliminary_study_on_the_feeding_habits_of_roe_deer_Capreolus_capreolus_in_the_western_Alps

MYERS, W.L., CHANG, W.Y., GERMAINE, S.S., VANDER HAEGEN, W.M. Y OWENS, T.E., 2008. *An Analysis of Deer and Elk-Vehicle Collision Sites along State Highways in Washington State*. Completion report, Washington Department of Fish and Wildlife. Olympia, WA 40p.

MYŠKOVÁ, K. y ŽÁK, J. 2016. Data Envelopment Analysis for Technological, Environmental and Economic Analysis of Motorway Underpasses. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 64(1): 307–314.
http://acta.mendelu.cz/media/pdf/actaun_2016064010307.pdf

NAJM, W.G., KOOPMANN, J., SMITH, J.D. Y BREWER, J. 2010. *Frequency of Target Crashes for IntelliDrive Safety Systems*. NHTSA National Highway Traffic Safety Administration. U.S. Department of Transportation.
<http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NVS/Crash%20Avoidance/Technical%20Publications/2010/811381.pdf>

NATH, C. 2013. Autonomous road vehicles. *Houses of Parliament. Parliamentary Office of Science and Technology*. POSTnote 443. <http://www.parliament.uk/briefing-papers/post-pn-443.pdf>

NATURAL ENGLAND COMMISSION. 2015. *Green bridges. A literature review*. Natural England Commissioned Report NECR181. London.
<http://publications.naturalengland.org.uk/publication/6312886965108736>

NAVES, J., WIEGAND, T., REVILLA, E. y DELIBES, M. 2003. Endangered Species Constrained by Natural and Human Factors: the Case of Brown Bears in Northern Spain. *Conservation Biology*, 17(5): 1276–1289
https://www.researchgate.net/publication/228084211_Endangered_Species_Constrained_by_Natural_and_Human_Factors_The_Case_of_Brown_Bears_in_Northern_Spain

NAVES, J., MEYER, V., PEROTTO, H., FERNÁNDEZ, A., QUEVEDO, M., SEIJAS, J. y DELIBES, M. 2010. *Identificación de corredores de comunicación entre las subpoblaciones cantábricas de osos pardos*. Propuestas para la gestión. Estación

Biológica de Doñana y Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias. Informe inédito.

NEWSOME, T.M. y RIPPLE, W.J. 2015. Carnivores coexistence: Trophic cascades. *Science*, 347 (6220).

https://www.researchgate.net/publication/271329899_Carnivore_coexistence_Trophic_cascades

NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration). 2013. *Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles*.

http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated_Vehicles_Policy.pdf

NI, R. y LEUNG, J. 2014. *Safety and Liability of Autonomous Vehicle Technologies*.

https://groups.csail.mit.edu/mac/classes/6.805/student-papers/fall14-papers/Autonomous_Vehicle_Technologies.pdf

NORES, C. 2008. *Informe preliminar sobre los accidentes de tráfico provocados por las especies de caza*. INDUROT Universidad de Oviedo y Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras. Oviedo. Informe inédito.

NORES, C.; CANO, M. GARCÍA-ROVÉS, P.; SEGURA, A.; ARGÜELLES, I.; FERNÁNDEZ, M. y GARCÍA, S. 2008. *Manual para la gestión de las especies de caza mayor en el Principado de Asturias*. Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural. Informe inédito. 73 pp.

NORES, C., FERNÁNDEZ GIL, A. y CORRAL, N. 2000. Estimación de la población de jabalí (*Sus scrofa*) por recuento de grupos familiares. *Naturalia Cantabrigiae* 1: 53-59

http://www.indurot.uniovi.es/c/document_library/get_file?uuid=6f42fc8d-4c5e-4bbc-884b-ef2e42b6f082&groupId=2490442

NORES, C. y GARCÍA-ROVÉS, P. 2007. *Libro Rojo de la Fauna del Principado de Asturias*. Gobierno del Principado de Asturias y Obra Social "La Caixa". Oviedo.

<https://www.asturias.es/medioambiente/publicaciones/ficheros/Libro%20Rojo%20de%20la%20Fauna%20de%20Asturias.pdf>

NORES, C. y NAVES, J. 1993. Distribución histórica del oso en la península Ibérica. En: *El oso pardo en España* (Naves y Palomero, eds). Colección Técnica. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/090471228015efbe_tcm7-21141.pdf

NORES, C. y MORO, M.D. 1988. Efectos de las vías de circulación sobre los vertebrados terrestres. *Actas del Simposio sobre Impacto Ambiental de Carreteras*, págs. 261 a 267. Asociación Técnica de Carreteras y Diputación Foral de Guipúzcoa.

PACHECO, A. 2015. The habitat of european brown bears in northern Spain: mapping habitat fragmentation and potential connectivity. *University of Montana Theses, Dissertations, Professional Papers*. Paper 4424.

http://scholarworks.umt.edu/do/search/?q=author_iname%3A%22Pacheco%22%20author_fname%3A%22Alma%22&start=0&context=4368968

PAGANY y DORNER 2016. Spatiotemporal analysis for wildlife-vehicle-collisions based on accident statistics of the county Straubing-Bogen in Lower Bavaria. XXIII ISPRS Congress. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B8.

<http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B8/739/2016/isprs-archives-XLI-B8-739-2016.pdf>

PALOMERO, G. 2015. *Evaluación y propuesta de acciones para mejorar la permeabilidad y reducir riesgos para el oso pardo en varias infraestructuras viarias*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

PALOMERO, G., FERNÁNDEZ, A. y NAVES, J. 1993. Demografía del oso pardo en la cordillera Cantábrica. En: *El oso pardo en España* (Naves y Palomero, eds). Colección Técnica. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/090471228015effe_tcm7-21173.pdf

PALOMERO, G., BALLESTEROS, F. NORES, C. BLANCO, J.C., HERRERO, J. y GARCÍA-SERRANO, A. 2010. Are Cantabrian brown bears recovering? Reply to Fernandez-Gil et al. *Ursus*, 21(1):125-127.

https://www.researchgate.net/publication/240793534_Are_brown_bears_recovering_in_the_Cantabrian_Mountains_Reply_to_Fernandez-Gil_et_al

PALOMO, L. J., GISBERT, J. y BLANCO, J. C. 2007. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid, 588 pp.

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/inventario-nacional-de-biodiversidad/ieet_mamif_atlas.aspx

PARDO DE SANTAYANA, J. I. 2009. Pasos de fauna: consideraciones sobre diseño, seguimiento y control. *Revista Carreteras*, 165: 20-30.

PARKS CANADA, 2014. *Bears in the Mountain National Parks*. <http://www.pc.gc.ca/eng/pn-np/mtn/ours-bears/bienvenue-welcome.aspx>
<http://www.pc.gc.ca/eng/pn-np/mtn/ours-bears/bienvenue-welcome.aspx>

PÉREZ, T., NAVES, J., VÁZQUEZ, J.F., FERNÁNDEZ-GIL, A. SEIJAS, J., ALBORNOZ, J., REVILLA, E., DELIBES, M. y DOMÍNGUEZ, A. 2014. Estimating the population size of the endangered Cantabrian brown bear through genetic sampling. *Wildlife Biology* 20: 300–309. <http://www.bioone.org/doi/abs/10.2981/wlb.00069>

PÉREZ T., VÁZQUEZ, J.F., NAVES, J., FERNÁNDEZ-GIL, A., CORAO, A., ALBORNOZ, J. y DOMÍNGUEZ, A. 2009. Non-invasive genetic study of the endangered Cantabrian brown bear (*Ursus arctos*). *Conservation genetics*, 10: 291-301.

https://www.researchgate.net/publication/216036481_Non-invasive_genetic_study_of_the_endangered_Cantabrian_brown_bear_Ursus_arctos

PÉREZ, T., NAVES, J., VÁZQUEZ, SEIJAS, J., CORAO, A., ALBORNOZ, J. y DOMÍNGUEZ, A. 2010. Evidence for improved connectivity between Cantabrian brown bear subpopulations. *Ursus* 21 (1): 104-108. <http://www.bioone.org/doi/abs/10.2192/09SC018.1?journalCode=ursu>

PETERSEN, C.G.J. 1896. The yearly immigration of young plaice into the Limfjord from the German sea. *Report Danish Biological Station for 1895*, 6:1-48.

<https://archive.org/details/reportofdanishbi06dans>

PETKOVŠEK, S., POKORNY, B., PAVŠEK, Z., JERINA, K., KROFEL, M. y LIČINA, T. 2015. *Action plan for the implementation of mitigation measures for reducing road mortality of brown bear in Slovenia*. LIFE Dinalp Bear.

<http://dinalpbear.eu/wp-content/uploads/2014/12/Action-plan-for-the-implementation-of-the-mitigation-measures-in-Slovenia-30.6.2015-I-final.pdf>

PIARC – WORLD ROAD ASSOCIATION. 2011. *Road Safety Manual*. Versión on-line actualizada de la edición de 2003. <http://roadsafety.piarc.org/en>

PODGÓRSKI, T., BAS, G., JEDRZEJEWSKA, B., SÖNNICHSEN, L., SNIEZKO, S., JEDRZEJEWSKI, W y OKARMA, H. 2013. Spatiotemporal behavioral plasticity of wild boar (*Sus scrofa*) under contrasting conditions of human pressure: primaver forest and metropolitan area. *Journal of Mammalogy*, 94(1): 109-119.
<http://j mammal.oxfordjournals.org/content/jmammal/94/1/109.full.pdf>

POLMAN, E. 2014. *Crossing possibilities for wildcats at a highway in Belgium*. Environmental Biology, University Utrecht. Minor internship of the master.
<https://www.ark.eu/sites/default/files/media/Wilde%20kat/Verslag%20Wilde%20katten%20Elze%20Polman.pdf>

PROCTOR, M., SERVHEEN, C., KASWORM, W. y RADANDT, T. 2008. *Grizzly bear linkage enhancement plan for the Highway 3 corridor in the south Purcell Mountains of British Columbia*. The Trans-border Grizzly Bear Project.
<https://y2y.net/publications/technical-reports/900hwy3linkagereport2008final.pdf>

PUKY, M., BAKO, B. AND KROLOPP, A. 1990. Migration Characters of Brown Toad (*Bufo bufo*). *Opuscula Zoologica* XLVI: 99-104. Budapest.

