

## APÉNDICE 02. ESTUDIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO



## ÍNDICE

1. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO .....	1	2.3.3 Factores de emisión Avión .....	26
1.1 ALCANCE DE LA METODOLOGÍA PARA LA ADAPTACIÓN DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	1	2.3.4 Resultados Alternativa 0.....	26
1.2 CONCEPTOS PREVIOS.....	2	2.3.5 Resultados Alternativas Estudio Informativo.....	27
1.2.1 Identificación de los peligros del cambio climático.....	2	2.3.6 Resultados Alternativas combinadas .....	28
1.2.2 Vulnerabilidad en la ingeniería .....	2	2.3.7 Alternativa con menos emisiones de GEI.....	30
1.3 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DEL PRESENTE PROYECTO A LOS FACTORES DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....	3	2.4 ESTIMACIÓN PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INFRAESTRUCTURAS .....	31
1.3.1 Antecedentes-Vulnerabilidad de la infraestructura actual al cambio climático: estudios previos.....	3	2.4.1 Resultados Alternativa 0.....	31
1.3.2 Ámbito del proyecto y cambio climático .....	6	2.4.2 Resultados Alternativas Estudio Informativo.....	31
1.3.2.1 Escenarios.....	6	2.4.3 Resultados Alternativas combinadas .....	32
1.3.2.2 Ámbito del proyecto .....	6	2.5 HUELLA DE CARBONO.....	33
1.3.2.3 Proyecciones locales.....	7	2.5.1 Usuarios Alternativa 0.....	34
1.3.3 Identificación de las sensibilidades del proyecto al cambio climático....	15	2.5.1.1 Usuarios del ferrocarril actual.....	34
1.3.4 Evaluación de la Exposición del proyecto a los peligros climáticos.....	18	2.5.1.2 Usuarios carretera .....	35
1.3.5 Matriz de vulnerabilidad.....	18	2.5.1.3 Usuarios avión .....	35
1.3.6 Adaptación, medidas.....	20	2.5.2 GEI anuales tráfico de la Alternativa 0.....	36
1.3.7 Vulnerabilidad residual .....	21	2.5.3 Usuarios Alternativas del Estudio Informativo.....	36
2. CONTRIBUCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	22	2.5.3.1 Futuros usuarios de la nueva infraestructura.....	36
2.1 METODOLOGÍA .....	22	2.5.4 GEI anuales tráfico Estudio Informativo .....	37
2.2 ESTIMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN .....	22	2.5.5 GEI evitados de tráfico actual.....	38
2.3 ESTIMACIÓN PARA EL TRÁFICO.....	24	2.5.6 GEI Fase de funcionamiento: tráfico.....	38
2.3.1 Factores de emisión Ferrocarril .....	24	2.5.7 GEI Fase de funcionamiento: Operación y Mantenimiento de la Infraestructura .....	40
2.3.2 Factores de emisión Carretera .....	25	2.5.7.1 Anuales Alternativa 0.....	40
		2.5.7.2 Estudio Informativo .....	40
		2.5.8 Huella de carbono .....	41
		2.5.9 Comparación Global con Alternativa 0 .....	43
		2.6 COMPARACIÓN DE NUEVAS ALTERNATIVAS ENTRE SÍ.....	44

<b>2.7 DEFICIENCIAS DE LAS ESTIMACIONES REALIZADAS .....</b>	<b>45</b>
<b>2.8 MEDIDAS RECOMENDADAS.....</b>	<b>46</b>
2.8.1 Implementación de las mejoras en diseño y materiales derivadas de los avances de ADIF en sus proyectos del Plan de Lucha Contra el Cambio Climático (PLCCC) .....	46
2.8.2 Medidas de mitigación y ahorro energético en las obras .....	47
2.8.3 Construcción de edificios de estaciones y edificios técnicos sostenibles.....	49
2.8.4 Medidas de incremento en captación de usuarios para potenciar las emisiones evitadas .....	49
<b>2.9 EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS.....</b>	<b>50</b>
2.9.1 Efectividad de las medidas en fase de construcción .....	50
2.9.2 Efectividad de las campañas de captación de usuarios .....	51
<b>3. ANEXO.....</b>	<b>53</b>

## 1. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Las infraestructuras son un sector fuertemente vulnerable frente a diferentes factores de cambio climático. ACCIONA Ingeniería hace un ejercicio de responsabilidad integrando la evaluación de la adaptación al cambio climático en el diseño de sus proyectos y al mismo tiempo oferta un mayor valor.

Este procedimiento es de aplicación a los nuevos proyectos licitados y durante el diseño de los proyectos adjudicados, como una mejora si el cliente no lo requiere explícitamente, o bien para dar cumplimiento al requerimiento del cliente, en su caso.

De acuerdo a la metodología para evaluar la vulnerabilidad del proyecto se tendrán en cuenta tres variables: exposición, elementos susceptibles y capacidad de adaptación, los cuales podrían tener un impacto importante en la probabilidad de sufrir daños.

Medir la vulnerabilidad requiere, ante todo, una clara comprensión y definición del concepto de vulnerabilidad. Una de las definiciones más conocidas fue la formulada por la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (UN/ISDR), que definió la vulnerabilidad como: La medida en que un sistema natural o social es susceptible de sufrir daños por el cambio climático y depende de la sensibilidad al clima, la capacidad de adaptación (para absorber o compensar los daños o beneficiarse del cambio climático) y el grado de exposición a los riesgos climáticos (IPCC, 2001).

La evaluación realizada ha sido una evaluación cualitativa basada en el juicio de expertos y una revisión de la literatura pertinente. Se realizó un Taller de Identificación de Riesgos entre los expertos técnicos del equipo de desarrollo del proyecto para identificar los peligros y las consecuencias relacionados con el clima y la sensibilidad a los mismos.

El objetivo clave frente a la incertidumbre es definir e implementar cambios de diseño (opciones de adaptación) que proporcionen tanto un beneficio en base al clima actual como la resiliencia a la gama de potenciales cambios climáticos futuros.

**Principio de actuación:** entender a qué factores climáticos (peligros) es vulnerable la infraestructura, evaluar el grado de impacto y, según el caso, integrar medidas de adaptación que reduzcan este a un nivel aceptable.

### 1.1 ALCANCE DE LA METODOLOGÍA PARA LA ADAPTACIÓN DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO.

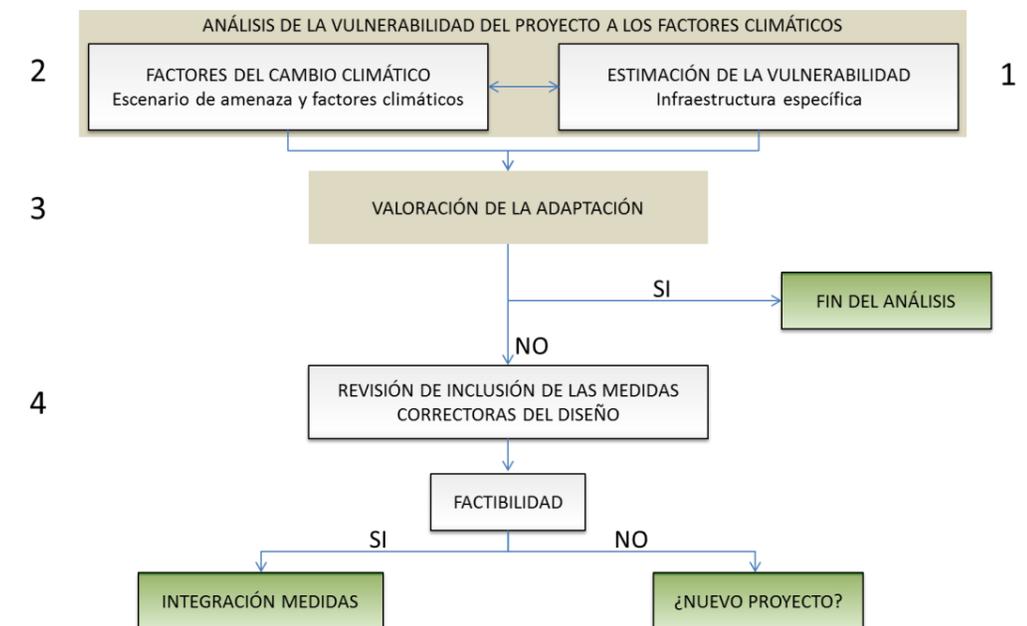
La metodología empleada es un instrumento preventivo para gestionar el riesgo provocado por el cambio climático en el diseño de la infraestructura, mediante la previa identificación de los factores clave del cambio climático y cómo interactúan con la viabilidad de la infraestructura.

Se trata de evaluar el riesgo en situaciones de incertidumbre mediante un proceso sistemático que permite decidir sobre las actuaciones a acometer ante los potenciales riesgos planteados por el cambio climático.

Esta metodología se estructura alrededor de cuatro cuestiones:

- ¿Qué hay que proteger? → La funcionalidad y/o seguridad de la infraestructura
- ¿De qué? → Identificar los factores climáticos peligrosos provocados por el cambio climático
- ¿Cuáles son los riesgos? → Evaluar los nuevos riesgos o cómo la infraestructura va a responder ante estos potenciales peligros
- ¿Cómo influye en el diseño? → Medidas preventivas o correctoras directamente a aplicar en la infraestructura en estudio

Por tanto, la metodología de evaluación del riesgo climático de las infraestructuras conllevará cuatro fases básicas:



## 1.2 CONCEPTOS PREVIOS

### 1.2.1 Identificación de los peligros del cambio climático

El análisis de los peligros identifica un conjunto específico de circunstancias que podrían potencialmente ocasionar un resultado negativo. En análisis posteriores se analiza su afección a la infraestructura y las consecuencias en caso de que ocurriera.

Tradicionalmente se ha dependido de los registros de datos históricos del clima para diseñar las infraestructuras. Si bien en la actualidad se ha avanzado en la materia y las consecuencias del cambio climático ya se aprecian en los registros también es cierto que bajo la actual situación de cambio climático estos datos históricos pueden ya no ser apropiados pues no captan del todo las tendencias que puede acarrear el cambio climático y las infraestructuras diseñadas pueden no ser por tanto suficientemente robustas.

La sensibilidad del proyecto debe ser analizada en relación a una serie de parámetros climáticos y a los efectos climáticos que se desencadenan.

La tabla siguiente proporciona una lista de los factores climáticos habituales a considerar y algunos efectos secundarios desencadenados.

Parámetros climáticos básicos	Efectos climáticos desencadenados
*Temperatura media anual/estacional/mensual	*Aumento del nivel del mar
*Temperatura extrema (frecuencia y magnitud)	*Aumento de las tormentas en número e intensidad
*Precipitaciones medias: anual, estacional y mensual	*Aumento temperatura del mar
*Precipitaciones extremas (frecuencia y magnitud)	*Inundaciones
*Velocidad media del viento	*Sequias
*Velocidad máxima del viento	*Erosión costera
*Humedad	*Aumento salinidad
*Radiación solar	*Fuegos/Incendios
	*Olas de frío
	*Olas de calor
	*Inestabilidad del suelo

Por ejemplo, en infraestructuras marinas muchos de los parámetros de clima a considerar derivan de los cambios en la variable viento, que desencadena cambios en las variables climáticas relevantes como son oleaje, ángulo de incidencia, nivel del mar, etc:

EVENTOS CLIMÁTICOS: CLIMA MARÍTIMO				
OLEAJE, Régimen medio			OLEAJE, Régimen extremal	NIVEL DEL MAR
DHs12	DHRMS	Dq	DHs,95	DNM

### 1.2.2 Vulnerabilidad en la ingeniería

Una infraestructura es vulnerable al cambio climático si no tiene capacidad para absorber los cambios en las condiciones climáticas utilizadas para diseñar y posteriormente explotar la infraestructura.

Una infraestructura es o no vulnerable al cambio climático y si lo es la infraestructura podría fallar o sufrir problemas de funcionamiento. El grado de fallo depende del nivel de vulnerabilidad.

El riesgo será un valor derivado de caracterizar esta vulnerabilidad. Para ello es necesario identificar los elementos o componentes de la infraestructura expuesta a un peligro determinado.

Los Componentes de las infraestructuras a analizar dependerán de la infraestructura de que se trate y del factor de peligro climático analizado.

- ¿Cómo es ese componente de la infraestructura de sensible a ese peligro determinado?
- ¿Cuál es la capacidad de ese componente de defenderse del peligro?

Por lo tanto, el análisis de vulnerabilidad de una infraestructura hay que realizarlo para:

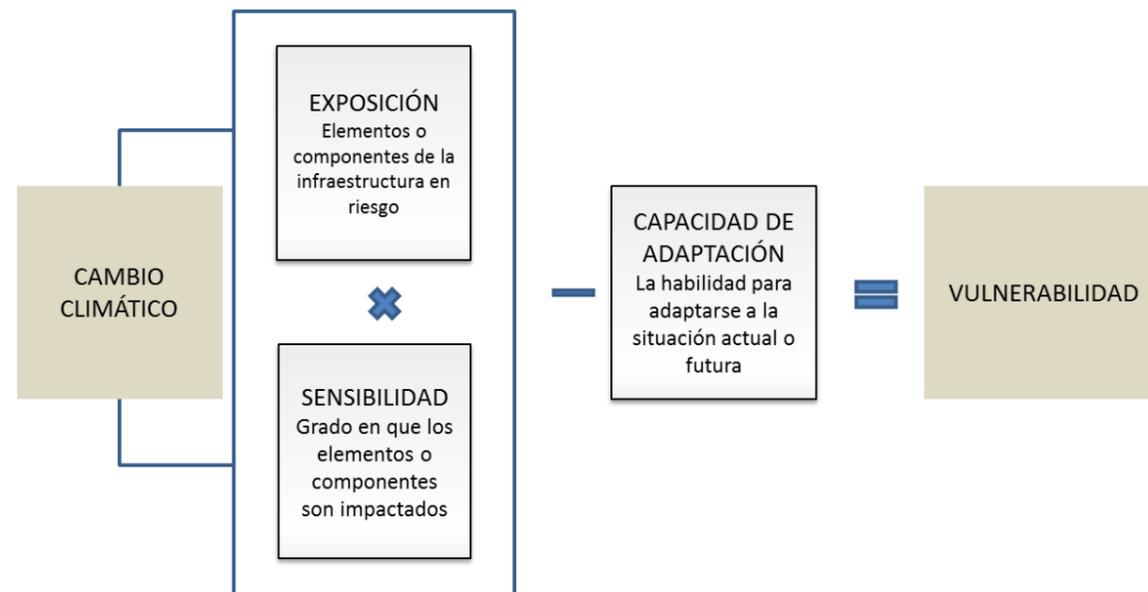
- Los componentes de la infraestructura en sí,

- Servicios asociados, entre otros de agua, energía, pero también puede ser estaciones en trenes,
- Accesos,
- Operación y mantenimiento de la infraestructura

La vulnerabilidad de un componente de la infraestructura a un factor de clima (i) en un escenario de cambio climático (j), se puede cuantificar en una función de la exposición de ese componente a ese factor de clima, de la sensibilidad de ese componente a ese factor del clima y de la capacidad de adaptación de ese componente:

$$\text{Vulnerabilidad}_{ij} = F_{s_{ij}} \times F_{e_{ij}} - F_{c_{ij}}$$

Dónde: i= factor de clima; j= escenario de cambio climático contemplado; s= sensibilidad; e= exposición; c= capacidad de adaptación



Para determinar la vulnerabilidad de la infraestructura, se puede realizar una estimación de la respuesta proyectada de la infraestructura con criterios profesionales o mediante modelos y datos, menos frecuente por costosa en tiempo y datos. Por lo tanto, la vulnerabilidad suele asignarse con base a criterios profesionales. Para asegurar que se tenga acceso a suficiente conocimiento técnico, se realiza un taller en el que los técnicos valoran sistemáticamente cada una de las interacciones concebibles y razonables.

Los escenarios de cambio climático y el análisis de la vulnerabilidad se deberán hacer para todo el periodo de tiempo de vida útil de la infraestructura y teniendo en cuenta eventos especiales de su ciclo de vida como pueden ser reparaciones y rehabilitaciones.

Se ha de matizar que, si en el proyecto se parte de componentes adaptados al cambio climático en su propio diseño o se desea comparar la adaptación de distintas alternativas, las diferencias se encontrarán en la sensibilidad ya que el grado de impacto es menor cuanto más adaptado esté el proyecto.

### 1.3 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DEL PRESENTE PROYECTO A LOS FACTORES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

#### 1.3.1 Antecedentes-Vulnerabilidad de la infraestructura actual al cambio climático: estudios previos

En el Estudio del CEDEX “Identificación de las secciones de la red troncal española de infraestructuras de transporte potencialmente más expuestas a los efectos del cambio climático. Informe Final Junio 2018” analizaron la siguiente relación preestablecida de impactos en el ferrocarril estatal por razón de eventos climáticos (vulnerabilidad a factores climáticos) resumiendo toda la casuística del territorio español peninsular en:

- Deslizamiento de laderas y caída de materiales y erosión en **taludes** como consecuencia de lluvias intensas
- Erosión de taludes en **terraplén** junto a cauces como consecuencia de **avenidas extraordinarias**
- Insuficiencia de capacidad de las **obras de drenaje por lluvias intensas**
- Erosión de estribos, socavación de pilas y obras de contención, e impactos por arrastre de materiales en **obras de fábrica por avenidas extraordinarias**
- Solicitaciones en vía del **sistema carril-traviesa-sujeción** como consecuencia de **temperaturas y/u oscilaciones térmicas elevadas**
- Arrastre y movimiento del **balasto en vía** como consecuencia de **lluvias intensas**
- Afectación al **servicio ferroviario por incendios** en el margen de la vía
- Afectación al **servicio ferroviario por nieve** en la red convencional y de ancho métrico
- Afectación al **servicio ferroviario por hielo** en la red convencional y de ancho métrico
- Afectación al **servicio ferroviario por viento muy intenso**

Y posteriormente para ayudar a evaluar la vulnerabilidad de la red en el futuro por razón del cambio climático, dispusieron de datos de proyecciones climáticas proporcionados por AEMET y de mapas de cambios de exposición elaborados por el CEDEX con dichos datos, los cuales superpusieron a la red de ferrocarril. La entidad del cambio de vulnerabilidad por razón de este cambio de exposición la estimaron tomando en cuenta la percepción del personal de ADIF y ADIF Alta Velocidad, matizada en algún caso con la apreciación de expertos en el comportamiento de algunos componentes específicos de la infraestructura.

**Figura 6**  
 Escala empleada para caracterizar el nivel de afectación a la red de transporte terrestre

ESCALA DE LOS IMPACTOS									
Afectación inexistente/reducida a la circulación y/o a la infraestructura			Afectación moderada a la circulación y/o a la infraestructura			Afectación importante a la circulación y/o a la infraestructura			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
La afectación a la infraestructura y/o a su funcionalidad es inexistente o reducida en toda la sección. Su reparación es compatible con actuaciones de mantenimiento rutinario. Las condiciones de circulación pueden verse afectadas por limitaciones de velocidad y/o medidas de control de tráfico y/o accesos durante un periodo de tiempo breve (horas).			La afectación a la infraestructura y/o a su funcionalidad es moderada en algún punto de la sección, requiriendo de reparaciones y/o reposiciones modestas. Se pueden producir retrasos a la circulación y/o requerir desvíos de tráfico que pueden prolongarse de horas a días.			La afectación a la infraestructura y/o a su funcionalidad y/o seguridad es significativa en algún punto de la sección, incluso puede llegar a ser total. Su reparación requiere la rehabilitación/ reconstrucción de alguno o varios de los componentes de la infraestructura. Se pueden producir retrasos a la circulación y/o requerir desvíos de tráfico que pueden prolongarse durante semanas o meses.			

