

20 ESTRATEGIA DE EFICIENCIA 30 ENERGÉTICA

RED DE CARRETERAS DEL ESTADO





1	INTRODUCCIÓN	5
2	ANTECEDENTES	6
3	MARCO ESTRATÉGICO Y NORMATIVO	6
3.1	COMPROMISOS EUROPEOS EN MATERIA DE ENERGÍA	7
3.2	MARCO NACIONAL EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍA	7
3.3	REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE ALUMBRADO PÚBLICO	9
4	SITUACIÓN ACTUAL	10
4.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO	10
4.2	ANÁLISIS DEL SUMINISTRO ENERGÉTICO EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO	15
4.3	ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO	16
4.4	ESTADO ACTUAL DE LA ILUMINACIÓN EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO Y JUSTIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES A APORTAR	24
4.5	SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA RED DE CARRETERAS Y GESTIÓN DE LA FACTURACIÓN	29
4.6	ANÁLISIS DE POTENCIALES AHORROS	30
5	OBJETIVOS GENERALES Y AGREGADOS DE LA ESTRATEGIA	31
6	DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS A IMPLANTAR	35
6.1	PRINCIPALES MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA CON CUANTIFICACIÓN DEL AHORRO	35
6.1.1	MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN TÚNELES	35
6.1.2	MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN TRAMOS A CIELO ABIERTO	37
6.2	OTRAS MEDIDAS DE MEJORAS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA. CONSUMO DIRECTO.	39
6.2.1	MEJORAS EN EDIFICIOS E INSTALACIONES DE LA DGC.....	39
6.2.2	RENOVACIÓN DE LA FLOTA DE VEHÍCULOS DE LA DGC	40
6.3	OTRAS MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA. CONSUMO INDIRECTO.	42
6.3.1	MEJORAS EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS CENTROS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN (COEX)	42
6.3.2	OTRAS MEDIDAS DE SOSTENIBILIDAD EN LOS CONTRATOS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN	43
7	PLAN DE INVERSIONES NECESARIAS Y FINANCIACIÓN DE LAS MISMAS	45
7.1	ACTUACIONES A REALIZAR EN EL ALUMBRADO DE CARRETERAS	45
7.1.1	ACTUACIONES A REALIZAR EN EL ALUMBRADO DE TÚNELES.....	45
7.1.2	ACTUACIONES A REALIZAR EN EL ALUMBRADO DE TRAMOS A CIELO ABIERTO.....	45



7.1.3	CRONOGRAMA ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS ACTUACIONES DE ALUMBRADO EN CARRETERAS.....	46
7.2	OTRAS ACTUACIONES: RENOVACIÓN DE LA FLOTA DE VEHÍCULOS DE LA DGC	47
7.3	PLAN DE INVERSIONES Y FINANCIACIÓN.....	48
8	SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	51
9	PLAN DE COMUNICACIÓN	52
10	PRÓXIMOS PASOS: “PLAN DE ACCIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2030 DE LA RCE”	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa de objetivos y resultados entre el PNIEC 2021-2030 y el PNIEC 2023-2030.....	8
Tabla 2. Red de carreteras según competencia (*)......	10
Tabla 3. Demarcaciones de Carreteras.....	14
Tabla 4. consumo de energía final por combustible (2021).....	15
Tabla 5. Inventario de túneles por demarcación. Año 2023.....	20
Tabla 6. Comparativa VSAP – led.....	25
Tabla 7. Número de puntos de luz (CUPS) por demarcación	30
Tabla 8. Resumen de túneles susceptibles de mejora energética	36
Tabla 9. Tipología de vehículos de la DGC. Flota actual.....	40
Tabla 10. Actuaciones de mejora de la eficiencia en el alumbrado de túneles.....	45
Tabla 11. Actuaciones identificadas en la consulta realizada en enero de 2024	46
Tabla 12. Cronograma para la ejecución de las actuaciones de mejora de la eficiencia en alumbrado....	46
Tabla 13. Tipología de vehículos de la DGC. Previsión flota 2030.....	47
Tabla 14. Objetivo de inversión vehículos híbridos y eléctricos 2030	47
Tabla 15. Adquisición de vehículos prevista en 2024	48



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipo de vía por longitud.....	11
Figura 2: Red de carreteras del Estado. Año 2021	11
Figura 3: Demarcaciones de Carreteras del Estado y RCE.....	13
Figura 4: Consumo energía final (kWh equiv.) por fuente energética. Año 2021	15
Figura 5: Datos de consumo energía eléctrica mensual 2021 (kWh).....	16
Figura 6: Consumo eléctrico por demarcación (kWh/año).....	17
Figura 7: Consumo eléctrico por tipo de instalación 2021 (kWh).....	18
Figura 8: Consumo eléctrico de túneles por demarcación (kWh/año). Año 2021	19
Figura 9: Consumo eléctrico de tramos a cielo abierto por demarcación (kWh/año). Año 2021.....	21
Figura 10: Consumo eléctrico de edificaciones por demarcación (kWh/año). Año 2021.....	22
Figura 11: Consumo eléctrico de edificaciones por demarcación (kWh/año). Año 2021	23
Figura 12: Tipología de fuentes de luz por número de unidades instaladas	24
Figura 13: Tramo de cielo abierto iluminado con VSAP	26
Figura 14: Esquema de control.....	38
Figura 15: Ejemplo curva hipotética de regulación flujo lumínico luminaria.....	38
Figura 16: Esquema de actuaciones para la renovación de la flota de vehículos.....	42
Figura 17: Contratación Pública Ecológica (CPI).....	44
Figura 18: Estimación de presupuestos para principales medidas de ahorro energético DGC (2021-2030)	49
Figura 19: Composición del Grupo de Trabajo.....	51
Figura 20: Hoja de ruta de la Eficiencia Energética de la DGC	53



1 INTRODUCCIÓN

La eficiencia y el ahorro energético se han convertido en dos elementos clave para cualquier economía en general y para las infraestructuras de transporte en particular, ya que permiten mejorar la competitividad y reducir tanto las emisiones de gases de efecto invernadero como el consumo energético.

Adicionalmente, la situación económica mundial está generando importantes consecuencias en todos los órdenes, con especial relevancia en los mercados energéticos internacionales. Esta situación se está trasladando a todos los consumidores europeos, entre los que se encuentra la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, tanto en lo relativo a los precios de la energía como al incremento de riesgos en la seguridad del suministro.

En este contexto de incertidumbre energética, no han sido pocos los esfuerzos de naturaleza política y regulatoria llevados a cabo en los últimos años, tanto a nivel nacional como europeo, para tratar de paliar los efectos negativos de la crisis energética tanto desde una perspectiva económica y medioambiental como desde la seguridad de suministro.

En consecuencia, es imprescindible que los gestores de las infraestructuras del transporte avancen hacia un modelo descarbonizado y eficiente donde la planificación energética sea clave a la hora de identificar barreras, necesidades y oportunidades, todo ello encuadrado en el marco de referencia formado por las principales iniciativas internacionales, europeas y nacionales en materia de cambio climático y ahorro y eficiencia energético.

En el caso particular de la Red de Carreteras del Estado, las instalaciones de alumbrado, sistemas de ventilación de túneles, sistemas inteligentes de transporte y el resto de elementos cuyo suministro eléctrico es responsabilidad de la DGC, suponen un consumo global anual cercano a los 146 GWh, con un importe de facturación asociado de aproximadamente 30-40 millones de euros.

El Plan Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), aprobado por el Consejo de Ministros el 27 de abril de 2021 y actualizado mediante adenda aprobada con fecha 17 de octubre de 2023, establece una completa agenda de inversiones, reformas y objetivos para acelerar la transición ecológica como elemento clave en la fase de reconstrucción a corto plazo y servir de palanca para la modernización de la economía, generando una mayor resiliencia en la economía a medio y largo plazo.

Con la presente estrategia se responde al cumplimiento de uno de los objetivos establecidos en el PRTR: **“Mejorar la eficiencia energética de las infraestructuras de transporte**, en particular de la Red de Carreteras del Estado”. En concreto, la Reforma 3 de la Componente 6 del PRTR consiste en la redacción del presente documento, en el cual se han analizado las características del suministro energético actual en la Red de Carreteras del Estado, identificado las barreras y necesidades para la mejora de la eficiencia energética, y se han establecido las líneas generales en cuanto a las oportunidades de mejora (medidas de ahorro energético), de forma que puedan ser materializadas de forma homogénea por todos los actores que intervienen en la Red de Carreteras del Estado.

En vista de lo anterior, la Estrategia de Eficiencia Energética se ha desarrollado con el objetivo de analizar y evaluar la situación actual en la Red de Carreteras del Estado desde una perspectiva energética, determinar la repercusión que puedan tener las medidas de ahorro a implantar, y establecer las principales líneas de actuación en búsqueda de una mejora de la eficiencia energética, con horizonte en el año 2030.

La aprobación y publicación de la Estrategia de Eficiencia Energética 2030 de la RCE da respuesta a la ejecución del PRTR en lo relativo al cumplimiento del hito L15 de la Reforma 3 de la Componente 6 (C6.R3).

Tras la publicación de la presente estrategia se procederá a la elaboración del denominado “Plan de Acción de Eficiencia Energética 2030 de la RCE”, el cual desarrollará de forma detallada las líneas de



actuación contempladas en la estrategia y actuará además como mecanismo de seguimiento de los objetivos propuestos en la misma.

2 ANTECEDENTES

El Ministerio no puede permanecer ajeno al mencionado contexto europeo de crisis energética, motivo por el cual el pasado octubre de 2022 la entonces ministra de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana presentó al Consejo de Ministros un informe sobre el **primer borrador de una Estrategia de Eficiencia Energética para la Red de Carreteras del Estado** con el objetivo de reducir el consumo energético y disminuir de forma importante las emisiones de gases de efecto invernadero. Dicho primer borrador no llegó a aprobarse definitivamente, dado que se consideró conveniente realizar un análisis más profundo de las ineficiencias actuales existentes en el sistema energético de la Red de Carreteras del Estado y reflexionar sobre las líneas de actuación a desarrollar.

Con esta filosofía, la presente Estrategia de Eficiencia Energética 2030 de la RCE realiza un análisis detallado de la situación actual e incluye las medidas que deben ser implantadas por la Dirección General de Carreteras para alcanzar los objetivos de eficiencia energética con horizonte en el año 2030.

Así mismo, en línea con la hoja de ruta hacia la descarbonización establecida por el Gobierno de España hasta alcanzar el Net Zero en 2050, y en consonancia con los compromisos adquiridos por España con la Unión Europea a través del Acuerdo de París, la DGC ha cuantificado por primera vez las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a su actividad mediante el **cálculo de su huella de carbono para el año de referencia 2021**.

El total de emisiones obtenidas respecto a los alcances 1, 2 y 3 de la DGC, para el año 2021, ha sido de 71.632,18 t CO₂e. Cabe destacar que las emisiones asociadas al tráfico rodado del parque automovilístico español no están incluidas en este estudio por estar fuera de las competencias de la DGC y que el cálculo del alcance 3 únicamente contempla las emisiones correspondientes a las actividades de conservación y explotación de carreteras a través de los distintos sectores y los desplazamientos de los trabajadores de la DGC.

La metodología aplicada para el cálculo se basó en el GHG Protocol, compatible a su vez con la ISO 14.064-I y las directrices del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD) que ha posibilitado la inscripción de la huella en la sección A del registro nacional de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción, así como la obtención de su certificado correspondiente.

3 MARCO ESTRATÉGICO Y NORMATIVO

La política climática y energética de España viene determinada por el contexto internacional y la política de la Unión Europea. El Acuerdo de París de 2015 estableció como objetivo mantener el aumento de la temperatura media global por debajo de los 2 °C respecto a los niveles existentes antes de la revolución industrial, y realizar esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C. Sin embargo, el informe de mitigación del Sexto ciclo de evaluación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) señala que la aplicación de las políticas implementadas a finales de 2020 conduce a escenarios de proyección que sitúan el aumento de la temperatura global en una media de 3,2 °C antes de 2100, mientras que la puesta en marcha de las medidas asociadas a las contribuciones voluntarias del acuerdo de París, situarían la temperatura del planeta en 2,8 °C antes de 2100.

3.1 COMPROMISOS EUROPEOS EN MATERIA DE ENERGÍA

Ante el reto del cambio climático, la Unión Europea publicó en 2019 la Comunicación sobre el Pacto Verde Europeo con el objetivo de transformar la UE en una sociedad justa y próspera con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva y que en 2050 sea climáticamente neutra en carbono.

Para convertir este compromiso en una obligación jurídica que diera certidumbre a todos los sectores, el 30 de junio de 2021 se aprobó la Ley Europea del Clima que adopta como objetivo la neutralidad en carbono para 2050 (lo que supone una reducción de las emisiones generadas por el sector transportes en un 90 %) y establece como objetivo intermedio la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por lo menos un 55 % para el año 2030 comparado con los niveles de 1990.

Actualmente, las emisiones de gases de efecto invernadero en los Estados miembros de la UE fueron un 30,4 % más bajas en 2020 que en 1990¹ y, aunque se espera que continúe la reducción, son necesarias políticas y medidas de mayor impacto para lograr los objetivos planteados.

En este contexto, la Unión Europea ha presentado un conjunto de propuestas legislativas “Objetivo 55” que supone una revisión del marco normativo y estratégico en energía y clima con vistas a acelerar la transición energética, como respuesta a la crisis climática, pero también a los retos económicos y sociales derivados de la elevada dependencia de combustibles fósiles.

En particular, en lo relativo a energía, en julio de 2021 la Comisión Europea presentó el actual paquete «Energía limpia para todos los europeos», abordando las reformas necesarias para alcanzar este nuevo objetivo de reducción de emisiones de la Unión Europea para 2030.

Además, en mayo de 2022, en respuesta a los cambios en el mercado mundial de la energía causadas por la invasión rusa de Ucrania, la Comisión presentó el «Plan REPowerEU», con el fin de reducir la dependencia energética de la Unión Europea, acelerar la diversificación y el aumento de las energías renovables, incrementar el ahorro de energía y potenciar la electrificación.

De este modo, los objetivos europeos a 2030 en materia de energía son alcanzar una cuota del 45 % de energías renovables sobre el consumo total de energía final bruta, la mejora de la eficiencia energética en un 38 % en energía final y un 40,5 % en energía primaria, con respecto al escenario de referencia 2007.

3.2 MARCO NACIONAL EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍA

En línea con el camino establecido a escala global y europea, se aprobó la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, que tiene por objetivo asegurar el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París; facilitar la descarbonización de la economía española, su transición a un modelo circular, de modo que se garantice el uso racional y solidario de los recursos; y promover la adaptación a los impactos del cambio climático y la implantación de un modelo de desarrollo sostenible que genere empleo decente y contribuya a la reducción de las desigualdades.

En esta ley se establecen los siguientes objetivos mínimos nacionales para el año 2030, si bien se indica que serán objeto de revisión para cumplir tanto con el Acuerdo de París como con la normativa europea o los avances científico-técnicos que se realicen:

- Reducir en el año 2030 las emisiones de GEI del conjunto de la economía española en, al menos, un 23 % respecto al año 1990.

¹ Agencia Europea del Medio Ambiente: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

- Alcanzar en el año 2030 una penetración de energías de origen renovable en el consumo de energía final de, al menos, un 42 %.
- Alcanzar en el año 2030 un sistema eléctrico con, al menos, un 74 % de generación a partir de energías de origen renovables.
- Mejorar la eficiencia energética disminuyendo el consumo de energía primaria en, al menos, un 39,5 %, con respecto a la línea de base según la normativa europea.
- Alcanzar la neutralidad climática antes de 2030, estando el sistema eléctrico basado exclusivamente en energías de origen renovable.

Para lograr estos objetivos, la Ley propone diversas medidas que se concretan tres herramientas claves: El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, la Estrategia de Descarbonización a 2050 y la Estrategia de Transición Justa.

En el año 2020 se publicó el primer **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima** para el periodo 2021-2030, que recoge los compromisos de España en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, de despliegue de energías renovables y de eficiencia energética. Además, este Plan determina las líneas de actuación que se deben seguir para la consecución de los objetivos propuestos.

Desde que se aprobó el primer plan, se ha producido un aumento de la ambición climática a nivel europeo. Además, el contexto energético también ha cambiado y se ha avanzado en la implementación de las medidas señaladas. Por ello, en 2023 se ha elaborado un borrador de actualización del PNIEC 2023-2030 que incluye nuevos objetivos coherentes con la reducción de emisiones adoptada a nivel europeo.

En la siguiente imagen se detallan los compromisos fijados en el PNIEC 2021-2030 en comparación con el PNIEC 2023-2030:

Tabla 1. Comparativa de objetivos y resultados entre el PNIEC 2021-2030 y el PNIEC 2023-2030

	Resultados en 2030	
	PNIEC 2020	PNIEC 2023
Reducción de emisiones de GEI respecto a 1990	23%	32%
Reducción de emisiones de GEI respecto a 2005 – Sectores ETS	-61%	-70%
Reducción de emisiones de GEI respecto a 2005 – Sectores difusos	-39,1%	-43%
Porcentaje de renovables en la generación eléctrica	74%	81%
Número de vehículos eléctricos	5 millones	5,5 millones
Número de viviendas rehabilitadas	1.200.000	1.377.000
Potencia total y renovable del mix energético	Total: 160 GW Ren.: 113 GW	Total: 214 GW Ren.: 160 GW
Porcentaje renovables sobre energía final	42%	48%
Eficiencia Energética. Reducción de consumo de energía primaria	-39,5%	-42%
Eficiencia Energética Reducción de consumo de energía final	-41,7%	-44%
Dependencia energética	61%	51%

Fuente: PNIEC. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023

Por tanto, en materia de mejora de la eficiencia energética se eleva el compromiso para 2030 a un 44 % de la energía final, respecto al 41,7 % al PNIEC 2021-2030. Cabe destacar que el principio “primero, la eficiencia energética” es fundamental para facilitar el cumplimiento de otros objetivos, ya que la eficiencia energética implica la reducción y la optimización del consumo energético a niveles determinados de confort. Por ello, cuanto menor sea el consumo energético, más fácil resultará reducir las emisiones y conseguir el objetivo de porcentaje de renovables.