PUTZU, N., BONETTO, D., CIVALLERO, V., FENOGLIO, S., MENEGUZ, P.G., PREACCO, N. y TIZZIANI, P. 2014. Temporal patterns of ungulate-vehicle collisions in a subalpine Italian region. *Ital. J. Zool.*, 81:463–470
https://www.researchgate.net/publication/264859469_Temporal_patterns_of_ungulatevehicle_collisions_in_a_subalpine_Italian_region

RACE. 2015. Evaluación de la Red de Carreteras del Estado (RACE – EuroRAP 2015).
<http://revista.dgt.es/Galerias/noticia/nacional/2015/12DICIEMBRE/Informe-RACE-EuroRAP-2015.pdf>

RENNEKE, D. 2006. *Analysis of the Light Coming from Strieter-Lite Deer Warning Highway Reflector*. <http://www.strieter-lite.com/light-coming-from-four-deer-reflectors.pdf>

RICHARDSON, L. y LOOMIS, J. 2009. The total economic value of threatened, endangered and rare species: An updated meta-analysis. *Ecological Economics*, 68: 1535 – 1548
https://www.researchgate.net/publication/222189924_The_total_economic_value_of_threatened_endangered_and_rare_species_an_updated_meta-analysis_Ecol_Econ

RICO-GUZMÁN, E.; CANTÓ, J.L.; TERRONES, B. y. BONET, A. 2011. Impacto del tráfico rodado en el P. N. del Carrascal de la Font Roja. ¿Cómo influyen las características de la carretera en los atropellos de vertebrados? *Galemys*, 23 (nº especial): 113-123.
<http://www.secem.es/galemys/index.php/Galemys/article/download/16/15>

RODRIGUEZ, N. 2010. *Estudio de la problemática de la invasión de fauna en vías de comunicación de Castilla y León*. Proyecto de Fin de Carrera. Escuela de Ingenieros Técnicos Forestales de Palencia. Universidad de Valladolid.

ROEDENBECK, I. A., L. FAHRIG, C. S. FINDLAY, J. E. HOULAHAN, J. A. G. JAEGER, N. KLAR, S. KRAMER-SCHADT, AND E. A. VAN DER GRIFT. 2007. The Rauschholzhausen agenda for road ecology. *Ecology and Society* 12(1): 11. <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art11/>

ROSELL, C. 2012. *Estudi de l'accidentalitat provocada per animals en llibertat a la Xarxa de Carreteres de la Generalitat de Catalunya*. Direcció General de Carreteres. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.

http://territori.gencat.cat/web/.content/home/01_departament/normativa_i_documentacio/documentacio/territori_mobilitat/carreteres/documentacio_tecnica/Estudi_Accidentalitat_Animals_En_Llibertat_2007-2011_DGC-TES_vext.pdf

ROSELL, C. 2006. Fragmentación de hábitats: medidas para garantizar la conectividad ecológica. *Libro de actas de las Jornadas sobre optimización en la planificación y gestión de carreteras*. Asociación Española de la Carretera: 123-143.

http://www.minuartia.com/data/publicacions/bio/3108091042_0601biomedidasconnectivitatespminuartia.pdf

ROSELL, C. y OLSSON, M. 2012. Wild boar and traffic safety a major challenge in Europe. *IENE 2012 International Conference*. Potsdam (Germany).

ROSELL, C. y VELASCO, J.M. 1999. *Manual de prevenció i correcció del impactes de les infraestructures viàries sobre la fauna*. Documents dels Quaderns de medi ambient, nº 4. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.

ROYLE, J.A., SUTHERLAND, C., FULLER, A.K. y SUN, C.C. 2015. Likelihood analysis of spatial capture-recapture models for stratified or class structured populations. *Ecosphere* 6 (2): 1-11. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/ES14-00148.1/full>

RUEDIGER, B. 2007. Management Considerations for Designing Carnivore Highway Crossings. *ICOET 2007 Proceedings*: 546-555.

<http://escholarship.org/uc/item/45b5183f>

RUEDIGER, B. y DIGIORGIO, M. 2007. *Safe passage: A user's guide to developing effective highway crossings for carnivores and other wildlife*. Southern Rockies Ecosystem Project (SREP).

<http://www.wildlifeconsultingresources.com/pdf/Carnivore%20Safe%20PassageFinalSMALL.pdf>

RYTWINSKI, T., VAN DER REE, R., CUNNINGTON, G.M., FAHRIG, L., FINDLA, C.S., HOULAHAN, J., JAEGER, J.A.G., SOANES, K. y VAN DER GRIFT, E.A. 2015. Experimental Study Designs to Improve the Evaluation of Road Mitigation Measures for Wildlife. *Journal of Environmental Management* 154: 48-64.

https://www.researchgate.net/publication/272523750_Experimental_study_designs_to_improve_the_evaluation_of_road_mitigation_measures_for_wildlife

SÁENZ-DE-SANTA-MARÍA, A. y TELLERÍA, J. L. 2015. Wildlife-vehicle collisions in Spain. *Eur J Wildl Res* 61:399-406. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10344-015-0907-7>

SADEI (SOCIEDAD ASTURIANA DE ESTUDIOS ECONÓMICOS E INDUSTRIALES). 2015. *Datos Básicos de Asturias 2015*. Gobierno del Principado de Asturias.

<http://www.sadei.es/datos/catalogo/m00/dabaas/2015/datos-basicos-asturias-2015.pdf>

SALAFSKY, N.; SALZER, D.; STATTERSFIELD, A.J.; HILTON-TAYLOR, C.; NEUGARTEN, R.; BUTCHART, S.H.; COLLEN, B.; COX, N.; MASTER, L.L.; O'CONNOR, S.; WILKIE, D. 2008. A standard lexicon for biodiversity conservation: unified classifications of threats and actions. *Conservation Biology*, 22: 897-911.

http://www.iucnredlist.org/documents/Salafsky_et_al_2008_Unified_Classifications_of_Threats_and_Actions.pdf

SAV-A-LIFE. 2014. *SAV-A-LIFE Deer-Aler*.

http://www.sav-a-life.com/Sal_specs.htm

SCHEIFELE, P.M., BROWNING, D.G. y COLLINS, L.M. 2003. Analysis and effectiveness of deer whistles for motor vehicles: frequencies, levels, and animal threshold responses. *ARLO*, 4(3): 71-76.

<https://www.researchgate.net/publication/228505867> Analysis and effectiveness of deer whistles for motor vehicles Frequencies levels and animal threshold responses

SCILLITANI, L., MONACO, A. y TOSO, S. 2010. Do intensive drive hunts affect wild boar (*Sus scrofa*) spatial behaviour in Italy? Some evidences and management implications. *Eur. J. Wildl. Res.*, 56:307–318

<https://www.researchgate.net/publication/225749540> Do intensive drive hunts affect wild boar *Sus scrofa* spatial behavior in Italy Some evidences and management implications *Eur J Wildl Res*

SEBER, G. A. F. 1982. *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*. Edward Arnold. London.

SEILER, A. 2001. *Ecological Effects of Roads. A review*. Introductory Research Essay Nº 9. Department of Conservation Biology. Uppsala. <http://coalicionventanaverraco.org/files/ASeiler.pdf>

SEILER, A. 2002. Effects of Infrastructure on Nature. En: Trocmé, M.; Cahill, S.; De Vries, J.G.; Farrall, H.; Folkesson, L.; Fry, G.; Hicks, C. and Peymen, J. (Eds.) *COST 341 - Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure: The European Review*, pp. 31-50. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. http://www.iene.info/wp-content/uploads/COST341_European_review.pdf

SEILER, A. 2003. The toll of the automobile: Wildlife and roads in Sweden. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Silvestria*, 295

SERRONHA, A. M., MATEUS, A.R.A, EATON, F., SANTOS-REIS, M. y GRILO, C. 2013. Towards effective culvert design: monitoring seasonal use and behavior by Mediterranean mesocarnivores. *Environ Monit Assess* 185: 6235-6246.

<http://digital.csic.es/handle/10261/80408>

SHANKER, R., JONAS, A., DEVITT, S., HUBERTY, K., FLANNERY, S., GREENE, W., SWINBURNE, B., LOCRAFT, G., WOOD, A., WEISS, K., MOORE, J., SCHENKER, A., JAIN, P., YING, Y., KAKIUCHI, S., HOSHINO, R. y HUMPHREY, A. 2013. *Autonomous Cars. Self-Driving the New Auto Industry Paradigm*. Morgan Stanley Blue Paper.

<http://orfe.princeton.edu/~alaink/SmartDrivingCars/PDFs/Nov2013MORGAN-STANLEY-BLUE-PAPER-AUTONOMOUS-CARS%EF%BC%9A-SELF-DRIVING-THE-NEW-AUTO-INDUSTRY-PARADIGM.pdf>

SHILLING, F., PERKINS, S.E. y COLLINSON, W. 2015. Wildlife/roadkill observation and reporting systems. En: *Handbook of Road Ecology* (Edts: Van der Ree, R., Smith D.J., y Grilo, C.) . John Wiley & Sons, Ltd.

<https://www.researchgate.net/publication/280136598> Wildliferoadkill observation and reporting systems

SIEMERS, J.L., WILSON, K.R. y BARUCH-MORDO, S. 2015. *Monitoring wildlife-vehicle collisions: analysis and cost-benefit of escape ramps for Deer and Elk on U.S. Highway 550*. Colorado Department of Transportation.

http://ntl.bts.gov/lib/55000/55400/55457/Escape_Ramp_Final_Report_CDOT_2015-05.pdf

SMITH, D. 1999. Identification and prioritization of ecological interface zones on State highways in Florida. *Proceedings of the Third International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*: 209–230. FL-ER-73-99. Florida Department of Transportation, Tallahassee, FL.