*El nivel de afectación se califica con un 1 cuando la incidencia es nula, irrelevante o improcedente. La escala numérica ayuda a matizar, dentro de un mismo nivel de afectación, por razón de proximidad a un nivel contiguo o de frecuencia con la que se da el impacto.*

En la siguiente imagen se muestra el mapa de resultados de vulnerabilidad que obtuvieron para toda la red estatal, se señala la zona en estudio del presente informe:

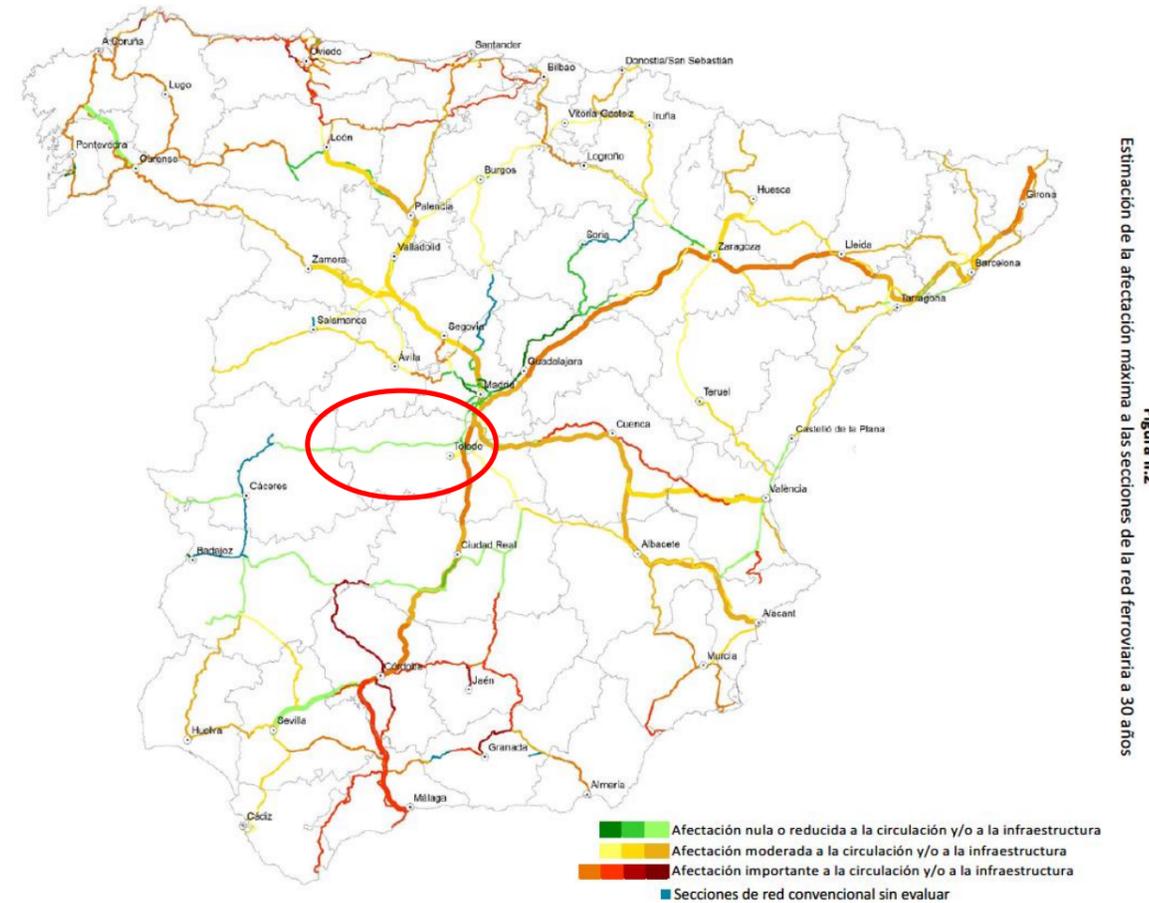


Figura 11.2  
 Estimación de la afectación máxima a las secciones de la red ferroviaria a 30 años

Figura Estimación de la afectación máxima a las secciones de la red ferroviaria a 30 años del Anejo II de Vulnerabilidad estimada de la red en el futuro del Estudio del CEDEX "Identificación de las secciones de la red troncal española de infraestructuras de transporte potencialmente más expuestas a los efectos del cambio climático. Informe Final Junio 2018"

Como se puede apreciar en la imagen, la línea 500.BIF.Planetario-Valencia de Alcántara a su paso por Toledo está clasificada por completo con un nivel 3 sobre 10 para un periodo de 30 años, en el grupo de menor afectación: Afectación Inexistente/reducida a la circulación y/o a la infraestructura.

En comparación, la referencia a la escala de trabajo y el mayor periodo de análisis escogido para el presente estudio podría considerarse una variación en cuanto a la afectabilidad debida al aumento máximo de un 6% de las precipitaciones intensas con respecto al actual y, dado que la infraestructura discurre principalmente en terrenos más bien llanos y no presenta grandes taludes, no se esperan grandes cambios de erosión si bien la edad de la infraestructura puede hacer avanzar su vulnerabilidad frente a las grandes avenidas en las zonas de riesgo de inundación.

De otra parte, se ha revisado el segundo informe del “Estudio sobre efectos constatados y percepción del Cambio Climático en el medio rural de Castilla-La Mancha” de 2018. En el mismo no se aporta nueva información ni de mayor detalle sobre la afección actual y la futura debida al cambio climático a su red ferroviaria ya que realiza un pequeño resumen de las apreciaciones ya conocidas incluidas en el estudio “Grupo de Trabajo para el análisis de las *Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España*” perteneciente al mismo grupo que el anteriormente mencionado del CEDEX.

Sin embargo, sí que es de gran interés la información que reporta sobre los cambios esperados en la vegetación y la población de conejo para la comunidad autónoma según las zonas. Y es que desde el punto de vista de la infraestructura de alta velocidad la vegetación en los taludes es de importancia en cuanto a la protección que brinda frente a la erosión y la población de conejo por los problemas que acarrea tanto al desmejorar dicho recubrimiento vegetal protector como a la erosión que produce directamente en la construcción de sus madrigueras y trasiegos, el cerramiento que se dispone entorno a los taludes de alta velocidad les aporta una protección frente a la depredación predisponiendo la situación hacia el problema. Se incluye a continuación la información de dicho estudio que es de interés para el área y cuestión en estudio:

Cambios en la vegetación:

La sequía y los extremos climáticos ya están comenzando a ocasionar cambios en las comunidades vegetales que no se pueden desplazar ni de forma altitudinal o latitudinal produciendo la extinción local de las especies peor adaptadas. Otra cuestión que afecta negativamente en la productividad primaria de las especies vegetales es el aumento de la aridez y la temperatura, que al mismo tiempo producirá que se sustituyan dichas especies por otras que resistan mejor las nuevas condiciones del clima.

Las especies invasoras, que son especies exóticas incluidas de manera voluntaria o involuntaria por la acción humana, tienen la capacidad de conservar sus poblaciones, expandirse y modificar procesos ecosistémicos clave como la productividad, los ciclos biogénicos, la regeneración o la dinámica natural. Debido al cambio climático, se produce un recrudescimiento de las invasiones, favorable a este tipo de especies con una plasticidad fenotípica mayor que las autóctonas con las que coexisten.

Para Castilla-La Mancha -y extrapolable a escala estatal- el cambio climático incide en nuestros bosques y, en definitiva, en la biodiversidad, de diversas formas:

- La foliación se adelanta y la caída de la hoja se retrasa en varias especies arbóreas.

- Se producen defoliaciones, disminuye el crecimiento de algunas especies vegetales y se incrementa el número de defunciones.
- Se traslada de forma altitudinal las especies vegetales leñosas y lepidópteros.
- Se ponen en marcha nuevas interacciones bióticas negativas para numerosas especies.

Algunos ejemplos de hechos constatados en Castilla-La Mancha: La temporada de floración de algunas especies de *Quercus* ha tendido a comenzar antes en la península Ibérica en los últimos años, probablemente debido al aumento de las temperaturas en el periodo previo a la floración, con primaveras cada vez más cálidas tal y como veíamos en el capítulo 1. Se constata el adelanto en la floración en la estación polínica en las localidades del interior peninsular. (Clave mapa: PEN001 García-Mozo et al. 2002. García-Mozo et al. 2006)

Resulta imprescindible llevar a cabo unas medidas adecuadas para tratar de reducir los graves impactos del cambio climático en el medio natural. En resumen, existen un gran número de endemismos que pueden perderse, lo que supone una pérdida del valor ecológico, con impacto a escala mundial, como ocurre con las aves puesto que estos lugares sirven de ruta migratoria. Es importante contemplar además el impacto económico que tiene en zonas rurales que utilizan el medio natural y la fauna como atractivo y reclamo turístico, mermando sus posibilidades, además de actividades agrosilvopastoriles que se están viendo perjudicadas.

También los cultivos leñosos juegan un papel importante en la lucha contra el calentamiento global por sus largos ciclos vegetativos que hacen efecto sumidero al absorber CO<sub>2</sub> durante más tiempo. Castilla-La Mancha, con unas 450.000 hectáreas de viña y alrededor de 420.000 h de olivar, es una fuente importante de este tipo de cultivos. Frente a las herbáceas, las plantas leñosas como el olivo, la viña, el pistachero, el almendro o las encinas fijan por más tiempo el CO<sub>2</sub>, un secuestro que es capaz de frenar la escalada de emisiones de este gas, tal y como están evidenciando en el hemisferio norte con el incremento de bosques y con la propia acción de los océanos.

Como respuestas al cambio climático resulta importante un constante mantenimiento de los ecosistemas existentes. Esto es de gran importancia particularmente donde están razonablemente intactos y, por lo tanto, con mayores posibilidades de soportar el cambio climático, puesto que un ecosistema bien conservado es mucho más robusto ante los impactos. Por tanto, una red fuerte y efectiva de áreas protegidas es un elemento fundamental en esta estrategia, como debe plantearse en Castilla-La Mancha.

Conejo (*Oryctolagus cuniculus*):

La tendencia en Castilla La Mancha es que se incrementará en agrosistemas de hábitat favorable (como es el caso de la gran mayoría de zona de estudio), estable o en regresión en hábitats menos favorables. Los cambios previsibles es que los conflictos por daños aumentarán localmente, mejora local a la hora de disponer de presas para predadores amenazados y probabilidad de que se ocasionen efectos negativos de periodos de sequía. Indican como consecuencia que será imprescindible ajustar cupos y temporadas de caza a la nueva realidad y que este ajuste deberá emplearse correctamente a la situación local y a las circunstancias de cada temporada.

### 1.3.2 Ámbito del proyecto y cambio climático

En primer lugar, se han de obtener los factores del clima lo más locales posible y su tendencia para los diferentes escenarios del cambio climático.

#### 1.3.2.1 Escenarios

No existe certitud sobre las tendencias climáticas a las que habrá que hacer frente, con lo cual se trabaja sobre escenarios y proyecciones de cambio climático. Estas proyecciones del clima, además tienen que ser lo más locales posibles.

*Los modelos climáticos constituyen la mejor herramienta actualmente disponible para estimar como afectarán los cambios de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en los cambios en el clima. A medida que mejora el conocimiento de los procesos que tienen lugar en el sistema climático, mejora igualmente la habilidad para predecir los cambios climáticos que probablemente tendrán lugar.*

Proyección climática es la respuesta del sistema climático a diversos escenarios de emisiones o de concentraciones de gases y aerosoles de efecto invernadero, o a escenarios de forzamiento radiativo, frecuentemente basada en simulaciones mediante modelos climáticos.

En el presente estudio como escenarios de emisiones optamos por aquellos que se establecen en el **Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5)** ya que es el más actual cuya principal diferencia con el anterior más extendido es que los escenarios de emisión utilizados en el AR4 no contemplaban los efectos de las posibles políticas o acuerdos internacionales tendentes a mitigar las emisiones.

Los modelos climáticos deben de tener en cuenta la evolución futura de las emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles, para ello se generan los escenarios de emisiones futuras. Las emisiones futuras de gases de efecto invernadero (GEI) son el producto de sistemas dinámicos muy complejos, determinados por forzamientos externos tales como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico. Su evolución futura es muy incierta. Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones venideras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis.

Los escenarios del AR5 representan posibles evoluciones socio-económicas sin restricciones en las emisiones conocidos como Trayectorias Representativas de Concentración (RCP) en función del forzamiento radiativo (nº):

- RCP 2.6 escenario de emisiones bajas
- RCP 4.5 escenario de emisiones intermedias
- RCP 6.0 escenario de emisiones intermedias
- RCP 8.5 escenario de emisiones altas

	FR	Tendencia del FR	[CO <sub>2</sub> ] en 2100
RCP2.6	2,6 W/m <sup>2</sup>	decreciente en 2100	421 ppm
RCP4.5	4,5 W/m <sup>2</sup>	estable en 2100	538 ppm
RCP6.0	6,0 W/m <sup>2</sup>	creciente	670 ppm
RCP8.5	8,5 W/m <sup>2</sup>	creciente	936 ppm

Entre estos escenarios posibles, en primer lugar, se han descartado los dos escenarios extremos: “RCP 2.6 escenario de emisiones bajas” y “RCP 8.5 escenario de emisiones altas”. Posteriormente, en la elección entre los dos escenarios de emisiones intermedias “RCP 4.5 escenario de emisiones intermedias” y “RCP 6.0 escenario de emisiones intermedias”, se ha optado por el **RCP 6.0** que es más pesimista decantándonos del lado de la seguridad.

#### 1.3.2.2 Ámbito del proyecto

Lo deseable es que los datos sean lo más específicos (locales) de la zona de estudio posible, por ello, para el presente proyecto se han escogido las proyecciones para la **provincia de**

**Toledo** disponibles en la página web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) ya que es la institución responsable de generar los escenarios de cambio climático regionalizados para el territorio español. Además, los resultados disponibles en AEMET están referidos a diferentes escenarios de emisión, diferentes modelos climáticos globales y diferentes modelos regionales y constituyen la más reciente fuente de proyecciones regionalizadas de cambio climático disponible en el contexto europeo.

Los gráficos de evolución disponibles por provincias corresponden a los siguientes índices:

- Cambio de temperatura máxima -T- (°C )
- Cambio duración olas de calor -DOC- (días)
- Cambio en días cálidos -DC- (%)
- Cambio de la temperatura mínima -t- (°C )
- Cambio en el número de días de helada -DH- (días)
- Cambio en noches cálidas -NC- (%)
- Cambio de la precipitación -P- (%)
- Cambio en la tasa de ocurrencia de precipitaciones intensas -PI- (%)
- Cambio en la duración del periodo seco -PS- (días)
- Cambio en el número de días de lluvia -DL- (días)

La información que se presenta en el posterior subapartado en forma de "Gráficos de evolución" se refiere tanto a valores medios como a extremos. La información referente a valores medios (calculados anual y estacionalmente) se presenta en gráficos para las temperaturas máxima y mínima, que muestran la evolución media de todas las proyecciones obtenidas de todos los modelos utilizados (promediada sobre todos los modelos disponibles, que es la comentada bajo cada gráfico) de estas proyecciones así como su dispersión, expresada en un forma de "banda" de +/- una desviación estándar alrededor de la evolución media. A todas las proyecciones se les asigna el mismo peso. El número de modelos utilizados para cada escenario está indicado, entre paréntesis, en las figuras.

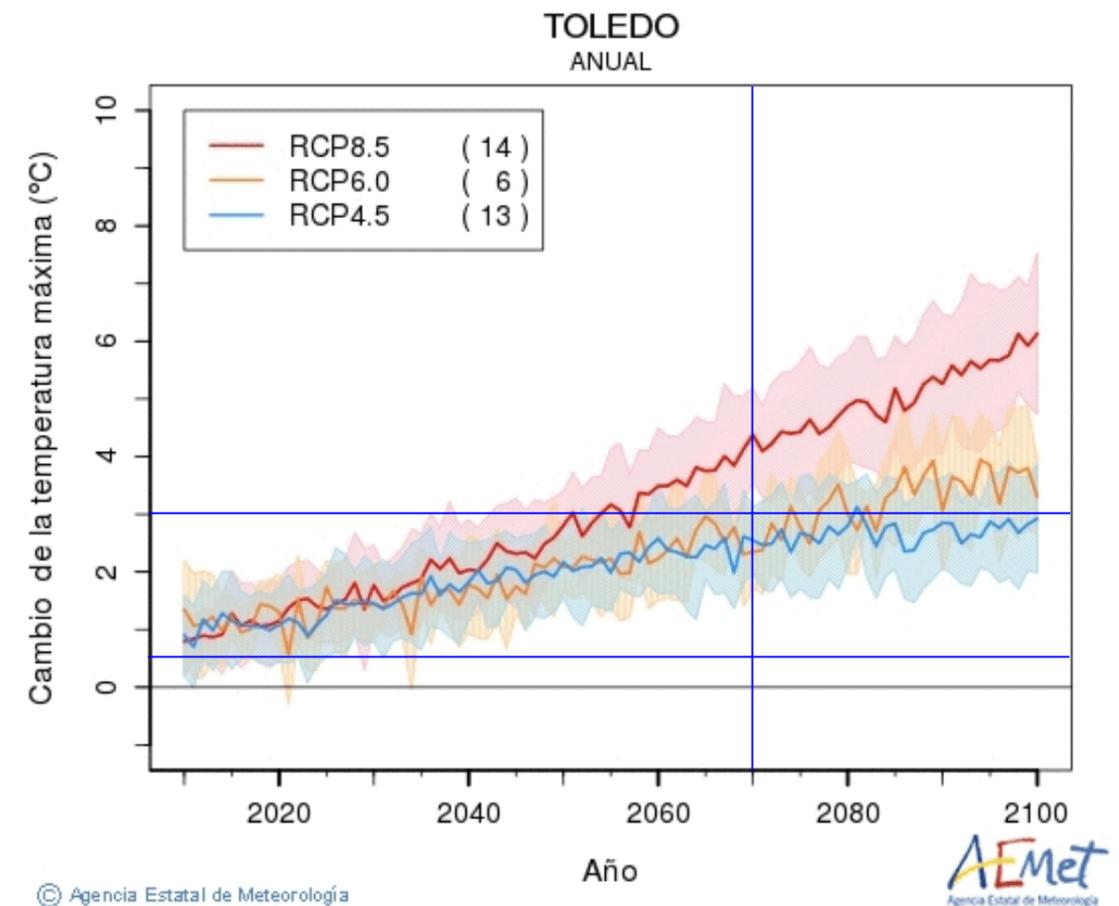
En las proyecciones regionalizadas del AR5 las gráficas están referidas a los cambios de las variables respecto al **periodo de referencia 1961-1990** para ambos métodos estadísticos, de regresión y de análogos. En este estudio hemos recogido únicamente los gráficos de evolución de las proyecciones regionalizadas con métodos estadísticos obtenidas aplicando los algoritmos empíricos basados en la técnica de análogos.

La información referente a extremos (calculados anualmente) se presenta únicamente en forma de evolución media de cada uno de los extremos considerados así como su dispersión, expresada en forma de "banda" de +/- una desviación estándar alrededor de la evolución media.

Para el análisis de las distintas variables se han valorado principalmente los datos **hasta 2070 considerando una vida útil de la infraestructura en 100 años**, dado que no es previsible que el proyecto quede obsoleto con anterioridad, y que se realiza el mantenimiento habitual de las infraestructuras, no se prevé que sea necesario un proyecto de remodelación en este periodo.

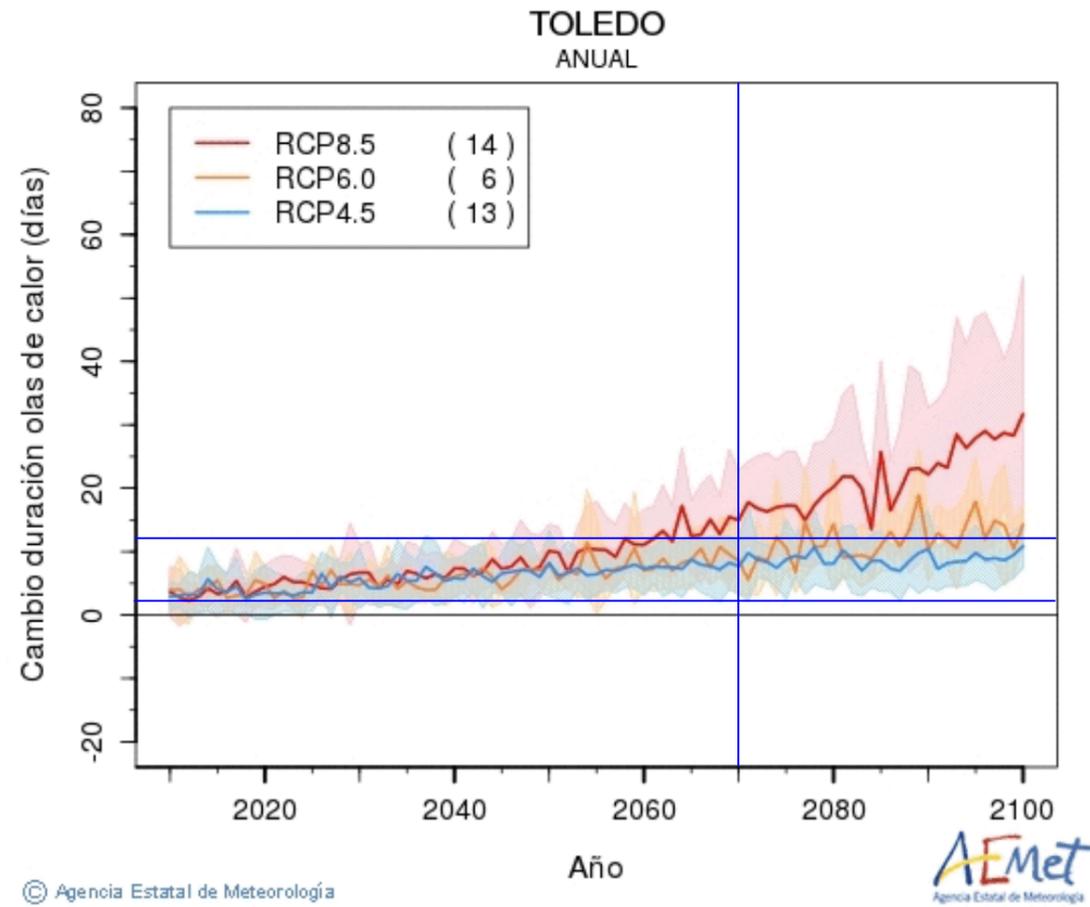
### 1.3.2.3 Proyecciones locales

**Cambio de temperatura máxima -T- (°C):**



→En la provincia de Toledo se aproxima que las temperaturas máximas diarias tienden a incrementarse progresivamente con un pico mínimo de incremento de 0,5°C alrededor de 2021 y máximo de 3°C en 2065.