Si todos los objetivos del PNIEC están planteados a 2030, la **Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo** establece la senda para lograr la neutralidad en 2050, para lo que señala diversas líneas de trabajo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 90 % respecto a 1990, mientras que el 10 %



restante será absorbido por los sumideros de carbono. Concretamente, para la movilidad y el transporte se estima una reducción de las emisiones de más de un 30 % para 2030, con el objetivo de alcanzar los 2 Mt CO₂eq en 2050. Para ello, la Estrategia considera necesario trabajar en la eficiencia energética y el cambio modal, la electrificación, los combustibles alternativos, la digitalización e innovación, y una adecuada planificación urbanística.

La hoja de ruta del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible en este ámbito para 2030 es la **Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada**, aprobada en diciembre de 2021 por el Consejo de Ministros.

Este instrumento se desarrolla a través de 9 ejes estratégicos, que se componen de más de 40 líneas de actuación con más de 150 medidas específicas. A continuación, se detallan las relacionadas con el transporte y la energía.

- Eje 1 – Movilidad para todos, en donde se establecen las medidas para mejorar la planificación de la movilidad sostenible y el fortalecimiento de alternativas al coche privado en la movilidad, con el transporte público como eje vertebrador, pero también con especial atención a la bicicleta, para aumentar el número de personas que se desplacen en bici en el ámbito urbano y metropolitano, así como en el medio rural y en el interurbano.
- Eje 2 – Nuevas políticas inversoras, donde se incluyen medidas para, entre otros, mejorar la planificación y gestión de las redes de infraestructura de transporte, ayudar a establecer nuevos criterios de inversión y priorización de inversiones del departamento.
- Eje 4 – Movilidad de Bajas Emisiones está específicamente enfocado a la reducción de emisiones del transporte y la movilidad. Sus objetivos son:
 - o incrementar la eficacia y eficiencia del sistema de transporte promoviendo la comodidad e intermodalidad;
 - o reducir el consumo de energía;
 - o mejorar la eficiencia energética y limitar las externalidades ambientales (contaminación atmosférica y acústica) por unidad transportada;
 - o contribuir a la descarbonización a largo plazo de la economía mediante, principalmente, la progresiva electrificación del transporte.
- Eje 5 – Movilidad inteligente, y su propuesta para la gestión inteligente de infraestructuras, terminales y estaciones, además del impulso a la automatización y al mayor y mejor uso de la gran cantidad de datos que hoy en día están disponibles y que pueden ayudar a mejorar la eficiencia del sistema de transporte.

Además, la Estrategia de Movilidad proponía la redacción de la Ley de Movilidad Sostenible para complementarla y darle soporte normativo. A fecha de redacción del presente documento, el Proyecto de Ley de Movilidad Sostenible se encuentra en vía de tramitación en el Parlamento, con el objetivo de que la ley pueda ser aprobada a lo largo del año 2024, cumpliendo así con otro de los objetivos de PRTR (C1.R2).

3.3 REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE ALUMBRADO PÚBLICO

El 19 de noviembre de 2008 se publicó el Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. Este reglamento se aplica a toda instalación nueva de alumbrado de más de 1 kW de potencia instalada, así como a las reformas de importancia de las instalaciones existentes.

Las modificaciones posteriores del Reglamento, en particular la actualización de la ITC EA-01 mediante el Real Decreto-ley 18/2022, tienen en consideración los grandes avances técnicos producidos, como las luminarias de tipo LED y los sistemas de regulación y control.



El Reglamento establece las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior, con la finalidad de:

- a) Mejorar la eficiencia y ahorro energético, así como la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- b) Limitar el resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa y reducir la luz intrusa o molesta.

La presente Estrategia de Eficiencia Energética 2030 de la RCE describe, entre otras cuestiones, las futuras actuaciones que serán llevadas a cabo en el alumbrado de la Red de Carreteras del Estado. En concreto, en ella se especifican las acciones a realizar para la reforma del alumbrado en túneles y en tramos a cielo abierto. En todo caso los proyectos constructivos que implementen tales medidas de ahorro energético se realizarán de acuerdo con lo establecido en Real Decreto 1890/2008 o la norma que lo sustituya.

4 SITUACIÓN ACTUAL

4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO

De acuerdo con lo establecido en el “Catálogo oficial de la Red de Carreteras del Estado (RCE)”², las redes de carreteras de todo el territorio nacional cuentan, a 31 de diciembre de 2021, con 165.375 kilómetros de longitud, de los cuales 26.459 km (Red de Carreteras del Estado) son administrados por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible a través, en su mayor parte, de la Dirección General de Carreteras (DGC). La Red de Carreteras del Estado (RCE) es la primera de Europa y la tercera del mundo en longitud de vías de alta capacidad, soportando más del 50 % del tráfico en España y elevándose esta cifra al 65 % en el caso de los vehículos pesados. Esto supone una red extensa, mallada y madura que permite la prestación del servicio de movilidad de personas y mercancías en condiciones óptimas de seguridad y confort.

Además, hay 71.145 km que son gestionados por las Comunidades Autónomas y soportan el 42% del tráfico, y 67.770 km que son gestionados por las diputaciones y soportan el 5,5% del tráfico restante. En la siguiente tabla se muestran los datos de longitud descritos:

Tabla 2. Red de carreteras según competencia (*)

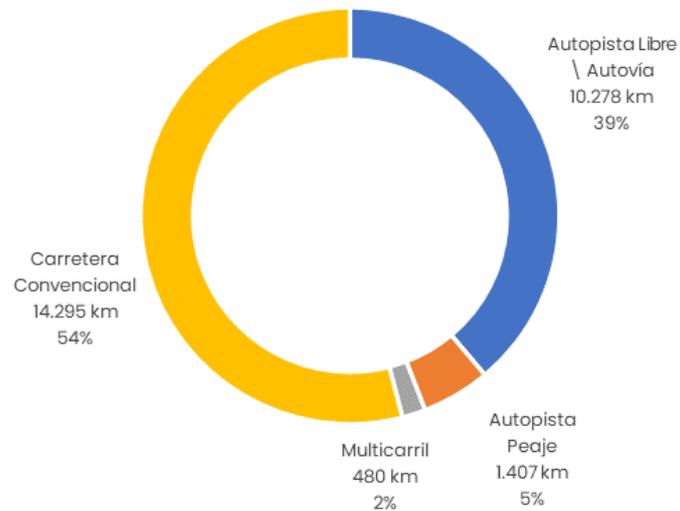
AÑO	Red Nacional Total	Red a Cargo del Estado	Red a cargo de las Comunidades Autónomas	Red a cargo de las Diputaciones y Cabildos
2021	165.375	26.459	71.145	67.770

Fuente: Catálogo de la RCE 2021

En cuanto a distribución de la Red de Carreteras del Estado según el tipo de vía, 12.164 km corresponden a vías de gran capacidad (autopistas de peaje, autopistas libres, autovías y carreteras multicarril) y 14.295 km corresponden a carreteras convencionales, de acuerdo con los datos del Catálogo Oficial a fecha 31 de diciembre de 2021.

² <https://www.mitma.gob.es/carreteras/catalogo-y-evolucion-de-la-red-de-carreteras>

Figura 1: Tipo de vía por longitud



En la siguiente figura se representa la Red de Carreteras del Estado sobre el mapa de España según el tipo de vía. Cabe destacar que el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible no tiene competencias en las comunidades autónomas de las Islas Canarias, Islas Baleares y País Vasco y la Comunidad Foral de Navarra.

Figura 2: Red de carreteras del Estado. Año 2021





En lo relativo a la administración de la Red de Carreteras del Estado, existen 520 km de carreteras que son gestionadas por la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre SEITT, S.M.E., y 2.125 km que son gestionados por diversas empresas concesionarias (de estas, 1.077 km mediante peaje tradicional y 1.048 km mediante peaje en sombra, las denominadas autovías de primera generación). La gestión de los 23.814 km restantes de la RCE, que suponen un 90% de la Red, corresponde de forma directa a la Dirección General de Carreteras (DGC).

Cabe señalar que tanto SEITT como las mencionadas empresas concesionarias son las entidades responsables de las actuaciones de mejora de la eficiencia energética en las carreteras cuya gestión les corresponde. En consecuencia, **la presente Estrategia se refiere exclusivamente a las carreteras de la RCE cuya gestión corresponde de forma directa a la DGC, entendiéndose en adelante las referencias a la RCE como realizadas únicamente a la parte de la RCE gestionada de forma directa por la DGC (90% de la Red).**

De acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 250/2023, de 4 de abril³, en materia de eficiencia energética le corresponde a la DGC, a través de la Subdirección General de Sostenibilidad e Innovación, el ejercicio de la función siguientes:

- La elaboración, implementación, seguimiento y control de la estrategia de eficiencia energética de la Red de Carreteras del Estado, así como de otros planes estratégicos relacionados con la sostenibilidad, descarbonización, resiliencia y adaptación al cambio climático, en coordinación con el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico así como con otros departamentos ministeriales competentes en la materia.

Asimismo, los servicios centrales de la DGC son los responsables de la coordinación e impulso de las actividades desarrolladas por sus servicios periféricos, que son los siguientes:

- **15 Demarcaciones de Carreteras**, de ámbito regional, que realizan funciones en materia de planificación, proyectos, obras, conservación, explotación y administración en relación con la Red de Carreteras del Estado.
- **28 Unidades de Carreteras**, que dependen a su vez de la Demarcación de Carreteras correspondiente, y realizan funciones de conservación y explotación.

Hay que indicar que en las Comunidades Autónomas de Andalucía y de Castilla y León existen dos Demarcaciones (Occidental y Oriental) debido a su extensión territorial y no existen Demarcaciones en las Comunidades Autónomas de las Islas Baleares, Canarias, Navarra y País Vasco por haber sido transferidas todas las carreteras a las respectivas Administraciones Autonómicas.

Por último, es preciso señalar que los trabajos de conservación y explotación de la Red de Carreteras del Estado se llevan a cabo a través de 158 contratos de Conservación y Explotación, cuyos adjudicatarios prestan los servicios contratados de acuerdo con las condiciones exigidas.

Los trabajos consisten en la vigilancia y atención de accidentes, vialidad invernal, control de túneles y comunicaciones o el mantenimiento de instalaciones, además de determinados contratos específicos de rehabilitación y mejora de firmes y señalización y obras necesarias para mejorar la funcionalidad de la vía en determinadas carreteras.

Cada uno de estos contratos abarca un sector de carreteras coordinado desde un Centro COEX (conservación y explotación). Cada sector abarca del entorno de 70 km de autovías o 150 km de carretera/s convencional/es, y se codifican por provincias, existiendo normalmente varios de estos sectores en cada provincia.

³ Real Decreto 250/2023, de 4 de abril, por el que se modifican el Real Decreto 139/2020, de 28 de enero, por el que se establece la estructura orgánica básica de los departamentos ministeriales, y el Real Decreto 645/2020, de 7 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

Figura 3. Demarcaciones de Carreteras del Estado y RCE



Fuente: Elaboración propia



Tabla 3. Demarcaciones de Carreteras

DEMARCACIONES	UNIDADES
ANDALUCÍA OCCIDENTAL: Sevilla (incluye Ceuta)	Cádiz
	Córdoba
	Huelva
ANDALUCÍA ORIENTAL: Granada (incluye Melilla)	Almería
	Jaén
	Málaga
ARAGÓN: Zaragoza	Huesca
	Teruel
ASTURIAS: Oviedo	----
CANTABRIA: Santander	----
CASTILLA-LA MANCHA: Toledo	Albacete
	Ciudad Real
	Cuenca
	Guadalajara
CASTILLA Y LEÓN ORIENTAL: Burgos	Ávila
	Segovia
	Soria
CASTILLA Y LEÓN OCCIDENTAL: Valladolid	León
	Palencia
	Salamanca
	Zamora
CATALUÑA: Barcelona	Girona
	Lleida
	Tarragona
EXTREMADURA: Badajoz	Cáceres
GALICIA: A Coruña	Lugo
	Ourense
	Pontevedra
C. DE MADRID: Madrid	----
REGIÓN DE MURCIA: Murcia	----
LA RIOJA: Logroño	----
COMUNIDAD VALENCIANA: Valencia	Alicante
	Castellón
15	28

Fuente: Informe sobre el funcionamiento de los servicios de la Administración General del Estado en el Territorio en 2021

4.2 ANÁLISIS DEL SUMINISTRO ENERGÉTICO EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO

El consumo de energía final en la DGC ascendió a 154 GWh/año⁴ durante el año 2021, siendo el 94,7 % de la energía final consumida en forma de energía eléctrica. El consumo de combustibles por parte de los vehículos de la flota propia de la DGC supone el 4,4 %. El consumo en Gasóleo C y gas natural es mínimo y están destinados principalmente a calefacción de algunos de los edificios de las demarcaciones de carreteras.

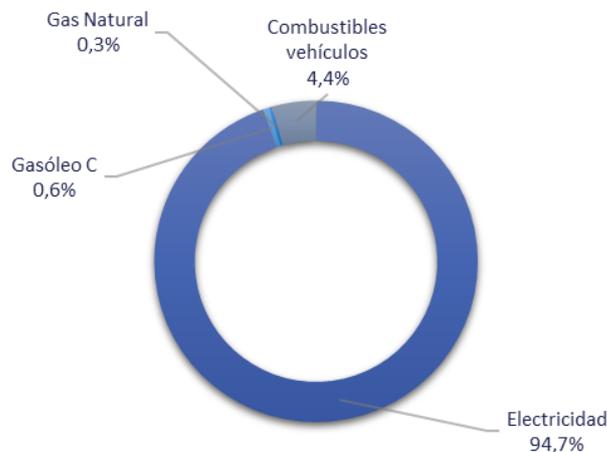
A continuación se detalla la distribución del consumo energético de la DGC según su fuente:

Tabla 4. consumo de energía final por combustible (2021)

Fuentes de energía	Consumo (kWh/año)
Electricidad	145.974.346
Gasóleo C	921.199
Gas natural	42.155
Combustibles de vehículos	6.799.457
TOTAL	154.137.158

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del cálculo de la Huella de Carbono de la DGC 2021

Figura 4: Consumo energía final (kWh equiv.) por fuente energética. Año 2021



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de facturación eléctrica DGC y Huella de Carbono DGC 2021.

Cabe destacar que los mencionados consumos se refieren únicamente a aquellos realizados de forma directa por la actividad propia de la Dirección General de Carreteras (vehículos propios, calefacción en instalaciones fijas, etc.), es decir, a aquellos que se corresponden con las emisiones directas de gases de efecto invernadero⁵ (Alcance 1) y aquellos consumos identificados con las emisiones indirectas asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización (Alcance 2). Por tanto, no se

⁴ Web Gestión de Iluminación. El valor de consumo eléctrico se ha extraído de la facturación eléctrica asociados a los CUPS correspondientes a la DGC que proceden del Acuerdo Marco AM 23/2021.

⁵ Según la metodología de cálculo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero GHG Protocol

incluyen aquellos consumos asociados al resto de operaciones indirectas (Alcance 3), como es la actividad desarrollada por las empresas de conservación y explotación de carreteras (158 contratos COEX) o bien la actividad desarrollada por las empresas de ingeniería en fase de diseño o por las empresas constructoras en la fase de ejecución de nuevas actuaciones o de mejora de la RCE.

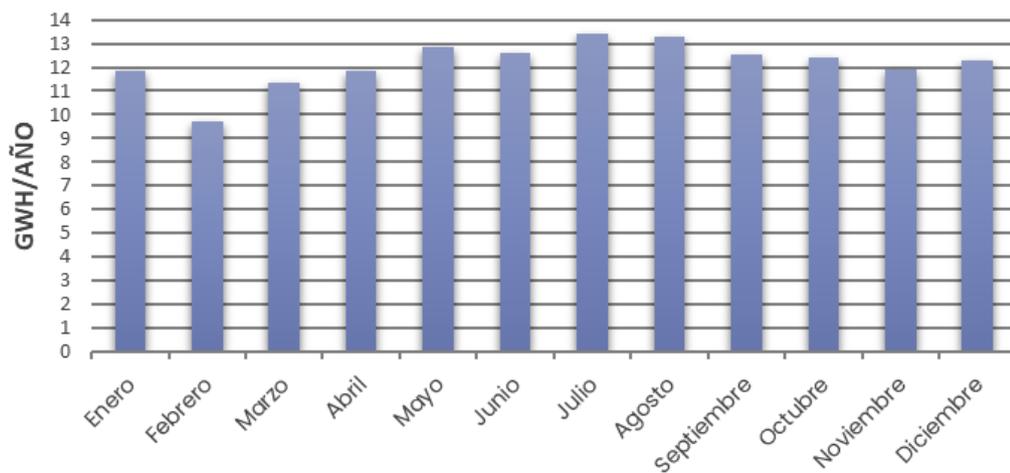
4.3 ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO

De acuerdo con los datos recogidos en la tabla 4 del apartado anterior, el consumo de energía eléctrica ascendió en el año 2021 a 146 GWh/año⁶, lo que supone aproximadamente un 0,06% de la generación total de energía eléctrica a nivel nacional⁷. El gasto anual asociado a dicho consumo se estima en aproximadamente 30-40 millones de euros.

En un contexto internacional de necesidad de reducción del consumo energético, debido a la urgencia por minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero (huella de carbono) y al incremento actual y futuro de los costes de la energía fósil, la eficiencia energética de la DGC se considera una prioridad.

El consumo eléctrico mensual por parte de la DGC es ligeramente variable, como puede apreciarse en la figura 5, si bien no se observa una gran estacionalidad en los consumos.

Figura 5: Datos de consumo energía eléctrica mensual 2021 (kWh).