<http://www.icoet.net/downloads/99paper27.pdf>

SNOW, N.P., PORTER, W.F. y WILLIAMS, D.M. 2015. Underreporting of wildlife-vehicle collisions does not hinder predictive models for large ungulates. *Biological Conservation* 181: 44–53.

https://www.researchgate.net/publication/268579760_Underreporting_of_wildlife-vehicle_collisions_does_not_hinder_predictive_models_for_large_ungulates

SPARKS, J.L. y GATES, J.E. 2011. *An Investigation into the Use of Road Drainage Structures by Wildlife in Maryland*. Maryland State Highway Administration and University Of Maryland Center for Environmental Science.

http://www.roads.maryland.gov/OPR_Research/MD-11-SP909B4M-Use-of-Drainage-Structure-by-Wildlife_Report.pdf

ŠPREM, N.; DUDUKOVIĆ, D.; KEROS, T. Y KONJEVIĆ, D. 2013. Wildlife-Vehicle Collisions in Croatia, *Coll. Antropol.* 37 (2): 531–535.

https://www.researchgate.net/publication/255910368_Wildlife-vehicle_collisions_in_Croatia_-_A_hazard_for_humans_and_animals

STACHE, A., HELLER, E., HOTHORN, T. y HEURICH, M. 2013. Activity patterns of European roe deer (*Capreolus capreolus*) are strongly influenced by individual behavior. *Folia Zool.*, 62 (1): 67–75.

https://www.researchgate.net/publication/237071833_Activity_patterns_of_European_Roe_Deer_Capreolus_capreolus_are_strongly_influenced_by_individual_behavior

STEINER, W. 2011. *Wildtierbestände & Verkehr. Reduktion von verkehrsbedingtem Fallwild. Endbericht 2008-2011*. Universität für Bodenkultur, Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft (IWJ).

https://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/sicherheit/fonds/vsf/downloads/08_endbericht_wildtierbestaende.pdf

STEINER, W., LEISCH, F. y HACKLÄNDER, K. 2014. A review on the temporal pattern of deer–vehicle accidents: impact of seasonal, diurnal and lunar effects in cervids. *Accident Anal Prevent* 66:168–181.

https://www.researchgate.net/publication/260252463_A_review_on_the_temporal_pattern_of_deer-vehicle_accidents_Impact_of_seasonal_diurnal_and_lunar_effects_in_cervids

STRIETER-LITE. 2014. *Deer and Wildlife Warning Highway Reflectors*. <http://www.strieter-lite.com/>

SUAREZ, F. 1989. *Guías metodológicas para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental: 1. Carreteras y Ferrocarriles*. MOPU. Madrid.

SULLIVAN, J.C. 2015. *What will drive the future of self-driving cars?* American Enterprise Institute. <https://www.aei.org/wp-content/uploads/2015/05/Future-of-driverless-cars.pdf>

SWAREFLEX, 2014. *Wildlife Warning System to Prevent Accidents on Road Sections with Frequent Wildlife Crossings*. <http://www.swareflex.com/index.php/ts-home/ts-products/glass-reflectors/swarowarn>

TAYLOR, B.D. y GOLDINGAY, R.L. 2004. Wildlife road kills on three major roads in north-eastern New South Wales. *Wildlife Res.* 31: 83–91.

https://www.researchgate.net/publication/40737267_Wildlife_roadkills_on_three_major_roads_in_north-eastern_NSW

THE OLIN STUDIO. 2010. *Wild (X)ing*. Project for The ARC International Wildlife Crossing Infrastructure Design Competition. <http://competition.arc-solutions.org/finalists.php>

THURFJELL, H., SPONG, G., OLSSON, M y ERICSSON, G. 2015. Avoidance of high traffic levels results in lower risk of wild boar-vehicle accidents. *Landscape and Urban Planning*, 133: 98-104.

https://www.researchgate.net/publication/266795889_Avoidance_of_high_traffic_levels_results_in_lower_risk_of_wild_boar-vehicle_accidents

TORROJA, J.A.; SIMÓN-TALERO, K.M.; HERNÁNDEZ, A. y NAVARRO, A. 2011. Ampliación del viaducto de San Pedro de la Ribera. *Hormigón y Acero*, 260.

<http://e-ache.com/modules/ache/ficheros/Realizaciones/Obra128.pdf>

TOWER, D. 2013. Road animal detection system (RADS). FDOT District one.

<https://www.nps.gov/bicy/planyourvisit/upload/RADSbrochure2.pdf>

TRITSIS, K.M. 2011. *Assessment of the use of crossing structures by mammals along Egnatia Motorway in Northern Greece*. Institute for Nature and Resources Conservation. Christian-Albrecht-Universität zu Kiel

<http://www.callisto.gr/docs/MasterThesisKristinaTritsis.pdf>

TROMBULAK, S.C. y FRISSELL, C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conserv. Biol.* 14: 18-30.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x/pdf>

U.S. FWS, 2013. *Draft NCDE Grizzly Bear Conservation Strategy*. U.S. Fish and Wildlife Service. https://www.fws.gov/mountain-prairie/science/PeerReviewDocs/NCDE_Grizzly.pdf

VALE, F. 2001. *Cadillac Night Vision*.

<http://www.vxm.com/Impact.cadillac.nitevision.html>
<http://www.vxm.com/Impact.cadillac.nitevision.html>

VALERO, E.; PICOS, J.; LAGO, F. y LAGOS, L. 2013. Los accidentes de tráfico relacionados con fauna salvaje en Galicia: incidencia, patrón y soluciones. *Actas del 6º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales.

<http://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-250.pdf>

VALLADARES, F., BALAGUER, L., MOLA, I., ESCUDERO, A., y ALFAYA, V. 2011. *Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas*. Fundación Biodiversidad, Madrid, España.

http://fundacion-biodiversidad.es/sites/default/files/libro_restauracion_ecologica.pdf

VAN DER GRIFT, E.A., VAN DER REE, R., FAHRIG, L., FINDLAY, S., HOULAHAN, J., JAEGER, J.A.G., KLAR, N., MADRIÑAN, LF. Y OLSON, L. 2013. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodivers Conserv* 22: 425-448.

<http://www.glel.carleton.ca/PDF/webDump/13vanderGriftetalBiodiv&Conserv.pdf>

VAN DER GRIFT, E.A., VAN DER REE, R. y, JAEGER, J.A.G. 2015. Guidelines for evaluating the effectiveness of road mitigation measures. En: Van der Ree, Smith y Grilo (eds.) *Handbook of Road Ecology*. John Wiley & Sons, Ltd.
https://www.researchgate.net/publication/280880644_GUIDELINES_FOR_EVALUATING_THE_EFFECTIVENESS_OF_ROAD_MITIGATION_MEASURES

VAN GELDER, J.J. 1973. A quantitative approach to the mortality resulting from traffic in a population of *Bufo bufo* L. *Oecologia*, 13: 93-95.
<http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00379622>

VANLAAR, W.G.M., GUNSON, K.E., BROWN, S.W. y ROBERTSON, R.D. 2012. *Wildlife vehicle collisions in Canada: a review of the literature and a compendium of existing data sources*. Traffic Injury Research Foundation & Eco-Kare International, Ottawa, 69 pp. http://tirf.ca/publications/PDF_publications/WildlifeVehicle_Collision_Deliverable1_Eng_6.pdf

VELANDO, F., CASTELLO, R. y ORVIZ, F. 1973. Mapa Geológico Nacional (MAGNA). Hoja 78. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). <http://info.igme.es/cartografia/magna50.asp>

VERGNE, T., DEL RIO VILAS, V.J., CAMERON, A., DUFOUR, B. y GROSBOIS, V. 2015. Capture–recapture approaches and the surveillance of livestock diseases: A review. *Preventive Veterinary Medicine*, 10 (3-4): 253-264.
http://www.researchgate.net/publication/275589346_Capture-recapture_approaches_and_the_surveillance_of_livestock_diseases_A_review

VILLA, M. 2007. *Análisis, estudio y propuestas de mejora de la restauración del hábitat en el corredor del Huerna (Lena)*. Escuela Universitaria de Ingenierías Técnicas de Mieres. Universidad de Oviedo. Proyecto fin de carrera. Mieres.

VILLEGAS, N. 2009. *Análisis de valor en la toma de decisiones aplicado a carreteras*. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria de la Construcció. Tesis Doctoral.
<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6175/TNVF1de1.pdf;jsessionid=BBFDA21217C90B9BDEF5698DF9C7C803.tdx1?sequence=1>

VOLVO, 2015. *Volvo,s Animal Detection Technology*.
http://web.origin.volvocars.com/intl/top/about_volvo/corporate/volvo-sustainability/safety/pages/animal-detection.aspx

WALDROP, N.M. 2015. No drivers required. *Nature*, 518: 20–23.
<http://www.nature.com/news/autonomous-vehicles-no-drivers-required-1.16832>

WESTERN TRANSPORTATION INSTITUTE 2010. *IntelliDriveSM Rural Risk Warning System (IRRWS): A North/West Passage Rural Vehicle Infrastructure Integration Demonstration Project*. Western Transportation Institute (WTI), College of Engineering, Montana State University. <http://www.westerntransportationinstitute.org/research/4w2489.aspx>

WHITE, P.A. 2007. *Getting up to speed: A conservationist,s guide to wildlife and highways*. Defenders of Wildlife.
http://www.defenders.org/publications/getting_up_to_speed.pdf

WILSON. 2001. *Analysis of Moose and Deer Related Collisions with Motor Vehicles Along New Brunswick Highways*. Senior Report, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada.

WILCOX, B.A. Y MURPHY, D.D. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist* 125: 879-887.

https://www.researchgate.net/publication/240559772_Conservation_Strategy_The_Effects_of_Fragmentation_on_Extinction

WWF, 2015. *Ni un lince más atropellado*.

<http://www.wwfenaccion.com/lince><http://www.wwfenaccion.com/lince>

WYOMING DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. 2010. *Nugget Canyon wildlife underpass project*. http://www.dot.state.wy.us/home/news_info/achievements/maincontent/news_790.html

XIQUN, C.; XINMIAO, Y. y QIXIN, S. 2008. Estimation of Vehicle Usage Rate Based on Capture-Recapture Model with License Plate Recognition Data. *Proceedings of the 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Beijing, China, pp. 139-144. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4732639>

YEE, T.W., STOKLOSA, J. y HUGGINS, R.M. 2015. The VGAM Package for Capture-Recapture Data Using the Conditional Likelihood. *Journal of Statistical Software* 65:(5).