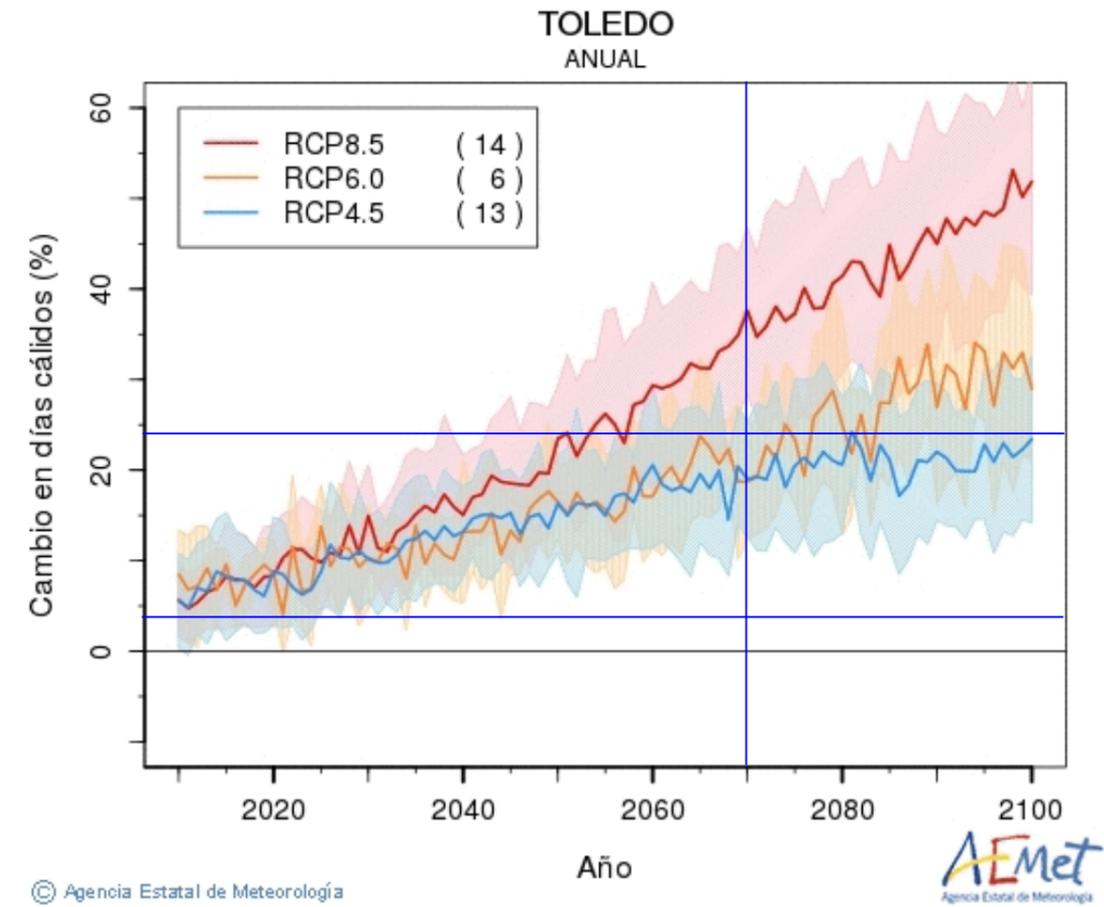
**Cambio duración olas de calor -DOC- (días):**



*Duración olas de calor (DOC): nº de días de la ola de calor (OC) más larga, definiéndose una OC como al menos 5 días consecutivos con Tmax superior al percentil 90 del periodo de referencia. Los cambios se expresan en días respecto al periodo de referencia.*

→El número de días de duración de las olas de calor tienden a incrementarse levemente de forma progresiva con dos picos mínimos de incremento de 2 días más de duración alrededor de 2021 y 2023 y máximo de 12 días en 2054.

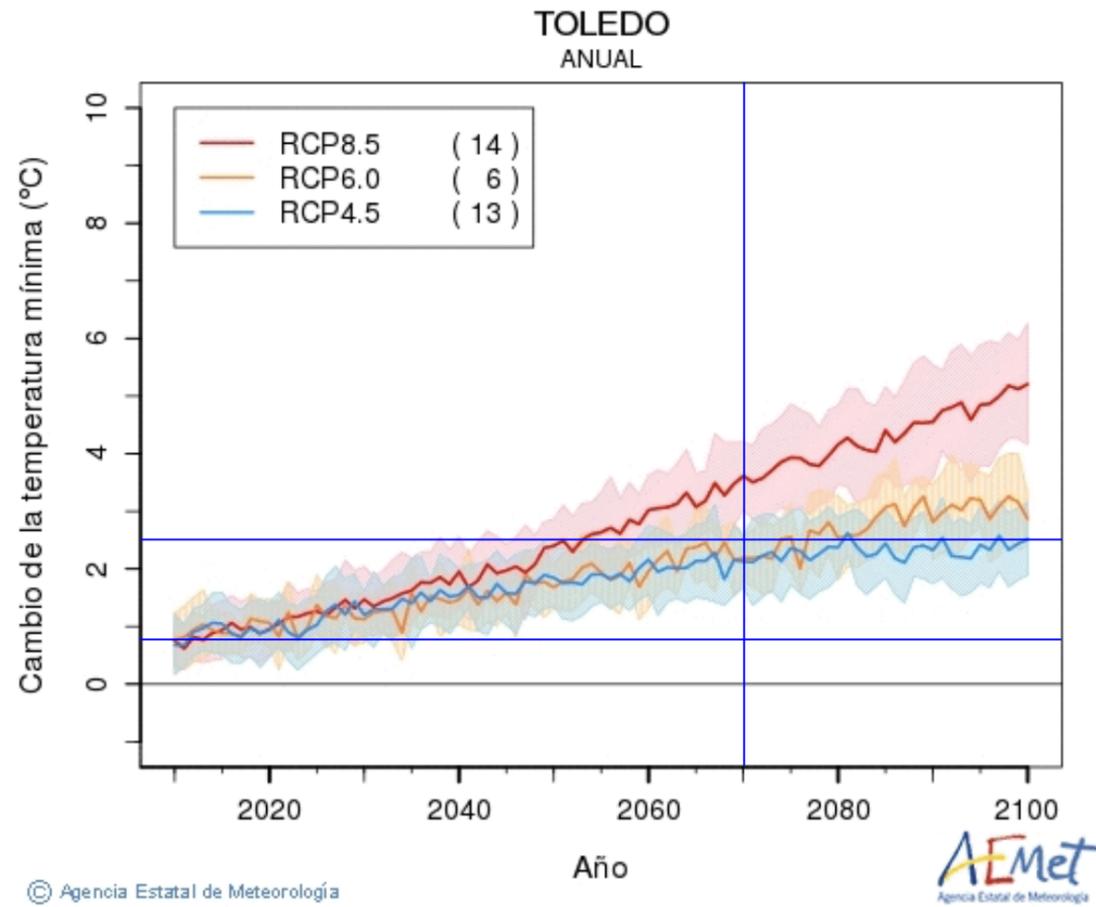
**Cambio en días cálidos -DC- (%):**



*Nº días cálidos (DC): nº de días con temperatura máxima superior al percentil 90 del periodo de referencia. Los cambios se expresan en porcentaje respecto al periodo de referencia.*

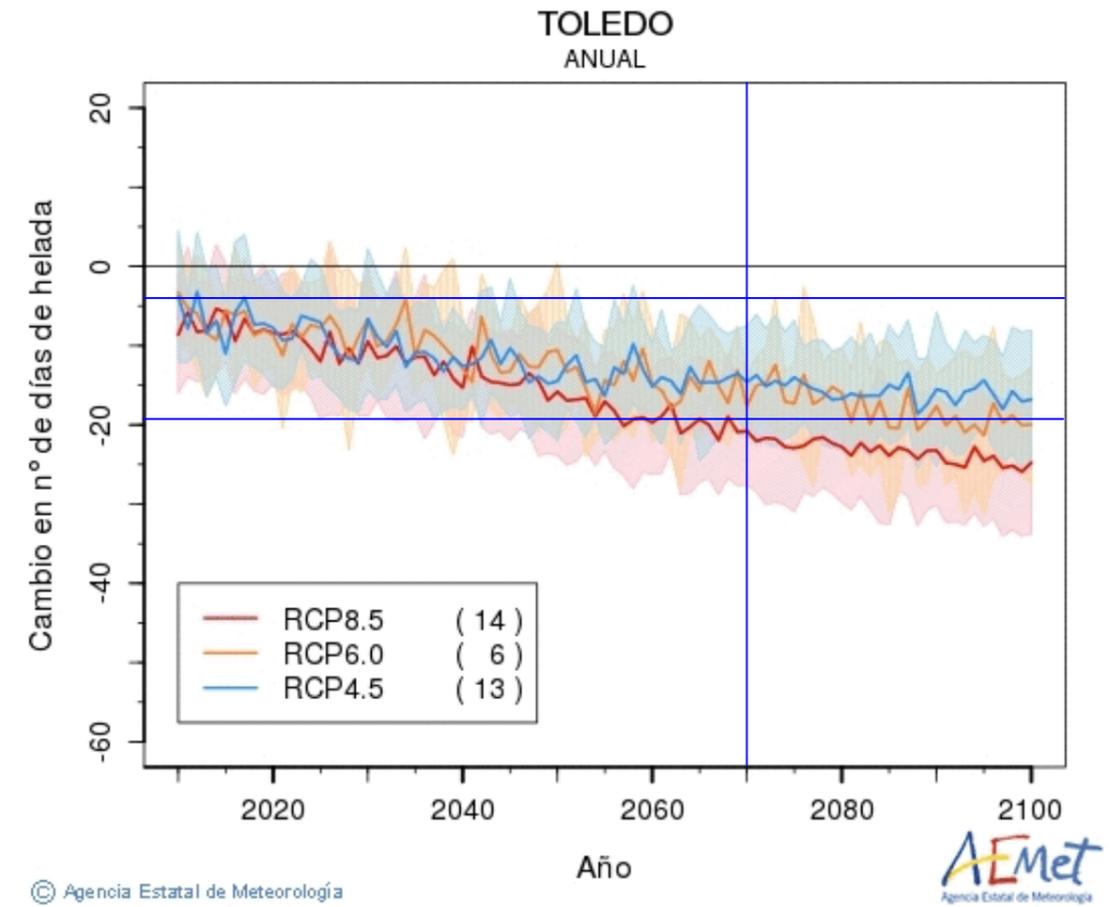
→El porcentaje de días cálidos al año mantiene tendencia creciente constante a lo largo de todo el período con un pico mínimo de incremento del 4 % en 2021 y pico máximo del 24% en 2070.

Cambio de la temperatura mínima -t- (°C)



→Las temperaturas máximas diarias tienden a incrementarse progresivamente con un pico mínimo de incremento de 0,8°C alrededor de 2021 y máximo de 2,5°C en 2066 y 2067.

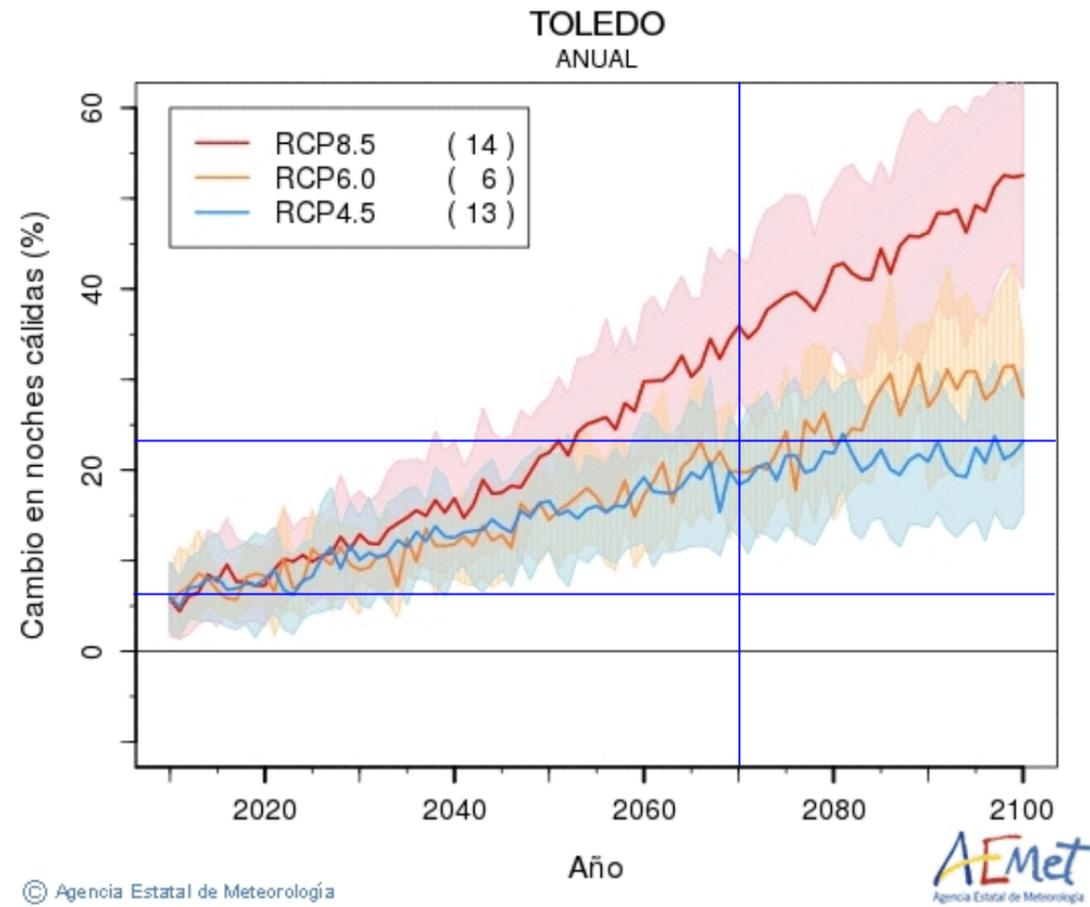
Cambio en el número de días de helada -DH- (días)



Nº días helada (DH): nº de días con temperatura mínima inferior a 0º C. Los cambios se expresan en días respecto al periodo de referencia.

→El número de días de heladas tienden a disminuir progresivamente con un pico mínimo de disminución de 8 días menos en 2034 y máximo de disminución de 19 en 2054.

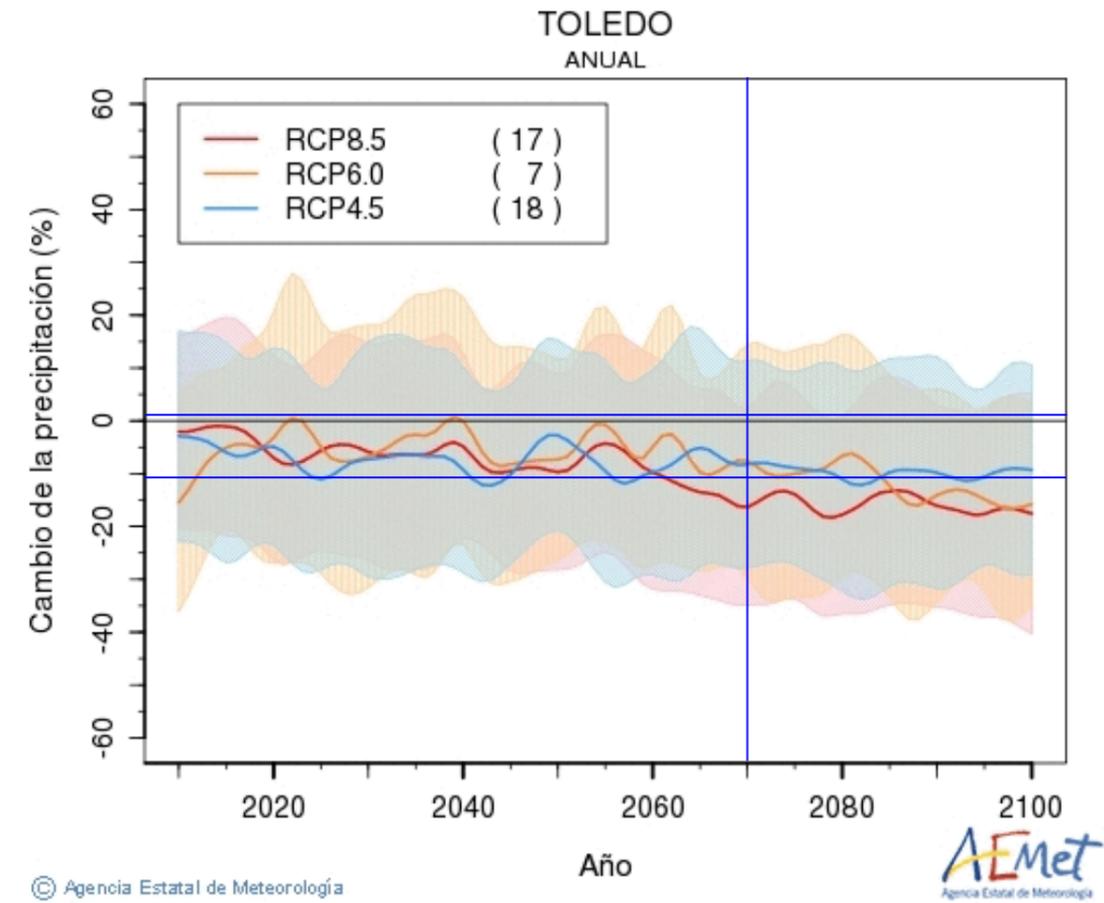
Cambio en noches cálidas -NC- (%)



Nº noches cálidas (NC): nº de noches con temperatura mínima superior al percentil 90 del periodo de referencia. Los cambios se expresan en porcentaje respecto al periodo de referencia.

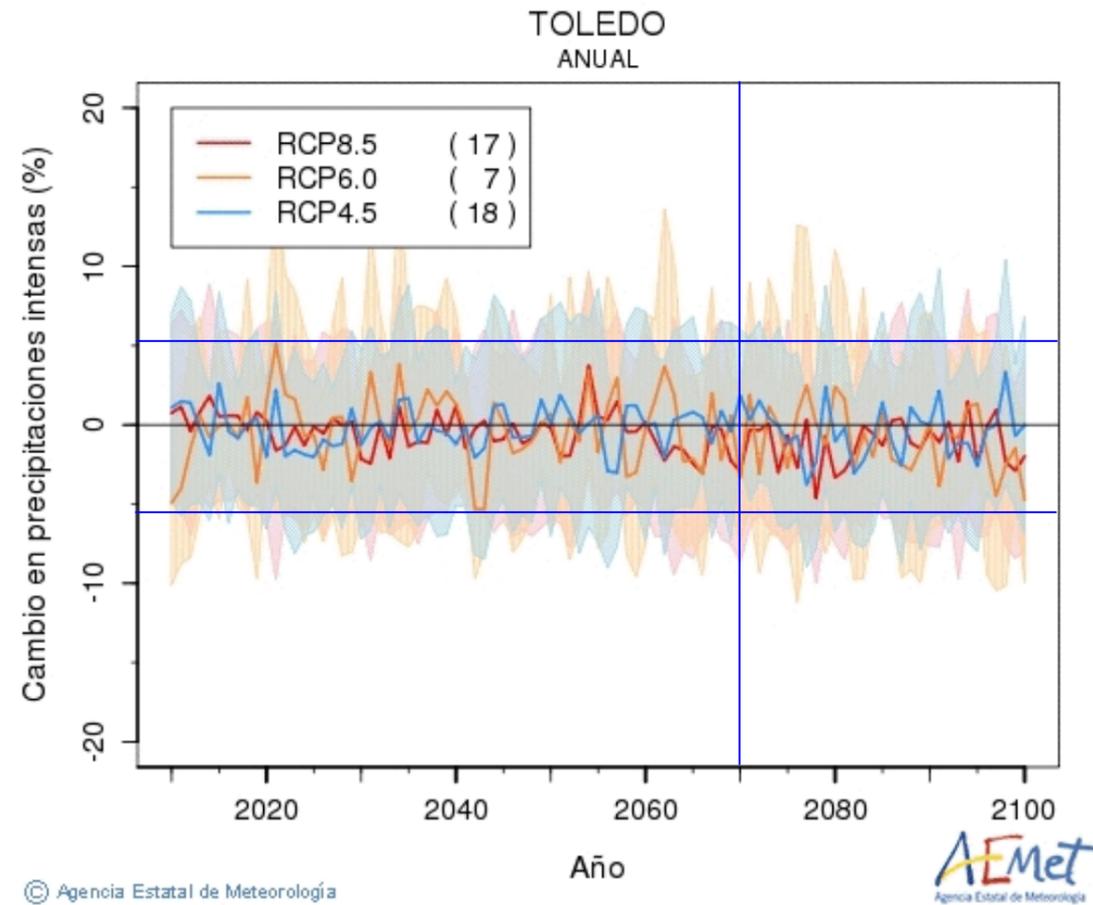
→El porcentaje de noches cálidas al año mantiene tendencia creciente constante a lo largo de todo el período con un pico mínimo de incremento del 6% en 2021 y pico máximo del 23% en 2066.