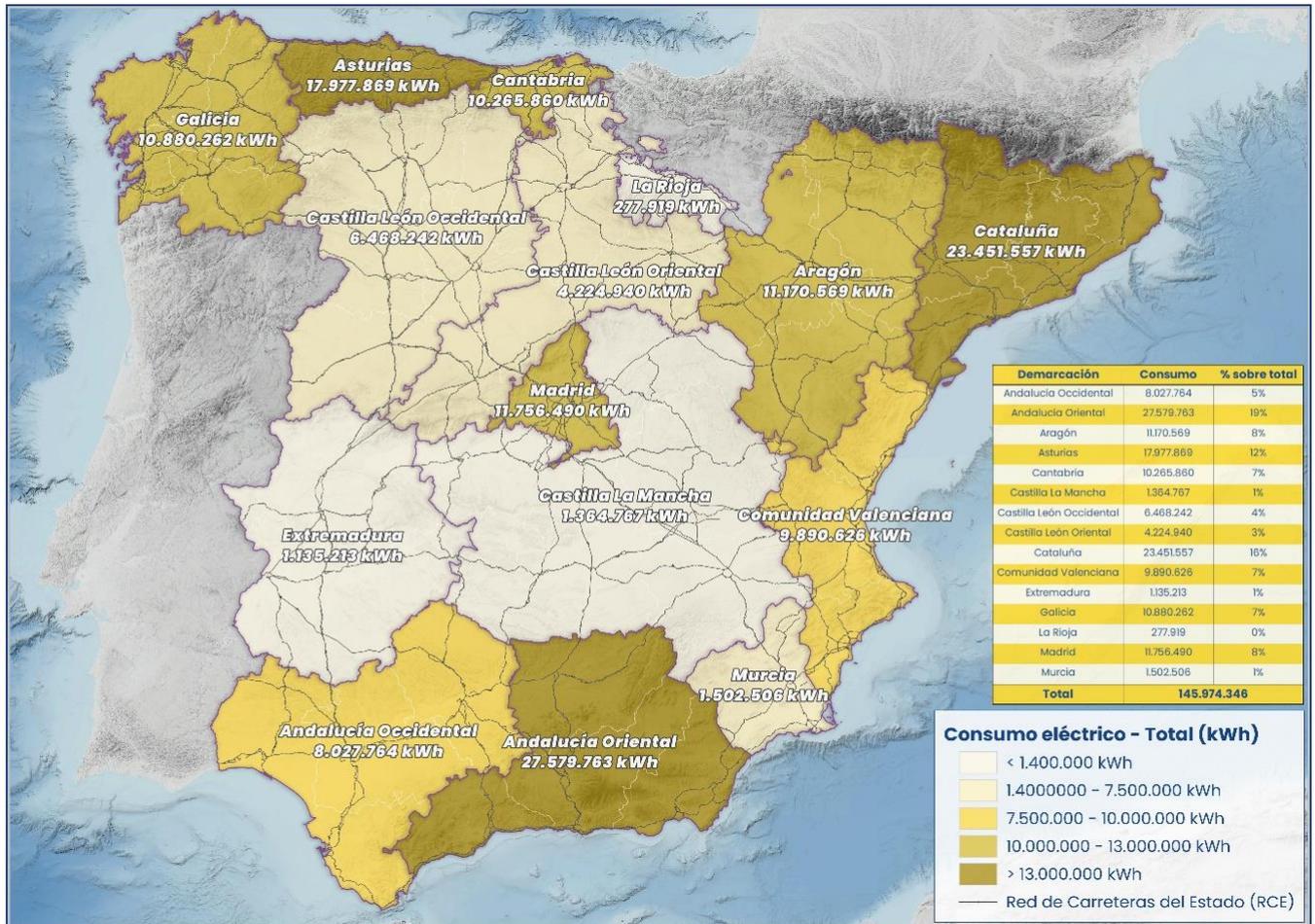
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WEB Gestión de iluminación DGC

El consumo eléctrico por demarcación también es variable debido a la heterogeneidad de activos existente entre ellas. En la siguiente imagen se detalla el mapa de España con el consumo eléctrico por demarcación:

⁶ Web Gestión de Iluminación. El valor de consumo eléctrico se ha extraído de la facturación eléctrica asociados a los CUPS correspondientes a la DGC que proceden del Acuerdo Marco AM 23/2021

⁷ Datos extraídos de Red Eléctrica Española (<https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion>)

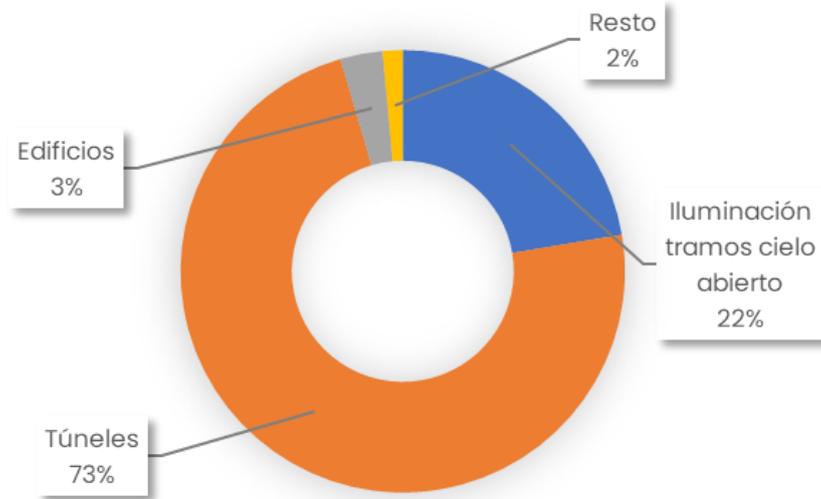
Figura 6: Consumo eléctrico por demarcación (kWh/año)



Fuente: Elaboración propia

Además, se ha analizado del consumo eléctrico estimado por tipo de instalación, clasificando el consumo según los siguientes segmentos: consumo por iluminación a cielo abierto, el consumo en túneles (iluminación y ventilación), consumo eléctrico en edificios (oficinas, talleres, almacenes, etc.) y un consumo restante donde podemos encontrar paneles de señalización de mensajería variable, bombeos, elementos ITS y otros elementos no identificados. Para la realización de esta estimación, se han empleado los datos inventariados por la DGC en su aplicación para la gestión de la facturación eléctrica.

Figura 7: Consumo eléctrico por tipo de instalación 2021 (kWh)⁸



Fuente: Elaboración propia

Puede observarse en la figura anterior que el principal elemento de consumo eléctrico en la RCE corresponde a los túneles, suponiendo un 73 % del consumo eléctrico total, aproximadamente 106,8 GWh/año. El segundo elemento de mayor relevancia según consumo eléctrico es la iluminación de los tramos a cielo abierto, con un 22 % del consumo total de energía eléctrica, aproximadamente 32,8 GWh/año. Estos dos tipos de instalaciones, túneles y alumbrado a cielo abierto abarcan prácticamente la totalidad del consumo eléctrico total, ya que representan el 95 % del consumo eléctrico de la DGC.

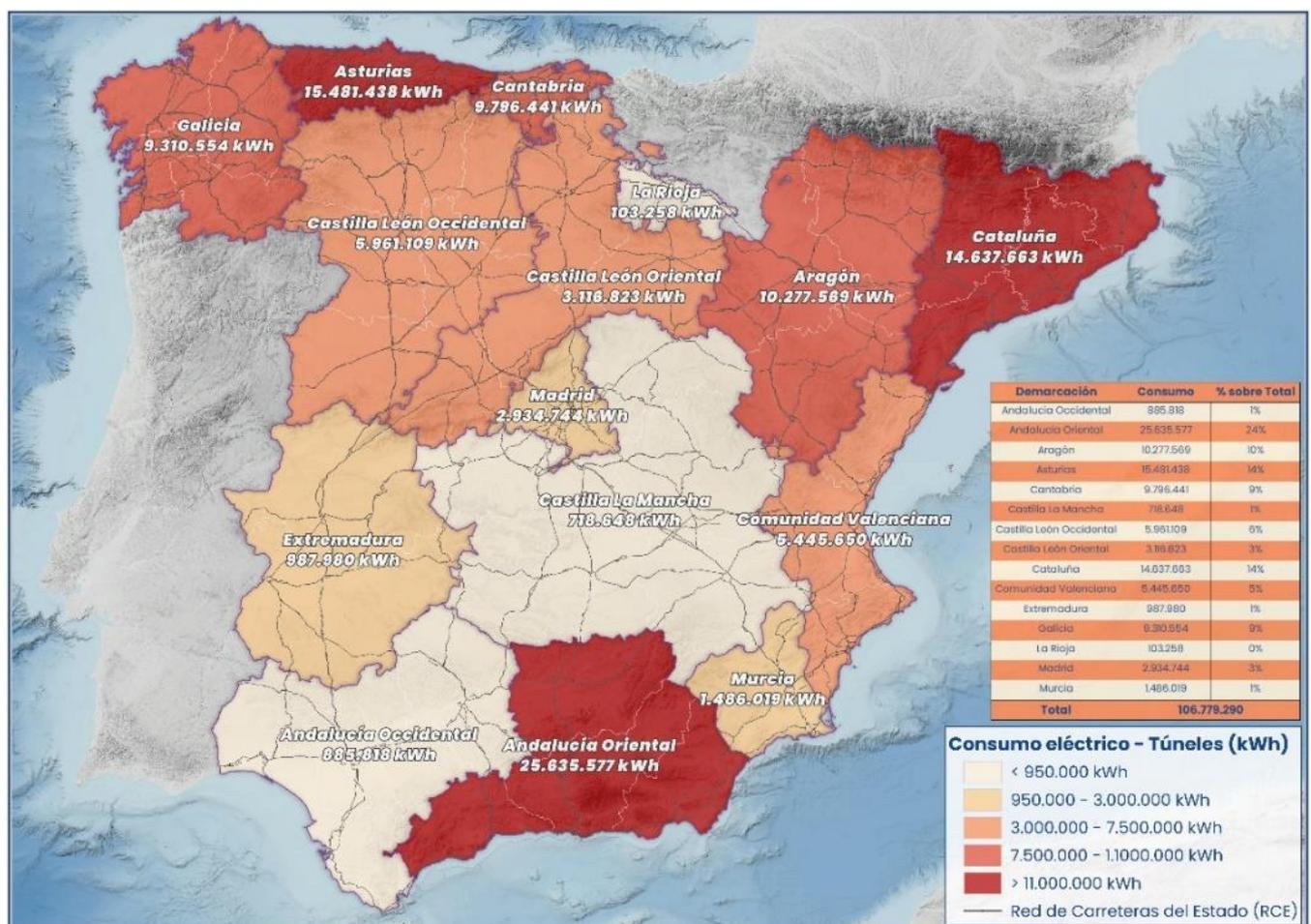
Asimismo, se ha clasificado el consumo eléctrico dentro de los túneles, donde el 70 % es debido a la iluminación del túnel y el 30 % a otros consumidores eléctricos, fundamentalmente a la ventilación.

⁸ El consumo de edificios y resto se ha estimado a partir de la base de datos de instalaciones de la DGC, extraída de la Web Gestión Iluminación. Para la elaboración del Plan de Acción de Eficiencia Energética 2030 de la RCE se revisarán los datos de inventarios actuales y se definirá en mayor detalle el desglose de consumos eléctricos en dichas instalaciones.

A continuación, se muestra el consumo eléctrico por tipo de instalación para cada demarcación, donde se puede observar la heterogeneidad de instalaciones en el territorio nacional que se comentaba anteriormente.

- Como se puede observar en la figura 8, el mayor consumo eléctrico en túneles corresponde a la Demarcación de Carreteras del Estado (DCE) en Andalucía Oriental, con un 24 % del consumo total de túneles de la DGC, fundamentalmente en las provincias de Málaga y Granada, seguido de la DCE en Asturias, con un 14 % del consumo. Ello es debido a la complicada orografía de estos territorios, lo que implica la necesidad de una elevada cantidad de túneles de grandes longitudes. También se observa cómo, a pesar de su elevada superficie, el consumo eléctrico en túneles es muy reducido en las demarcaciones de Andalucía Occidental y Castilla La Mancha, con apenas un 1 % del consumo cada una.

Figura 8: Consumo eléctrico de túneles por demarcación (kWh/año). Año 2021



Fuente: Elaboración propia



La distribución de los túneles gestionados por cada Demarcación de Carreteras del Estado y la longitud total que representan es la siguiente:

Tabla 5. Inventario de túneles por demarcación. Año 2023

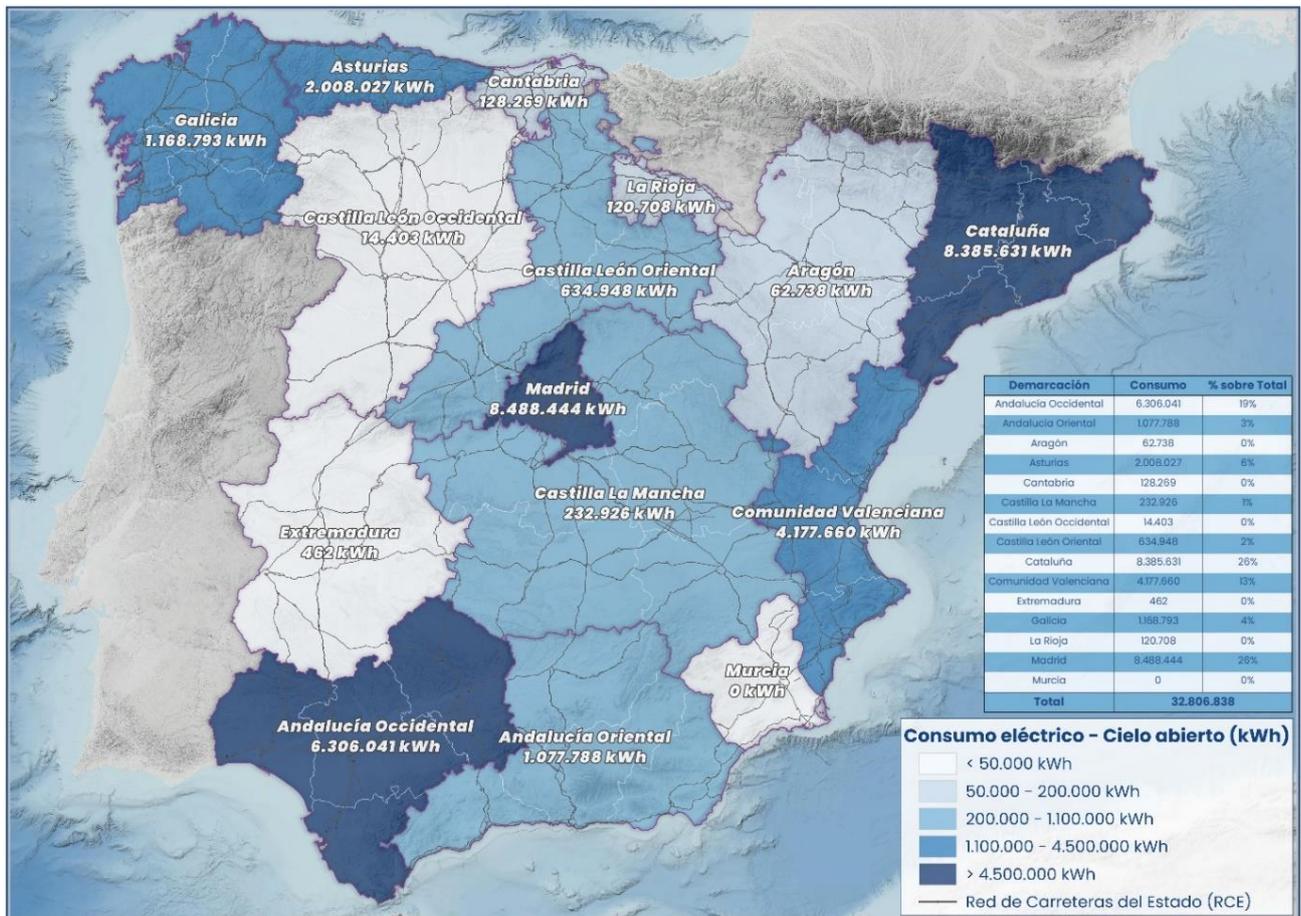
Demarcación de carreteras del Estado	Número de tubos	Longitud Total (m)	% de longitud total
ANDALUCÍA OCCIDENTAL	5	1.976	1%
ANDALUCÍA ORIENTAL	82	45.783	20%
ARAGÓN	61	28.750	12%
ASTURIAS	65	37.327	16%
CANTABRIA	28	19.676	8%
CASTILLA-LA MANCHA	8	2.165	1%
CASTILLA Y LEÓN OCCIDENTAL	25	9.533	4%
CASTILLA Y LEÓN ORIENTAL	12	4.890	2%
CATALUÑA	64	39.730	17%
COMUNIDAD VALENCIANA	28	12.526	5%
EXTREMADURA	2	2.371	1%
GALICIA	46	19.839	8%
LA RIOJA	1	208	0%
MADRID	11	5.298	2%
MURCIA	4	3.784	2%
TOTAL	442	233.856	100%

Fuente: BIT2.1. Base de datos de inventario, incidencias e inspecciones en túneles de la RCE

Como se puede apreciar, el consumo eléctrico por parte de los túneles de cada demarcación es proporcional a la longitud de los tubos que los constituyen.

- En lo relativo al consumo eléctrico en tramos a cielo abierto, se puede observar en la figura siguiente que el mayor consumo se da en las demarcaciones de Madrid, Cataluña y Andalucía Occidental, de forma que únicamente estas tres demarcaciones representan más de la mitad del consumo eléctrico total de la DGC en los tramos a cielo abierto. El elevado consumo eléctrico a cielo abierto por parte de estas demarcaciones parece razonable a la vista de la elevada densidad de población en las provincias de Madrid, Barcelona o Sevilla, lo que provoca que se alcancen con mayor frecuencia los criterios para la iluminación de carreteras establecidos en la Orden Circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles.