<http://www.istatsoft.org/article/view/v065i05/v65i05.pdf>

YEOMANS, G. 2014. *Autonomous vehicles. Handing over control: opportunities and risks for insurance*. Lloyd's.

<https://www.lloyds.com/~media/lloyds/reports/emerging%20risk%20reports/autonomous%20vehicles%20final.pdf>

ZWARTS y JANSMA ARCHITECTS. 2010. *Landshape*. Project for The ARC International Wildlife Crossing Infrastructure Design Competition. <http://competition.arc-solutions.org/finalists.php>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Efectos de las infraestructuras de transporte sobre las poblaciones de fauna silvestre: pérdida de hábitat (1), efecto barrera (2), atropellos (3), perturbaciones (4) y funciones ecológicas de las márgenes (5) (fuente: IUELL y col., 2003).....	7
Figura 2.- Descripción del proceso de fragmentación del hábitat debido a infraestructuras viales y su repercusión sobre la fauna (umbrales de densidad, simplemente ilustrativos) (fuente: SEILER, 2001)	8
Figura 3.- Ejemplificación de umbrales en el efecto de la fragmentación del paisaje sobre la viabilidad de las poblaciones de fauna silvestre (fuente: JAEGER Y HOLDEREGGER, 2005).	8
Figura 4.- Fragmentación del paisaje en la Unión Europea por cuadrícula de 1 km ² en 2009 (fuente: AEMA/OFMA 2011).	10
Figura 5.- Superposición de la red Natura 2000 en España con la fragmentación antropogénica (fuente: AEMA/OFMA, 2011).....	11
Figura 6.- Señalamiento de las 20 intersecciones más importantes entre vías de alta capacidad –autovías y autopistas– y conectores claves en el arco cordillera Cantábrica-Alpes occidentales (fuente: GURRUTXAGA y col. 2011).	11
Figura 7.- Corredor ecológico en la montaña asturiana definido con un modelo de coste distancia y señalando las áreas (A1, A2, A3) de mayor debilidad (fuente: GARCÍA 2009).	12
Figura 8.- Mapa de Florida (USA) mostrando los principales lugares a desfragmentar en carreteras en interés de la fauna silvestre (fuente: SMITH 1999).	13
Figura 9.- Áreas prioritarias a desfragmentar correspondientes a Asturias en “ámbito estatal” (fuente: MAGRAMA 2013b).....	14
Figura 10.- Áreas a prioritarias a desfragmentar correspondientes a Asturias en “ámbito autonómico” (fuente: MAGRAMA 2013b).	14
Figura 11.- Factores que intervienen en el riesgo de colisión entre animales salvajes y vehículos (fuente: SEILER 2002)	15
Figura 12.- Comparación entre el tamaño relativo y peso aproximado de los machos de algunas especies de ungulados presentes en España, un turismo y un alce (fuente: IGLESIAS 2010).....	16
Figura 13.- Distribución de las colisiones fauna-vehículos en España 2006-2012. A: Media anual de colisiones. B: Media anual de colisiones por cada 100000 habitantes. C: Media anual de colisiones por cada 100 km de carreteras. D: Media anual de colisiones por cada 100000 vehículos. Representación en cinco categorías de 0 (mínimo) a 100 (máximo) (fuente: SÁENZ-DE-SANTA-MARÍA y TELLERÍA 2015).	17
Figura 14.- Clasificación de las medidas de desfragmentación y minoración de accidentes (fuente: Elaboración propia a partir de IUELL y col. 2003)	19
Figura 15.- Clasificación de las medidas desfragmentación y minoración de accidentes en función del sujeto sobre el que inciden (fuente: Elaboración propia a partir de EDI, 2015).....	20

Figura 16.- Vista general de un ecoducto (fuente: MAGRAMA, en prensa).	22
Figura 17.- Diseño específico de un ecoducto mediante un sistema de membrana (fuente: ZWARTS y JANSMA 2010).	22
Figura 18.- Detalles de la sección de un ecoducto que muestran distintas opciones de apantallamiento (fuente: MAGRAMA, en prensa).	22
Figura 19.- Heterogeneidad en las plantaciones de la superficie de un ecoducto (fuente: THE OLIN STUDIO 2010)	23
Figura 20.- Plantas en forma recta (A) de embudo (B) o diábolo (C) en un ecoducto. (fuente: IUELL y col. 2003).	23
Figura 21.- Pequeña balsa para atraer animales y crear microhábitats en un ecoducto (fuente: ROSELL y VELASCO 1999).	23
Figura 22.- Piedras colocadas en el acceso a un ecoducto para impedir el paso de vehículos motorizados y crear microhábitats (fuente: IUELL y col. 2003).	23
Figura 23.- Vista general de un paso de fauna (fuente: MAGRAMA, en prensa).	25
Figura 24.- Diseño específico de un paso de fauna mediante un sistema romboidal (fuente: THE OLIN STUDIO 2010).	25
Figura 25.- Apantallamientos opacos en los márgenes laterales de un paso de fauna, incluyendo vallas de madera, muretes de piedra y plantaciones de arbustos (fuente: MAGRAMA 2015).	25
Figura 26.- Construcción de drenaje en un paso de fauna (fuente: MAGRAMA 2015).	26
Figura 27.- Ejemplo de pendientes de acceso suaves a un paso de fauna (fuente: IUELL y col. 2003).	26
Figura 28.- Frecuencias medias diarias de uso de diferentes estructuras de paso (PIE = paso inferior específico, PIM = paso inferior mixto, DC = drenaje circular, PSM = paso superior mixto, PSE = paso superior específico, DM = drenaje tipo marco, DSob = deranaje tipo marco sobridimensionado) (fuente: GARCÍA y col. 2014).	26
Figura 29.- Vista general de un paso de fauna multifuncional (fuente: MAGRAMA 2015).	28
Figura 30.- Vista general de un paso de fauna multifuncional (fuente: MAGRAMA 2015).	28
Figura 31.- Disposición de los caminos en el sector central (A y B) o en el lateral (C) y acondicionamiento de márgenes en un paso superior multifuncional. En pasos situados en zonas áridas la vegetación puede sustituirse por muretes de paredes secas o hileras de piedras (A) (fuente: MAGRAMA 2015).	28
Figura 32.- Paso entre árboles en la Ruta del Sol (Colombia) (fuente: Consorcio Constructor Ruta del Sol -CONSOL-).	29
Figura 33.- Paso para ardillas de 18 m en Washington (USA) (fuente: The Guardian 2015).	29

Figura 34.- Esquemas generales de los distintos tipos de pasos entre árboles. A: paso de puente de malla, B: cable entre árboles y C: plataforma para el paso de fauna en soportes de señalización (fuente: MAGRAMA 2015).	30
Figura 35.- Viaducto de grandes dimensiones en el vano que funciona como corredor ecológico (fuente: TORROJA y col. 2011).	32
Figura 36.- Los viaductos deben dejar libre la vegetación de ribera y no afectar a los cauces (fuente: FERNÁNDEZ y col. 2006).	32
Figura 37.- Detalles de la sección de un ecoducto que muestran distintas opciones de apantallamiento (fuente: MAGRAMA 2015).	32
Figura 38.- Esquema general de un paso inferior específico de fauna (fuente: MAGRAMA 2006).	34
Figura 39.- Venado utilizando un paso inferior de fauna (fuente: HERVAS y col. 2006).	34
Figura 40.- Paso inferior de fauna bien acondicionado (fuente: MAGRAMA 2015).	34
Figura 41.- Paso inferior mixto abovedado (fuente: IUELL 2003)	36
Figura 42.- Paso inferior mixto ineficaz (fuente: POLMAN 2014)	36
Figura 43.- Paso inferior mixto muy utilizado por la fauna debido a su escaso uso humano (fuente: WYOMING DEPARTMENT OF TRANSPORTATION 2010).	36
Figura 44.- Fotografía de liebre en un paso inferior específico para pequeños vertebrados en la A-52 (fuente: MATA 2007).	38
Figura 45.- Ardilla en un paso inferior específico para pequeños vertebrados (fuente: MATA 2007).	38
Figura 46.- Acondicionamiento de acceso para conducir a los animales hacia el paso (fuente: MAGRAMA 2006).	38
Figura 47.- Estructura de cruce especialmente acondicionada para el tránsito de Lagartos Bobtail en Australia (fuente: CHAMBERS, B. y BENCINI, R. 2013).	38
Figura 48.- Índices de uso por animales (valor base esperado = 1) en cada uno de los tipos de estructuras en la A-52. Se muestra la media y el error típico. DC: drenaje circular; DA: drenaje adecuado; PIM: paso inferior mixto; PIE: paso inferior específico; PSM: paso superior mixto; PSE: paso superior específico. N: número de estructuras controladas (fuente: MATA 2007).	40
Figura 49.- Dimensiones mínimas (cm) para la sección de un drenaje recomendadas por el Service Ouvrages d'Art del Conseil Général du Morbihan, Francia (fuente: CRENN 2011).	40
Figura 50.- Secciones transversales de drenajes con plataformas secas. Banquetas de hormigón (A), que pueden ser de diversas alturas si se prevén variaciones del nivel del agua (B). Plataformas (C) que permiten adaptar drenajes sin reducir su sección hidráulica. Solución adecuada sólo para visón europeo y nutria (D) (fuente: MAGRAMA, en prensa).	40