Cambio de la precipitación -P- (%)



→El cambio porcentual de la precipitación media anual es en general negativo, sin embargo se presenta en 1% superior para 2022 y 2039 dentro del periodo estudiado, la mayor disminución se observa alrededor de 2066 siendo un 11% inferior a las condiciones del periodo de referencia.

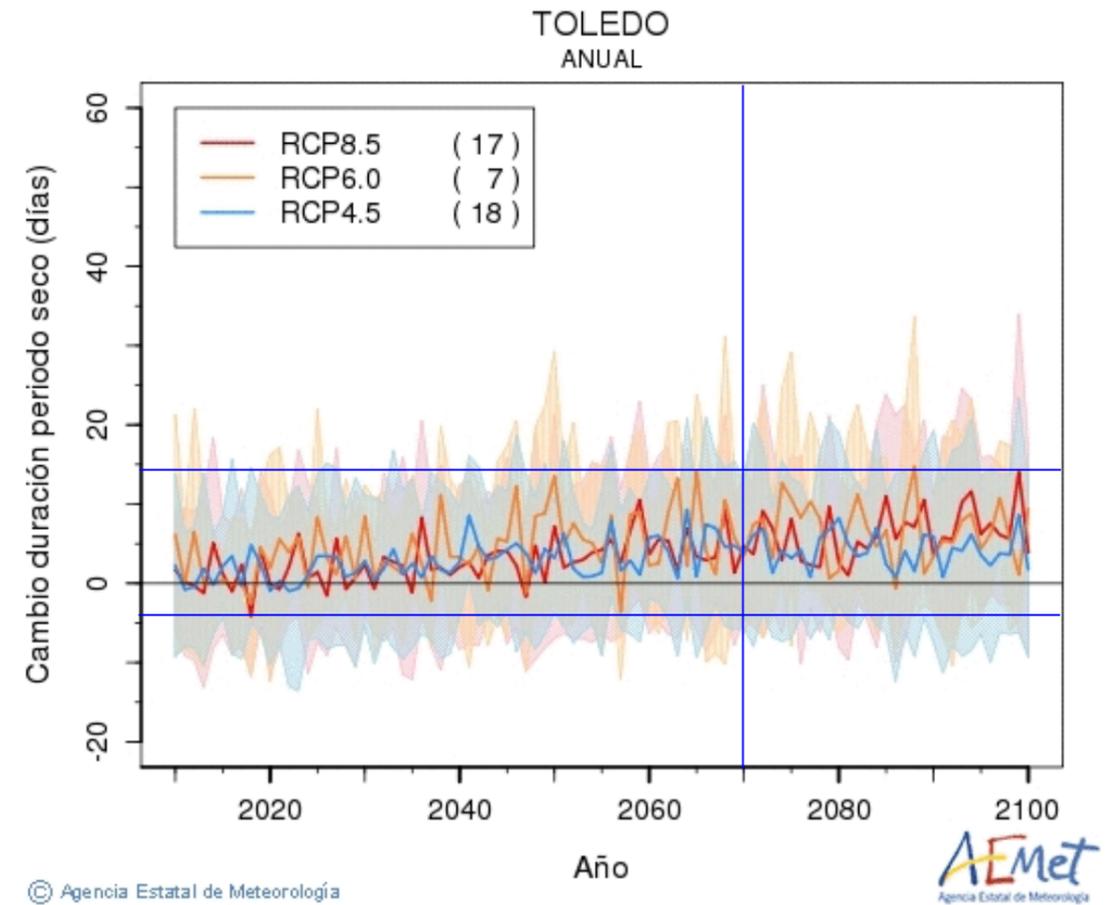
**Cambio en la tasa de ocurrencia de precipitaciones intensas -PI- (%)**



*Precipitación intensa (PI): fracción de la precipitación total registrada en los días cuya precipitación en 24 h es superior al percentil 95 de la distribución de precipitaciones diarias (superiores a 1 mm) en un periodo de referencia. Los cambios se expresan en porcentaje respecto al periodo de referencia.*

→El porcentaje de ocurrencia de precipitaciones intensas en la provincia de Toledo es variable intercalándose periodos en los que es superior al periodo de referencia con periodos en los que es inferior, así mismo se aprecia una ligera tendencia general a la disminución. Se encuentran varios años en los que se superará el número de eventos siendo 2022 en el que se espera el mayor número de precipitaciones intensas siendo la tasa de ocurrencia un 6% superior, por su parte alrededor de 2043 se encuentra un pico inverso en el que número de eventos será un 6% inferior a los sucedidos en el periodo de referencia.

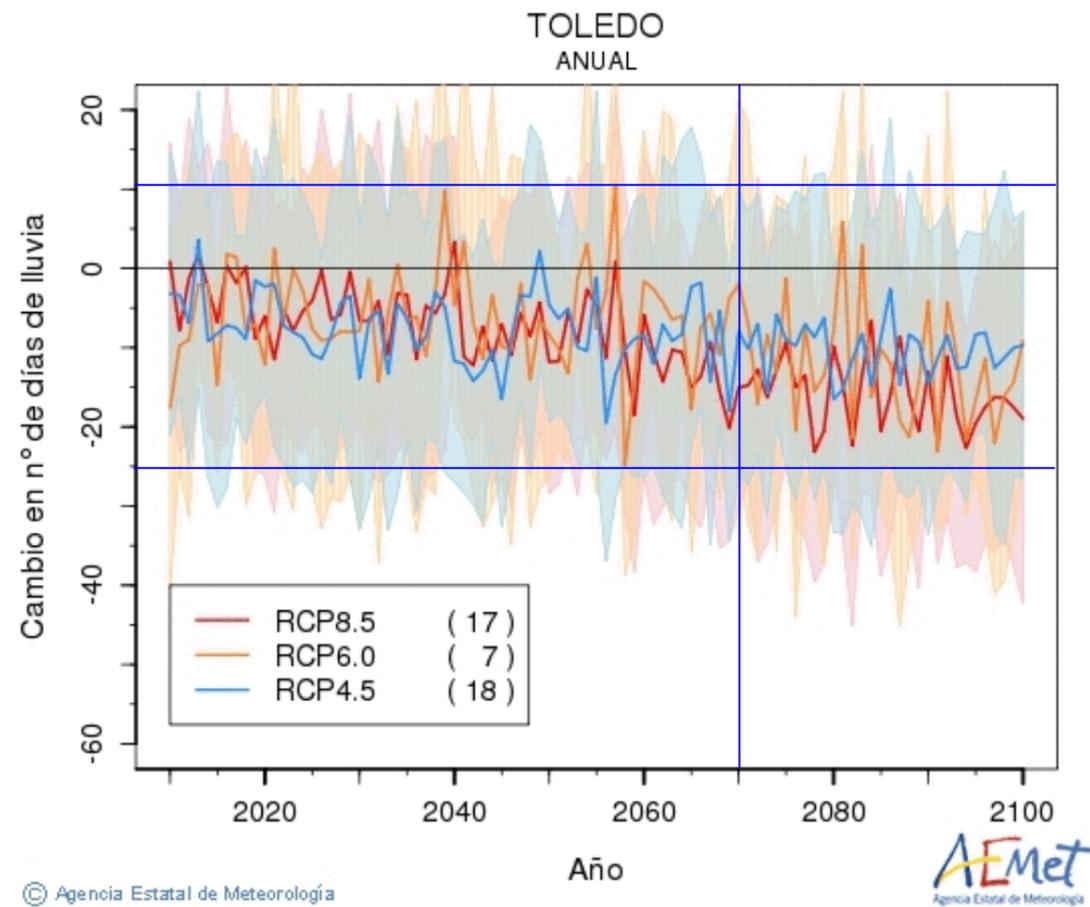
**Cambio en la duración del periodo seco -PS- (días)**



*Duración del periodo seco (PS): nº máximo de días consecutivos sin precipitación o con precipitaciones inferiores a 1 mm. Los cambios se expresan en días respecto al periodo de referencia.*

→El cambio en el número de días de los periodos secos presenta una tendencia leve general de aumento para la provincia de Toledo, si bien se aprecian periodos en los que es inferior son los menos. En los periodos en los que se prevén aumentos se aprecia el máximo en 2065 con 14 días de duración extra y en los periodos de disminución el mínimo son 4 días menos de duración en 2057.

**Cambio en el número de días de lluvia -DL- (días)**



*Nº días lluvia (DL): nº de días con precipitación total igual o superior a 1 mm. Los cambios se expresan en días respecto al periodo de referencia.*

→ En la provincia de Toledo se aprecia que la tendencia es la disminución en el número de días de lluvia al año. Así mismo, se espera una alta variabilidad en el número de días de lluvia con años extremos en los que se produzcan cerca de 26 días menos de lluvia y otros con 11 días extra.

**Proyecciones locales del Viento**

Tras un análisis preliminar los técnicos de proyecto han recomendado que tratándose de un proyecto de ferrocarril se incluya el análisis de los posibles cambios en el viento debido al cambio climático.

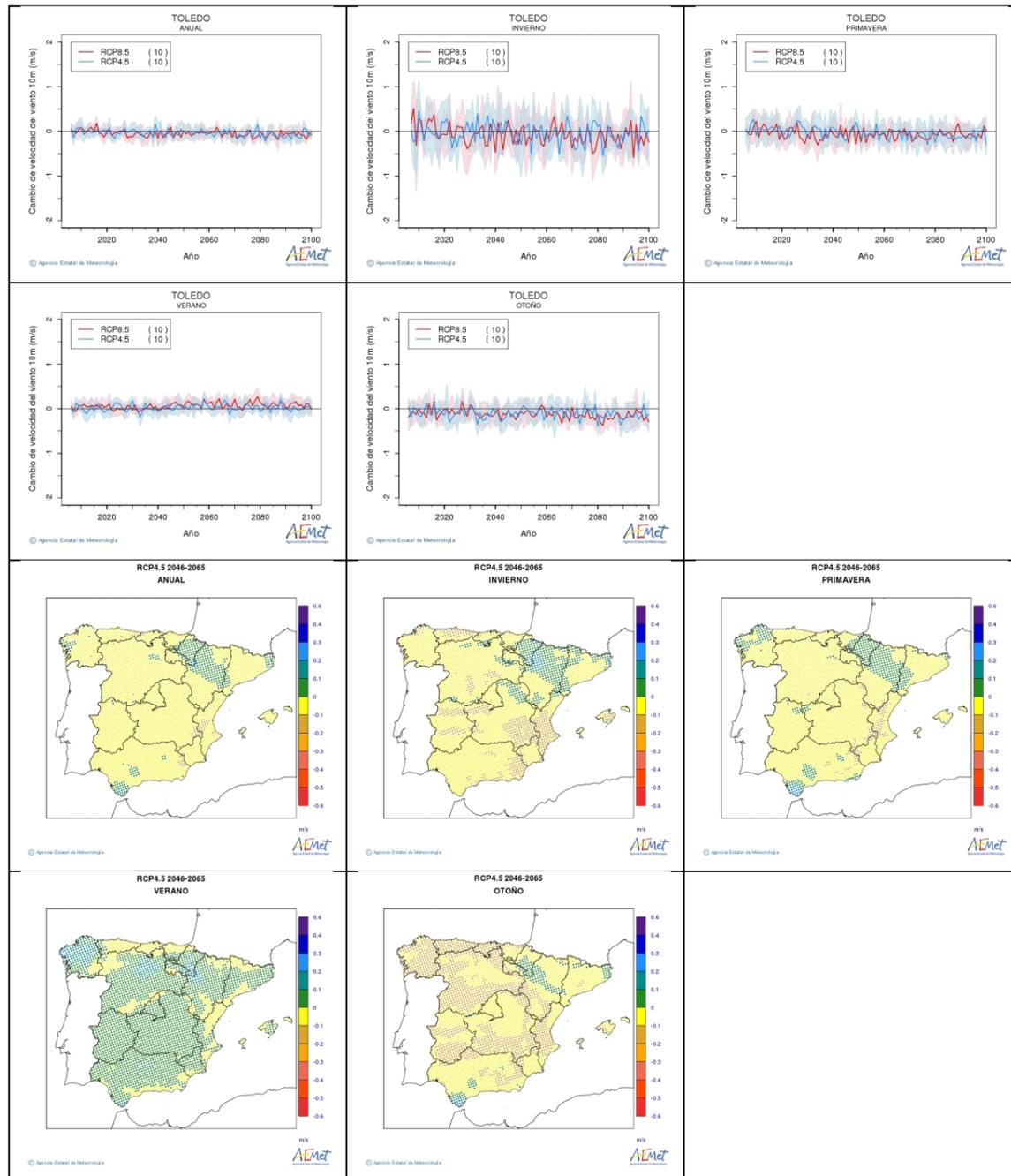
Los datos disponibles de índices de viento pertenecen a los resultados obtenidos a partir de la regionalización dinámica del programa CORDEX (acrónimo inglés de COordinated Regional Downscaling EXperiment) en el dominio europeo (EURO-CORDEX). No existe una prueba concluyente que demuestre que un enfoque (dinámico) sea superior al otro (estadístico) en términos de reproducir la variabilidad observada de las variables climáticas locales. Sin embargo, el gasto computacional tan elevado de los RCM es la razón del mayor uso de la regionalización estadística (Tryhorn y DeGaetano, 2011). Además se ha de ser prudente con los resultados, la “Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5” (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente; Agencia Estatal de Meteorología; Madrid, 2017) sobre las proyecciones de la velocidad de viento a 10 m obtenidas dentro del proyecto EURO-CORDEX para la zona de España indica: *los resultados de viento se han obtenido mediante la aplicación de la técnica dinámica a cinco modelos climáticos globales. A través de ellos, se realiza una exploración insuficiente de la incertidumbre de estas proyecciones ya que la climatología del viento en superficie está fuertemente acoplada al forzamiento sinóptico y, por tanto, la señal del cambio climático tiene una fuerte dependencia del modelo climático global utilizado.*

En AEMET únicamente se encuentran los datos para las Sendas Representativas de Concentración o Trayectorias de Concentración Representativas RCP4.5 y RCP8.5, no encontrándose disponible el escenario intermedio seleccionado previamente RCP6.0. Nuevamente descartamos el escenario extremo pesimista RCP8.5 ya que contempla el incremento basado en la no-actuación frente al cambio climático y nos decantamos por el escenario intermedio RCP4.5 en el que se tiene en cuenta la implementación de Políticas frente al cambio climático (el presente informe es una prueba de que están siendo tenidas en cuenta).

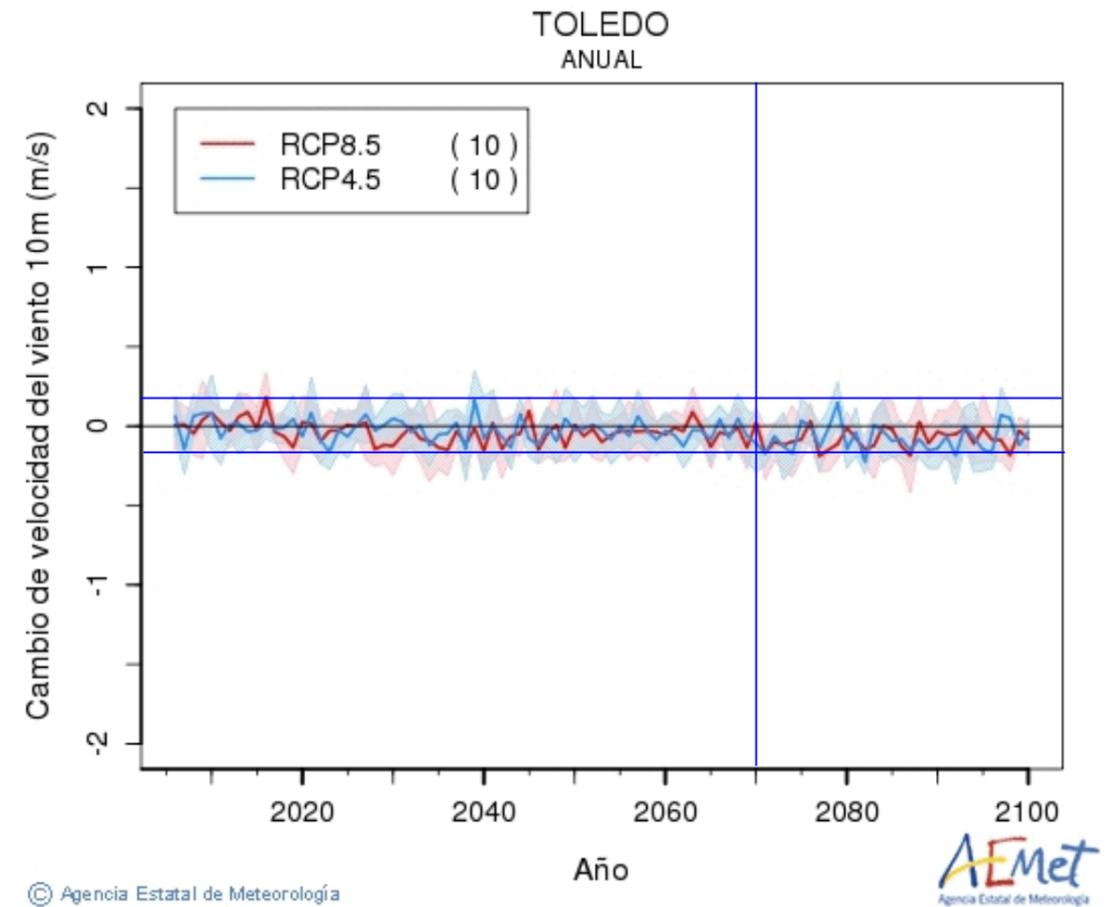
Los gráficos de evolución disponibles por provincias corresponden a los siguientes índices:

- Cambio en la velocidad media del viento a 10 metros – Vm – (m/s)
- Cambio en la velocidad máxima diaria del viento a 10 metros – Vmax – (m/s)

Cambio en la velocidad media del viento a 10 metros – Vm – (m/s)