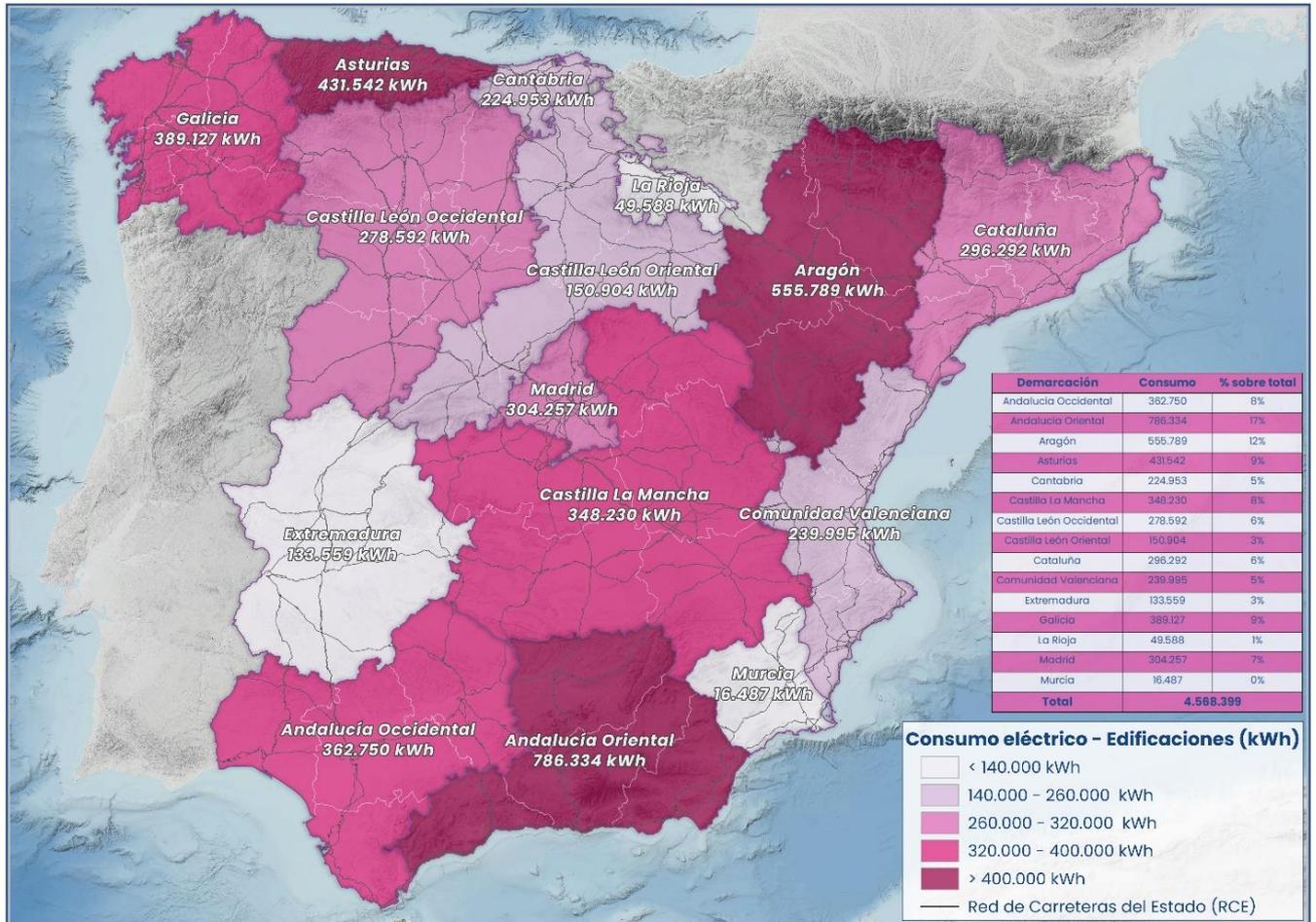
Figura 9: Consumo eléctrico de tramos a cielo abierto por demarcación (kWh/año). Año 2021



Fuente: Elaboración propia

- El consumo eléctrico en edificaciones se encuentra repartido de una manera equitativa a nivel nacional, encontrándose los principales consumos en las demarcaciones de Andalucía Oriental y Aragón, con un 17 % y 12 % del consumo eléctrico de esta tipología respectivamente. Dentro del consumo de estas instalaciones se encuentran elementos de diferentes tipologías, como pueden ser centros de control de túneles, oficinas de las diferentes demarcaciones u otro tipo de edificaciones dedicadas a la operativa de la DGC.

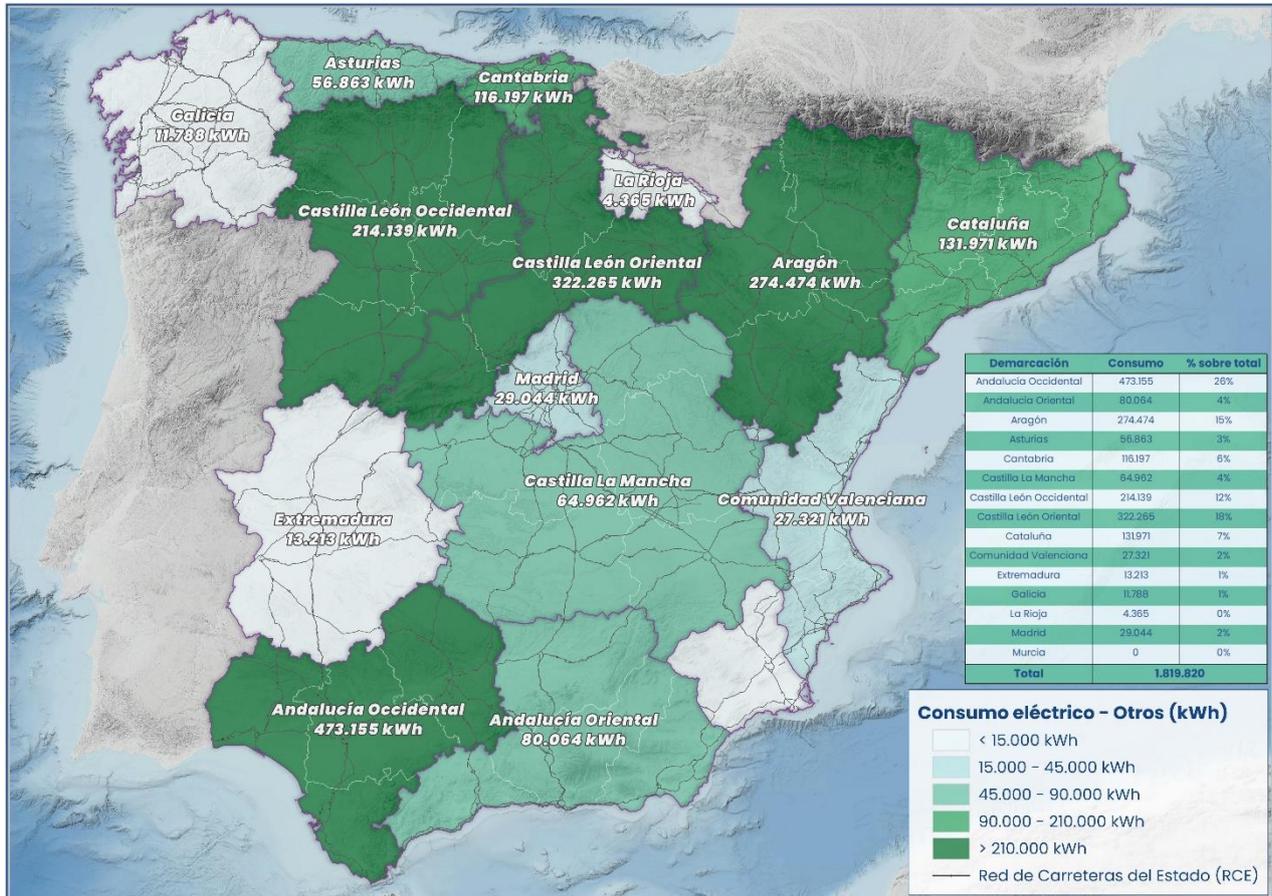
Figura 10: Consumo eléctrico de edificaciones por demarcación (kWh/año). Año 2021



Fuente: Elaboración propia

- Por último, se dispone del consumo eléctrico asociado a otros elementos, entre los cuales se pueden encontrar elementos muy diversos (paneles de señalización de mensajería variable, bombes, elementos ITS, etc.). Como se puede observar, el mayor consumo se da en Andalucía Occidental, con un 26 % del total, seguido de Castilla y León Oriental con un 18 % y Aragón con un 15 %, obteniéndose con estas tres demarcaciones casi el 60 % del consumo de la categoría.

Figura 11: Consumo eléctrico de edificaciones por demarcación (kWh/año). Año 2021



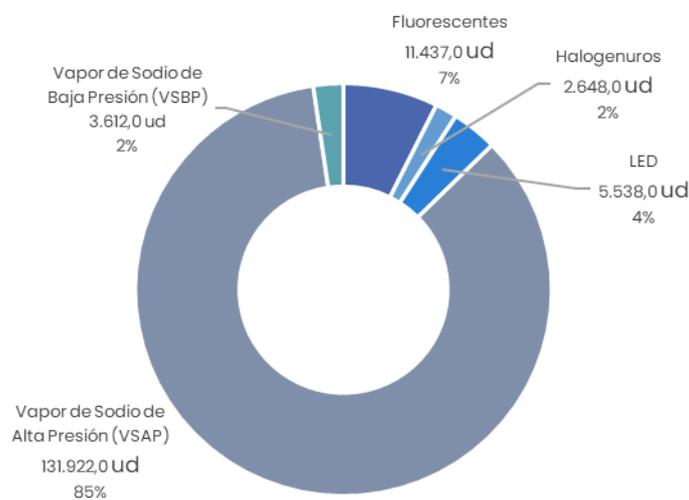
Fuente: Elaboración propia

4.4 ESTADO ACTUAL DE LA ILUMINACIÓN EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO Y JUSTIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES A APORTAR

En lo que respecta a la caracterización de las instalaciones de iluminación, existen diferentes tipologías de lámparas utilizadas para el alumbrado de las infraestructuras de la RCE. Hasta hace dos décadas, la gran mayoría de las lámparas utilizadas en la RCE estaban basadas en tecnologías de descarga de gas de alta intensidad, principalmente de vapor de sodio. No obstante, estas luminarias están siendo remplazadas de forma gradual por lámparas de tecnología led, que proporcionan un rendimiento lumínico adecuado a la vez que permiten un ahorro energético significativo.

A continuación, se muestra la distribución de los tipos de lámparas existentes en la Red de Carreteras del Estado.

Figura 12: Tipología de fuentes de luz por número de unidades instaladas



Fuente: Elaboración propia a partir del inventario de datos de la Web Gestión Iluminación de la DGC

Como se puede observar, la mayor parte de las luminarias instaladas son de tecnología vapor de sodio, teniendo las luminarias de tecnología led por el momento una presencia minoritaria que apenas asciende al 4 % del total de luminarias instaladas.

Cabe destacar que los puntos de luz reflejados en la figura anterior únicamente contemplan aquellas luminarias de la RCE conectadas a puntos de consumo (CUPS) cuya titularidad corresponde a la Dirección General de Carreteras. No obstante, se ha comprobado que existen puntos de luz adicionales conectados a puntos de consumo titularidad de otras entidades, generalmente ayuntamientos, sobre los que la DGC desempeña en algunas ocasiones las operaciones de mantenimiento, pero donde el abono de la factura eléctrica es responsabilidad de dichas entidades. En estos supuestos, generalmente se ha procedido a la suscripción de convenios entre ambas partes para regular cada situación particular. En el desarrollo del Plan de Acción de Eficiencia Energética 2030 de la RCE se realizará un inventario detallado de las luminarias que se encuentran en esta situación, estableciendo un protocolo de actuación que regule dicha situación.

De acuerdo con las exigencias establecidas en la Orden Circular 36/2015 sobre "Criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles", en adelante OC 36/2015, las fuentes lumínicas empleadas en la RCE deben responder a los siguientes criterios:

- Cumplir con los criterios normativos de iluminación (luminancia, uniformidad, etc.) establecidos para cada tipo de instalación.
- Optimizar la energía eléctrica consumida, mediante unas adecuadas eficacias luminosas (lm/W) y eficiencias fotométricas (el volumen iluminado).
- Cubrir el mayor número posible de horas de funcionamiento de la instalación (vida útil), que en el caso de alumbrado a cielo abierto se estima en aproximadamente 4.200 horas/año. En el caso de alumbrado en túneles, este parámetro puede ser más crítico todavía, al disponer de luminarias encendidas de manera permanente (8.760 horas/año).
- Permitir la mayor separación entre puntos de luz posible, manteniendo un flujo luminoso correcto y uniforme. Este parámetro se encuentra relacionado con la eficiencia fotométrica de las luminarias.
- Responder de la manera más rápida posible a los fallos súbitos de alimentación eléctrica.
- Permitir la regulación de su flujo y consumo, para hacer posible las instalaciones adaptables a las necesidades del tráfico o a las condiciones atmosféricas (reducción de la luz natural, lluvia, etc.).
- Cumplir con la exigencia de limitación del resplandor luminoso.

Habitualmente, las lámparas de vapor de sodio cumplían holgadamente los requisitos lumínicos y económicos, no existiendo en el mercado otras tecnologías alternativas válidas. No obstante, la aparición de la tecnología led ha cambiado esta situación, al proporcionar una serie de ventajas de carácter técnico y económico respecto de la tecnología de vapor de sodio. Se muestra a continuación una tabla comparativa de los factores técnicos principales que diferencian ambas tecnologías:

Tabla 6. Comparativa VSAP – led

Factor de comparación	VSAP/VSBP	LED
Temperatura de color (k)	2000K	1.800–5.000 k
Eficacia luminosa (lm/W)	Hasta 150 lm/W	130–180 lm/W
Vida útil (horas)	36.000 horas	100.000 horas
Encendido instantáneo	No	Sí
Regulación punto a punto	No	Sí
Posibilidad de integración de sensores	No	Sí

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se realiza una breve descripción de las características generales de los diferentes tipos de lámparas utilizadas en la RCE:

1. **Lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP):**

- Poseen una gran eficacia luminosa (70–100 lm/W para potencias pequeñas y hasta 150 lm/W para potencias mayores).
- Se trata de una tecnología estable en su funcionamiento y con una vida útil relativamente elevada, en torno a las 36.000 horas en el rango de potencias utilizado en alumbrado público, lo que equivale a más de 8 años en instalaciones con alumbrado nocturno o 4 años en instalaciones con

alumbrado permanente, siempre que se realice un mantenimiento adecuado y se operen los equipos de manera correcta.

- Son capaces de reencenderse en caliente tras el apagado en $t < 3$ segundos, aunque no alcanza su valor nominal de luminosidad hasta pasados unos 3 minutos.
- Es posible regular el flujo luminoso mediante la utilización de unos equipos denominados balastos, los cuales permiten reducir el consumo hasta un 50 % mediante el ajuste del flujo a las condiciones reales y necesarias en cada momento, en caso de disponer de estos sistemas en la instalación.
- Disponen de una temperatura de color baja, en torno a los 2.000 K, lo que les confiere un tono de luz amarillo.

Figura 13: Tramo de cielo abierto iluminado con VSAP



Fuente: Orden Circular 36/2015

2. Lámparas de vapor de sodio de baja presión (VSBP).

En comparación con la tecnología de alta presión, esta ofrece unos flujos luminosos inferiores aunque con unas eficacias luminosas y vida útil superiores. No necesita un arrancador aunque sí requiere un balasto para la regulación del flujo, y también disponen de un tiempo de encendido y reencendido similar a la tecnología de alta presión. Además, emiten en una temperatura de color inferior al vapor a alta presión, lo que les confiere una luz en un tono más anaranjado. Por último, las lámparas de sodio de baja presión tienen un volumen superior a las lámparas de alta presión, lo que les confiere una eficiencia fotométrica inferior.

3. Lámparas LED:

- Disponen de una elevada eficacia luminosa, en un rango aproximado de 130–180 lm/W.
- No necesitan equipos auxiliares para el funcionamiento correcto de las lámparas, ni para permitir modificar los flujos lumínicos.
- La intensidad de las lámparas puede ser regulable.
- Mejora de la uniformidad, ya que los ledes emiten en general de una manera más direccional que las tecnologías convencionales, las cuales emiten en 360°.
- Es posible alimentar a los diodos con diferentes intensidades sin necesidad de equipos externos, lo que posibilita modificar de manera sencilla la cantidad de flujo que emiten las lámparas, permitiendo con ello adaptar mejor los equipos a las necesidades lumínicas permitiendo ahorrar energía manteniendo la seguridad requerida.



- Los diodos led son un elemento estable en el funcionamiento eléctrico, y posee una vida útil muy elevada, en torno a las 100.000 horas con la tecnología disponible actualmente, lo que en teoría permitiría un uso de más de 11 años en túneles o casi 24 años en iluminación nocturna. Además, este tipo de luminarias requieren de un mantenimiento muy inferior a las tecnologías convencionales, además de tener una mayor resistencia a condiciones meteorológicas adversas manteniendo un correcto funcionamiento de los equipos.
- En cuanto a la capacidad de respuesta a fallos temporales en la alimentación de la red, los diodos led son capaces de encenderse de manera instantánea en cualquier situación, lo que la convierte en la fuente de luz más idónea en este sentido.
- De manera general, los diodos led emiten en un rango de temperaturas de color de 4.000–5.000 K, lo que les confiere un tono de luz blanco frío.

4. Halogenuros metálicos:

Son lámparas disponibles en potencias de hasta 2.000 W con elevados flujos luminosos, pero con unas eficacias luminosas reducidas, por debajo de 90 lm/w, muy inferior a las tecnologías de vapor de sodio. Al igual que la tecnología de vapor de sodio de alta presión, es un equipo que necesita un arrancador y un balasto para regular el encendido y el flujo lumínico respectivamente, y necesita un tiempo elevado, hasta 5 min, para alcanzar las condiciones nominales de flujo tras el encendido. Al contrario que estas, son luminarias capaces de emitir en un amplio rango de temperatura de color, de unos 2.800 K a 5.000 K, lo que les confiere un tono de luz de amarillo a blanco en función de la luminaria escogida. También disponen de una vida útil en torno a las 10.000 horas, lo que imposibilita su utilización en instalaciones con iluminación permanente. Por ello, su uso se limita a instalaciones con encendidos reducidos.

5. Fluorescentes:

En términos generales, su uso se reserva a la iluminación de emergencia en túneles en potencias reducidas (inferior a 60 W de manera general). Estas lámparas no necesitan un arrancador pero sí un balasto para regulación del flujo, y tras los ledes, son las lámparas con un encendido más rápido, con un tiempo de encendido a flujo nominal inferior a 3 segundos. Por este motivo, se utilizan principalmente para el alumbrado de emergencia en túneles. Son las luminarias que ofrecen unos flujos luminosos más reducidos, por debajo de 7.000 lúmenes, al mismo tiempo que una de las eficacias luminosas más reducidas, en torno a 80 lm/W. Por último, la vida útil es superior a las 15.000 horas, y son lámparas que emiten en temperaturas de color de hasta 6.000 K, lo que les confiere un tono de luz blanco.