Figura 51.- Adaptación correcta de un tubo de drenaje, con un lecho naturalizado en su interior y una lámina de agua suficiente para permitir el paso de los peces (fuente: MAGRAMA 2006)	42
Figura 52.- Planta de drenaje adaptado para peces con deflectores naturales (fuente: FONSECA y col. 2010)	42
Figura 53.- Escala para salmonidos para acceder a un drenaje adaptado (fuente: MAINE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION 2008).....	42
Figura 54.- Esquema general de un paso para anfibios (fuente: MAINE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION 2008).	44
Figura 55.- Acondicionamiento para paso de anfibios en la HF-6248 (fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA 2010).....	44
Figura 56.- Ciervo detrás de la valla de una autovía (fuente: FDOT 2009).	46
Figura 57.- Detalle del refuerzo con malla rígida electrosoldada (fuente: MAGRAMA 2015).....	46
Figura 58.- Detalle de adaptación para pequeños mamíferos (fuente: MAGRAMA 2015).....	46
Figura 59.- Rampa de tierra de escape para ciervos, dotada de cámaras de seguimiento (círculos rojos), en la Highway 550 (Colorado, USA) (fuente: SIEMERS y col. 2015).	47
Figura 60.- Puerta de escape para jabalíes en la A51 de Francia (fuente: BUTON y BEROUD 2013).....	47
Figura 61.- Señal normalizada P-24	48
Figura 62.- Señal reforzada, indicando una zona con osos, en la AS-227 (fuente: propia)	48
Figura 63.- Barrera formada por disuasores ópticos (fuente: BEBEN 2012).....	49
Figura 64.- Instalación de los reflectores con distinto ángulo (fuente: SWAREFLEX)	50
Figura 65.- Jabalí atravesando una barrera óptica inactiva debido a la escasa oscuridad.	50
Figura 66.- Color de recepción por ciervos de la luz reflejada en reflectores rojo, azul, ambar o blanco (fuente: RENNEKE, 2006).....	50
Figura 67.- Esquema de instalación de una doble barrera (interior y exterior de la vía) de reflectores (fuente: STRIETER-LITE).....	50
Figura 68.- Modelo de reflector interior-exterior (fuente: STRIETER-LITE 2014).	50
Figura 69.- Disuasor acústico (fuente: SWAREFLEX 2014).	51
Figura 70.- Disuasor acústico montado conjuntamente con uno lumínico (fuente: SWAREFLEX 2014).....	51
Figura 71.- Doble hilera de estacas con resina olorosa (fuente: MAGRAMA 2015).	52
Figura 72.- Aplicación de un repelente en botella sujeto a una valla (fotografía cortesía de Juan Antonio Ruiz de Villa).	52

Figura 73.- Inserción de repelentes entre las rocas de una escollera (fotografía cortesía de Juan Antonio Ruiz de Villa).	53
Figura 74.- Aplicación de un atrayente en un drenaje para que actúe como paso de fauna (fotografía cortesía de Juan Antonio Ruiz de Villa).	53
Figura 75.- Gráfica de accidentes por fauna silvestre en una carretera de Cantabria en la que las flechas rojas indican las fechas en que fueron aplicados repelentes y atrayentes (combinados para dirigir la fauna hacia pasos inferiores) (fuente: COLLAZOS y col. 2015).	53
Figura 76.- Barrera o paso canadiense.	54
Figura 77.- Alfombra electrificada (fuente: ROSELL).	54
Figura 78.- Sección de instalación de una alfombra electrificada (fuente: LAMPMAN).55	
Figura 79.- Alfombra electrificada situada transversal a la vía (fuente: LAMPMAN). ...	55
Figura 80.- Alfombra electrificada situada en un acceso a la vía (fuente: LAMPMAN). 55	
Figura 81.- Desbroce de la vegetación de la Hwy-3 en Alaska para aumentar la visibilidad de los arce (fuente: HUIJSER y col. 2008a).	56
Figura 82.- Patallas antocolisión para aves (fuente: PANACOR).	57
Figura 83.- Esquema de una cuneta y de la rampa de salida de arquetas u otros elementos del sistema de drenaje perimetral (fuente: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2006).	58
Figura 84.- Diseño esquemático del sistema de detección mantenido activo en una milla entre otoño de 2006 - agosto de 2008 en la US Highway 191 en el Parque Nacional de Yellowstone. Las zonas de detección se indica mediante un número o una letra mayúscula (fuente: HUIJSER y col. 2009).	59
Figura 85.- Detalle de un sistema de detección avanzado de animales (fuente: HUIJSER y col. 2009).	60
Figura 86.- Distintas posibilidades de colocación, en solitario o en combinación con vallados, ofrecen flujos de movimiento potenciales de los animales diferentes (fuente HUIJSER y col. 2008b).	60
Figura 87.- Tareas de mantenimiento en el cable enterrado bajo 1 m de nieve en la Virginia Smart Road (fuente: DRUTA y ALDEN 2015)	62
Figura 88.- Ciervo de cola blanca detectado por el Senstar – OmniTrax® SC2 bajo 1 m de nieve en la Virginia Smart Road (fuente: DRUTA y ALDEN 2015).	62
Figura 89.- Recreación del hipotético funcionamiento de una carretera inteligente ante la presencia de un animal silvestre en la vía.	62
Figura 90.- Recreación del funcionamiento de una pintura que responde ante situaciones de posible helada señalizando la vía (fuente: Studio Roosegaarde).	62
Figura 91.- Pantalla de visión nocturna introducida por primera vez en 2002 en un Cadillac Deville (fuente: VALE 2001).	64
Figura 92.- Proyector de infrarrojos junto al faro principal en el Mercedes-Benz S-Class W221.	64

Figura 93.- Silbato de ultrasonidos marca Hornet (fuente: HORNET 2014).....	65
Figura 94.- Silbato de ultrasonidos marca SAV-A-LIFE Deer-Alert (fuente: SAV-A-LIFE 2014).....	65
Figura 95.- Sistema de detección de animales en pruebas por Volvo (fuente: VOLVO).66	
Figura 96.- Grado de desarrollo y coste comercial de los sensores e instrumentos de un vehículo autónomo (fuente: MOSQUET y col. 2015)	69
Figura 97.- Modelo del primer vehículo sin conductor de Google, montado sobre un Toyota Prius (fuente: GOOGLE 2014).....	69
Figura 98.- Prototipo propio actual de Google (fuente: GOOGLE 2014).....	69
Figura 99.- La mayoría de los prototipos están concebidos para una conducción mixta (autónoma o con conductor).....	69
Figura 100.- En España también se han desarrollado pruebas desde la factoría de Vigo de Citroen.	69
Figura 101.- Escenario probable de desarrollo y penetración en el mercado del vehículo autónomo (fuente: SHANKER y col. 2013)	70
Figura 102.- Prototipo de camión autónomo opcional Inspiration de Daimler (fuente: Daimler).	70
Figura 103.- Prototipo del camión autónomo opcional Future Truck 2025 de Mercedes (fuente: Mercedes Benz).	70
Figura 104.- Terminal de sensores y central de datos del Citroen C4 Picasso autónomo desarrollado en la factoría de Vigo (fuente: PSA Citroen).	70
Figura 105.- Esquema de “tren de carretera” y su funcionamiento operativo.....	71
Figura 106.- Eficacia de las medidas de mitigación de siniestralidad por colisión con fauna silvestre frente al balance anual económico de las mismas (beneficios frente a costes) (fuente: HUIJSER y col. 2008a).	73
Figura 107.- Eficacia de las medidas de mitigación de siniestralidad por colisión con fauna silvestre frente al balance anual económico de las mismas (beneficios frente a costes) (fuente: HUIJSER y col. 2008a).	74
Figura 108.- Esquema tentativo del proceso a aplicar en la elección y priorización de acciones de mitigación y desfragmentación. (fuente: Elaboración propia).....	75
Figura 109.- Ejemplo de cómo el planteamiento del seguimiento y el área de estudio, afecta a las conclusiones sobre la eficacia de las medidas de mitigación (fuente: VAN DER GRIFT y col. 2013). Flechas negras: movimientos de la fauna. I: situación pre-operacional (100% de cruces). II: Situación post-operacional sin paso de fauna (50% de cruces). Situación post-operacional con paso de fauna y vallado entre C y D (100% de cruces entre C y D, 70% de cruces en toda la carretera). Situación post-operacional con paso de fauna y vallado en toda la carretera C y D (100% de cruces entre C y D, 40% de cruces en toda la carretera).	80
Figura 110.- Etapas del proceso para la elaboración de un Plan de Seguimiento de la eficacia de estructuras de cruce para la fauna en una infraestructura (fuente: VAN DER GRIFT y col. 2013).	81

Figura 111.- Zorro atravesando una alfombra de marmolina en un paso de fauna (fuente: MATA 2007).....	82
Figura 112.- Colocación de una cámara fotográfica automática en un drenaje para el estudio de su utilización como paso de fauna (fuente: SPARKS y GATES 2011).....	82
Figura 113.- Información suministrada por las fotografías de cámaras trampa (fuente: DÍAZ-PULIDO y PAYÁN 2012).....	83
Figura 114.- Ubicación de 20 cámaras de fototrampeo a ambos lados del vial en torno a un paso subterráneo en Virginia (USA) –círculos con flecha en la imagen de la izquierda– y número de imágenes de ciervos de cola blanca obtenidas en cada estación de muestreo –imagen de la derecha– (fuente: DONALSON y col. 2015).....	83
Figura 115.- Precipitación anual (mm/año) y temperatura media (°C) para el período 1970-2009 (fuente: GONZÁLEZ y ANADÓN 2011).....	84
Figura 116.- Mapa ilustrativo de la biogeografía de Asturias (fuente: DÍAZ y col. 2005).	85
Figura 117.- Densidad de población humana en Asturias (barra marrón) y distintos países europeos (fuente: EUROSTAT y SADEI 2015).	87
Figura 118.- Densidad de población (hab/km ²) en los municipios asturianos (fuente: SADEI 2015).	87
Figura 119.- Indicadores km de red/km ² y km de red/1000 habitantes para el conjunto de la red de carreteras española (red del Estado, de las CCAA y de los Cabildos y Diputaciones) (fuente: MINISTERIO DE FOMENTO 2014b).....	89
Figura 120.- Evolución de las vías de alta capacidad en Asturias 2000-2014 (fuente: MINISTERIO DE FOMENTO 2003, 2008, 2010a, 2013 y 2015 y CONSEJERÍA DE FOMENTO, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE 2014).	89
Figura 121.- Evolución del tráfico en las carreteras asturianas 2003-2014 (RCE: Red de Carreteras del Estado en Asturias, RCA: Red de Carreteras del Principado de Asturias) (fuente: MINISTERIO DE FOMENTO 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010b, 2011, 2012, 2013 y 2014).	90
Figura 122.- Evolución del tráfico en España 2006-2014 (fuente: MINISTERIO DE FOMENTO 2014b).....	91
Figura 123.- Mapa de Asturias del proyecto MIMAR (2007).....	92
Figura 124.- Síntesis de la elaboración de la base de datos “Siniestros Asturias 2007-2014” (fuente: elaboración propia).....	96
Figura 125.- Tipo de animales implicados en los accidentes en las carreteras de Asturias de 2007 a 2014 (fuente: elaboración propia).....	100
Figura 126.- Evolución de la siniestralidad total, provocada por animales sueltos y por fauna silvestre en Asturias durante el periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	100
Figura 127.- Evolución de la siniestralidad provocada por fauna silvestre en la Red de Carreteras del Principado de Asturias, en el conjunto de la Red de Carreteras del	