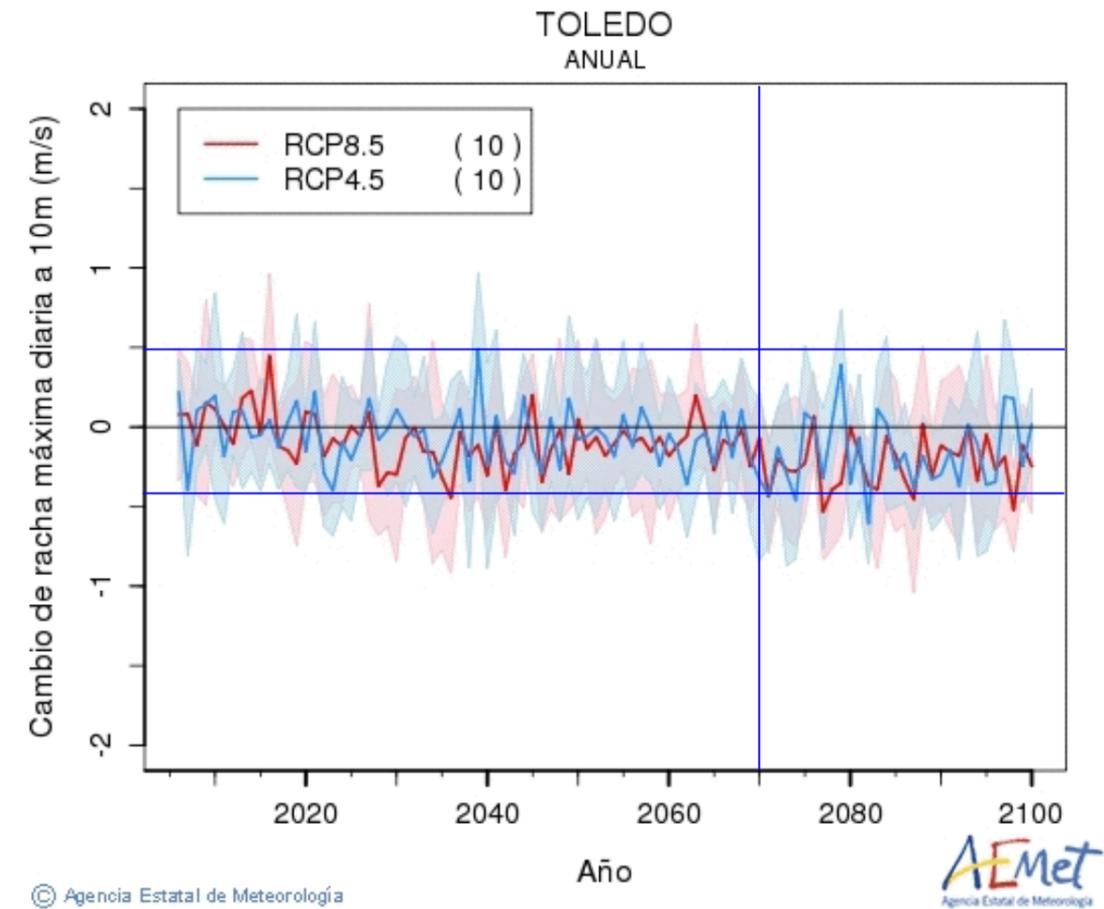
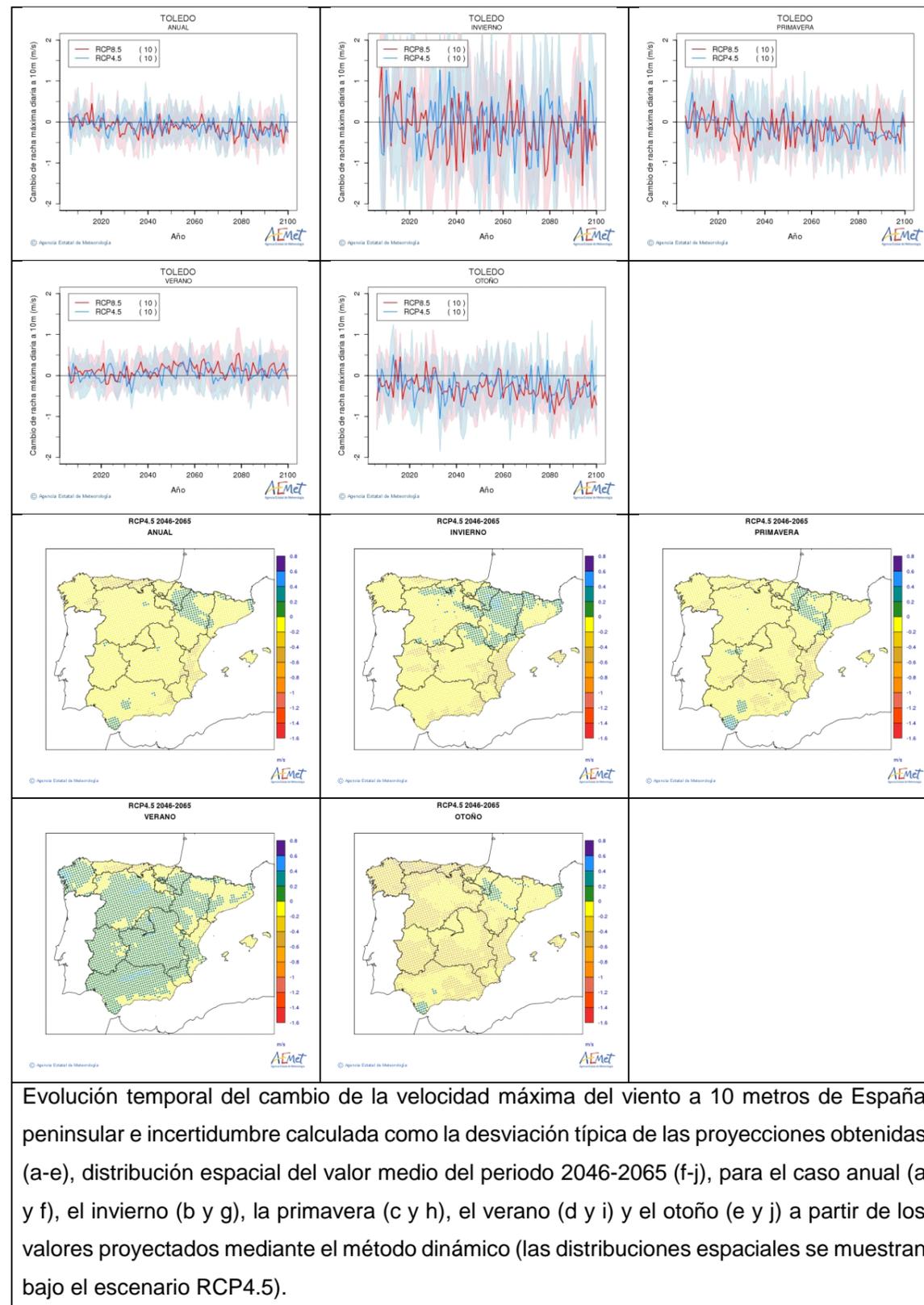
Evolución temporal del cambio de la velocidad media del viento a 10 metros de España peninsular e incertidumbre calculada como la desviación típica de las proyecciones obtenidas (a-e), distribución espacial del valor medio del periodo 2046-2065 (f-j), para el caso anual (a y f), el invierno (b y g), la primavera (c y h), el verano (d y i) y el otoño (e y j) a partir de los valores proyectados mediante el método dinámico (las distribuciones espaciales se muestran bajo el escenario RCP4.5).



→ En la provincia de Toledo el cambio en la velocidad media del viento es variable sin embargo se aprecia una tendencia de disminución a lo largo del año presentando años extremos en los que tengan lugar incrementos en 0,2 m/s (0,72 km/h).

Estacionalmente las mayores variaciones tendrán lugar en invierno siendo la media de todo el periodo inferior, en verano la media es superior y en primavera es superior únicamente en el tercio final del trazado: entre Talavera de la Reina y el límite con Extremadura.

**Cambio en la velocidad máxima diaria del viento a 10 metros – Vmax – (m/s)**



→ Por su parte, el cambio en la velocidad máxima diaria del viento es también variable apreciándose igualmente una tendencia de disminución a lo largo del año presentando año extremo alrededor de 2040 en el que tienen lugar incrementos en casi 0,5 m/s (1,8 km/h) de media.

Estacionalmente el comportamiento se repite: las mayores variaciones tendrán lugar en invierno siendo inferior la media de todo el periodo, en verano la media es superior y en primavera es superior únicamente en el tercio final del trazado, entre Talavera de la Reina y el límite con Extremadura.

Se ha de hacer mención especial a la estación invernal en la que en la actualidad tienen lugar los vientos más fuertes, se prevén años extremos en los que la velocidad máxima diaria se supere a la actual hasta en 1,3 m/s (4,68 km/h).

## Resumen de resultados observados

A continuación, se incluye una tabla resumen con los resultados extremos observados:

Variaciones posibles observadas en los Factores climáticos escenario RCP 6.0 hasta 2070 métodos estadísticos análogos (RCP 4.5 para el viento regionalización dinámica)					
T (°C)	DOC (días)	DC (%)	t (°C)	DH (días)	NC (%)
↑ 0,5-3,0	↑ 2-12	↑ 4-24	↑ 0,8-2,5	↓ 8-19	↑ 6-23
P (%)	PI (%)	PS (días)	DL (días)	Vm (m/s)	Vmax (m/s)
↑1 - ↓ 11	↓6 - ↑6	↓4 - ↑14	↓26-↑11	↓0,2-↑0,2	↓0,5-↑0,4

- T: temperatura máxima anual en °C.
- DOC: nº de días de la ola de calor (OC) más larga, definiéndose una OC como al menos 5 días consecutivos con Tmax superior al percentil 90 del periodo de referencia. Los cambios se expresan en días respecto al periodo de referencia.
- DC: nº de días con temperatura máxima superior al percentil 90 del periodo de referencia. Los cambios se expresan en porcentaje respecto al periodo de referencia.
- t: temperatura mínima anual en °C.
- DH: nº de días con temperatura mínima inferior a 0° C. Los cambios se expresan en días respecto al periodo de referencia.
- NC: nº de noches con temperatura mínima superior al percentil 90 del periodo de referencia. Los cambios se expresan en porcentaje respecto al periodo de referencia.
- P: precipitación media anual en %.
- PI: fracción de la precipitación total registrada en los días cuya precipitación en 24 h es superior al percentil 95 de la distribución de precipitaciones diarias (superiores a 1 mm) en un periodo de referencia. Los cambios se expresan en porcentaje respecto al periodo de referencia.
- PS: nº máximo de días consecutivos sin precipitación o con precipitaciones inferiores a 1 mm. Los cambios se expresan en días respecto al periodo de referencia.
- DL: nº de días con precipitación total igual o superior a 1 mm. Los cambios se expresan en días respecto al periodo de referencia.
- Vm: velocidad media del viento a 10 metros en m/s.
- Vmax: velocidad máxima diaria del viento a 10 metros en m/s.

### 1.3.3 Identificación de las sensibilidades del proyecto al cambio climático

La sensibilidad es la probabilidad de pérdida o fallo de un elemento o grupo de elementos debido a la exposición a un peligro. De hecho, debe ser entendida como un factor de ponderación de los elementos expuestos a un determinado peligro.

La sensibilidad del proyecto se determina en relación a las variables climáticas y efectos secundarios/riesgos relacionados con el clima. Así mismo, la sensibilidad de las opciones del proyecto a las principales variables climáticas y peligros debe ser evaluada sistemáticamente a través de sus aspectos técnicos clave.

Está previsto que los **aspectos técnicos clave** del proyecto para su evaluación ante las consecuencias del cambio climático sean:

- Infraestructura: taludes (terraplenes y desmontes), estructuras (obras de paso transversal, puentes, viaductos), túneles, drenaje (longitudinal y transversal) y elementos auxiliares (cerramiento y pantallas).
- Superestructura: vía (balasto, carril, traviesas, sujeciones, aparatos de vía), electrificación (catenaria), sistemas de seguridad y comunicaciones.
- Estaciones y edificios técnicos

Una vez identificados los aspectos técnicos clave y las principales variables climáticas y los peligros relacionados, el siguiente paso es construir la **matriz de sensibilidad** para este proyecto.

Para la determinación de la sensibilidad del proyecto a las variables climáticas se analiza cómo le puede afectar cada variable climática a cada uno de los componentes clave del proyecto clasificándola como “Alta”, “Media” o “No sensible”:

- Sensibilidad Alta: variable del clima/riesgo que puede tener un impacto significativo.
- Sensibilidad Media: variable del clima/riesgo que puede tener un impacto ligero.
- No sensible: variable del clima/riesgo que no tiene efecto.

Las sensibilidades detectadas por el equipo de trabajo para la vía actual son las siguientes:

MATRIZ DE SENSIBILIDAD <u>Ferrocarril Actual</u>	Factores climáticos											
	T	DOC	DC	t	DH	NC	P	PI	PS	DL	Vm	Vmax
Infraestructura:												
-Taludes												
-Estructuras												
-Túneles												
-Drenaje												
-Elementos auxiliares												
Superestructura:												
-Vía												
-Catenaria												
-Sistemas de seguridad												
-Comunicaciones												
Estaciones y edificios técnicos												
Leyenda de Sensibilidad climática:												
No Sensible	Sensibilidad Media						Sensibilidad Alta					

Y las sensibilidades detectadas por el equipo de trabajo para la infraestructura proyectada son las siguientes:

MATRIZ DE SENSIBILIDAD <u>Nuevas alternativas</u>	Factores climáticos											
	T	DOC	DC	t	DH	NC	P	PI	PS	DL	Vm	Vmax
Infraestructura:												
-Taludes												
-Estructuras												
-Túneles												
-Drenaje												
-Elementos auxiliares												
Superestructura:												
-Vía												
-Catenaria												
-Sistemas de seguridad												
-Comunicaciones												
Estaciones y edificios técnicos												
Leyenda de Sensibilidad climática:												
No Sensible	Sensibilidad Media						Sensibilidad Alta					

Las sensibilidades de la actual vía 500.BIF.Planetario-Valencia de Alcántara se deben principalmente a que se trata de un diseño muy antiguo (la línea fue inaugurada en 1876) y a algunas problemáticas que ya acontecen en la actualidad que se podrían ver agravadas.

Por su parte, para las nuevas alternativas, las prescripciones de ADIF en cuanto al diseño de sus nuevas infraestructuras de alta velocidad son muy restrictivas y cuentan con grandes márgenes de seguridad, que además se han ido endureciendo con los años, haciendo que las actuales construcciones sean aún menos vulnerables que las iniciales, son muy exigentes.

A continuación, se resaltan las diferencias de sensibilidad que puedan suscitar dudas:

**Infraestructura:**

**-Taludes**

Los taludes a priori son sensibles al aumento extremo de las precipitaciones, al aumento de la ocurrencia de lluvias torrenciales y al aumento sustancial del agua acumulada.

El aumento de las lluvias intensas y el aumento de su ocurrencia provoca un empeoramiento de los procesos erosivos. Por su parte, la sensibilidad al aumento sustancial de agua acumulada responde a posibles desprendimientos provocados por el peso del agua acumulada y acrecentado por el corte que provoca la existencia de la infraestructura en las fuerzas de sujeción de las laderas.

Algunos taludes de desmonte del ferrocarril actual son más sensibles a estas lluvias torrenciales porque el estado erosivo que presentan está avanzado, se parte de una situación inicial con peores condiciones de base. Los desmontes de la nueva infraestructura estarán provistos de drenaje longitudinal, por cunetas de desmonte, que protegen a la infraestructura recibiendo las escorrentías.

En cuanto al aumento de las temperaturas, de la duración de las olas de calor y los periodos secos la sensibilidad es indirecta ya que lo que acontece es que la vegetación protectora de los taludes se ve afectada por estos eventos y por tanto quedan a mayor merced de los procesos erosivos anteriormente citados.

**- Estructuras**

La sensibilidad de este componente a las precipitaciones intensas responde a un posible aumento de la erosión de las pilas, estribos, cimientos y obras de protección como

consecuencia del caudal de avenidas, inundaciones y arrastres de agua de escorrentía, si bien en términos generales se puede decir que las grandes estructuras del actual ferrocarril no se encuentran en muy mal estado.

El nuevo proyecto posee una sensibilidad baja de sus viaductos y estructuras ante estas condiciones ya que se han diseñado atendiendo a amplios márgenes de caudal de avenidas. Además, incluso está previsto realizar mejoras en el drenaje del ferrocarril actual mediante hincas en aquellos tramos que pueden afectar a la nueva infraestructura.

#### **- Túneles**

Las antiguas vías no presentan este tipo de construcciones y el diseño de los túneles nuevos es extremadamente cuidadoso no encontrándose sensibilidades no solventadas. En el caso concreto de los túneles de la Alternativa I.4 se identificó la posibilidad de afecciones por el riesgo de inundación, se tuvo en cuenta en el diseño y presentan para ello sistemas de bombeo.

#### **- Drenaje**

Los elementos de drenaje son sensibles al aumento de las precipitaciones extremas pudiendo producirse saturación de sus sistemas por el aumento de la cantidad de agua que deban recoger, aumento de las dimensiones de las avenidas o a la gran cantidad de arrastres y la dimensión de los mismos. Así mismo, su no adaptación, ya sea por la inexistencia del suficiente número de drenajes como por insuficiencias en sus dimensiones, puede agravar problemas en otros componentes de las infraestructuras como es la erosión que evitan en taludes, el efecto embalse en terraplenes o el efecto concentrador a su salida.

El drenaje de las nuevas alternativas no será sensible ya que se ha aplicado la *Norma 5.2-IC sobre drenaje superficial*. Atendiendo a la información recogida en el documento “Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España” de Septiembre 2013 en su apartado 9 5.2. de Impactos que pueden repercutir sobre el diseño de nuevas infraestructuras, (página 18) indica: *“Aunque el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas pueda producir localmente mayores exigencias sobre el drenaje, El Grupo de Trabajo considera que el impacto del cambio climático sobre este componente en nuevas carreteras no será a priori relevante, como consecuencia de los criterios básicos de diseño que incorpora el borrador de la nueva Norma 5.2-IC sobre drenaje superficial”*. En el diseño del nuevo proyecto incluso se es más restrictivo al adoptar la petición de CHE de diseñar frente a la avenida de los 500 años.

Las dimensiones y el estado del drenaje del ferrocarril actual hacen que sea más sensible al posible aumento de las precipitaciones y que presente una alta sensibilidad al aumento de las precipitaciones intensas.

#### **- Elementos auxiliares**

Las antiguas vías no presentan cerramiento ni apantallamientos por lo que no puede presentar sensibilidades en los mismos Sí que los tendrán las nuevas vías ya que está previsto su instalación para protección de la infraestructura y de la población. Este tipo de elementos es sensible a las fuertes rachas de viento.

#### **Superestructura**

Respecto de los componentes de la superestructura de la actual línea convencional, al no estar electrificada, no será tan sensible al viento, únicamente en cuanto pueda afectar a los sistemas de seguridad semafóricos sobre todo en pasos a nivel aun existentes en esta línea convencional. Sí lo será al aumento de las temperaturas y las oscilaciones térmicas, ya que afectan sobre el carril y las sujeciones, así como a las grandes avenidas de eventos extremos que puedan desviar las vías y arrastrar balasto.

Las nuevas vías también son sensibles a estos eventos, si bien lo serán en menor medida ya que la antigüedad en el diseño es un factor importante, excepto en el caso del aumento generalizado de las temperaturas máximas y de las oscilaciones térmicas que aumentan la dilatación de los carriles y sus tensiones internas, afectando a las sollicitaciones del sistema carril-travesía-sujeción, en mayor medida incluso que en el caso de líneas convencionales, al estar las líneas de alta velocidad sujetas a mayores requerimientos. También es notable la sensibilidad de la catenaria al aumento de las ráfagas de viento y las tormentas eléctricas.

#### **Estaciones y edificios técnicos**

Respecto a la sensibilidad de estos edificios consta un evento de febrero de 1947 en el que la estación de Toledo quedó anegada, la sensibilidad es evidente pero no grave puesto que ante este evento extremo la operación de la estación fue recuperada. El aumento en la ocurrencia de precipitaciones intensas se puede computar como aumento de la probabilidad de sucesos como este si acontecen la combinación de factores oportunos.



Fuente: [www. Toledoolvidado.com](http://www.Toledoolvidado.com)

Respecto a la nueva estación prevista en Toledo se eleva aproximadamente 8-9 metros respecto a la actual debido a que las vías continúan y tienen que cruzar el río Tajo, por lo que la nueva estación será menos sensible y además es de esperar que protegerá de inundaciones a la existente. En cuanto a los edificios técnicos se recomienda su ubicación fuera de zonas inundables.

Por último, indicar que el grupo de trabajo del CEDEX considera que tanto en las estaciones como en los edificios técnicos ferroviarios como en trenes de nueva construcción, el mayor impacto provendrá del aumento de necesidades de climatización debido al aumento de la temperatura.

### 1.3.4 Evaluación de la Exposición del proyecto a los peligros climáticos

El siguiente paso es evaluar la exposición del proyecto a los peligros climáticos diferenciando entre los actuales y los futuros, es decir, en función las variaciones observadas de las proyecciones.

Una vez determinados los parámetros climáticos relevantemente sensibles para la infraestructura en cuestión, (los de media y alta sensibilidad), es necesario obtener una caracterización de ellos según su localización geográfica (proyecciones de Toledo), de tal forma que pueda estimarse si la infraestructura está o estará expuesta a ellos.

NIVEL DE EXPOSICIÓN A FACTORES CLIMÁTICOS ESCENARIO RCP 6.0 HASTA 2070			
Factor climático	Efecto no deseado en ferrocarriles	Variaciones observadas	Nivel de Exposición
Cambio de temperatura máxima - T- (°C)	Aumento extremo de temperaturas máximas	↑ (0,5-3,0)	BAJO
Cambio duración olas de calor - DOC- (días)	Aumento de la duración de las olas de calor	↑ (2-12)	MEDIO
Cambio de la precipitación -P- (%)	Aumento extremo de las precipitaciones	↑1 - ↓ 11	NULO
Cambio en la tasa de ocurrencia de precipitaciones intensas -PI- (%)	Aumento de la ocurrencia de lluvias torrenciales	↓6 - ↑6	MEDIO
Cambio en el número de días de lluvia -DL- (días)	Aumento sustancial del agua acumulada	↓26-↑11	MEDIO
Cambio en la duración del periodo seco -PS- (días)	Mortandad de la vegetación de taludes por estrés hídrico (combinada con T y DOC)	↓26-↑11	MEDIO
Vm: Cambio en la velocidad media del viento a 10 metros en m/s.	Aumento considerable del viento	↓0,2-↑0,2	NULO
Vmax: Cambio velocidad máxima diaria del viento a 10 metros en m/s	Aumento de la fuerza de las rachas de viento extremas	↓0,5-↑0,4	NULO

### 1.3.5 Matriz de vulnerabilidad

La evaluación de la vulnerabilidad se centra en detectar posibles fallos de funcionamiento de la infraestructura al ser expuesta a los factores climáticos peligrosos previstos para la misma.