En lo relativo a la regulación normativa del alumbrado en la RCE, a la vista de que la iluminación de las carreteras es el principal consumidor de energía de la RCE, desde el año 2010 se han venido adoptando, bajo criterios económicos y de sostenibilidad, diversas medidas encaminadas a la reducción del consumo. Estas medidas se plasman en las siguientes instrucciones:

- Nota de Servicio NS 3/2010 sobre “Actuaciones a realizar por las Demarcaciones de Carreteras para reducir el consumo de energía en las instalaciones de alumbrado”, con medidas como el apagado de los tramos interurbanos que no presentaban problemas de seguridad vial; la instalación de reductores de flujo en todas las instalaciones de alumbrado a cielo abierto; o el apagado de las instalaciones de alumbrado en determinadas franjas horarias.⁹

⁹ Según datos de inventarios internos de la DGC, se estima que el porcentaje de puntos de luz apagados es elevado. En el desarrollo del Plan de Acción Eficiencia Energética 2030 de la RCE se realizará un análisis detallado de las luminarias que se encuentran en dicha situación.



- Instrucciones complementarias sobre actuaciones a realizar por las demarcaciones de carreteras para reducir el consumo de energía eléctrica en las instalaciones de alumbrado público de 14 de abril de 2011.
- Instrucciones sobre medidas a adoptar por las demarcaciones de carreteras para reducir el consumo de energía eléctrica en las instalaciones de alumbrado de 12 de junio de 2012.
- Orden Circular 36/2015 sobre "Criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles" que introduce importantes cambios normativos en lo que se refiere a los criterios para iluminar un tramo de carretera, los elementos constitutivos de las instalaciones de alumbrado, los proyectos de iluminación, la ejecución de obras, el mantenimiento y explotación de las instalaciones, la mejora y rehabilitación de las instalaciones existentes, la iluminación y el medioambiente, y por último la iluminación de puntos singulares.

En consecuencia, con base en lo establecido en la citada Orden Circular 36/2015, los criterios que actualmente se están aplicando para la iluminación de las carreteras que forman parte de la RCE son los siguientes:

c) AUTOVÍAS Y AUTOPISTAS:

Está justificado iluminarlas cuando discurran por suelo urbano (ambas márgenes) y concurra alguna de las siguientes circunstancias:

- La intensidad media de vehículos sea igual o superior a 80.000 vehículos por día. ($IMD \geq 80.000$ vehículos/día).
- La intensidad media de vehículos sea igual o superior a 60.000 vehículos por día ($IMD \geq 60.000$ vehículos/día) y se produzcan más de 120 días de lluvia al año.

d) CARRETERAS CONVENCIONALES:

No se iluminarán en general, aunque podrá justificarse su iluminación en caso de que el tramo sea un TCA (Tramo de concentración de accidentes) y en los dos últimos años más del 50 % de los accidentes se hayan producido en periodo nocturno.

e) PUNTOS SINGULARES:

Está justificada la iluminación de los puntos singulares en los siguientes casos:

- Glorietas situadas en carreteras convencionales, en las que por tener una importante intensidad de tráfico o por su peligrosidad, no sea suficiente con una correcta señalización y balizamiento.
- Enlaces situados en zonas interurbanas en los que la intensidad media de vehículos sea igual o superior a 80.000 vehículos por día ($IMD \geq 80.000$ vehículos/día).
- Enlaces situados en zonas interurbanas en los que la intensidad media de vehículos sea igual o superior a 60.000 vehículos por día ($IMD \geq 60.000$ vehículos/día) y se produzcan más de 120 días de lluvia al año.
- Cruces con glorietas e intersecciones a nivel, siempre que el tráfico de la carretera secundaria sea mayor que 10.000 vehículos por día, o bien sea un TCA con un porcentaje de accidentes nocturnos superior al 50% del total de accidentes durante los dos últimos años.

La iluminación de un tramo de carretera o de un punto singular de la Red que no cumpla con los criterios anteriores requiere de la autorización expresa del Director General de Carreteras, previo informe justificativo del Jefe de la Demarcación correspondiente.

Por otro lado, los criterios de iluminación en túneles son diferentes, estando además relacionada la utilización de la iluminación artificial con la longitud del propio túnel. "Los túneles cortos normalmente



existen cuando una carretera pasa por debajo de otra carretera o vía de ferrocarril o está cubierta en una corta distancia en situaciones urbanas. Los túneles menores de 25 m no necesitan alumbrado durante el día (diurno). Los túneles mayores de 200 m siempre necesitan algún tipo de alumbrado artificial diurno para evitar problemas de adaptación para los usuarios de la carretera. Para túneles de longitud comprendida entre 25 m y 200 m hay que estudiar su necesidad de iluminación¹⁰.

4.5 SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA RED DE CARRETERAS Y GESTIÓN DE LA FACTURACIÓN

El suministro eléctrico en la RCE se gestiona a través de contratos basados en el Acuerdo Marco para el suministro de energía eléctrica (actualmente vigente el AM 23/2021 con un plazo de vigencia de dos años que podrán ser prorrogados una o varias veces hasta un máximo de dos años).

El objeto del Acuerdo Marco, gestionado a través del Ministerio de Hacienda y Función Pública, es el suministro de electricidad de la Administración General del Estado, sus organismos autónomos, entidades gestoras y servicios comunes de la Seguridad Social y demás entidades públicas estatales, así como entidades adheridas que lo soliciten expresamente.

Los organismos peticionarios, en este caso la Dirección General de Carreteras, contratan su suministro de electricidad para los lotes que sean precisos, a través de segundas licitaciones en las que se aporta a las empresas adjudicatarias del Acuerdo Marco las características de los puntos de suministro (CUPS) para los que se solicita oferta y su estimación de consumo eléctrico por períodos horarios. Las empresas adjudicatarias del Acuerdo Marco presentan su oferta de precios, que no pueden exceder de los precios umbrales establecidos en el Acuerdo Marco para cada empresa según su oferta inicial.

En el momento de redacción de este documento, la Dirección General de Carreteras gestiona el contrato basado de la Agrupación 6876 para el suministro de energía eléctrica correspondiente al lote 1 (Península) y el contrato basado correspondiente al suministro eléctrico de Melilla, lote 6.

En el Acuerdo Marco 23/2021, con objeto de lograr una energía más limpia de origen, en la cláusula número 6 Garantía de Origen del Pliego de Prescripciones Técnicas, se indica lo siguiente:

“En los lotes 1, 3, y 4 la energía suministrada tendrá un 50% de garantía de origen, y en los lotes 2, 5 y 6, la energía suministrada tendrá un 10% de garantía de origen, salvo que en las prescripciones técnicas específicas el organismo interesado haya establecido un porcentaje mayor, que no podrá exceder del doble del exigido en el PCAP en cada lote.”¹¹

En concreto, la DGC cuenta con 1592 puntos de suministro (CUPS). En la siguiente tabla, se refleja el número de CUPS por demarcación:

¹⁰ Anexo 2 Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles

¹¹ https://contratacioncentralizada.gob.es/ficha-am/-/journal_content/XXAIX8YVROqE?_56_INSTANCE_XXAIX8YVROqE_articleId=14961&_56_INSTANCE_XXAIX8YVROqE_gro_upId=11614

Tabla 7. Número de puntos de luz (CUPS) por demarcación

Demarcación	Puntos de suministros (nº)
Andalucía Occidental	136
Andalucía Oriental	110
Aragón	73
Asturias	145
Cantabria	62
Castilla La Mancha	43
Castilla León Occidental	46
Castilla León Oriental	79
Cataluña	458
Comunidad Valenciana	162
Extremadura	9
Galicia	102
La Rioja	15
Madrid	144
Murcia	8
TOTAL	1592

Fuente: Web Gestión de iluminación DGC. Elaboración propia

En lo que respecta a la gestión de la facturación del suministro eléctrico por parte de la DGC, esta tarea se lleva a cabo a través de una aplicación informática en la que se registran los consumos mensuales y los datos de facturación eléctrica, entre otros. En concreto, este software recopila los datos generados en los contratos de suministro de energía eléctrica de:

- Las instalaciones de alumbrado público a cielo abierto de carreteras de la Red del Estado,
- Las instalaciones de iluminación, ventilación, etc. de los túneles de la Red del Estado,
- Las dependencias de oficinas, parques de maquinaria etc. de las demarcaciones de carreteras y, en general, todas aquellas instalaciones eléctricas en las que el abono del consumo de energía eléctrica generado se realice mediante créditos asignados a la Dirección General de Carreteras.

En definitiva, gracias a este software es posible conocer con detalle las características de cada uno de los contratos de suministro existentes. No obstante lo anterior, es preciso realizar una revisión y actualización de la base de datos para disponer de un inventario fiable de las distintas instalaciones a las que corresponde cada suministro.

4.6 ANÁLISIS DE POTENCIALES AHORROS

La Dirección General de Carreteras dispone de un importante potencial de ahorro energético debido a su alto grado de infraestructuras asociadas. De acuerdo con lo recogido en el apartado 3.2, el consumo energético de la DGC alcanzó en 2021 los 154 GWh/año, siendo el principal exponente el consumo eléctrico, que ascendió a 146 GWh/año. Además, existen otros consumos asociados al resto de operaciones indirectas de la DGC, como es la actividad desarrollada por las empresas de conservación y explotación,



en los que es posible impulsar desde la DGC el desarrollo de un conjunto de medidas de mejora de la eficiencia energética.

Alineándose con la actual ruta de transición energética, la DGC ofrece una elevada posibilidad de la mejora de la eficiencia energética sin que se vea afectada la seguridad vial. Existe un reseñable potencial de mejora en las siguientes instalaciones:

- Alumbrado túneles y tramos a cielo abierto.
- Implementación de sistemas de gestión inteligente en alumbrado de túneles y tramos a cielo abierto.
- Reducción del consumo por ventilación de túneles.
- Mejoras en los edificios (climatización, aislamiento térmico, iluminación, ajustes de horarios y consignas)
- Aplicación de criterios de eficiencia energética en los pliegos de los Contratos de Conservación y Explotación.

Los cálculos realizados, mediante la utilización de los datos disponibles, arrojan que el potencial estimado de ahorro energético máximo podría ser superior al 50 %.

5 OBJETIVOS GENERALES Y AGREGADOS DE LA ESTRATEGIA

En primer lugar, desde un punto de vista energético y económico, se ha comprobado que la actividad de la Dirección General de Carreteras supone un consumo energético muy significativo que debe reducirse de manera coherente con la senda de transición digital y verde que se está siguiendo desde el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

La mejora de la eficiencia energética permitirá reducir el consumo energético y la facturación de los suministros asociados, soportados por la Administración General del Estado. Asimismo, esta mejora de la eficiencia energética también redundará en la reducción de la huella de carbono asociada a la actividad de la DGC^{12,13}.

Por tanto, dentro de la presente Estrategia de Eficiencia Energética 2030 de la RCE, se han identificado los siguientes objetivos generales que integran el impulso hacia la transición energética.:

- Modernización de las principales instalaciones.
- Disminución del gasto de mantenimiento de los sistemas.
- Reducción de la dependencia de los combustibles fósiles.
- Mitigación de la contaminación lumínica.
- Mantenimiento del compromiso con la eficiencia energética en futuras instalaciones.

A continuación, se presenta una breve descripción de los objetivos expuestos:

1. Modernización de las principales instalaciones

- o Iluminación

¹² Informe de la 1ª CPM del Programa De Compra Pública De Innovación de la DGC y

¹³ <https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/sala-de-prensa/noticias/mie-14062023-1550>



La modernización de las instalaciones de iluminación está basada en la sustitución de las lámparas de VSAP por lámparas de tecnología led, así como la adecuada regulación de estas mediante un sistema de gestión inteligente que optimice la iluminación en función de las condiciones meteorológicas y de circulación existentes en cada momento.

La tecnología led posibilita la disminución del consumo eléctrico total en una instalación que anteriormente contaba con lámparas de VSAP, ya que presentan menor potencia eléctrica por equipo. Además, este cambio de tecnología puede implicar una reducción extra de consumo energético gracias a su mejor regulación. Las instalaciones de iluminación led permiten ser gobernadas mediante sistemas de gestión energética inteligentes, los cuales permiten otorgar diferentes niveles de iluminación (potencia), en función de las necesidades reales de la vía. De este modo, se podría reducir la potencia eléctrica de las lámparas en tramos a cielo abierto en aquellas franjas horarias donde no haya apenas circulación, así como reducir la potencia en las lámparas en el sistema de refuerzo de túneles en horario nocturno.

La DGC está trabajando en la modernización del sistema de iluminación en túneles y en tramos a cielo abierto. Para ello, la DGC ha elaborado durante la segunda mitad del 2023 los documentos “REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE ALUMBRADO DE TÚNELES DE LA DGC” y “REQUERIMIENTOS TÉCNICOS E INSTRUCCIONES PARA LA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE ALUMBRADO DE CARRETERAS A CIELO ABIERTO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS”, cuyo objeto es establecer tanto los requerimientos técnicos como las directrices e instrucciones específicas a tener en cuenta por parte de las Demarcaciones de Carreteras del Estado a la hora de redactar los proyectos de alumbrado de carreteras en túneles y a cielo abierto respectivamente.

En el caso de túneles, la DGC redactó en el año 2023 un proyecto de construcción “tipo” para la implantación de sistemas inteligentes de gestión de la iluminación en túneles de la RCE en diversas Demarcaciones de Carreteras del Estado. Con base en este proyecto tipo, ya se están redactando actualmente un conjunto de proyectos constructivos aplicados en diversos túneles de la Red. En el caso de tramos a cielo abierto, se está redactando actualmente el proyecto constructivo “tipo” que sirva como base para la redacción de futuros proyectos.

- o Ventilación

Los sistemas de ventilación de túneles son instalaciones que abarcan una amplia gama de potencias y diámetros, cuya elección viene determinada por las particularidades de cada túnel. Estas instalaciones suponen un elevado consumo energético que varía en función de las características del ventilador, así como del patrón de funcionamiento propio de cada túnel. Por norma general, las características de un ventilador vienen definidas por su caudal y presión, así como por otras características constructivas más elementales como son el material de la carcasa, la disposición del rodete unidireccional o reversible, su resistencia al fuego, protección anticorrosiva, etc. Asimismo, en el diseño de los sistemas de ventilación de túneles resulta un aspecto de vital importancia la potencia absorbida por el ventilador o, dicho de otra manera, la energía que consume durante su funcionamiento. En consecuencia, es fundamental la elección de un sistema de ventilación adecuado en la fase de diseño de forma que se puedan alcanzar elevados rendimientos mediante ventiladores de alta eficiencia.

Además, existen en el mercado dispositivos que favorecen la disminución del consumo de los ventiladores, como es el arranque y control de los ventiladores de chorro mediante variadores de frecuencia. Estos proporcionan una serie de ventajas¹⁴ como son, entre otras:

¹⁴ Túneles de carretera: Recomendaciones para la normalización de equipos de ventilación. Asociación Técnica de Carreteras. Comité técnico C5.



- Alta eficiencia energética: el número de vehículos que circulan por el túnel influye en la calidad del aire, por lo que el control de los ventiladores mediante variadores de frecuencia permite adecuar el caudal de aire a las necesidades de ventilación del túnel con el consiguiente ahorro energético
- Regulación óptima del flujo: gracias a los variadores de frecuencia, se tiene la posibilidad de adaptar la velocidad de giro de los ventiladores hasta encontrar el punto de trabajo óptimo en cada momento. El caudal, la presión y la potencia en el caso de ventiladores axiales de conducto o el empuje en el caso de ventiladores de chorro, están relacionados con la velocidad de rotación del motor, por lo que controlando esta de manera eficiente el variador de frecuencia garantiza la máxima eficiencia en toda la curva de trabajo.
- Arranque suave del motor: los variadores de frecuencia permiten reducir el pico máximo de corriente de arranque que genera sobreesfuerzos en los conductores y exige un mayor par de arranque en el motor, evitando los golpes mecánicos y el calentamiento en el motor además de un desgaste prematuro en los acoplamientos.
- Ahorro en mantenimiento y reducción de los niveles de ruido y vibraciones, asociado a la reducción de la velocidad de trabajo del ventilador.

2. Disminución del gasto de mantenimiento de los sistemas de iluminación y ventilación.

Por otro lado, los cambios tecnológicos mencionados repercuten positivamente en la disminución del coste de mantenimiento de las instalaciones. Esto se debe fundamentalmente a que las lámparas led disponen de mayor vida útil de que las de otras tecnologías con baja depreciación del flujo lumínico. En consecuencia, estas nuevas lámparas deberán ser reemplazadas con menor frecuencia, favoreciendo así la disminución en el gasto de mantenimiento y generando como ventaja adicional la reducción de los residuos generados.

3. Mitigación de la contaminación lumínica.

Entre los diferentes objetivos de la presente estrategia se encuentra la mitigación de la contaminación lumínica, que se puede alcanzar gracias a la actuación de la mejora en tramos a cielo abierto.

La contaminación lumínica es la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas.¹⁵

La contaminación lumínica genera efectos negativos comprobados sobre la biodiversidad de la flora y la fauna nocturnas, ya que necesitan de la oscuridad para sobrevivir y mantenerse en equilibrio. En concreto, la proyección de luz en el medio natural origina fenómenos de deslumbramiento y desorientación en las aves. Esta también incide sobre los ciclos reproductivos de los insectos, a la vez que rompe el equilibrio poblacional de las especies, en vista de que algunas especies son ciegas a ciertas longitudes de onda de luz y otras no, con lo cual las especies depredadoras pueden prosperar, mientras se extinguen las especies depredadas. Finalmente, la flora se ve afectada al disminuir el número de insectos que realizan la polinización de ciertas plantas, lo que podría afectar a la productividad de determinados cultivos. También se han constatado impactos negativos en la calidad

¹⁵ REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.



ambiental y la salud humana provocando problemas como la fatiga visual, ansiedad o alteración del sueño.¹⁶

En consecuencia, para mitigar estos efectos nocivos de la contaminación lumínica es necesario adoptar ciertos requerimientos¹⁷ en el diseño de los sistemas alumbrado exterior:

- En lo que respecta a la posición e inclinación de las luminarias, se requiere que el flujo hemisférico superior no supere el 3 %, con el fin de garantizar que la luz no se extienda más allá de donde es necesaria.
- En lo que respecta a la temperatura del alumbrado, se requiere la utilización de tonos cálidos. Para ello, la temperatura de color de lámparas led no debe superar los 3000 K.