Estado en Asturias, y en las autovías y en las carreteras convencionales de esta última (fuente: elaboración propia).	102
Figura 128.- Capturas de jabalí y corzo en Asturias, temporadas de caza 2006-07 a 2014-15 (fuente: elaboración propia a partir de datos de SADEI 2015).	102
Figura 129.- Captura por unidad de esfuerzo (piezas abatidas/cacerías celebradas) para jabalí y corzo en las temporadas de caza de 2006-2007 a 2014-2015 (fuente: elaboración propia a partir de SADEI, 2015).	103
Figura 130.- Evolución del número de capturas de jabalí en los Cotos y en las Reservas Regionales de Caza, temporadas 2006-2007 a 2014-15 (fuente: elaboración propia a partir de datos de SADEI, 2015).	104
Figura 131.- Evolución de las Capturas de jabalí/Unidad de esfuerzo en los Cotos y en las Reservas Regionales de Caza, temporadas 2006-07 a 2014-15 (fuente: elaboración propia a partir de datos de SADEI, 2015).	104
Figura 132.- Intensidades de tráfico en la Red de Carreteras del Estado, y en sus vías de alta capacidad y convencionales, respectivamente (fuente: elaboración propia).	105
Figura 133.- Accidentes/Intensidad tráfico en las carreteras del Estado en Asturias (fuente: elaboración propia).	106
Figura 134.- Accidentes/Intensidad tráfico en la Red de Carreteras del Principado de Asturias (fuente: elaboración propia).	106
Figura 135.- Tipología de vehículos implicados en accidentes con animales silvestres en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	107
Figura 136.- Distribución de los siniestros provocados por corzos y jabalíes en vías convencionales y en vías de alta capacidad en Asturias durante 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	109
Figura 137.- Comparación de la evolución de la relación entre accidentes de jabalí y corzo, los kilómetros de vías de alta capacidad y la relación entre capturas de ambas especies por unidad de esfuerzo.	110
Figura 138.- Distribución mensual de los accidentes provocados por especies silvestres en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	111
Figura 139.- Distribución mensual de los accidentes provocados el corzo en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	111
Figura 140.- Distribución mensual de los accidentes provocados el jabalí en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	112
Figura 141.- Distribución mensual de los accidentes provocados por el jabalí en las carreteras de Asturias en función de la calificación cinegética de los terrenos colindantes, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	113
Figura 142.- Distribución de la siniestralidad por fauna silvestre en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014, según días de la semana ($\bar{X}$ =línea roja) (fuente: elaboración propia).	114

Figura 143.- Distribución horaria de los accidentes provocados por fauna silvestre en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n=5335) (fuente: elaboración propia).	115
Figura 144.- Distribución porcentual por horas de los accidentes con fauna silvestre en Asturias y de la IMD en el pk 3 de la A-63 en días festivos (fuente: elaboración propia).	116
Figura 145.- Distribución porcentual por horas de los accidentes con fauna silvestre en Asturias y de la IMD en el pk 3 de la A-63 en días laborables (fuente: elaboración propia).	116
Figura 146.- Distribución horaria de los accidentes provocados por el corzo en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n= 1679) (fuente: elaboración propia).	117
Figura 147.- Distribución horaria de los accidentes provocados por el jabalí en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n=3260) (fuente: elaboración propia).	117
Figura 148.- Distribución por condiciones de luminosidad de los accidentes provocados por la fauna silvestre en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n=4203) (fuente: elaboración propia).	118
Figura 149.- Distribución por situación atmosférica de los accidentes provocados por la fauna silvestre en las carreteras de Asturias, periodo 2007-2014 (n=4203) (fuente: elaboración propia).	118
Figura 150.- Distribución horaria y estacional de los accidentes provocados por jabalíes en Asturias (n=3260), periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	119
Figura 151.- Distribución horaria y estacional de los accidentes provocados por corzos en Asturias (n=1584), periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	119
Figura 152.- Distribución de la densidad de frecuencia absoluta conjunta de los accidentes con jabalí a lo largo del año y de la hora del día (las líneas rojas señalan el orto y el ocaso) (n=3260) (fuente: elaboración propia).	120
Figura 153.- Distribución de la probabilidad de accidente con corzo a lo largo del año y de la hora del día (las líneas rojas señalan el orto y el ocaso) (n=1679) (fuente: elaboración propia).	125
Figura 154.- Posibles causas de influencia sobre la siniestralidad con jabalí (fuente: elaboración propia).	127
Figura 155.- Posibles causas de influencia sobre la siniestralidad con corzo (fuente: elaboración propia).	127
Figura 156.- Distribución geográfica de los accidentes con fauna silvestre en Asturias 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	130
Figura 157.- Detalle de la distribución geográfica de los accidentes con fauna silvestre 2007-2014 en la zona noroccidental asturiana (D1) (fuente: elaboración propia).	131
Figura 158.- Detalle de la distribución geográfica de los accidentes con fauna silvestre 2007-2014 en la zona central asturiana (D2) (fuente: elaboración propia).	132
Figura 159.- Detalle de la distribución geográfica de los accidentes con fauna silvestre 2007-2014 en la zona nororiental asturiana (D3) (fuente: elaboración propia).	133

Figura 160.- Consideración de la repercusión de las IMD según SEILER (2003) en los cruces y atropellos de la fauna, y comparación con las IMD de los TAAF-Prioritarios (en azul aquellos fuera del rango de trampa mortal; en verde aquellos con IMD actual más baja –ver texto–) (fuente: elaboración propia sobre SEILER 2003).	145
Figura 161.- Distribución geográfica de los Tramos de Acumulación de Accidentes con Fauna Silvestre. En rojo, los considerados prioritarios (fuente: elaboración propia)..	146
Figura 162.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año del TAAF nº 1 (fuente: elaboración propia).	148
Figura 163.- Ubicación general del TAAF nº 1 (fuente: elaboración propia).	149
Figura 164.- Mapa de vegetación del TAAF nº1 (fuente: elaboración propia).	149
Figura 165.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 1 (fuente: elaboración propia).	150
Figura 166.- Proximidad a la ciudad de Oviedo, con señalización de advertencia (foto: propia).	150
Figura 167.- Aspecto general del tramo al final del mismo (foto: propia).....	150
Figura 168.- Viaducto (vano 280 m) inmediatamente posterior al tramo (foto: propia).	150
Figura 169.- Señalización de advertencia en el tramo (foto: propia).....	151
Figura 170.- Paso inferior susceptible de ser usado por la fauna (foto: propia).....	151
Figura 171.- Aspecto general del tramo (foto: propia).	151
Figura 172.- Vallado reforzado (foto: propia).	151
Figura 173.- Deficiencias en el vallado y arreglos “artesanales” (foto: propia).....	151
Figura 174.- Zona de mayores deficiencias en el vallado (foto: propia).	151
Figura 175.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 144 (fuente: elaboración propia).	153
Figura 176.- Ubicación general del TAAF nº 144 (fuente: elaboración propia).	154
Figura 177.- Mapa de vegetación del TAAF nº 144 (fuente: elaboración propia).	154
Figura 178.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 144 (fuente: elaboración propia).	155
Figura 179.- Señalización en el pk 381 (foto: propia).....	155
Figura 180.- Vial con elevado tráfico (foto: propia).	155
Figura 181.- Zona muy naturalizada dentro del TAAF (foto: propia).	155
Figura 182.- Señalización en el pk 378+500 (foto: propia).....	156
Figura 183.- Transición entre área natural y zona periurbana (foto: propia).	156
Figura 184.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 4 (fuente: elaboración propia).	157
Figura 185.- Ubicación general del TAAF nº 4 (fuente: elaboración propia).	158

Figura 186.- Mapa de vegetación del TAAF nº 4 (fuente: elaboración propia).	158
Figura 187.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 4 (fuente: elaboración propia).	159
Figura 188.- Aspecto general del tramo en torno al pk 11 (foto: propia).	159
Figura 189.- Aspecto general del tramo en torno al pk 11 (foto: propia).	159
Figura 190.- Aspecto general del tramo en torno al pk 17 (foto: propia).	159
Figura 191.- Paso inferior próximo al pk 11 (foto: propia).	160
Figura 192.- Uno de los tipos de vallado (foto: propia).	160
Figura 193.- Viaducto en el pk 12+300 (foto: propia).	160
Figura 194.- Detalle de un tipo de refuerzo (foto: propia).	160
Figura 195.- Paso inferior próximo al pk 17 (foto: propia).	160
Figura 196.- Margen izquierda del río Nora en el viaducto del pk 12+300 (foto: propia).	160
Figura 197.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 163 (fuente: elaboración propia).	162
Figura 198.- Ubicación general del TAAF nº 163 (fuente: elaboración propia).	163
Figura 199.- Mapa de vegetación del TAAF nº 163 (fuente: elaboración propia).	163
Figura 200.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 163 (fuente: elaboración propia).	164
Figura 201.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).	164
Figura 202.- Señalización en el TAAF (foto: propia).	164
Figura 203.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 133 (fuente: elaboración propia).	166
Figura 204.- Ubicación general del TAAF nº 133 (fuente: elaboración propia).	167
Figura 205.- Mapa de vegetación del TAAF nº 133 (fuente: elaboración propia).	167
Figura 206.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 133 (fuente: elaboración propia).	168
Figura 207.- Inicio del TAAF en la actualidad en el pk 300 y señalización (foto: propia).	168
Figura 208.- Vallado con voladizo en la A-8 (paralela a la N-634) (foto: propia).	168
Figura 209.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).	168
Figura 210.- Aspecto general del TAAF con la autovía A-8 discurriendo en paralelo (foto: propia).	169
Figura 211.- Vegetación en las márgenes del TAAF (foto: propia).	169
Figura 212.- Paso inferior de la autovía A-8 paralelo al TAAF (foto: propia).	169
Figura 213.- Paso inferior de la autovía A-8 paralelo al TAAF (foto: propia).	169