Se cruzan los resultados por componente de la matriz de sensibilidad con los resultados obtenidos sobre la exposición a los factores presentes, así se tienen en cuenta la localización espacial del proyecto y las variables climáticas a las que el proyecto es sensible y se integran con la exposición a los mismos.

MATRIZ DE SENSIBILIDAD Ferrocarriil Actual	Factores climáticos												NIVEL DE EXPOSICIÓN A FACTORES CLIMÁTICOS ESCENARIO RCP 6.0 HASTA 2070			
	T	DOC	DC	t	DH	NC	P	PI	PS	DL	Vm	Vmax	Factor climático	Efecto no deseado en ferrocarriles	Variaciones observadas	Nivel de Exposición
Infraestructura:													Cambio de temperatura máxima -T- (°C)	Aumento extremo de temperaturas máximas	↑ (0,5-3,0)	BAJO
-Taludes													Cambio duración olas de calor -DOC- (días)	Aumento de la duración de las olas de calor	↑ (2-12)	MEDIO
-Estructuras													Cambio de la precipitación -P- (%)	Aumento extremo de las precipitaciones	↑1 - ↓ 11	NULO
-Túneles													Cambio en la tasa de ocurrencia de precipitaciones intensas -PI- (%)	Aumento de la ocurrencia de lluvias torrenciales	↓6 - ↑6	MEDIO
-Drenaje													Cambio en el número de días de lluvia -DL- (días)	Aumento sustancial del agua acumulada	↓26-↑11	MEDIO
-Elementos auxiliares													Vm: Cambio en la velocidad media del viento a 10 metros en m/s.	Aumento considerable del viento	↓0,2-↑0,2	NULO
Superestructura:													Vmax: Cambio velocidad máxima diaria del viento a 10 metros en m/s	Aumento de la fuerza de las rachas de viento extremas	↓0,5-↑0,4	NULO
-Vía													Legenda de Sensibilidad climática:			
-Catenaria													No Sensible      Sensibilidad Media      Sensibilidad Alta			
-Sistemas de seguridad																
-Comunicaciones																
Estaciones y edificios técnicos																

La evaluación que se realiza se resume en la siguiente tabla y se aplica a cada componente de la infraestructura:

VULNERABILIDAD		Nivel de Exposición			
		Nulo	Bajo	Medio	Alto
Sensibilidad	No sensible	-	-	-	-
	Media	-	Baja	Media	Alta
	Alta	-	Media	Alta	Muy Alta

Como puede observarse, si un componente no es sensible a un factor determinado no existe vulnerabilidad, independientemente de la exposición que se produzca. Por ejemplo, el drenaje de la infraestructura no se ve afectado por el número de noches cálidas, no es sensible a dicho factor, y por lo tanto, aunque el nivel de exposición fuera muy alto porque estuviera previsto que aumentara en gran medida el número de este tipo de noches al año no existe vulnerabilidad por parte del drenaje a dicho factor.

Así mismo, si un componente es sensible a un factor pero no está expuesto al mismo tampoco existe vulnerabilidad. Por ejemplo, el tráfico ferroviario puede ser bastante sensible a las nevadas ya que en grandes eventos puede interrumpir el funcionamiento pero si la infraestructura se encuentra en un lugar en el que jamás va a nevar, es decir, no hay exposición al factor, el resultado es que el tráfico no es vulnerable a las nevadas aunque fuera muy sensible a las mismas.

Así, los componentes de la actual vía presentan las siguientes vulnerabilidades:

MATRIZ DE VULNERABILIDAD Ferrocarriil Actual	Factores climáticos											
	T	DOC	DC	t	DH	NC	P	PI	PS	DL	Vm	Vmax
Infraestructura:		MEDIA						MEDIA	MEDIA	MEDIA		
-Taludes		MEDIA						MEDIA	MEDIA	MEDIA		
-Estructuras								MEDIA				
-Túneles												
-Drenaje								MEDIA				
-Elementos auxiliares												
Superestructura:								MEDIA				
-Vía								MEDIA				
-Catenaria												
-Sistemas de seguridad												
-Comunicaciones												
Estaciones y edificios técnicos								MEDIA				

Y los componentes de las nuevas alternativas presentan las siguientes vulnerabilidades:

MATRIZ DE VULNERABILIDAD Nuevas alternativas	Factores climáticos											
	T	DOC	DC	t	DH	NC	P	PI	PS	DL	Vm	Vmax
Infraestructura:		MEDIA						MEDIA	MEDIA	MEDIA		
-Taludes		MEDIA						MEDIA	MEDIA	MEDIA		
-Estructuras												
-Túneles												
-Drenaje												
-Elementos auxiliares												
Superestructura:												
-Vía												
-Catenaria												
-Sistemas de seguridad												
-Comunicaciones												
Estaciones y edificios técnicos								MEDIA				

### 1.3.6 Adaptación, medidas

Como puede observarse, todas las vulnerabilidades que presenta la infraestructura proyectada son compartidas por la infraestructura actual, si bien en la actual son más altas no lo suficiente como para quedar reflejado en la evaluación y posee otras vulnerabilidades extras no presentes en las nuevas.

Para eliminar las vulnerabilidades de los componentes se recomiendan las siguientes medidas de adaptación:

- Taludes→ La vulnerabilidad de los taludes de la nueva infraestructura es producto de la afección que se produzca a la vegetación que ha de protegerlos, al faltar la vegetación son más susceptibles de ser erosionados y vulnerables a las precipitaciones intensas, más aún al incremento de dicha densidad. Las actuales vías consiguieron este recubrimiento protector de forma natural a lo largo de los años (las obras principales tuvieron lugar hace 140 años), a futuro las condiciones climáticas harán que la vegetación tenga aún más difícil el desarrollarse por sí misma tras la afección de las obras. Así mismo, una cuestión no referida en los factores climáticos es la indicada en los estudios de Castilla La Mancha sobre la previsión del aumento de la población de conejo en la zona que se verá aún más incrementada con el efecto corredor protector que los cerramientos del AVE suelen producir para esta especie. Así, las recomendaciones son la previsión de un adecuado recubrimiento vegetal de los taludes, con selección de especies mediterráneas locales capaces de aguantar los envites climáticos y el enterramiento/reforzamiento del cerramiento para evitar en lo posible la inmersión del conejo en el talud donde las especies depredadoras no pueden alcanzarlo de forma natural.
- Edificios técnicos→ Si bien se confía plenamente en la fortaleza de las construcciones de los futuros edificios técnicos se recomienda que sean ubicados fuera de zonas inundables.
- Recomendación de continuidad de la información→ No se ha de olvidar que en el proceso de estudio y de trabajo desde un estudio informativo hasta llegar al proyecto constructivo el conocimiento de detalle de cada uno de los componentes y diseños de la infraestructura y el medio evolucionan enormemente. Por ello se recomienda que en los futuros desarrollos se entregue la tabla de variables observadas a los diseñadores para que se continúe el trabajo iniciado y no se pierda información en el camino:

Variaciones posibles observadas en los Factores climáticos escenario RCP 6.0 hasta 2070 métodos estadísticos análogos (RCP 4.5 para el viento regionalización dinámica)					
T (°C)	DOC (días)	DC (%)	t (°C)	DH (días)	NC (%)
↑ 0,5-3,0	↑ 2-12	↑ 4-24	↑ 0,8-2,5	↓ 8-19	↑ 6-23
P (%)	PI (%)	PS (días)	DL (días)	Vm (m/s)	Vmax (m/s)
↑1 - ↓ 11	↓6 - ↑6	↓4 - ↑14	↓26-↑11	↓0,2-↑0,2	↓0,5-↑0,4

- Vientos y tormentas eléctricas: las proyecciones en cuanto a los cambios en estos parámetros presentan mayor incertidumbre que en el resto, por ello se recomienda actualizarlos cuando estén disponibles nuevos avances científicos al respecto y revisar las posibles incidencias si las previsiones resultasen ser más significativas que las actuales.
- General: la vulnerabilidad alcanzada para las nuevas alternativas es teniendo en cuenta que en el Estudio Informativo se cumplen los requisitos de diseño de las prescripciones de infraestructuras de alta velocidad, si por cualquier cuestión en el avance de los diseños en fases posteriores se precisara rebajar el nivel de exigencia en algún parámetro se habrán de revisar las sensibilidades de todos los componentes implicados, no sólo las vulnerabilidades al cambio climático.

### 1.3.7 Vulnerabilidad residual

Teniendo en cuenta las medidas anteriormente indicadas de adaptación en la situación actual y en los nuevos diseños la vulnerabilidad residual será la siguiente:

MATRIZ DE VULNERABILIDAD RESIDUAL Ferrocarril Actual	Factores climáticos												
	T	DOC	DC	t	DH	NC	P	PI	PS	DL	Vm	Vmax	
Componentes:													
Infraestructura:		MEDIA						MEDIA	MEDIA	MEDIA			
-Taludes		MEDIA						MEDIA	MEDIA	MEDIA			
-Estructuras								MEDIA					
-Túneles													
-Drenaje								MEDIA					
-Elementos auxiliares													
Superestructura:								MEDIA					
-Vía								MEDIA					
-Catenaria													
-Sistemas de seguridad													
-Comunicaciones													
Estaciones y edificios técnicos								MEDIA					

El objeto del presente estudio versa sobre actuaciones que van a ser llevadas a cabo en la nueva infraestructura, no es objeto del mismo el realizar adaptaciones necesarias en las vías actuales y por tanto la vulnerabilidad residual para ellas es la misma que la original excepto en los puntos que es mejorada por prevención del actual Estudio Informativo.

Por el contrario, tras la aplicación de las medidas anteriormente indicadas se conseguirá una adecuada reducción de la vulnerabilidad de la nueva infraestructura ante el cambio climático, quedando una vulnerabilidad residual asumible dentro de la lógica.

MATRIZ DE VULNERABILIDAD RESIDUAL Nuevas alternativas	Factores climáticos												
	T	DOC	DC	t	DH	NC	P	PI	PS	DL	Vm	Vmax	
Componentes:													
Infraestructura:		BAJA						BAJA	BAJA	BAJA			
-Taludes		BAJA						BAJA	BAJA	BAJA			
-Estructuras													
-Túneles													
-Drenaje													
-Elementos auxiliares													
Superestructura:								BAJA					
-Vía													
-Catenaria													
-Sistemas de seguridad													
-Comunicaciones													
Estaciones y edificios técnicos								BAJA					

## 2. CONTRIBUCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

En la actualidad, el cambio climático y el calentamiento global son dos de las principales cuestiones asociadas al desarrollo sostenible. Además, su repercusión se extiende a todos los niveles de la sociedad y de la estructura económica.

Desde la entrada en vigor del Protocolo de Kioto en 2005, numerosas organizaciones reguladas han tenido que proporcionar anualmente inventarios de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este hecho motivó la aparición del concepto de la huella de carbono.

La huella de carbono es la cantidad de gases de efecto invernadero que son directa e indirectamente generados durante una actividad o durante el ciclo de vida de un producto o servicio. Esta huella se expresa en términos de CO<sub>2</sub> equivalente.

Las distintas organizaciones, tanto públicas como privadas, deben ser capaces de entender y gestionar adecuadamente sus emisiones de GEI si quieren demostrar una gestión sostenible de sus actividades y servicios y mantener el éxito a largo plazo en un entorno empresarial competitivo. Un sistema bien diseñado y mantenido de inventario corporativo de GEI, que se alinea con las cuestiones específicas de negocio, es una herramienta empresarial esencial y se considera cada vez más como un importante indicador de buenas prácticas de gestión.

Asimismo, actualmente muchos gobiernos están aplicando medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de políticas nacionales que incluyen la introducción de programas de comercio de emisiones, impuestos sobre el carbono o la energía, así como regulaciones y normas en materia de eficiencia energética y emisiones.

Para ello, es fundamental realizar una adecuada medición y gestión de las emisiones de CO<sub>2</sub> (“Lo que no se mide no se puede mejorar” William Thomson Kelvin). Así, las organizaciones pueden reducir el consumo de energía de sus actividades y por tanto minimizar el impacto ambiental y los costes operativos asociados.

### 2.1 METODOLOGÍA

Para la estimación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero se ha empleado la metodología del Documento “Recomendaciones para la estimación de emisiones de GEI en la evaluación ambiental de planes y proyectos de transporte (2015)” que elaboró el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) a petición del antiguo Ministerio de

Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Se trata de un documento de orientación y apoyo a la evaluación de la incidencia sobre el cambio climático de los planes y proyectos de transporte de competencia estatal. La incidencia sobre el cambio climático se valora por medio de la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la implantación de planes y proyectos viales, ferroviarios, portuarios, aeroportuarios y combinados, tanto para fase de construcción como funcionamiento, lo que permite realizar todos los cálculos de las comparaciones necesarias del presente estudio en base a un único documento oficial de referencia.

Las metodologías, cálculos efectuados y resultados obtenidos se exponen a continuación:

### 2.2 ESTIMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN

En el Documento del CEDEX se aportan las siguientes ratios de emisión para construcción de líneas ferroviarias:

**Tabla 5.5**  
Emisiones medias de GEI por construcción y ampliación de infraestructura ferroviaria

Componente ferroviaria		Emisiones	
<b>Construcción</b>			
Línea convencional	Vía simple	Terreno llano	Sin valorar
		Terreno accidentado	Sin valorar
	Vía doble	Terreno llano	Sin valorar
		Terreno accidentado	Sin valorar
Línea de alta velocidad	Vía simple	Terreno llano	Sin valorar
		Terreno accidentado	Sin valorar
	Vía doble	Terreno llano	8.000 tCO <sub>2</sub> e/km
		Terreno accidentado	24.000 tCO <sub>2</sub> e/km
Estación		Principal	9.000 tCO <sub>2</sub> e
		Secundaria	3.000 tCO <sub>2</sub> e
<b>Ampliación</b>			
Línea convencional	Desdoble de vía simple en vía doble	Sin valorar	
Línea de alta velocidad	Desdoble de vía simple en vía doble	Sin valorar	

El CEDEX obtiene una ratio media de emisiones por la construcción de líneas de alta velocidad de 8.000 tCO<sub>2</sub>eq/km pero también aporta ratios medias en función de la accidentalidad del terreno, principalmente debido a que una mayor cantidad de movimientos de tierras implican mayores emisiones y que terrenos complicados precisan más estructuras y una mayor complejidad en las mismas. En concreto, los porcentajes más elevados de longitud en túnel y viaducto por condicionantes de trazado es lo que mayor incidencia tendrá en la diferencia de

emisiones atribuibles a la construcción de una línea convencional o de alta velocidad. Así mismo, se ha de tener presente que las emisiones pueden variar sustancialmente, por ejemplo, según la proximidad de la obra a las canteras, según se requiera o no tratamientos de mejora del terreno para la cimentación, de si es necesario demoler obras existentes antes de iniciar la construcción de la nueva infraestructura, etc.

Por ello, para distinguir la ratio de emisión a aplicar a cada alternativa se ha observado la accidentalidad del terreno y complejidad de la obra en base a las necesidades de excavación por metro a construir y a partir de las ratios y calificación de terreno llano y accidentado del CEDEX se ha ponderado para acoger el abanico de posibilidades de las alternativas planteadas. Se ha dejado constancia de la apreciación cualitativa del tipo de terreno y se ha empleado la calificación numérica aplicando 4.000 tCO<sub>2</sub>eq/km al valor de indicador inferior (36,76m<sup>3</sup>/m: se corresponde con la zona de la vega de Talavera de la Reina), 24.000 tCO<sub>2</sub>eq/km al mayor (325,07 m<sup>3</sup>/m: se corresponde con la alternativa I.4 en zona accidentada al noroeste de la ciudad de Toledo, las obras complejas en el interior de la misma y enormes desmontes cuyo material excedentario habrá ser trasladado a un destino adecuado) y al resto una ponderación en base a estos mismos obteniendo las siguientes ratios:

RATIOS DE EMISIÓN DE GEI POR CONSTRUCCIÓN					
ALTERNATIVAS	Longitud (m)	Excavación (m <sup>3</sup> )	Indicador: necesidades de excavación/longitud a construir (m <sup>3</sup> /m)	Tipo de terreno	Ratio de emisión (tCO <sub>2</sub> eq/km)
<b>TRAMO I (Toledo)</b>					
Alternativa I.1	38.328	4.236.178	110,52	Intermedio	9.446
Alternativa I.2	25.821	3.860.912	149,53	Accidentado	12.325
Alternativa I.3	25.838	3.663.261	141,78	Accidentado	11.753
Alternativa I.4	25.844	8.401.221	325,07	Accidentado	<b>24.000</b>
<b>TRAMO II (Torrijos)</b>					
Alternativa II.1	42.440	5.108.611	120,37	Intermedio	10.173
Alternativa II.2	42.782	4.082.249	95,42	Llano-Interm.	8.330
Alternativa II.3	42.775	3.239.409	75,73	Llano-Interm.	6.877
<b>TRAMO III (Talavera de la Reina)</b>					
Alternativa III.1	25.540	938.966	36,76	Llano	<b>4.000</b>
Alternativa III.2	25.570	972.354	38,03	Llano	4.093
<b>TRAMO IV (Oropesa)</b>					
Alternativa IV.1	33.149	1.349.206	40,70	Llano	4.291
Alternativa IV.2	33.427	2.345.550	70,17	Llano-Interm.	6.466

Aplicando dichas ratios de emisión se obtienen los GEI que tendrán lugar en la construcción de cada una de las alternativas:

ALTERNATIVAS	Ratio de emisión (tCO <sub>2</sub> eq/km)	Longitud a construir (km)	GEI construcción (tCO <sub>2</sub> eq)
<b>TRAMO I (Toledo)</b>			
Alternativa I.1	9.446	38,33	362.032
Alternativa I.2	12.325	25,82	318.246
Alternativa I.3	11.753	25,84	303.676
Alternativa I.4	24.000	25,84	620.112
<b>TRAMO II (Torrijos)</b>			
Alternativa II.1	10.173	42,44	431.730
Alternativa II.2	8.330	42,78	356.394
Alternativa II.3	6.877	42,78	294.159
<b>TRAMO III (Talavera de la Reina)</b>			
Alternativa III.1	4.000	25,54	102.160
Alternativa III.2	4.093	25,57	104.664
<b>TRAMO IV (Oropesa)</b>			
Alternativa IV.1	4.291	33,15	142.231
Alternativa IV.2	6.466	33,43	216.147

A continuación, se realizan las sumas de los resultados de las alternativas en todas las combinaciones posibles obteniendo así los GEI de todas las posibilidades de construcción Madrid-Límite de Extremadura (=Tramo Madrid-Oropesa):

ALTERNATIVAS COMBINACIONES	Longitud a construir (km)	GEI construcción (tCO <sub>2</sub> eq)
I.1 + II.1 + III.1 + IV.1	139,457	1.038.153
I.1 + II.1 + III.1 + IV.2	139,735	1.112.070
I.1 + II.1 + III.2 + IV.1	139,487	1.040.657
I.1 + II.1 + III.2 + IV.2	139,765	1.114.573
I.1 + II.2 + III.1 + IV.1	139,799	962.817
I.1 + II.2 + III.1 + IV.2	140,077	1.036.734
I.1 + II.2 + III.2 + IV.1	139,829	965.321
I.1 + II.2 + III.2 + IV.2	140,107	1.039.237
I.1 + II.3 + III.1 + IV.1	139,792	900.582
I.1 + II.3 + III.1 + IV.2	140,070	974.499
I.1 + II.3 + III.2 + IV.1	139,822	903.085
I.1 + II.3 + III.2 + IV.2	140,100	977.002
I.2 + II.1 + III.1 + IV.1	126,950	994.367
I.2 + II.1 + III.1 + IV.2	127,228	1.068.284
I.2 + II.1 + III.2 + IV.1	126,980	996.871

ALTERNATIVAS COMBINACIONES	Longitud a construir (km)	GEI construcción (tCO <sub>2</sub> eq)
I.2 + II.1 + III.2 + IV.2	127,258	1.070.787
I.2 + II.2 + III.1 + IV.1	127,292	919.031
I.2 + II.2 + III.1 + IV.2	127,570	992.948
I.2 + II.2 + III.2 + IV.1	127,322	921.535
I.2 + II.2 + III.2 + IV.2	127,600	995.452
I.2 + II.3 + III.1 + IV.1	127,285	856.796
I.2 + II.3 + III.1 + IV.2	127,563	930.713
I.2 + II.3 + III.2 + IV.1	127,315	859.300
I.2 + II.3 + III.2 + IV.2	127,593	933.216
I.3 + II.1 + III.1 + IV.1	126,967	979.796
I.3 + II.1 + III.1 + IV.2	127,245	1.053.713
I.3 + II.1 + III.2 + IV.1	126,997	982.300
I.3 + II.1 + III.2 + IV.2	127,275	1.056.217
I.3 + II.2 + III.1 + IV.1	127,309	904.461
I.3 + II.2 + III.1 + IV.2	127,587	978.377
I.3 + II.2 + III.2 + IV.1	127,339	906.964
I.3 + II.2 + III.2 + IV.2	127,617	980.881
I.3 + II.3 + III.1 + IV.1	127,302	842.225
I.3 + II.3 + III.1 + IV.2	127,580	916.142
I.3 + II.3 + III.2 + IV.1	127,332	844.729
I.3 + II.3 + III.2 + IV.2	127,610	918.646
I.4 + II.1 + III.1 + IV.1	126,973	1.296.233
I.4 + II.1 + III.1 + IV.2	127,251	1.370.149
I.4 + II.1 + III.2 + IV.1	127,003	1.298.736
I.4 + II.1 + III.2 + IV.2	127,281	1.372.653
I.4 + II.2 + III.1 + IV.1	127,315	1.220.897
I.4 + II.2 + III.1 + IV.2	127,593	1.294.814
I.4 + II.2 + III.2 + IV.1	127,345	1.223.400
I.4 + II.2 + III.2 + IV.2	127,623	1.297.317
I.4 + II.3 + III.1 + IV.1	127,308	1.158.662
I.4 + II.3 + III.1 + IV.2	127,586	1.232.578
I.4 + II.3 + III.2 + IV.1	127,338	1.161.165
I.4 + II.3 + III.2 + IV.2	127,623	1.297.317

La opción cuya construcción emitiría menos GEI sería la resultante de la combinación I.3 + II.3 + III.1 + IV.1, con 842.225 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente es 1,6 veces menos contribuyente que las opciones con mayores emisiones.