Asimismo, la DGC evaluará la posibilidad de emplear soluciones innovadoras más respetuosas con el medioambiente como alternativas a los sistemas de iluminación tradicionales, tales como la iluminación de algunos tramos de carretera mediante la disposición de iluminación led en los sistemas de contención en lugar de la utilización de báculos.

4. Reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

Según los resultados arrojados en el cálculo de la huella de carbono de la DGC para el año 2021, los túneles y los tramos a cielo abierto iluminados son las instalaciones analizadas con mayores emisiones de GEI asociadas. Ambas infraestructuras emiten 31.046,85 tCO_{2e}, representado el 87,55 % sobre las emisiones totales de Alcances 1 y 2 de la DGC.

En consecuencia, la mejora en el sistema de iluminación con la sustitución de las lámparas de vapor de sodio por lámparas de tipo LED implica una reducción significativa de las emisiones de la DGC, que se ha estimado en 17.075,76 tCO_{2equiv} según se deduce del Informe Técnico de Huella de Carbono DGC 2021.

Además de las mejoras de eficiencia energética en el alumbrado, se pretende desarrollar otras mejoras en la eficiencia energética que redunden en una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, como la reducción de emisiones de los vehículos corporativos mediante una modernización de la flota de vehículos (alcance 1) o la implementación de medidas de mejora de la eficiencia en los contratos de conservación y explotación de carreteras (alcance 3).

5. Compromiso con la eficiencia energética.

Las instalaciones gestionadas por la DGC están sometidas a continua transformación. La longitud de la red de carreteras gestionada por la DGC es susceptible de cambios, ya que se pueden construir nuevos tramos, asumir la gestión de otros ya existentes o transferirse a terceros, por lo que el escenario de activos es cambiante. El objetivo por tanto es que las directrices que se marcan en esta Estrategia de Eficiencia Energética 2030 de la RCE, así como en el resto de las políticas relacionadas, se trasladen a las nuevas y/o futuras instalaciones.

¹⁶ Ley 15/2010, de 10 de diciembre, de prevención de la contaminación lumínica y del fomento del ahorro y eficiencia energéticos derivados de instalaciones de iluminación.

¹⁷ Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior. Comité Español de Iluminación – IDAE. Revisión 13. Noviembre 2022



6 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS A IMPLANTAR

6.1 PRINCIPALES MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA CON CUANTIFICACIÓN DEL AHORRO

6.1.1 MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN TÚNELES

Existen diversos criterios en cuanto a la iluminación en los túneles debido a la tipología particular de estos elementos. Según la Orden Circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación, la circunstancia principal que hace que el alumbrado de túneles de carretera sea diferente al de carreteras a cielo abierto es la necesidad de disponer de mayor iluminación durante las horas de luz natural que durante las horas nocturnas. En efecto, como puede comprobarse en la mayor parte de este tipo de obras de infraestructura, a partir de una determinada longitud, durante el día, la luz natural no penetra en una cantidad suficiente para asegurar la visión adecuada de obstáculos que eventualmente se encuentren en el recorrido de un vehículo, pues como mucho, según la situación geográfica, la posición del sol a determinada hora del día y el estado nublado o soleado del cielo, la luz natural penetra como máximo tres veces la anchura o la altura (la de mayor magnitud entre estas dos) del túnel.

Dichas instalaciones suponen una importante inversión en número de puntos de luz y en potencia eléctrica instalada, pero sobre todo un elevado coste de explotación y de mantenimiento, debido este último a la sustitución de las fuentes de luz por agotamiento y pérdida de flujo luminoso con el paso del tiempo. No se debe olvidar que una parte del alumbrado de un túnel está encendido las 8.760 horas del año, o lo que es lo mismo, casi el 50 % de la vida útil de las lámparas de sodio de alta presión y casi el 33 % de la vida media de las mismas.

En el establecimiento de los objetivos o planes de acción en materia de ahorro energético, la modernización del sistema de alumbrado de los túneles es una de las acciones prioritarias, ya que es la instalación de mayor consumo energético de entre todos los elementos de la RCE.

Las medidas de ahorro energético en túneles están basadas fundamentalmente en las siguientes tres acciones:

1. Reforma de la instalación eléctrica y adecuación a normativa.
2. Cambio de lámparas VSAP por led y adecuación a Orden Circular 36/2015. Con esta acción se realiza la sustitución de lámpara VSAP por lámparas led, a la vez que se ajustarán los niveles lumínicos de los mismos a las exigencias de la Orden Circular 36/2015, ya que existen túneles construidos con anterioridad a la aprobación de la orden circular.
3. Implementación de sistemas de gestión inteligente. Los sistemas de iluminación inteligente pueden ajustar automáticamente la intensidad de la luz según las condiciones ambientales, como la luz natural o el tráfico en el túnel. Esto puede ayudar a reducir el consumo de energía y mejorar la seguridad. De esta forma, se consigue una regulación de las condiciones de alumbrado basadas en las lecturas de sensores y el cálculo de variables que influyen en los niveles de iluminancia interior de los túneles.

Así mismo, se va a realizar un análisis detallado del patrón de consumo por ventilación en los túneles de la RCE, de forma que se cuantifiquen los ahorros alcanzados por la implementación de sistemas de reducción de consumo como, por ejemplo, la instalación de variadores de frecuencia mencionados en el apartado 5.

La DGC gestiona actualmente 310 túneles, habiéndose detectado un relevante potencial de mejora de la eficiencia energética en 221 de ellos, que son aquellos que cuentan con lámparas de descarga VSAP susceptibles ser reemplazadas por lámparas de tipo led. A continuación, se detalla la clasificación de estos túneles en función de su tipología:

Tabla 8. Resumen de túneles susceptibles de mejora energética¹⁸

	Túneles de carreteras del Estado	Túneles incluidos	Túneles de carreteras del Estado no incluidos
Túneles de autovía. Unidireccionales. Long > 200 m	110	108	2
Túneles de autovía. Unidireccionales. Long < 200 m	25	25	0
Túneles de autovía. Bidireccionales. Long > 200 m	4	4	0
Túneles de autovía. Bidireccionales. Long < 200 m	2	1	1
Túneles carretera convencional. Long > 200 m	62	46	16
Túneles carretera convencional. Long < 200 m	93	26	67
Túneles peaje o gestionados SEITT	41	0	41
Túneles autopistas libres y autovías de primera generación	6	3	3
Túneles en ramal de enlace	2	2	0
Túneles en vía rápida	4	4	0
Túneles en vía urbana	2	1	1
Vía de servicio	3	0	3
Carretera multicarril	0	0	0
Pérgola can trías	0	1	-
Total túneles	354	221	134

Los cálculos energéticos iniciales arrojan un potencial ahorro energético del 50 % por la implantación de estas medidas, referido al consumo de iluminación mediante la adecuación total del sistema¹⁹. Este ahorro equivaldría aproximadamente a un 22 % de ahorro energético sobre el consumo de energía eléctrica total de la DGC referido al año 2021. No obstante, son resultados iniciales con base en la documentación actual existente y que serán estudiados en detalle en la fase posterior a la Estrategia.

¹⁸ Se ha excluido de la propuesta 134 túneles por diferentes casuísticas propias de cada túnel. Algunos de ellos se encuentran en fase de actuación, en otros se están revisando las instalaciones. Por último, los 41 túneles gestionados por SEITT, quedan fuera de la Estrategia de Eficiencia Energética 2030 de la RCE y de su fase posterior, el Plan de Acción de Eficiencia Energética 2030 de la RCE.

¹⁹ Informe técnico Huella de Carbono de la DGC 2021



6.1.2 MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN TRAMOS A CIELO ABIERTO

El segundo tipo de instalación de mayor consumo en la RCE es el alumbrado en los tramos a cielo abierto [véase Figura 7: Consumo eléctrico por tipo de instalación 2021 (kWh)], el cual representó el 22 % del consumo eléctrico total en el año 2021.

En cuanto a las pautas de utilización del sistema, la Orden Circular 36/2015 detalla lo siguiente:

“El tráfico por carretera ha continuado creciendo en las últimas décadas debido al desarrollo de la sociedad que se ha producido y el consiguiente incremento del nivel de motorización de la misma. Aunque la mayor parte del tráfico se produce durante las horas diurnas, un volumen significativo se realiza en los períodos de ausencia de luz natural; en España, aproximadamente el 25 % del tráfico circula en horas nocturnas.”²⁰

Por otro lado, se ha comprobado que este 25 % de tráfico nocturno no es homogéneo a lo largo de la noche, sino que hay franjas horarias de mayor tráfico y franjas horarias donde el volumen de tráfico decae considerablemente, dependiendo siempre del tipo de la vía y de su ubicación.

Gracias a la aparición en el mercado de las lámparas led, es posible reducir la potencia eléctrica en esas franjas horarias donde el índice de vehículos sea menor, sin alterar los parámetros marcados en las líneas anteriores.

De forma paralela a la realización de la presente Estrategia de Eficiencia Energética 2030 de la RCE, y siguiendo pautas similares a las acciones de ahorro energético en túneles, se está elaborando la redacción del proyecto constructivo “tipo” de instalaciones de alumbrado a cielo abierto que servirá como modelo para todos los proyectos de este tipo que se redacten en el ámbito de la DGC. Una vez que se finalice la redacción, se procederá a la ejecución de la obra.

Por otro lado, siguiendo la metodología aplicada en túneles, este proyecto será el modelo a seguir para la redacción de futuros proyectos de la mejora de la eficiencia energética para instalaciones concretas.

Las medidas de ahorro energético en tramos a cielo están basadas en las siguientes tres acciones:

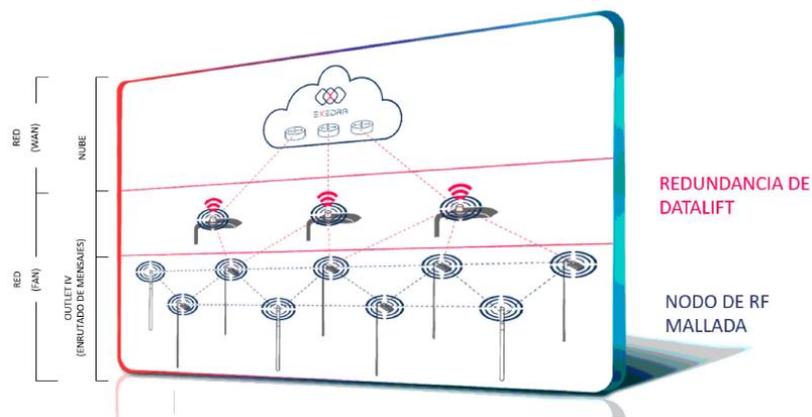
1. Reforma de la instalación eléctrica:
 - Sistema de alumbrado vial.
 - Cuadros y circuitos eléctricos de alimentación de alumbrado.
 - Canalización de distribución de circuitos de alumbrado.
 - Adaptación de los cuadros eléctricos de baja tensión.
2. Cambio de lámparas VSAP por led y ajuste a normativa. En el diseño de la propuesta se han tenido en cuenta la Norma UNE 14380, el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias (aprobado por Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre) y la Orden Circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles, adoptándose el criterio más restrictivo cuando no han sido coincidentes.
3. Implementación de sistema de gestión inteligente. El sistema de control del alumbrado consiste en un sistema punto a punto a través de un controlador o nodo de comunicación situado en la parte exterior de la luminaria. Cada nodo de comunicación irá equipado con un módulo GPS integrado, comunicación por radiofrecuencia y comunicación celular para interactuar con la plataforma de gestión de alumbrado con el objeto de:

²⁰ Orden Circular 36/2015

- o Reducir los costes, la energía y el riesgo mediante el control de los activos de iluminación para garantizar que se proporcione a los usuarios la cantidad y calidad de luz adecuadas en el momento y lugar oportunos. Ya que permitirá la regulación de los niveles de iluminación según los diferentes horarios nocturnos y tipos de vías ajustándose a las necesidades de los habitantes.
- o Monitorizar el rendimiento de los activos instalados y adaptar las alarmas e informes de fallos de modo que el mantenimiento pueda realizarse en el momento y lugar precisos. De este modo, se dispondrá además de la información sobre consumos, funcionamiento y programación de la instalación.
- o Proporcionar una plataforma que pueda facilitar la futura integración y control de otros servicios adyacentes y capas de aplicación, como movilidad, monitorización medioambiental, aparcamiento, etc.

Gracias a esta tecnología, se consigue maximizar el ahorro de energía, optimizar el mantenimiento y descarbonizar las carreteras.

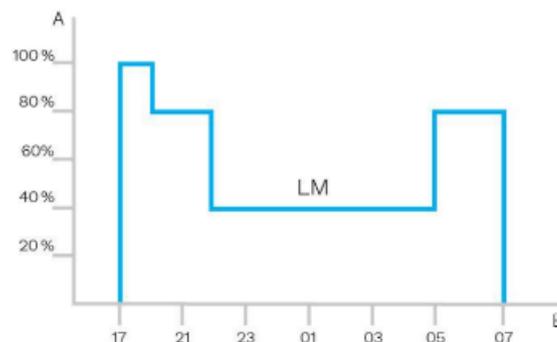
Figura 14: Esquema de control



FUENTE: Proyecto de construcción tipo de mejora de la eficiencia energética en instalaciones de alumbrado a cielo abierto de la DGC. Febrero 2024.

El funcionamiento global del sistema de gestión consiste en reducir la potencia del conjunto de lámparas, sin que se vea alterada la uniformidad, en función de la cantidad de vehículos que transitan por la vía. De este modo, en los tramos horarios de menor afluencia se podrá reducir la potencia eléctrica con la obtención del consiguiente ahorro energético:

Figura 15: Ejemplo curva hipotética de regulación flujo lumínico luminaria



A. Rendimiento | B. Tiempo

FUENTE: Elaboración propia



Para llevar a cabo estas acciones, en la redacción del proyecto se está teniendo en cuenta la clasificación de los diferentes tipos de vías en varios grupos o situaciones de proyecto en función de la velocidad de circulación, asignándose a cada uno de ellos unos requisitos fotométricos específicos que tienen en cuenta las necesidades visuales de los usuarios, así como aspectos medio ambientales de las vías.

Los cálculos energéticos iniciales asociados a la ejecución de estas medidas arrojan un potencial ahorro energético cercano al 50 %, referido a la reducción del consumo eléctrico por la adecuación total del sistema²¹. Este ahorro equivale al 12 % de ahorro energético sobre el consumo de energía eléctrica de la DGC referido al año 2021.

6.2 OTRAS MEDIDAS DE MEJORAS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA. CONSUMO DIRECTO.

En la presente Estrategia de Eficiencia Energética 2030 de la RCE se han identificado otras medidas de ahorro energético relativas al consumo directo de la DGC. Se detallan a continuación las medidas identificadas, que serán desarrolladas con detalle en el posterior “Plan de Acción de Eficiencia Energética 2030 de la RCE”:

6.2.1 MEJORAS EN EDIFICIOS E INSTALACIONES DE LA DGC.

El tercer tipo de instalación de consumo es el consumo eléctrico de los edificios, el cual representó el 4 % del consumo eléctrico total en el año 2021.

Existen diversas medidas de ahorro que se pueden implementar. En la segunda etapa, en la que se desarrolla en Plan de Eficiencia Energética, se procederá a realizar la toma de datos necesarios para cuantificar el ahorro de esta medida. Las líneas generales se detallan a continuación:

- Sustitución de luminarias de baja eficiencia por luminarias led: se realizará el análisis de inventarios de los equipos de iluminación existentes en los edificios, estudiando los horarios de funcionamiento y la regulación de los mismos, para proponer luminarias de mayor eficiencia energética que favorezcan la reducción del consumo energético.
- Aprovechamiento de la luz natural: se analizará la posibilidad de instalar mediante sistemas de control de iluminación para adaptar los sistemas de iluminación interiores (artificial) en los edificios en caso de que haya aporte suficiente de luz natural (exterior).
- Establecimiento de horarios de encendido y apagado de las instalaciones: se realizará un programa de funcionamiento de las instalaciones y equipos consumidores de energía con el fin de dar el servicio demandado con el mínimo consumo de energía para distintos regímenes de ocupación y temporadas climáticas. Se incluirán las instalaciones y equipos con mayor consumo de energía. El programa establecerá el régimen horario de puesta en marcha y parada de las instalaciones, tanto para el horario laboral, como para las actividades que se realicen fuera de este horario, así como los fines de semana y condiciones especiales de uso del edificio.

La finalidad de esta medida es la optimización de los horarios de encendido y apagado de las instalaciones consumidoras de energía. Esta medida busca ajustar el horario de utilización de

²¹ Informe técnico Huella de Carbono 2021



estos sistemas en función al horario de utilización de los edificios, principalmente ajustando los horarios de iluminación, climatización.²²

- Control de las condiciones de temperatura: el objetivo de esta medida es reducir el consumo de energía en locales climatizados limitando las temperaturas, no superando los 19 °C cuando sea necesario utilizar calefacción ni estando por debajo de los 27 °C cuando sea necesario refrigerar, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional y siempre que sea posible técnicamente. Se impulsará la implementación de sistemas que permitan incorporar el control de temperaturas, de acuerdo con lo regulado en la IT 3.8 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).²³

Control del alumbrado exterior: esta medida trata de aprovechada el aporte de la iluminación natural que proviene del exterior de los edificios, de manera que, mediante la instalación de sistemas de control del alumbrado exterior, cuando el aporte de luz natural sea suficiente, la iluminación artificial permanece apagada o por lo menos parte de ella.

- Mejora de la envolvente térmica: se realizará el estudio de la envolvente térmica de los edificios, así como la posibilidad de mejorar los sistemas actuales mediante cambios es la carpintería, mejoras en las cubiertas de los mismos y en las fachadas.