Figura 214.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año del TAAF nº 2 (fuente: elaboración propia).	171
Figura 215.- Ubicación general del TAAF nº 2 (fuente: elaboración propia).	172
Figura 216.- Mapa de vegetación del TAAF nº 2 (fuente: elaboración propia).	172
Figura 217.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 2 (fuente: elaboración propia).	173
Figura 218.- Señalización, con recomendación de velocidad (foto: propia).	173
Figura 219.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).	173
Figura 220.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).	173
Figura 221.- Deficiencias en el vallado (foto: propia).	173
Figura 222.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 142 (fuente: elaboración propia).	175
Figura 223.- Ubicación general del TAAF nº 142 (fuente: elaboración propia).	176
Figura 224.- Mapa de vegetación del TAAF nº 142 (fuente: elaboración propia).	176
Figura 225.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 142 (fuente: elaboración propia).	177
Figura 226.- Inicio del TAAF (foto: propia).	177
Figura 227.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).	177
Figura 228.- Abundante vegetación arbolada en las márgenes del vial (foto: propia).	177
Figura 229.- Tráfico relativamente elevado (foto: propia).	178
Figura 230.- Señalización (foto: propia).	178
Figura 231.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año del TAAF nº 167 (fuente: elaboración propia).	179
Figura 232.- Ubicación general del TAAF nº 167 (fuente: elaboración propia).	180
Figura 233.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 167 (fuente: elaboración propia).	180
Figura 234.- Mapa de vegetación del TAAF nº 167 (fuente: elaboración propia).	181
Figura 235.- Inicio del TAAF en el pk 7 (foto: propia).	181
Figura 236.- Fin del TAAF al iniciarse el pk 10 (foto: propia).	181
Figura 237.- Abundantes praderías y zonas de cultivo en el entorno del TAAF (foto: propia).	182
Figura 238.- Aspecto general del paisaje circundante al TAAF (foto: propia).	182
Figura 239.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año (fuente: elaboración propia).	183
Figura 240.- Ubicación general del TAAF nº 64 (fuente: elaboración propia).	184
Figura 241.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 64 (fuente: elaboración propia).	184

Figura 242.- Mapa de vegetación del TAAF nº 64 (fuente: elaboración propia).	185
Figura 243.- El TAAF en su parte más conflictiva (foto: propia).	185
Figura 244.- Aspecto del entorno del TAAF (foto: propia).	185
Figura 245.- Aspecto del entorno del TAAF (foto: propia).	186
Figura 246.- Inicio del TAAF en el pk 4 (foto: propia).	186
Figura 247.- Distribución de los accidentes con ungulados por pk, especie y año en el TAAF nº 140 (fuente: elaboración propia).	187
Figura 248.- Ubicación general del TAAF nº 140 (fuente: elaboración propia).	188
Figura 249.- Mapa de vegetación del TAAF nº 140 (fuente: elaboración propia).	188
Figura 250.- Análisis Kernel sobre ortofoto original 1:5000 del TAAF nº 140 (fuente: elaboración propia).	189
Figura 251.- Inicio del TAAF (foto: propia).	189
Figura 252.- Señalización (foto: propia).	189
Figura 253.- Intensidad de tráfico en el TAAF (foto: propia).	189
Figura 254.- Vegetación arbolada que llega a las márgenes (foto: propia).	190
Figura 255.- Aspecto general del TAAF (foto: propia).	190
Figura 256.- Distribución y población del oso pardo en la Cordillera Cantábrica (extraído de la página web de la Fundación Oso Pardo).	192
Figura 257.- Resultados de los censos de osas con crías 1989-2014 –nº de osas con crías– (fuente: GONZÁLEZ y col. 2016).	194
Figura 258.- Distribución del oso pardo y ejemplares genotipados en las subpoblaciones occidental (círculos negros) y oriental (círculos blancos). Individuos mixtos en círculos mitad blancos y mitad negros (fuente: PÉREZ y col. 2010).	194
Figura 259.- Resultados del modelo bidimensional propuesto por NAVES y col. (2003).	195
Figura 260.- Modelo de áreas de refugio para oso pardo en la cordillera Cantábrica según GARCÍA y col. (2007).	196
Figura 261.- Pasillos de alta conectividad interpoblacional de osos según MARTÍN y col. (2008).	196
Figura 262.- Sobre el modelo de calidad de hábitat se señalan a grandes rasgos las rutas de comunicación entre las subpoblaciones oriental y occidental de la Cordillera Cantábrica (fuente: NAVES y col. 2010).	197
Figura 263.- Intersección de corredores previstos de oso pardo con las principales autovías, carreteras nacionales y vías férreas. Las ubicaciones numeradas representan áreas que pueden actuar como barreras al movimiento, según MATEO-SANCHEZ y col. (2014).	198
Figura 264.- Túneles en la AP-66 (fuente: AUCALSA 2015).	200

Figura 265.- Indicación de los lugares con pasos de fauna potenciales en la AP-66 y citas de oso en sus proximidades (fuente: BLANCO y BALLESTEROS, 2012).....	202
Figura 266.- Primer oso muerto por atropello en la autovía Egnatia (Grecia) (fuente: MERTZANIS y col. 2011), donde desde 2008 han muerto más de 20 ejemplares.	203
Figura 267.- Alfombra electrificada (o electromat) en un acceso a la autovía 93 North, en el Parque Nacional de Banff (fuente: PARKS CANADÁ, 2014).....	204
Figura 268.- Vista oblicua de las vallas disuasorias recomendadas para una protección de grado alto, intermedio y estándar para osos (fuente: FOLLMAN y col. 1980).....	204
Figura 269.- Trans-Canada Highway en su discurrir por el Parque Nacional de Banff, con un paso superior de fauna (fuente: PARKS CANADA, 2014).	206
Figura 270.- Autovía Egnatia (Grecia) (fuente: Egnatia Odos S.A. en CSIL, 2012).....	207
Figura 271.- Osos muertos por atropellos en diferentes tipos de carreteras en la región de Macedonia occidental, Grecia, 2008-2015 (fuente: MERTZANIS y col. 2015).	207
Figura 272.- Secuencia de oso joven trepando el vallado original de un ramal de la autovía Egnatia, Grecia, en diciembre de 2014 (fuente: TSIALOS 2014).	208
Figura 273.- Deterioro en el vallado de la AP-66 con arreglo “artesanal” (foto: propia).	209
Figura 274.- Vallado deteriorado en la AP-66 insuficiente para impedir el acceso de los osos a la calzada (foto: propia).....	210
Figura 275.- Detalle de la malla de triple torsión.	212
Figura 276.- Alzado y planta tipo del nuevo vallado (fuente: elaboración propia).....	213
Figura 277.- Perfil reforzado (izquierda) y normal (derecha) del nuevo vallado (fuente: elaboración propia).	214
Figura 278.- Plan de obra para la sustitución del vallado (fuente: elaboración propia).	221
Figura 279.- Uso de pasos superiores e inferiores próximos por especies en el periodo 1997-2009 en la Trans-Canada Highway a su paso por el Parque Nacional de Banff. (+1 = uso exclusivo de pasos superiores. -1 = uso exclusivo de pasos inferiores. 0 = uso equivalente) (fuente: CLEVENGER 2011).	221
Figura 280.- Un oso grizzly emerge de un paso tipo arco metálico multiplano en la Trans-Canada Highway en el Parque Nacional de Banff (fuente: highwaywilding.org).	223
Figura 281.- Número total de cruces de osos grizzly en los pasos de la Trans-Canada Highway en el Parque Nacional de Banff entre 1997 y 2010 (fuente: CLEVENGER y col. 2011).....	225
Figura 282.- Pasos superiores e inferiores en la AP-66 y localizaciones de osos (2004-2015) en el entorno dicha infraestructura (datos Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos y Fundación Oso Pardo). Líneas horizontales: sectorialización empleada en este trabajo (fuente: elaboración propia).	229
Figura 283.- Ubicación general del paso 2 (cartografía original 1:5000).	234

Figura 284.- Ortofotografía (escala original 1:5000) de la zona del paso 2.	234
Figura 285.- Visualización 3D de un MDE de la zona del paso a partir de imágenes LIDAR; vista desde el este (fuente: elaboración propia).	235
Figura 286.- Visualización 3D de un MDE de la zona del paso a partir de imágenes LIDAR; vista desde el oeste (fuente: elaboración propia).	235
Figura 287.- Lugar de acondicionamiento de posible pequeña plataforma para trabajo, lado este (foto: propia).....	235
Figura 288.- Vegetación arbolada en el entorno inmediato (foto: propia).....	236
Figura 289.- Pista de acceso, lado oeste, y obras del AVE al fondo del valle (foto: propia).	236
Figura 290.- Vista del paso, lado oeste (foto: propia).	236
Figura 291.- Vista del paso, lado este (foto: propia).	236
Figura 292.- Terraplén en lado oeste (foto: propia).....	236
Figura 293.- Posible acceso maquinaria desde la AP-66, lado este (foto: propia).....	236
Figura 294.- Ubicación general del paso 6 (cartografía original 1:5000).	238
Figura 295.- Ortofotografía (escala original 1:5000) de la zona del paso 6.	238
Figura 296.- Visualización 3D de un MDE de la zona del paso a partir de imágenes LIDAR; vista desde el este (fuente: elaboración propia).	239
Figura 297.- Visualización 3D de un MDE de la zona del paso a partir de imágenes LIDAR; vista desde el oeste (fuente: elaboración propia).	239
Figura 298.- Vista del paso, lado oeste Vista del paso, lado oeste (foto: propia).....	240
Figura 299.- Vista del paso, lado este Vista del paso, lado oeste (foto: propia).....	240
Figura 300.- Pista acceso, lado oeste, y posible pequeña plataforma de trabajo (foto: propia).	240
Figura 301.- Posible acceso maquinaria desde la AP-66, lado este (foto: propia).....	240
Figura 302.- Dimensiones recomendadas para la utilización de marcos cerrados, marcos articulados y pasos inferiores de fabricación in-situ (fuente: elaboración propia).	241
Figura 303.- Alzado y perfil del marco articulado prefabricado a emplear (medidas en cm) (fuente: elaboración propia).	242
Figura 304.- Localización de los transfer (fuente: elaboración propia).	244
Figura 305.- Especificación de las dimensiones de vaciado del terraplén (alzado y perfil) (fuente: elaboración propia).	245
Figura 306.- Esquema del proceso de relleno de tierras en el marco.....	248
Figura 307.- Dimensiones de las aletas previstas (fuente: elaboración propia).	249
Figura 308.- Esquema del plan de obra (fuente: elaboración propia).	266
Figura 309.- Ubicación de las estaciones meteorológicas de referencia en este trabajo.	268