## 2.3 ESTIMACIÓN PARA EL TRÁFICO

En la fase de explotación la Alternativa 0 sí que contribuye al cambio climático ya que se trata de no ejecutar el proyecto, es decir, mantener la situación actual del tráfico de pasajeros, tanto las opciones para pasajeros del ferrocarril y avión existente como las opciones de usuarios de autovía. Para el cálculo de las emisiones de la Alternativa 0 se ha estimado a partir de uso del ferrocarril existente, es decir, el servicio de la línea 500.BIF.Planetario-Valencia de Alcántara, de la información de los GEI de los pasajeros que emplean el vehículo privado más habitual o el autobús y el avión, esta estimación se considera muy útil sobre todo para apoyar medidas de desincentivación de uso o de cambio de hábitos.

Hipótesis de recorridos evaluados: las vías férreas actuales desde Madrid hasta el límite administrativo de Extremadura tienen un recorrido de 188,8 kilómetros en vía única sin electrificar (la línea se encuentra electrificada hasta el apartadero de Humanes pero no es empleada en los trenes a analizar). Por su parte, la distancia por autovía desde Madrid es algo inferior, se han tomado de referencia 181 kilómetros empleando la A-5. Por último, para el tráfico aéreo se ha tomado de referencia la distancia en línea recta desde el aeropuerto de Barajas hasta el punto de cruce del ferrocarril: 169 kilómetros.

A continuación se incluyen los factores de emisión para pasajeros del transporte por ferrocarril, por carretera y tráfico aéreo del Documento del CEDEX empleados para poder estimar y comparar los cuatro tipos de modalidades.

### 2.3.1 Factores de emisión Ferrocarril

Se han empleado los factores de emisión obtenidos por el CEDEX a partir de datos de 2013 proporcionados por Renfe Operadora (Tabla 5.1). Renfe ofrece servicios tanto de larga distancia como de media distancia en la línea en estudio por lo que se han empleado de ambas opciones. El CEDEX calculó estos factores de emisión tomando en cuenta tanto las emisiones atribuibles a la operación de los trenes (incluidas las emisiones well-to-tank) como las asociadas a su fabricación y desguace. Las emisiones atribuibles a la operación de los trenes incluyen las de tracción y otras imputables al operador ferroviario por usos distintos a la tracción como son las oficinas, talleres, etc. Así mismo indicar que en el caso de tracción eléctrica, están calculados suponiendo las emisiones correspondientes al mix eléctrico nacional.

Además de los datos con los que trabajaron de 2013 calcularon factores de emisión para que se puedan estimar las emisiones en años posteriores (tablas 5.2 y 5.3). Estos factores

incorporan una parte del potencial de reducción de emisiones que se estima posible en la actualidad por efecto de incorporar medidas operativas relacionadas con la gestión del tráfico con criterios de eficiencia energética y de introducir mejoras tecnológicas en el material móvil circulante (como el uso de materiales más ligeros en trenes con tracción eléctrica, o la incorporación de la tracción híbrida y de sistemas de almacenamiento de energía embarcados en trenes con tracción diésel).

*grCO<sub>2</sub>-e=gramos equivalentes de Dióxido de carbono; p=pasajero; km=kilómetro; t=tonelada (t no se ha empleado en el presente estudio ya que se ha centrado en las emisiones por pasajeros, usuarios)*

**Tabla 5.1**

Factores de emisión medios actuales por unidad transportada (pasajero o tonelada) y kilómetro recorrido

Tipo de servicio		Tracción	Emisiones 2013 (grCO <sub>2</sub> e/p-km o grCO <sub>2</sub> e/t-km)	
Viajeros	Cercanías	Eléctrica	47,0	57,3
		Diésel		79,8
	Media distancia	Alta velocidad		37,9
		Convencional		23,3
	Alta velocidad - Larga distancia	Eléctrica		108,9
		Diésel		70,6
Mercancías	Eléctrica	28,0	23,1	
	Diésel		59,6	

**Tabla 5.2**

Factores de emisión medios en 2020 por unidad transportada (pasajero o tonelada) y kilómetro recorrido

Tipo de servicio		Tracción	Emisiones 2020 (grCO <sub>2</sub> e/p-km o grCO <sub>2</sub> e/t-km)	
Viajeros	Cercanías	Eléctrica	32,8	36,6
		Diésel		77,4
	Media distancia	Alta velocidad		24,4
		Convencional		15,1
	Alta velocidad - Larga distancia	Eléctrica		105,7
		Diésel		22,7
Mercancías	Eléctrica	21,1	15,4	
	Diésel		57,9	

**Tabla 5.3**

Factores de emisión medios en 2030 por unidad transportada (pasajero o tonelada) y kilómetro recorrido

Tipo de servicio		Tracción	Emisiones 2030 (grCO <sub>2</sub> e/p-km o grCO <sub>2</sub> e/t-km)	
Viajeros	Cercanías	Eléctrica	26,9	28,3
		Diésel		74,3
	Media distancia	Alta velocidad		18,9
		Convencional		11,8
	Alta velocidad - Larga distancia	Eléctrica		101,3
		Diésel		65,7
Mercancías	Eléctrica	18,1	12,3	
	Diésel		55,6	

### 2.3.2 Factores de emisión Carretera

Se han empleado los factores de emisión correspondientes a turismos de motor térmico (más habituales) y autobuses obtenidos por el CEDEX a través de la particularización del programa COPERT (Computer programme to calculate emissions from road transport) a los parámetros españoles (Tabla 4.1). Toman en cuenta tanto las emisiones atribuibles a la operación de los vehículos (incluidas las emisiones well-to-tank) como las asociadas a la fabricación, mantenimiento y desguace de los vehículos. De igual modo incorporan factores de emisión futuros en previsión de mejoras tecnológicas.

**Tabla 4.1**

Factores medios de emisión de GEI por vehículo y kilómetro recorrido

Categoría de vehículo		Emisiones (grCO <sub>2</sub> e/veh-km)			
		2013	2020	2030	
Vehículos ligeros	Motocicleta	134	114	94	
	Turismo	Motor térmico (gasolina)	228	194	160
		Híbrido	118	115	104
		Eléctrico	110	82	71
	Vehículo de carga ligero (peso bruto < 3,5 Tm)	Motor térmico (gasóleo o gasolina)	326	293	261
Eléctrico		-	127	110	
Vehículos pesados	Vehículo de carga pesado (peso bruto > 3,5 Tm)	992	868	744	
	Autobús	1.138	958	821	

Dado que se necesitan los datos por pasajero se han de dividir los factores de emisión por los factores de ocupación de cada tipo de vehículo (Tabla 4.3). Los factores de ocupación de turismos se corresponden con los publicados por el *Observatorio del Transporte y la Logística en España del Ministerio de Fomento* para la red de carreteras del Estado. El factor de ocupación en autobuses está estimado a partir de los datos de ocupación media en las líneas regulares de titularidad estatal proporcionados por el *Observatorio del transporte de viajeros por carretera del Ministerio de Fomento* y los resultados sobre viajes en vacío obtenidos durante los controles realizados por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil en autocares en circulación.

**Tabla 4.3**  
Factor de ocupación/carga actual medio por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Factor de ocupación/carga
Motocicleta	1,34 p/veh
Turismo	1,74 p/veh
Vehículo de carga ligero	1,1 t/veh
Vehículo de carga pesado	10,8 t/veh
Autobús	18 p/veh

### 2.3.3 Factores de emisión Aviación

Se han empleado los factores de emisión correspondientes a rutas de “corto radio” ya que el aeropuerto de Badajoz se encuentra a menos de 500 millas náuticas del aeropuerto Madrid-Barajas Adolfo Suarez:

**Tabla 6.4**  
Factores de emisión medios por pasajero transportado y kilómetro recorrido

Tipo de ruta	Emisiones (grCO <sub>2</sub> e/p-km)		
	2013	2020	2030
Corto radio (menos de 500 millas náuticas)	332	309	276
Medio radio (entre 500 y 2.000 millas náuticas)	167	155	138
Largo radio (más de 2.000 millas náuticas)	188	175	156

CEDEX obtuvo estos factores a partir de los datos promedio de emisiones de CO<sub>2</sub>/p-km de los vuelos comerciales con origen en aeropuertos españoles proporcionados por el Observatorio de la Sostenibilidad en Aviación para el año 2012. La estimación de las emisiones atribuibles a

la operación de las aeronaves proviene de la efectuada por SENASA con el modelo MECETA (Modelo Español de Cuantificación de Emisiones en el Transporte Aéreo), para cada aeropuerto y en promedio para el conjunto del sistema aeroportuario español. Los factores indicados incorporan las emisiones well-to-tank del queroseno y desprecian las emisiones asociadas a la fabricación, mantenimiento y desguace de las aeronaves, dada su magnitud. Para los años 2020 y 2030 presuponen que se mantienen estables la composición de la flota que opera en los aeropuertos, la procedencia y destino geográficos del tráfico aeroportuario y los factores de ocupación de los vuelos. También presuponen la incorporación a la aviación de una parte del potencial de reducción de emisiones que se estima posible en la actualidad por efecto de introducir mejoras tecnológicas en las aeronaves, aumentar el uso comercial de combustibles alternativos y mejorar los sistemas de gestión del tráfico aéreo.

### 2.3.4 Resultados Alternativa 0

Aplicando los factores de emisión por la distancia recorrida en cada tipo de opción se obtienen los gases de efecto invernadero calculados en gramos de CO<sub>2</sub> equivalente que emite cada pasajero en un solo trayecto:

Posibilidades de Alternativa 0	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (grCO <sub>2</sub> eq/p-km)			Distancia a recorrer (km)	GEI por pasajero (grCO <sub>2</sub> eq/p)		
	2013	2020	2030		2013	2020	2030
A Tren larga distancia diésel	70,6	68,5	65,7	188,8	13.328	12.931	12.403
B Tren media distancia convencional diésel	108,9	105,7	101,3	188,8	20.558	19.954	19.123
C Coche A-5	131,03	111,49	91,95	181,0	23.717	20.180	16.644
D Bus A-5	63,22	53,22	41,33	181,0	10.685	8.995	6.985
E Aviación	332,00	309,00	276,00	169,0	56.108	52.221	46.644

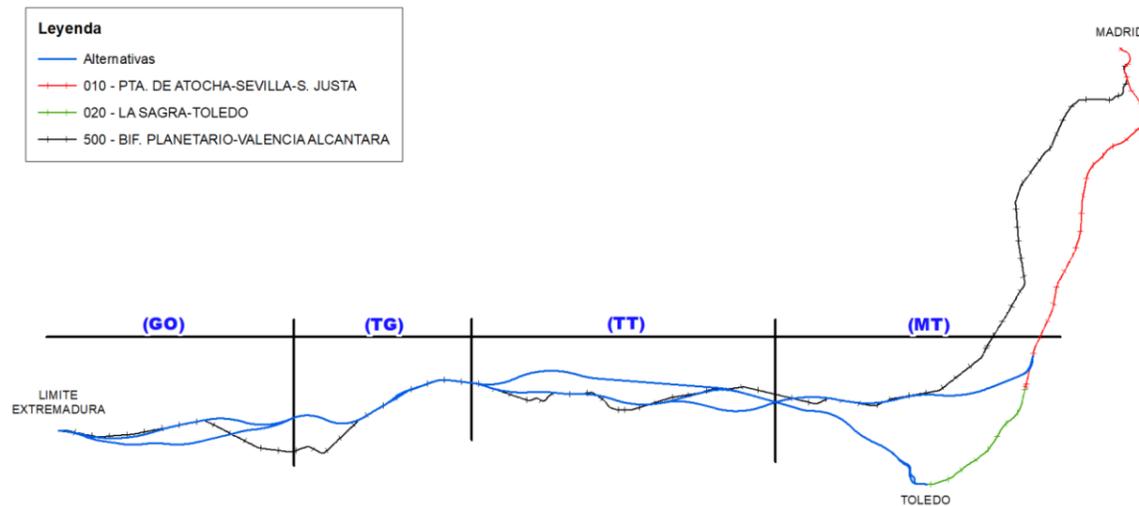
Finalmente se define el tren actual realizando el promedio simple de los resultados obtenidos de las dos posibilidades de uso existentes de ferrocarril analizadas.

ALTERNATIVA 0	GEI por pasajero (gCO <sub>2</sub> eq/p)		
	2013	2020	2030
Información Tren actual	16.943	16.443	15.763
Información Coche A-5	23.717	20.180	16.644
Información Bus A-5	10.685	8.995	6.985
Información Aviación	56.108	52.221	46.644

### 2.3.5 Resultados Alternativas Estudio Informativo

Para todas las Alternativas del Estudio Informativo los factores de emisión a aplicar son los de alta velocidad con tracción eléctrica de las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 de la metodología del CEDEX:

Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (grCO <sub>2</sub> eq/p-km)		
2013	2020	2030
35,4	22,7	17,6



Dado que los trenes tendrán origen en Madrid, también se han de calcular los GEI emitidos correspondientes al recorrido preexistente de las vías del AVE hasta llegar a los tramos de nueva ejecución. Para las alternativas del sur, que tienen origen en la ciudad de Toledo, se realizarán 75 kilómetros previos del AVE Madrid-Toledo (por las líneas 10.Puerta de Atocha-Sevilla Santa Justa y 20.La Sagra-Toledo) y para las alternativas del corredor central se realizarán 49 kilómetros previos del recorrido del AVE Madrid-Sevilla (por la línea 10.Puerta de Atocha-Sevilla Santa Justa).

A continuación se muestran los resultados obtenidos de Gases de Efecto Invernadero por pasajero tras aplicar los correspondientes Factores de emisión de CO<sub>2</sub>:

ALTERNATIVAS	Distancia a recorrer (km)	GEI por pasajero (grCO <sub>2</sub> eq/p)		
		2013	2020	2030
<b>TRAMOS PREVIOS PREEXISTENTES</b>				
Madrid - Sevilla	48,677	1.723	1.105	857
Madrid - Toledo	74,939	2.653	1.701	1.319
<b>TRAMO I (Toledo)</b>				
Alternativa I.1	38,328	1.357	870	675
Alternativa I.2	25,821	914	586	454
Alternativa I.3	25,838	915	587	455
Alternativa I.4	25,844	915	587	455
<b>TRAMO II (Torrijos)</b>				
Alternativa II.1	42,440	1.502	963	747
Alternativa II.2	42,782	1.514	971	753
Alternativa II.3	42,775	1.514	971	753
<b>TRAMO III (Talavera de la Reina)</b>				
Alternativa III.1	25,540	904	580	450
Alternativa III.2	25,570	905	580	450
<b>TRAMO IV (Oropesa)</b>				
Alternativa IV.1	33,149	1.173	752	583
Alternativa IV.2	33,427	1.183	759	588

### 2.3.6 Resultados Alternativas combinadas

Para poder efectuar comparaciones con la situación actual, a continuación, se realizan las sumas de los resultados de las alternativas en todas las combinaciones posibles obteniendo así los GEI del recorrido Madrid-Límite de Extremadura por pasajero, se incluyen también los datos de la situación actual para poder visualizar todas las opciones y resultados en una misma tabla:

ALTERNATIVAS COMBINACIONES	Distancia a recorrer (km)	GEI por pasajero (gCO <sub>2</sub> eq/p)		
		2013	2020	2030
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.1 + IV.1	188,13	6.660	4.271	3.311
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.1 + IV.2	188,41	6.670	4.277	3.316
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.2 + IV.1	188,16	6.661	4.271	3.312
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.2 + IV.2	188,44	6.671	4.278	3.317
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.1 + IV.1	188,48	6.672	4.278	3.317
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.1 + IV.2	188,75	6.682	4.285	3.322
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.2 + IV.1	188,51	6.673	4.279	3.318
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.2 + IV.2	188,78	6.683	4.285	3.323
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.1 + IV.1	188,47	6.672	4.278	3.317
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.1 + IV.2	188,75	6.682	4.285	3.322
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.2 + IV.1	188,50	6.673	4.279	3.318
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.2 + IV.2	188,78	6.683	4.285	3.322
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.1 + IV.1	201,89	7.147	4.583	3.553
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.1 + IV.2	202,17	7.157	4.589	3.558
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.2 + IV.1	201,92	7.148	4.584	3.554
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.2 + IV.2	202,20	7.158	4.590	3.559
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.1 + IV.1	202,23	7.159	4.591	3.559
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.1 + IV.2	202,51	7.169	4.597	3.564
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.2 + IV.1	202,26	7.160	4.591	3.560
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.2 + IV.2	202,54	7.170	4.598	3.565
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.1 + IV.1	202,22	7.159	4.590	3.559
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.1 + IV.2	202,50	7.169	4.597	3.564
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.2 + IV.1	202,25	7.160	4.591	3.560
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.2 + IV.2	202,53	7.170	4.597	3.565
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.1 + IV.1	201,91	7.147	4.583	3.554
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.1 + IV.2	202,18	7.157	4.590	3.558
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.2 + IV.1	201,94	7.149	4.584	3.554
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.2 + IV.2	202,21	7.158	4.590	3.559
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.1 + IV.1	202,25	7.160	4.591	3.560
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.1 + IV.2	202,53	7.169	4.597	3.564
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.2 + IV.1	202,28	7.161	4.592	3.560
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.2 + IV.2	202,56	7.170	4.598	3.565
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.1 + IV.1	202,24	7.159	4.591	3.559
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.1 + IV.2	202,52	7.169	4.597	3.564

ALTERNATIVAS COMBINACIONES	Distancia a recorrer (km)	GEI por pasajero (gCO <sub>2</sub> eq/p)		
		2013	2020	2030
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.2 + IV.1	202,27	7.160	4.592	3.560
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.2 + IV.2	202,55	7.170	4.598	3.565
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.1 + IV.1	201,91	7.147	4.583	3.554
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.1 + IV.2	202,19	7.157	4.590	3.558
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.2 + IV.1	201,94	7.149	4.584	3.554
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.2 + IV.2	202,22	7.158	4.590	3.559
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.1 + IV.1	202,25	7.160	4.591	3.560
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.1 + IV.2	202,53	7.169	4.597	3.564
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.2 + IV.1	202,28	7.161	4.592	3.560
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.2 + IV.2	202,56	7.170	4.598	3.565
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.1 + IV.1	202,25	7.159	4.591	3.559
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.1 + IV.2	202,53	7.169	4.597	3.564
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.2 + IV.1	202,28	7.160	4.592	3.560
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.2 + IV.2	202,56	7.170	4.598	3.565
Información Tren actual	188,78	16.943	16.443	15.763
Información Coche A-5	181,00	23.717	20.180	16.644
Información Bus A-5	181,00	10.685	8.995	6.985
Información Avión	169,00	56.108	52.221	46.644

Como se puede observar las alternativas se podrían agrupar por resultados similares de las que enganchan en la línea Madrid-Sevilla y las de Toledo, pudiendo indicar que las alternativas con origen en la línea Madrid-Sevilla emitirían menos que las alternativas con origen en Toledo. La alternativa 0 de avión es, con grandes diferencias, la que más emitiría por pasajero con 16.644g emitidos por viajero y viaje a 2030, frente a la que menos con 3.311g (la resultante de la combinación I.1 + II.1 + III.1 + IV.1). Así mismo indicar que la opción del vehículo privado es la segunda con mayores emisiones de GEI seguida de la opción del tren actual y, si bien son muy inferiores a la del avión, son altamente contribuyentes.