6.2.2 RENOVACIÓN DE LA FLOTA DE VEHÍCULOS DE LA DGC

Para la DGC es fundamental el servicio de conducción en carretera, ya que los vehículos realizan gran cantidad de desplazamientos: a diario se utilizan para las inspecciones de las carreteras de los distintos sectores de conservación en que se divide la Red de Carreteras del Estado (los cuales están muy dispersos y muchos implican grandes distancias de desplazamiento), así como para los desplazamientos a los distintos lugares donde se está llevando a cabo la ejecución de obras tanto de conservación como de nueva construcción de carreteras. Por ello se requiere para los vehículos de la DGC un mínimo consumo y una potencia adecuada, razones ambas que motivan la adquisición de unos vehículos respecto a otros.

Para el desarrollo de la actividad propia de la DGC actualmente se cuenta con una flota de 848 vehículos distribuidos según las siguientes tipologías.

Tabla 9. Tipología de vehículos de la DGC. Flota actual

TIPOLOGÍA DE VEHÍCULOS	Nº
Berlina	76
Turismos	109
Todoterrenos	175
Furgoneta	443

²² Orden PCM/466/2022, de 25 de mayo, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 24 de mayo de 2022, por el que se aprueba el plan de medidas de ahorro y eficiencia energética de la Administración General del Estado y las entidades del sector público institucional estatal.

²³ Orden PCM/466/2022, de 25 de mayo, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 24 de mayo de 2022, por el que se aprueba el plan de medidas de ahorro y eficiencia energética de la Administración General del Estado y las entidades del sector público institucional estatal.



Furgón	45
TOTAL	848

Fuente: Elaboración propia.

El consumo realizado por estos vehículos representa aproximadamente el 4,4 % del consumo energético total de la DGC. Del total de estos 848 vehículos de los que dispone la DGC en la actualidad, 59 son híbridos gasolina, siendo los restantes de combustión diésel o gasolina.

Con la finalidad de cumplir con los objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el uso de combustibles fósiles y minimizar el impacto del ruido siempre que sea posible, la DGC ha elaborado un Plan de Vehículos en el que se establecen medidas de racionalización de la flota de vehículos en cuanto a su número, pasando a contar de 1.478 vehículos en 2014 a 785 como objetivo en 2030. Estos vehículos, a su vez, deben priorizar el uso de energías alternativas frente a los combustibles fósiles, siempre que existan modelos que garanticen tanto la potencia como la autonomía compatible con el uso a que debe ser destinado el vehículo.

Para lograr esta optimización de la flota, es necesaria la renovación de vehículos, justificada por alguno de los siguientes criterios:

- a) Que el vehículo tenga más de 15 años de antigüedad
- b) Que el vehículo tenga más de 300.000 km
- c) Que el vehículo tenga más de 12 años y más de 250.000 km
- d) O, que se trate de vehículos en muy mal estado con avería, desgaste, corrosión o siniestro grave que supone un elevado coste su reparación o mantenimiento

Cabe destacar que la adquisición de vehículos de la DGC se realiza a través de la Dirección General de Racionalización y Centralización de la Contratación, que depende del Ministerio de Hacienda. En concreto, la adquisición de vehículos está regida por contratos basados en los Acuerdos Marco 14/2022 de suministro de turismos y el 18/2021 para el suministro de vehículos comerciales ligeros.

Por tanto, la medida de ahorro energético consiste en la actualización progresiva del parque así como la sustitución de los vehículos convencionales por vehículos de bajas emisiones. Para ello, ajustándose al procedimiento reglado de adquisición (Acuerdo Marco), se han definido las siguientes actuaciones clasificadas por tipología de vehículos:

Figura 16: Esquema de actuaciones para la renovación de la flota de vehículos

Turismos	Berlinas	Todoterrenos	Furgonetas, furgon y camiones
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Primera etapa (2024)</u> <ul style="list-style-type: none"> • Un turismo eléctrico por demarcación. • Instalación de puntos de carga. • <u>Segunda etapa:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando la red de puntos de recarga este finalizada, se irá aumento de flota de vehículos eléctricos en función de las necesidades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición paulatina de vehículos híbridos a partir de 2024. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustitución de todoterrenos por todocaminos a partir de 2024. • Según el Catálogo de Contratación Centralizada, la gama de todoterrenos es escasa en cuanto a vehículos híbridos. El importe es excesivo y la disponibilidad es baja. Estas características del catálogo no ocurren con los vehículos tipo todocaminos híbridos por lo que se tiende a elegir este tipo de vehículos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El Catálogo de Contratación Centralizada ya no dispone de furgonetas con tracción a las 4 ruedas (4x4). • Por tanto, serán sustituidos por todocaminos, siempre que la necesidad del servicio lo permita a partir de 2024. • En lo relacionado con vehículos tipo furgón y camión solo existe la posibilidad de adquirir vehículos de combustibles convencional.

Fuente: Elaboración propia

6.3 OTRAS MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA. CONSUMO INDIRECTO.

Las operaciones de las empresas adjudicatarias de los contratos de conservación y explotación (oficinas, vehículos, etc.), así como de la actividad desarrollada por las empresas de ingeniería en fase de diseño o por las empresas constructoras en la fase de construcción, para la ejecución de nuevas actuaciones o de mejora de la RCE, no son directamente controladas por la DGC. No obstante, esta sí puede establecer ciertas directrices para la promover la implementación de mejoras en la eficiencia energética.

Con ello, se persigue la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que genera el funcionamiento ordinario y las labores de mantenimiento y explotación de la Red de Carreteras del Estado, a la vez que se refuerza la orientación hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con los que está comprometido el Ministerio²⁴.

6.3.1 MEJORAS EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS CENTROS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN (COEX)

Tal y como define la Orden PCM/466/2022, siempre que resulte conforme con la legislación de contratación pública, se establecerán mecanismos en la contratación pública que supongan ahorros en materia energética. En este sentido, la DGC publicó el 1 de noviembre de 2022 la Nota de Servicio 1/2022 – *Recomendaciones para mejorar la sostenibilidad en los Centros de Conservación y Explotación (COEX)*,

²⁴https://mpt.gob.es/porta/delegaciones_gobierno/delegaciones/madrid/actualidad/notas_de_prensa/notas/2023/12/2023_12_28-01



cuyo objetivo es dar cumplimiento a la citada regulación en el ámbito de los contratos de servicios de conservación y explotación de carreteras en lo que respecta a los centros operativos.

Líneas de actuación definidas en Orden PCM/466/2022

- En edificios de nueva construcción, reformas integrales o ampliaciones, se valorará la presentación de la mejor certificación energética. Asimismo, en compraventas y arrendamientos, se tendrá en cuenta en la adjudicación la mejor calificación energética.
- En la adquisición de equipamiento, se valorará la presentación de la mejor etiqueta energética en los pliegos.
- En la renovación de flotas y vehículos, se valorará la disminución del uso de combustibles derivados del petróleo.
- En la contratación de servicios, se pedirá aplicar criterios de eficiencia energética en mantenimiento

Medidas de ahorro y eficiencia energética recogidas en la Nota de Servicio 1/2022

- Establecimiento y racionalización de los horarios de encendido y apagado de las instalaciones de climatización, iluminación y equipamiento ofimático. Asimismo, se podrá revisar la potencia eléctrica contratada en los centros de conservación.
- Sistemas automáticos de apagado-detección para aprovechamiento de la iluminación natural.
- Control de las condiciones de temperatura adecuada en locales e instalaciones climatizadas, tanto en período invernal como estival.
- Asimismo, se abandonarán progresivamente las calderas de gas o de gasoil sustituyéndolas por calderas de biomasa, pellets o sistemas de calefacción renovable (paneles solares térmicos, acumuladores de calor solar que aprovechan los excedentes de la producción fotovoltaica, etc.)
- También se dará preferencia a la adquisición, alquiler, *renting* u otras formas de uso de vehículos clasificados en el Registro de Vehículos de la Dirección General de Tráfico como «Cero Emisiones» o alternativamente «ECO» en aquellos casos en que no haya una alternativa «Cero emisiones» para la tipología de vehículo requerido y los usos a los que vaya a ser destinado.

La materialización de esta medida aplicada a los nuevos contratos de los COEX ya se ha puesto en práctica en los nuevos contratos.

6.3.2 OTRAS MEDIDAS DE SOSTENIBILIDAD EN LOS CONTRATOS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN

Además de las medidas mencionadas en el apartado anterior, los pliegos de licitación de los nuevos contratos de conservación y explotación de la RCE incluyen condiciones para promover la mejora de eficiencia energética y la reducción de las emisiones por parte de los adjudicatarios. En concreto, los nuevos pliegos de cláusulas administrativas incluyen las siguientes cláusulas:

- Las empresas licitadoras deberán incluir en sus ofertas el cálculo de la huella de carbono que generarán durante la ejecución del contrato en cada tramo de la carretera.
- Las empresas adjudicatarias deberán presentar un plan de descarbonización en los seis primeros meses de contrato con medidas reductoras y de compensación de emisiones para conseguir un balance neutro en carbono a los cinco años desde el inicio del contrato.

Por otro lado, también se hace referencia en este apartado al programa de “Compra Pública Ecológica (CPE), entendiéndolo como tal la adquisición o contratación de bienes y servicios por parte de cualquier administración pública teniendo en cuenta no solo los criterios económicos o técnicos de los productos,

servicios u obras a contratar, sino también su comportamiento ambiental a lo largo de su ciclo de vida completo²⁵

Figura 17: Contratación Pública Ecológica (CPI)



Fuente: CEDEX²⁶

A tal efecto, cabe destacar la creación de dos Grupos de Trabajo (GT) de la Asociación técnica de Carreteras (ATC). Entre sus objetivos a medio plazo se puede encontrar la elaboración de una propuesta de criterios de CPE para Carreteras. Como parte de este trabajo se ha desarrollado el documento «Estado del Arte sobre la Contratación Pública Ecológica de Carreteras». En él, se han señalado los principales criterios, clasificados según los que se han denominado, como ámbitos medioambientales clave, que permiten trasladar a los pliegos de carreteras el conjunto de medidas para mitigar/corregir los impactos más destacados, bajo el punto de vista medioambiental, a lo largo del Ciclo de Vida completo de las carreteras²⁷. En concreto, en materia de eficiencia energética se han remarcado los dos siguientes criterios:

- Eficiencia/ahorro en el consumo de energía:
 - Reducción de las distancias de transporte de materiales y productos de construcción.
 - Reducción de la resistencia a la rodadura (interacción vehículo pavimento).
 - Fabricación de mezclas bituminosas a baja temperatura.
 - Aumento de la eficiencia energética y uso de energías limpias y renovables.
- Eficiencia/ahorro en el consumo de materias primas:
 - Técnicas que reducen el movimiento de tierras
 - Reutilización de los materiales excavados y de la tierra vegetal.
 - Reutilización y/o reciclado de residuos o de productos secundarios.
 - Realizar diseños que minimicen el uso de materiales y la producción de excedentes.

²⁵ <https://www.cedex.es/centros-laboratorios/centro-estudios-transporte-cet/lineas-actividad/compra-publica-ecologica-carreteras>

²⁶ <https://www.cedex.es/centros-laboratorios/centro-estudios-transporte-cet/lineas-actividad/compra-publica-ecologica-carreteras>

²⁷ Documento Estado del Arte (EdA) sobre la Contratación Pública Ecológica de Carreteras (CPE).

7 PLAN DE INVERSIONES NECESARIAS Y FINANCIACIÓN DE LAS MISMAS

7.1 ACTUACIONES A REALIZAR EN EL ALUMBRADO DE CARRETERAS

7.1.1 ACTUACIONES A REALIZAR EN EL ALUMBRADO DE TÚNELES

La Dirección General de Carreteras ha realizado un primer análisis de la inversión prevista para la ejecución de las actuaciones de mejora de la eficiencia energética en el alumbrado de túneles, ascendiendo el presupuesto estimado a un total de 333 millones de euros (IVA incluido) para la actuación en 217 túneles.

Tabla 10. Actuaciones de mejora de la eficiencia en el alumbrado de túneles

Demarcación	N.º de túneles	Presupuesto estimado (IVA incluido)
DCE Andalucía Occidental	3	3.105.324,00
DCE Andalucía Oriental	48	71.867.773,42
DCE Aragón	14	18.203.403,00
DCE Asturias	29	54.553.472,86
DCE Cantabria	17	37.864.436,28
DCE Castilla La Mancha	1	469.079,10
DCE Castilla y León Occidental	15	16.275.867,66
DCE Castilla y León Oriental	6	9.207.038,31
DCE Cataluña	36	56.109.048,54
DCE Comunidad Valenciana	14	21.311.057,76
DCE Extremadura	1	3.051.920,19
DCE Galicia	25	22.899.953,08
DCE La Rioja	1	1.017.704,52
DCE Madrid	5	9.784.437,28
DCE Murcia	2	7.361.893,00
Total general	217	333.082.409,01

7.1.2 ACTUACIONES A REALIZAR EN EL ALUMBRADO DE TRAMOS A CIELO ABIERTO

Con el objetivo de identificar las principales actuaciones a llevar a cabo para la mejora de la eficiencia energética en la iluminación de tramo a cielo abierto, en enero de 2024 se llevó a cabo una consulta interna a las demarcaciones de carreteras que permitiese evaluar el estado actual de los sistemas de iluminación a cielo abierto y priorizar las principales actuaciones a realizar en un futuro inmediato. Como resumen de los resultados de esta consulta, se han recibido un total de 139 propuestas de actuación por parte de las demarcaciones para sustituir aproximadamente 39.126 luminarias, con un presupuesto de actuación total estimado de 114 millones de euros (IVA incluido).

Tabla 11. Actuaciones identificadas en la consulta realizada en enero de 2024

Demarcación	Número de Actuaciones Propuestas	Número aproximado de luminarias a sustituir/instalar	Presupuesto estimado (IVA incluido)
DCE Andalucía Occidental	27	8.187	32.276.941,50
DCE Andalucía Oriental	14	5.427	8.303.933,35
DCE Aragón	6	1.127	6.960.000,00
DCE Asturias	12	2.455	4.270.000,00
DCE Cantabria	42	3.342	6.302.000,00
DCE Castilla La Mancha	2	463	670.375,58
DCE Castilla y León Oriental	4	233	160.420,00
DCE Cataluña	10	8.342	21.398.593,51
DCE Comunidad Valenciana	5	3.948	23.100.000,00
DCE Extremadura	2	193	705.000,00
DCE Galicia	4	980	2.180.000,00
DCE La Rioja	4	1.806	2.265.000,00
DCE Madrid	6	1.693	2.545.000,00
DCE Murcia	1	930	3.195.073,00
Total general	139	39.126	114.332.336,94

Cabe señalar que la mencionada consulta supone únicamente una primera aproximación para detectar aquellas actuaciones con una mayor urgencia de ejecución, por lo que durante la elaboración del “Plan de Acción de Eficiencia Energética 2030 de la RCE” al que se refiere el apartado 10 se realizará un análisis más detallado que permita identificar la totalidad de actuaciones a llevar a cabo dentro del período horizonte.

7.1.3 CRONOGRAMA ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS ACTUACIONES DE ALUMBRADO EN CARRETERAS

Tanto en el caso de las actuaciones de mejora de la eficiencia en el alumbrado en túneles como en tramos a cielo abierto, parte de las actuaciones mencionadas serán ejecutadas con cargo al Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia (PRTR). Estas actuaciones están actualmente en proceso de diseño y construcción, y serán ejecutadas dentro del horizonte establecido por el PRTR (30 de junio de 2026). El cronograma estimado asociado a la ejecución del conjunto de actuaciones es el siguiente:

Tabla 12. Cronograma para la ejecución de las actuaciones de mejora de la eficiencia en alumbrado

	2023			2024			2025			2026			2027			2028			2029			2030		
	Cuatrimestres			Cuatrimestres			Cuatrimestres			Cuatrimestres			Cuatrimestres			Cuatrimestres			Cuatrimestres			Cuatrimestres		
	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er	1er	2do	3er
Proyectos financiados con cargo al PRTR	Redacción de Proyectos			Aprobación de Proyectos			Licitación de Obras			Ejecución de Obras														
Resto de proyectos	Redacción de proyectos			Aprobación de proyectos			Licitación de obras			Ejecución de obras														

7.2 OTRAS ACTUACIONES: RENOVACIÓN DE LA FLOTA DE VEHÍCULOS DE LA DGC

De acuerdo con los análisis realizados, se estima que en el año 2030 el 62% de la flota actual tendrá una antigüedad superior a 15 años, el 51% tendrá más de 300.000 Km y el 24% tendrá más de 12 años y a la par más de 250.000 Km.

Conforme a los criterios de racionalización de la flota definidos por el Plan de Vehículos al que se refiere el apartado 6.2.2, en el año 2030 se prevé una flota con la siguiente tipología:

Tabla 13. Tipología de vehículos de la DGC. Previsión flota 2030

TIPOLOGÍA DE VEHÍCULOS	Nº
Berlina	58
Turismos	108
Todoterrenos	158
Furgoneta	443
Furgón	18
TOTAL	785

Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, aplicando los criterios de renovación marcados por el Plan de Vehículos, puede estimarse que en torno al 65 % de los vehículos actuales habrán sido dados de baja en el año 2030, lo que supondría una renovación estimada de 551 unidades. De ellos, aproximadamente 430 vehículos podrían ser eléctricos o híbridos.

En total, el objetivo de inversión en vehículos híbridos o eléctricos para el año 2030 para la flota de vehículos de la DGC, de acuerdo con los precios recogidos en los mencionados acuerdos marco de la AGE que rigen la adquisición de vehículos, es el siguiente:

Tabla 14. Objetivo de inversión vehículos híbridos y eléctricos 2030

TIPOLOGÍA DE VEHÍCULOS	Total vehículos	Total vehículos combustión	Total vehículos eléctricos/híbridos	Inversión en eléctricos/híbridos
Berlina	58	20	38	1.731.109,0
Turismos	108	38	70	2.241.556,0
Todoterrenos	105	105	0	
Todocaminos	53	19	34	1.257.081,0
Furgoneta	443	155	288	4.664.790,0
Furgón	18	18	0	
TOTAL	785	355	430	9.894.536,0 €

Fuente: Elaboración propia.