Figura 310.- Diagrama Walter-Lieth para la estación “Pajares (Valgrande)” (fuente: VILLA, 2007).....	268
Figura 311.- Diagrama Walter-Lieth para la estación “Tablado de Lena” (fuente: VILLA, 2007).....	269
Figura 312.- Datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica de Pajares (Valgrande) (fuente: GONZÁLEZ y ANADÓN, 2011).....	269
Figura 313.- Datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica de Tablado de Lena (fuente: GONZÁLEZ y ANADÓN, 2011).....	270
Figura 314.- Datos de precipitación de la estación meteorológica de El Nocedo de Lena (fuente: GONZÁLEZ y ANADÓN, 2011).	270
Figura 315.- Datos de precipitación de la estación meteorológica de Campomanes (fuente: GONZÁLEZ y ANADÓN, 2011).	270
Figura 316.- Vista general de la AP-66 en el valle del Huerna.....	272
Figura 317.- Ejemplo de actuación a realizar sobre un terreno de relleno.....	273
Figura 318.- Mapa de susceptibilidad a la caída de rocas (fuente: MARQUÍNEZ y col. 2003).....	274
Figura 319.- Mapa de susceptibilidad a deslizamientos superficiales (fuente: MARQUÍNEZ y col. 2003).....	275
Figura 320.- Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (fuente: MARQUÍNEZ y col. 2003).	275
Figura 321.- Mapa de susceptibilidad a aludes (fuente: MARQUÍNEZ y col. 2003).	276
Figura 322.- Mapa de riesgo de inundaciones (fuente: MARQUÍNEZ y col. 2003).	276
Figura 323.- Hoja 78 del mapa geológico nacional (MAGNA) –versión pdf– a escala 1:50000 (fuente: VELANDO y col. 1973).....	277
Figura 324.- Hoja 78 del mapa geológico nacional (MAGNA) –versión jpg– a escala 1:50000 (fuente: VELANDO y col. 1973).....	278
Figura 325.- Hoja 78-I del mapa litológico a escala 1:25000 de la Cartografía Temática Ambiental del Principado de Asturias (fuente: GONZÁLEZ 1998).....	279
Figura 326.- Hoja 78-III del mapa litológico a escala 1:25000 de la Cartografía Temática Ambiental del Principado de Asturias (fuente: MENÉNDEZ 1994).	280
Figura 327.- Visualización 3D de un MDE del valle del Huerna (con la ortofoto superpuesta) en la zona donde se sitúan los pasos (más al norte de los túneles de la AP-66), con detalle de los dos pasos de adaptación propuesta. Imagen observada desde el noroeste (fuente: elaboración propia).	281

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Distribución superficies de Asturias según pendiente (fuente: SADEI 2015)..	84
Tabla 2.- Producción en toneladas de los cultivos forrajeros en Asturias, 2007-2014 (fuente: elaboración propia a partir de SADEI, 2015).	86
Tabla 3.- Frecuencia de taxones amenazados a diferentes escalas. Nº esp.= número total de especies. % amen.= porcentaje de amenazadas (fuente: NORES y GARCÍA ROVÉS 2007).	86
Tabla 4.- Valor Añadido Bruto regional a precios básicos de 2014 (primera estimación) y número de empleos en ese año (fuente: SADEI 2015).	88
Tabla 5.- Titularidad de la red de carreteras en Asturias (fuente: MINISTERIO DE FOMENTO, 2014a y CONSEJERÍA DE FOMENTO, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE 2014).	88
Tabla 6.- Parque móvil en Asturias 1999-2014 (fuente: Anuarios de LA DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO).	90
Tabla 7.- Número de accidentes con víctimas en vías interurbanas en Asturias 2000-2014 (fuente: DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO 2013 y 2014).	91
Tabla 8.- Registros en la base de datos “Siniestros Asturias 2007-2014” (fuente: elaboración propia).	96
Tabla 9.- Distribución de los registros de ungulados según la fiabilidad de los sistemas de registro en la Red de Carreteras del Estado en Asturias (fuente: elaboración propia).	97
Tabla 10.- Resultados de la aplicación de los sistemas de “marcaje-recaptura” a la estimación del número de accidentes con fauna silvestre en el Principado de Asturias 2007-2014 (registros ARENA = registros SEVIPA o DEMARCACIÓN-ARENA) (fuente: elaboración propia).	98
Tabla 11.- Comparación entre el número de siniestros por fauna silvestre contemplado en la Base Datos Siniestros Asturias 2007-2014 y el número de colisiones de ese tipo que se estima pueden realmente existir calculado por sistemas de marcaje-recaptura (fuente: elaboración propia).	99
Tabla 12.- Distribución por especies (o grupos faunísticos) y por año de los accidentes provocados por fauna silvestre en Asturias en el periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	108
Tabla 13.- Matriz de correlaciones entre número de accidentes de jabalí / número de accidentes de corzo, capturas de jabalí por unidad de esfuerzo / capturas de corzo por unidad de esfuerzo y kilómetros de vías alta capacidad.	110
Tabla 14.- Distribución teórica, si el incremento de septiembre a enero se debiera sólo al efecto de la caza, y real de los accidentes provocados por el jabalí en las carreteras de Asturias en 2007-2014 (fuente: elaboración propia).	114
Tabla 15.- Expedientes de indemnización por daños producidos por los jabalíes en bienes agrícolas en terrenos cinegéticos gestionados directamente por la	

Administración regional asturiana, periodo 2007-2014 (fuente: elaboración propia a partir de datos de la Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos).....	123
Tabla 16.- Distribución de los accidentes con fauna silvestre en Asturias 2007-2014 según la tipología de las vías de comunicación (fuente: elaboración propia).	128
Tabla 17.- Las diez carreteras más largas de Asturias, las diez con más accidentes con fauna silvestre en 2007-2014 y las diez con mayor relación de accidentes con fauna silvestre por kilómetro de vial (fuente: elaboración propia).	129
Tabla 18.- Listado de TAAF.	136
Tabla 19.- Distribución de los TAAF en función de los distintos tipos de vía (fuente: elaboración propia).	141
Tabla 20.- Principales carreteras afectadas por TAAF en función de la longitud del vial (fuente: elaboración propia).	142
Tabla 21.- Distintas combinaciones de criterios utilizadas en el análisis multicriterio para la elección de los TAAF-Prioritarios en Asturias.....	143
Tabla 22.- Puntuación de los diez primeros TAAF según los cuatro criterios de ordenación de la Tabla 21.	143
Tabla 23.- TAAF-Prioritarios en Asturias.....	144
Tabla 24.- Diagnóstico sobre los factores de amenaza relacionados con las infraestructuras de transporte citados en PALOMO y col. (2007) para las cinco especies de mamíferos terrestres considerados legalmente en España como “en peligro de extinción”. (*Considerado en peligro de extinción sólo en el Sistema Central).	191
Tabla 25.- Túneles existentes en la AP-66 en el área de distribución del oso (fuente: elaboración propia a partir de datos de AUCALSA, 2015).....	201
Tabla 26.- Especificaciones técnicas de los vallados antiosos de FOLLMAN y col. (1980). Dimensiones originales en pies (ft) y pulgadas (inch); 1 ft=0,3048 m; 1 inch=2,54 cm.	205
Tabla 27.- Características del nuevo vallado proyectado para la AP-66 (fuente: elaboración propia).	211
Tabla 28.- Idoneidad de los distintos tipos de pasos para el oso grizzly (fuente: CLEVENGER y HUIJSER 2011).....	222
Tabla 29.- Recomendaciones para pasos para oso grizzly según RUEDIGER y DIGIORGIO (2007). Dimensiones originales en pies 1 pie=0,3048 m.....	223
Tabla 30.- Pasos seleccionados por PALOMERO (2015) para ser adaptados en la parte asturiana de la AP-66.....	227
Tabla 31.- Otros pasos considerados de inicio en el proceso de selección.	228
Tabla 32.- Características de los marcos articulados a emplear (fuente: elaboración propia).	242
Tabla 33.- Dimensiones del vaciado en cada paso.....	245

Tabla 34.- Especies arbóreas y arbustivas a utilizar en la recuperación ambiental del entorno de los pasos (fuente: elaboración propia a partir de las recomendaciones de la FOP, 2014).	252
Tabla 35.- Estaciones meteorológicas empleadas para caracterizar el clima del valle del Huerna (fuente: elaboración propia).	267
Tabla 36.- Caracterización de los efectos ambientales previsibles.	286
Tabla 37.- Hábitats preferentes para establecer objetivos y medidas de conservación (fuente: elaboración propia a partir de los datos del Instrumento de Gestión Integrado de la Montaña Central Asturiana.	287
Tabla 38.- Especies preferentes para establecer objetivos y medidas de conservación (fuente: elaboración propia a partir de los datos del Instrumento de Gestión Integrado de).....	288
Tabla 39.- Residuos de la construcción y demolición.....	292
Tabla 40.- Residuos de envases.	292
Tabla 41.- Frecuencia de retirada de los residuos de construcción y demolición.	293
Tabla 42.- Frecuencia de retirada de los residuos de envases.....	294