Se recuerda que, dado que actualmente no existen vehículos todoterreno de energías alternativas que cumplan con las características de potencia y autonomía compatibles con el uso a que están destinados estos vehículos, siempre que sea posible, se ha optado en el Plan de Vehículos por adquirir vehículos todocaminos. Se estima que un tercio de los todoterrenos pueden ser sustituidos por todocaminos híbridos.

Asimismo, en un escenario inmediato, la DGC tiene prevista la adquisición en el año 2024 de un total de 153 vehículos, de las tipologías siguientes:

Tabla 15. Adquisición de vehículos prevista en 2024

TIPOLOGÍA DE VEHÍCULOS	Total vehículos
Berlina	18
Turismos	20
Todoterrenos	47
Todocaminos	44
Furgoneta	20
Furgón	4
TOTAL	153

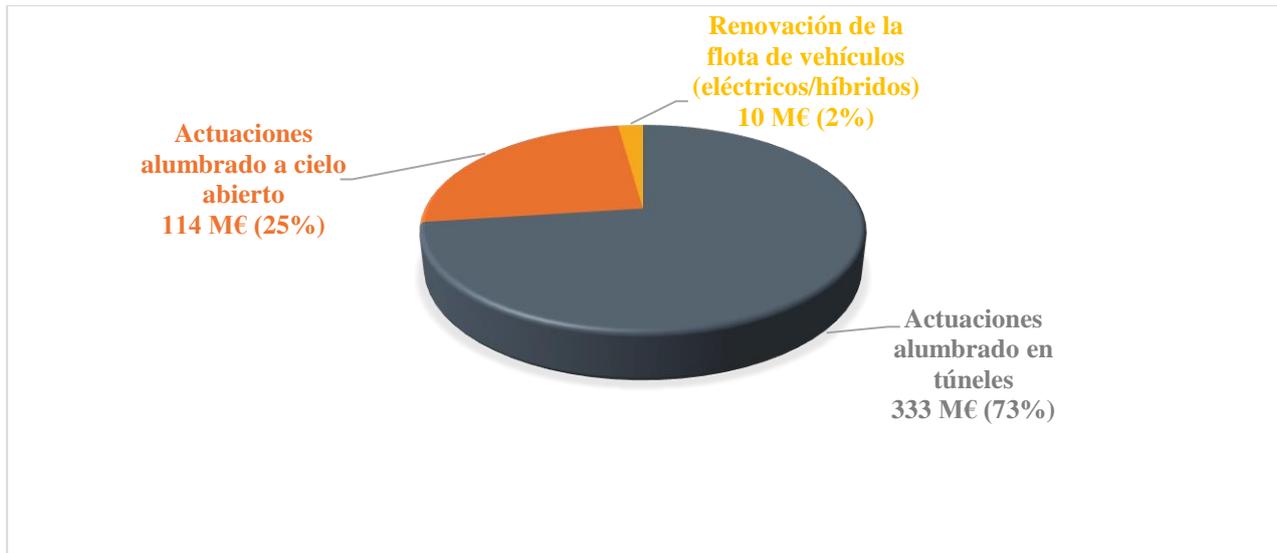
Fuente: Elaboración propia.

Se destaca que, de los 20 turismos pendientes de adquisición en el año 2024, 10 de ellos serán vehículos eléctricos y los 10 restantes serán híbridos. De las 18 berlinas pendientes de adquisición en 2024, 13 de ellas serán híbridas enchufables y las 5 restantes híbridas enchufables o eléctricas.

7.3 PLAN DE INVERSIONES Y FINANCIACIÓN

El presupuesto estimado para acometer las actuaciones a las que se refiere la presente estrategia (actuaciones de ahorro energético en túneles y en tramos a cielo abierto y renovación de flota de vehículos por vehículos eléctricos/híbridos) se ha estimado en **457 millones de euros**, si bien esta cifra podrá ser modificada conforme se definan en detalle los proyectos a ejecutar y se identifiquen nuevas actuaciones de mejora de la eficiencia energética en la RCE. Las inversiones presupuestadas pueden desglosarse de la siguiente forma:

Figura 18: Estimación de presupuestos para principales medidas de ahorro energético DGC (2021-2030)



Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a la financiación de las actuaciones, existen distintas vías para acometer la inversión. En primer lugar, existen distintos programas de ayuda que financian actuaciones de este tipo, como es el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Asimismo, se va a analizar la posibilidad de ejecutar parte de estas actuaciones a través de Empresas de Servicios Energéticos (ESE). En resumen, las distintas fuentes de financiación para acometer las actuaciones a las que se refiere la presente Estrategia son las siguientes:

- **Ayudas Públicas**

El marco económico para la ejecución de las diferentes actuaciones que conforman la Estrategia cuenta con las posibles opciones de solicitud de ayudas públicas existentes en el proceso de lanzamiento de estas. De forma, que se trata de un escenario de mínimos que podrá ampliarse a lo largo de la ejecución.

1. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR y Adenda PRTR)

“El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), aprobado por el ECOFIN el 13 de julio de 2021, define la estrategia española en el período 2021-2025 para canalizar los fondos destinados por Europa a reparar los daños provocados por la crisis del COVID-19, a través de un conjunto de reformas e inversiones. El Plan cuenta con cuatro ejes transversales: transición ecológica, transformación digital, cohesión social y territorial e igualdad de género, que se concretan en diez políticas palanca y 30 componentes que articulan el programa de 102 reformas y 110 inversiones definidos con el horizonte del año 2023.

Posteriormente, el 17 de octubre de 2023 quedó aprobada la adenda española al PRTR, donde se actualiza el calendario de desembolsos, que incluye transferencias adicionales y préstamos, así como los hitos y objetivos asociados.

Junto con las inversiones, la Adenda incluye 17 reformas que completan la transformación de la economía ya iniciada y consolidar el modelo de crecimiento sostenido y sostenible. Dentro de estas 17 reformas, se encuentra la presente **Estrategia de eficiencia energética 2030 de la RCE**.

A continuación, se detallan las líneas de inversión que posibilitan la financiación para las actuaciones descritas en la Estrategia de Eficiencia Energética 2030 de la RCE:

- La Dirección General de Carreteras participa en la Componente C6 del PRTR (medida C6.I2) que contempla entre sus líneas de actuación la siguiente: “Sostenibilidad, eficiencia energética y acción contra el ruido en la RCE”. Esta línea tiene entre sus



objetivos impulsar actuaciones de eficiencia energética en la RCE, entre otras de acción frente al ruido y sostenibilidad, con un presupuesto estimado total de 301 millones de euros (sin IVA). Se financiarán por esta vía aquellas actuaciones más prioritarias, sobre las que ya se está trabajando, que puedan estar finalizadas en el horizonte del PRTR (30 de junio de 2026). Entre ellas cabe destacar parte de las actuaciones de cambio de iluminación en túneles y a cielo abierto descritas en los apartados anteriores.

2. MOVES Flotas:

“Esta iniciativa incentiva la electrificación integral de grandes flotas de transporte compuestas por vehículos ligeros –de ciclomotores a furgonetas–, bien sean de empresas o del sector público y siempre que operen en al menos dos comunidades autónomas. Se han concedido 24,12 millones de euros a 54 proyectos en dos convocatorias. La tercera está en fase de evaluación.”²⁸

En el momento de la creación de la Estrategia de Eficiencia Energética 2030 de la RCE el Plan está cerrado, pero será una posible fuente de financiación si se reactiva una futura convocatoria.

- **Empresas de Servicios Energéticos (ESE)**

Según la Directiva 2006/32 CE, una Empresa de Servicios Energéticos, ESE, es una persona física o jurídica que proporciona servicios energéticos o de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones o locales de un usuario.

El servicio energético de la ESE puede incluir la realización de inversiones inmateriales, de obras o de suministros necesarios para optimizar la calidad de las instalaciones y la reducción de los costes energéticos. Las actuaciones que se llevan a cabo pueden incluir el servicio de mantenimiento, su explotación o su gestión derivados de la incorporación de tecnologías eficientes.

Los contratos de servicios energéticos (EPCs de sus siglas en inglés Energy Performance Contracting) llevan asociado un ahorro de energía verificable, medible o estimable y la remuneración económica que debe percibir la empresa contratista está condicionada al cumplimiento de los objetivos de eficiencia que se hayan comprometido.

Entre las ventajas que estos contratos ofrecen se encuentran las siguientes:

- Las inversiones de mejora de la eficiencia energética se financian directamente de los ahorros y no de los Presupuestos Generales del Estado
- El sector privado asume los riesgos de las obras e instalaciones necesarias, pudiendo garantizar el ahorro de energía, basándose en su experiencia para ayudar a conseguir las mejores soluciones técnicas.
- Con ello no solo se mejora la eficiencia de la DGC, también se ahorra dinero público, se impulsa el crecimiento económico y se genera empleo.²⁹

Por tanto, en la búsqueda de fuentes de financiación para la implementación de las actuaciones de eficiencia energética, bajo el amparo de la Ley 9/2017 Ley De Contratos del Sector Público, la DGC pretende explorar la posible financiación de las actuaciones mencionadas a través de contratos con Empresas de Servicios Energéticos.

²⁸<https://planderecuperacion.gob.es/noticias/conoce-ayudas-IDAE-marco-Plan-de-Recuperacion-grado-ejecucion-prtr>

²⁹ <https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/1c18d844-7e40-4252-b401-95995f5acacc/DOC20210628103524pcap.pdf?MOD=AJPERES>

- **Fondos propios**

Todas aquellas actuaciones que queden fuera de la financiación mediante los mecanismos anteriores (ayudas públicas y ESE) serán financiados, dentro de las disponibilidades presupuestarias, a través de las correspondientes partidas de los Presupuestos Generales del Estado, mediante la aplicación correspondiente de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.

8 SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

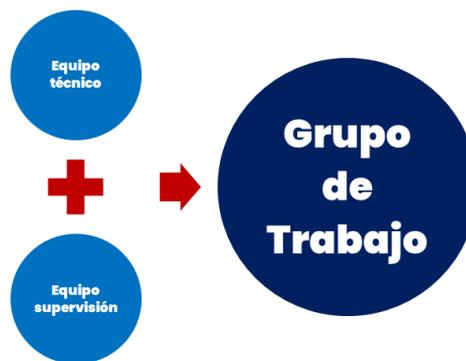
Para asegurar que las medidas de ahorro energético implementadas aporten los resultados, se requiere diseñar e implementar un sistema de seguimiento y evaluación aplicado desde el inicio de la planificación.

El sistema de seguimiento de la Estrategia se crea con el objetivo de facilitar la visualización y análisis del desarrollo de la implementación de las medidas de ahorro energético. Además, debe servir para detectar desviaciones, en caso de que las haya, e identificar nuevos problemas o necesidades que pudieran surgir.

Los resultados del análisis se recogerán en informes que se publicarán, procurando los medios que faciliten el acceso de dicha información a toda persona interesada.

Para la realización de las tareas de seguimiento, se creará un grupo de trabajo formado por el equipo técnico y por un equipo de supervisión.

Figura 19: Composición del Grupo de Trabajo



Fuente: Elaboración propia

El objetivo principal del Grupo de Trabajo es analizar el grado de avance de la Estrategia

Las funciones del equipo de supervisión serán:

- Aprobación o denegación de indicadores energéticos propuestos por el equipo técnico. Es vital tener un registro de los indicadores, ya que permitirán evaluar la efectividad de las medidas de eficiencia o ahorro que puedan llevarse a cabo.
- Analizar y valorar los informes de seguimiento y evaluación elaborados por el equipo técnico.
- Solicitar las modificaciones y mejoras oportunas que consideren adecuadas una vez analizados los informes técnicos de seguimiento.
- Elevar dentro de la DGC los resultados extraídos de los informes de seguimiento y evaluación para garantizar el cumplimiento de los objetivos fijados.



Las funciones del equipo técnico serán:

- Creación de propuestas de indicadores energéticos.
- Recogida de datos de consumo e indicadores que serán extraídos de la herramienta de gestión.
- Realizar el tratamiento, la interpretación y el análisis la información obtenida (consumos e indicadores energéticos).
- Realizar los Informes de Seguimiento Anuales, así como el Informe de Evaluación Inicial, Intermedia y Final de la Estrategia.
- Incluir en los informes de seguimiento y evaluación las modificaciones y mejoras oportunas que haya considerado el equipo de supervisión.

9 PLAN DE COMUNICACIÓN

Las mejoras de ahorro energético de la presente estrategia irán acompañadas de un Plan de comunicación para que la Estrategia sea conocida por la ciudadanía y por los técnicos, trabajadores públicos, instituciones y empresas que lo emplean en su día a día.

Debido a ello, el Plan de Comunicación se centra en dos líneas de comunicación:

- **La comunicación interna:** consistirá en visualizar y transmitir de forma clara el impacto de la Estrategia en la DGC, y las repercusiones para sus habitantes.
- **La comunicación externa:** donde se divulgará con más detalle el contenido e impactos de la Estrategia en los medios. Los medios elegidos serán varios, con el objetivo de garantizar que el contenido llegue a todos los públicos:

En cuanto a la comunicación mediante páginas web, *web del Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible* y *Portal de Transparencia de la Administración General del Estado*, se mostrarán actualizados los progresos de la Estrategia, los ahorros conseguidos y la evolución de los indicadores energéticos. En estos medios se publicarán también las jornadas y eventos relacionados con su comunicación y difusión.

Igualmente, la DGC dará el soporte técnico necesario para la difusión y comunicación de la Estrategia en las redes sociales en los que habitualmente se realizan publicaciones con frecuencia. Lo enlaces son los siguientes:

- <https://t.me/mitmagob>
- <https://www.flickr.com/photos/fomentogob/>
- <https://www.instagram.com/mitmagob/?hl=es>
- <https://twitter.com/transportesgob>
- <https://www.youtube.com/user/fomentogob>

Por otro lado, dentro de la creación del Plan de comunicación, resulta interesante aplicar medidas de formación internas que estarán alineadas con la Orden PCM/466/2022. De esta forma, se impartirán cursos a empleadas y empleados públicos para promover la utilización eficiente de la energía en la oficina y en la movilidad mediante la realización de cursos gratuitos que se podrán realizar a través de la plataforma e-learning del IDAE. Por último, se realizarán actuaciones de comunicación para sensibilizar e informar sobre el ahorro energético, sobre el uso de la energía en el trabajo (informática, climatización,

iluminación, ventilación, agua caliente sanitaria) y su movilidad al puesto de trabajo, que serán impulsadas por el Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico.³⁰

Finalmente, cabe destacar que el principal objetivo del Plan de comunicación es que la Estrategia sea conocida y asumida por la ciudadanía, de modo que esta sea consciente del elevado compromiso con la eficiencia energética y el cuidado del medioambiente adquirido por la Dirección General de Carreteras en la gestión de la infraestructura viaria.

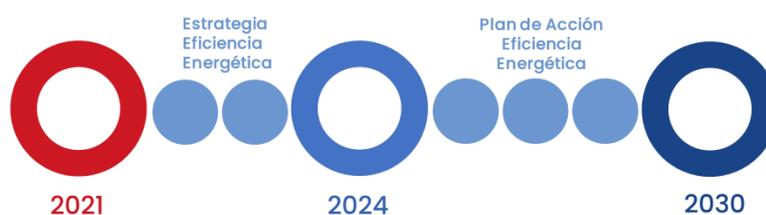
10 PRÓXIMOS PASOS: “PLAN DE ACCIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2030 DE LA RCE”

Cómo ya se ha mencionado, tras la publicación de la presente estrategia se procederá a la elaboración del denominado “**Plan de Acción de Eficiencia Energética 2030 de la RCE**”, el cual desarrollará de forma detallada las líneas de actuación contempladas en la presente estrategia y actuará además como mecanismo de seguimiento de los objetivos propuestos en la misma.

Este plan de acción se centrará fundamentalmente en los siguientes aspectos:

1. Actualización de los inventarios de activos de la Red de Carreteras del Estado.
2. Caracterización detallada de las actuaciones de ahorro energético a implantar en la Red y cuantificación del ahorro objetivo.
3. Desarrollo de un sistema de gestión de consumos en la DGC que permita dar seguimiento a las medidas de eficiencia energética mencionadas en la presente estrategia.
4. Establecimiento de un protocolo de seguimiento de actuaciones que verifique la consecución de los ahorros alcanzados.

Figura 20: Hoja de ruta de la Eficiencia Energética de la DGC



Para la elaboración de este Plan de Acción se contará con la colaboración de otros organismos y departamentos ministeriales que puedan verse afectados o contribuir a su desarrollo, entre los que cabe mencionar, entre otros, a la Subdirección General de Eficiencia Energética de la Dirección General de Política y Minas de MITERD, la Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial de la Secretaría de Estado de Industria del Ministerio de Industria y Turismo, y la Dirección de Ahorro y Eficiencia Energética

³⁰ Orden PCM/466/2022, de 25 de mayo. (<https://www.boe.es/boe/dias/2022/05/26/pdfs/BOE-A-2022-8563.pdf>)



del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), organismos ya consultados durante la elaboración de la Estrategia.

Así mismo, en paralelo al desarrollo del “Plan de Acción de Eficiencia Energética 2030 de la RCE”, la DGC va a proceder al desarrollo de un **“Plan de Descarbonización (2021-2030)”**, cuyo objetivo es dotar a la DGC de un análisis de las emisiones generadas, tanto actuales como futuras, y establecer una hoja de ruta hacia la descarbonización que permita definir las medidas encaminadas a la reducción progresiva de las distintas componentes que contribuyen a su huella de carbono. En definitiva, el “plan de Descarbonización 2021-2030” aunará todas las líneas de actuación de la DGC relacionadas con la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, entre las que se encuentra la línea de mejora de la eficiencia energética, así como otras líneas como el despliegue de energías renovables en la RCE o la ejecución de proyectos de absorción de CO₂. Adicionalmente, la DGC va a proceder al cálculo de la huella de carbono generada durante los años 2022, 2023, 2024 y 2025, con la finalidad de reducirla y de inscribirla en el Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Este cálculo completará el cálculo realizado para el año de referencia 2021, y dará además cumplimiento al hito L16 de la Reforma 3 de la Componente 6 (C6.R3), que contempla concretamente el cálculo de la huella de carbono de la DGC en relación con el año 2024, cuyos resultados se presentarán antes de finalizar el año 2025.