Dado que la Alternativa 0 de tren es la hipótesis de situación actual intermedia y que será completamente sustituida por la de Proyecto si se ejecuta, a continuación, se comparan todas las opciones con la misma:

Comparativa con el Tren Actual			
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	GEI / GEI Tren Actual		
	2013	2020	2030
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.1 + IV.1	2,5	3,9	4,8
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.1 + IV.2	2,5	3,8	4,8
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.2 + IV.1	2,5	3,8	4,8
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.2 + IV.2	2,5	3,8	4,8
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.1 + IV.1	2,5	3,8	4,8
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.1 + IV.2	2,5	3,8	4,7
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.2 + IV.1	2,5	3,8	4,8
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.2 + IV.2	2,5	3,8	4,7
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.1 + IV.1	2,5	3,8	4,8
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.1 + IV.2	2,5	3,8	4,7
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.2 + IV.1	2,5	3,8	4,8
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.2 + IV.2	2,5	3,8	4,7
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.1 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.1 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.2 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.2 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.1 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.1 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.2 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.2 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.1 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.1 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.2 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.2 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.1 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.1 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.2 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.2 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.1 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.1 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.2 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.2 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.1 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.1 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.2 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.2 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.1 + IV.1	2,4	3,6	4,4

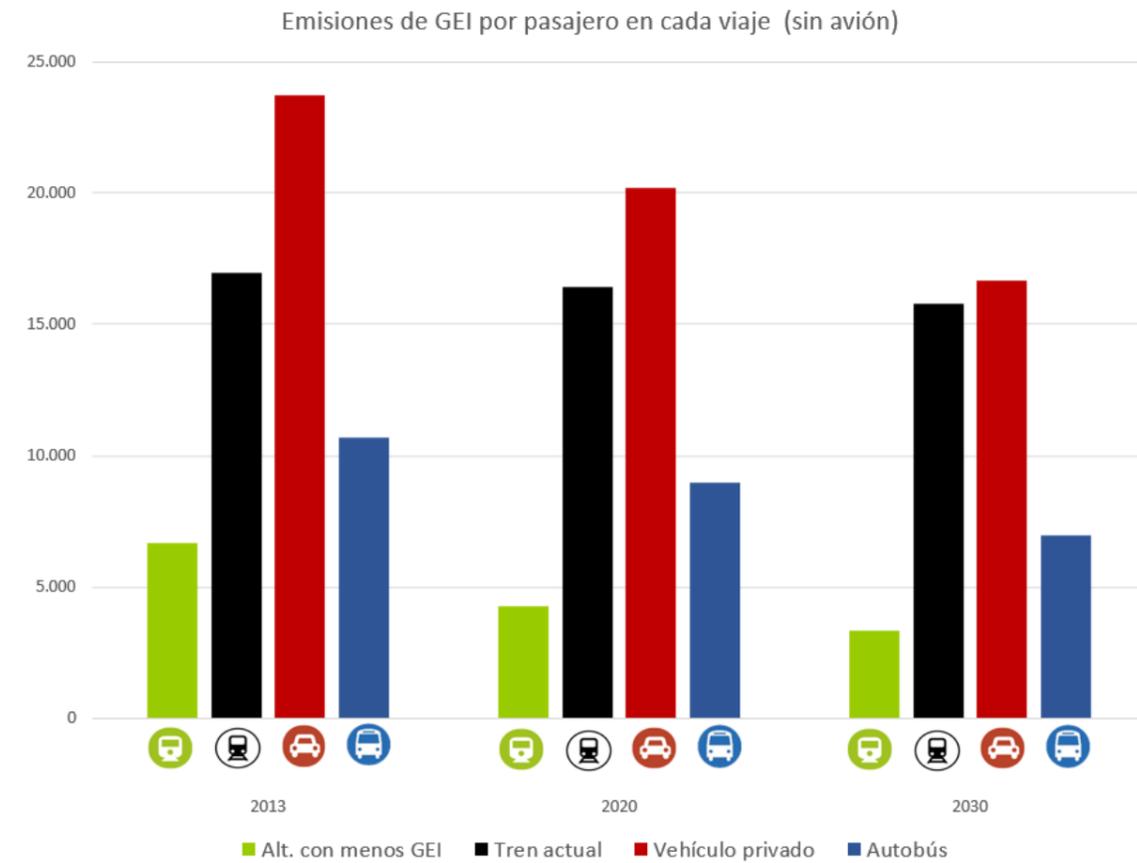
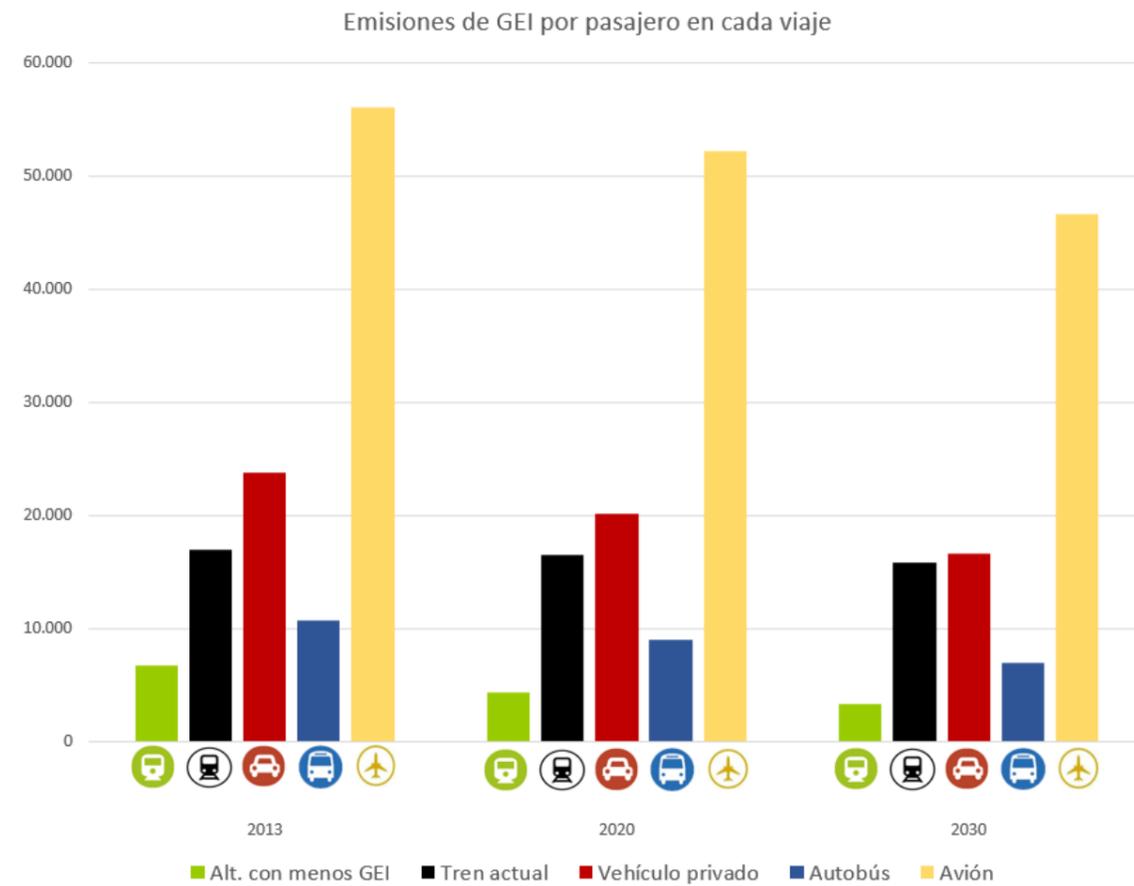
Comparativa con el Tren Actual			
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	GEI / GEI Tren Actual		
	2013	2020	2030
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.1 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.2 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.2 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.1 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.1 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.2 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.2 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.1 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.1 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.2 + IV.1	2,4	3,6	4,4
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.2 + IV.2	2,4	3,6	4,4
Información Tren actual	1	1	1

Se aprecia que las diferencias se van acrecentando con el paso de los años. A 2030, en cada viaje, un pasajero de cualquiera de las alternativas propuestas emitirá como mínimo 4,4 veces menos GEI que un usuario de la Alternativa 0 de tren actual evolucionada.

### 2.3.7 Alternativa con menos emisiones de GEI

Desde el punto de vista de la alternativa con menos emisiones de GEI en fase de funcionamiento, las diferencias son evidentemente mayores:

ALTERNATIVAS	GEI por pasajero (gCO <sub>2</sub> eq/p)		
	2013	2020	2030
Alternativa con menos GEI	6.660	4.271	3.311
Tren actual	16.943	16.443	15.763
Vehículo privado	23.717	20.180	16.644
Autobús	10.685	8.995	6.985
Avión	56.108	52.221	46.644



En 2030 cada pasajero en cada viaje emitirá 14,1 veces menos que los pasajeros de la Alternativa 0 de avión, 4,8 veces menos que los pasajeros de tren actual, 5 veces menos que los usuarios de vehículo privado y 2,1 veces menos que los usuarios del autobús:

Comparativa con la Alternativa menos contribuyente			
ALTERNATIVAS	GEI / GEI Alt. menos contribuyente		
	2013	2020	2030
Alternativa con menos GEI	1	1	1
Tren actual	2,5	3,9	4,8
Vehículo privado	3,6	4,7	5,0
Autobús	1,6	2,1	2,1
Avión	8,4	12,2	14,1

## 2.4 ESTIMACIÓN PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INFRAESTRUCTURAS

### 2.4.1 Resultados Alternativa 0

En cuanto a la operación y el mantenimiento de la infraestructura, el documento del CEDEX estima las emisiones de las infraestructuras ferroviarias en 10 tCO<sub>2</sub>e/km-año (consideran estaciones como despreciable), las viales en 30 tCO<sub>2</sub>e/km-año (si fuera de peaje e iluminada ascendería al doble) y para las aeroportuarias aporta las siguientes ratios medias por pasajero y año para la iluminación, climatización y calefacción:

**Tabla 6.9**  
Ratios medios para el cálculo de GEI por operación de la infraestructura aeroportuaria

Componente aeroportuaria		Emisiones		
		2013	2020	2030
Fuentes estacionarias	Electricidad	1,58 kgCO <sub>2</sub> e/p-año	1,03 kgCO <sub>2</sub> e/p-año	0,83 kgCO <sub>2</sub> e/p-año
	Fuentes de combustión	0,08 kgCO <sub>2</sub> e/p-año		
Unidades de potencia auxiliar (APU)	Aviones turbohélice y jets regionales	90 kgCO <sub>2</sub> e/escala		
	Aviones de fuselaje estrecho	160 kgCO <sub>2</sub> e/escala		
	Aviones de fuselaje ancho	250 kgCO <sub>2</sub> e/escala		
	Aviones tipo Jumbo	330 kgCO <sub>2</sub> e/escala		

El número de vuelos comerciales que realizan el recorrido en estudio se ha extractado de las Estadísticas de Tráfico Aéreo de AENA. En el momento de consulta el último dato disponible clasificado como “definitivo” para el tráfico por año es el correspondiente al año 2016. Para realizar la definición de la Alternativa 0 de avión se ha realizado la selección siguiente de vuelos con conexión en el aeropuerto de Badajoz:

AEROPUERTOS CONSIDERADOS	Nº de vuelos año 2016
BARCELONA-EL PRAT J.T.	370
MADRID-BARAJAS ADOLFO SUÁREZ	501
PALMA DE MALLORCA	70
IBIZA	25
CASTELLÓN	3
<b>Parte de trayecto asimilable a recorrido Madrid-Límite Extremadura</b>	<b>969</b>

Para las APU se ha escogido la opción Jets regionales siendo la más habitual en este aeropuerto y la de menor cantidad de GEI.

Aplicando todos los parámetros se obtienen los siguientes resultados de emisiones anuales de GEI para el mantenimiento y operación de las infraestructuras de la Alternativa 0

Emisiones GEI anuales atribuibles al Mantenimiento y Operación de la Infraestructura								
Posibilidades de Alternativa 0	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> eq/km-año)			Km	GEI por año (kgCO <sub>2</sub> eq/año)			
	2013	2020	2030		2013	2020	2030	
Información Tren actual	10.000	10.000	10.000	188,8	1.887.776	1.887.776	1.887.776	
Información Coche A-5	30.000	30.000	30.000	181,0	5.430.000	5.430.000	5.430.000	
Información Bus A-5								
Información Avión	Componente	Ratio GEI (kgCO <sub>2</sub> eq/p-año)				GEI por pasajero (kgCO <sub>2</sub> eq/p-año)		
	Iluminación y climatización	1,58	1,03	0,83	-	1,58	1,03	0,83
	Calefacción	0,08	0,08	0,08	-	0,08	0,08	0,08
	Unidades de Potencia Auxiliar (APU)	Ratio GEI por escala (kgCO <sub>2</sub> eq/escala)			Nº vuelos al año-	GEI por año (kgCO <sub>2</sub> eq/año)		
	90,00	90,00	90,00	969	87.210	87.210	87.210	

Se ha de ser consciente de que en caso de las infraestructuras lineales si bien el mantenimiento y operación iba a tener lugar sí o sí, realmente no todas las emisiones corresponderían al tráfico que se ha valorado en el presente estudio, por lo que se está sobrestimando al asociarle toda la operación y mantenimiento de la infraestructura al mismo.

### 2.4.2 Resultados Alternativas Estudio Informativo

Por su parte, para las alternativas del Estudio Informativo se aplica el mismo parámetro del documento del CEDEX que estima las emisiones de Operación y Mantenimiento de las infraestructuras ferroviarias en 10 tCO<sub>2</sub>e/km-año considerando que las estaciones no son el objeto principal del proyecto y por tanto se desprecian:

Emisiones anuales atribuibles al Mantenimiento y Operación de la Infraestructura			
ALTERNATIVAS	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> eq/km)	Distancia a recorrer (km)	GEI por año (kgCO <sub>2</sub> eq)
<b>TRAMOS PREVIOS PREEXISTENTES</b>			
Madrid - Sevilla	10.000	48,677	486.770
Madrid - Toledo	10.000	74,939	749.392
<b>TRAMO I (Toledo)</b>			
Alternativa I.1	10.000	38,328	383.280
Alternativa I.2	10.000	25,821	258.210
Alternativa I.3	10.000	25,838	258.380
Alternativa I.4	10.000	25,844	258.440
<b>TRAMO II (Torrijos)</b>			
Alternativa II.1	10.000	42,440	424.400
Alternativa II.2	10.000	42,782	427.820
Alternativa II.3	10.000	42,775	427.750
<b>TRAMO III (Talavera de la Reina)</b>			
Alternativa III.1	10.000	25,540	255.400
Alternativa III.2	10.000	25,570	255.700
<b>TRAMO IV (Oropesa)</b>			
Alternativa IV.1	10.000	33,149	331.490
Alternativa IV.2	10.000	33,427	334.270

### 2.4.3 Resultados Alternativas combinadas

A continuación, se realizan las sumas de los resultados de las alternativas en todas las combinaciones posibles obteniendo así los GEI del recorrido Madrid-Límite de Extremadura por pasajero, se incluyen también los datos de la situación actual para poder visualizar todas las opciones y resultados en una misma tabla:

Emisiones atribuibles al Mantenimiento y Operación de la Infraestructura		
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	Distancia a recorrer (km)	GEI M&O anual (kgCO <sub>2</sub> eq)
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.1 + IV.1	188,13	1.881.340
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.1 + IV.2	188,41	1.884.120
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.2 + IV.1	188,16	1.881.640
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.2 + IV.2	188,44	1.884.420
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.1 + IV.1	188,48	1.884.760
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.1 + IV.2	188,75	1.887.540
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.2 + IV.1	188,51	1.885.060

Emisiones atribuibles al Mantenimiento y Operación de la Infraestructura		
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	Distancia a recorrer (km)	GEI M&O anual (kgCO <sub>2</sub> eq)
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.2 + IV.2	188,78	1.887.840
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.1 + IV.1	188,47	1.884.690
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.1 + IV.2	188,75	1.887.470
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.2 + IV.1	188,50	1.884.990
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.2 + IV.2	188,78	1.887.770
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.1 + IV.1	201,89	2.018.892
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.1 + IV.2	202,17	2.021.672
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.2 + IV.1	201,92	2.019.192
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.2 + IV.2	202,20	2.021.972
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.1 + IV.1	202,23	2.022.312
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.1 + IV.2	202,51	2.025.092
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.2 + IV.1	202,26	2.022.612
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.2 + IV.2	202,54	2.025.392
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.1 + IV.1	202,22	2.022.242
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.1 + IV.2	202,50	2.025.022
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.2 + IV.1	202,25	2.022.542
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.2 + IV.2	202,53	2.025.322
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.1 + IV.1	201,91	2.019.062
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.1 + IV.2	202,18	2.021.842
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.2 + IV.1	201,94	2.019.362
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.2 + IV.2	202,21	2.022.142
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.1 + IV.1	202,25	2.022.482
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.1 + IV.2	202,53	2.025.262
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.2 + IV.1	202,28	2.022.782
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.2 + IV.2	202,56	2.025.562
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.1 + IV.1	202,24	2.022.412
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.1 + IV.2	202,52	2.025.192
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.2 + IV.1	202,27	2.022.712
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.2 + IV.2	202,55	2.025.492
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.1 + IV.1	201,91	2.019.122
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.1 + IV.2	202,19	2.021.902
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.2 + IV.1	201,94	2.019.422
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.2 + IV.2	202,22	2.022.202
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.1 + IV.1	202,25	2.022.542
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.1 + IV.2	202,53	2.025.322
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.2 + IV.1	202,28	2.022.842
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.2 + IV.2	202,56	2.025.622
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.1 + IV.1	202,25	2.022.472

Emisiones atribuibles al Mantenimiento y Operación de la Infraestructura		
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	Distancia a recorrer (km)	GEI M&O anual (kgCO <sub>2</sub> eq)
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.1 + IV.2	202,53	2.025.252
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.2 + IV.1	202,28	2.022.772
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.2 + IV.2	202,56	2.025.552
Información Tren actual	188,78	1.887.776
Información Coche A-5	181,00	5.430.000
Información Bus A-5		
Información Avión	169,00	*

\*Para la emisión del modo avión se precisa avanzar más en el procesamiento de información

Como es lógico las combinaciones de alternativas con mayor longitud obtienen peores resultados con más emisiones de GEI debidas a la operación y el mantenimiento de la infraestructura. El estado actual de las vías del ferrocarril es muy deficiente y por tanto realmente sus emisiones para mantenimiento se entiende que pueden ser muy superiores ya que tiene 100años de vida transcurrida, pero la metodología del CEDEX no expone un factor de emisión diferenciado por lo que se ha asumido el mismo para todas.

## 2.5 HUELLA DE CARBONO

Como se ha visto, si bien para la construcción de la infraestructura van a tener lugar importantes emisiones de gases de efecto invernadero, el nuevo servicio supondrá también una reducción de las emisiones asociadas a cada pasajero en cada viaje en fase de funcionamiento sea cual sea su opción de viaje. A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos:

RESUMEN DE RESULTADOS DE ESTIMACIONES DE GEI POR FASE					
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	F.CONSTRUCCIÓN	F. FUNCIONAMIENTO			GEI M&O anual (kgCO <sub>2</sub> eq)
	GEI construcción (KgCO <sub>2</sub> eq)	GEI por pasajero (kgCO <sub>2</sub> eq/p)			
		2013	2020	2030	
I.1 + II.1 + III.1 + IV.1	1.038.152.932	6,660	4,271	3,311	1.881.340
I.1 + II.1 + III.1 + IV.2	1.112.069.707	6,670	4,277	3,316	1.884.120
I.1 + II.1 + III.2 + IV.1	1.040.656.514	6,661	4,271	3,312	1.881.640
I.1 + II.1 + III.2 + IV.2	1.114.573.290	6,671	4,278	3,317	1.884.420
I.1 + II.2 + III.1 + IV.1	962.817.114	6,672	4,278	3,317	1.884.760
I.1 + II.2 + III.1 + IV.2	1.036.733.889	6,682	4,285	3,322	1.887.540

RESUMEN DE RESULTADOS DE ESTIMACIONES DE GEI POR FASE					
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	F.CONSTRUCCIÓN	F. FUNCIONAMIENTO			GEI M&O anual (kgCO <sub>2</sub> eq)
	GEI construcción (KgCO <sub>2</sub> eq)	GEI por pasajero (kgCO <sub>2</sub> eq/p)			
		2013	2020	2030	
I.1 + II.2 + III.2 + IV.1	965.320.696	6,673	4,279	3,318	1.885.060
I.1 + II.2 + III.2 + IV.2	1.039.237.471	6,683	4,285	3,323	1.887.840
I.1 + II.3 + III.1 + IV.1	900.581.859	6,672	4,278	3,317	1.884.690
I.1 + II.3 + III.1 + IV.2	974.498.634	6,682	4,285	3,322	1.887.470
I.1 + II.3 + III.2 + IV.1	903.085.442	6,673	4,279	3,318	1.884.990
I.1 + II.3 + III.2 + IV.2	977.002.217	6,683	4,285	3,322	1.887.770
I.2 + II.1 + III.1 + IV.1	994.367.088	7,147	4,583	3,553	2.018.892
I.2 + II.1 + III.1 + IV.2	1.068.283.863	7,157	4,589	3,558	2.021.672
I.2 + II.1 + III.2 + IV.1	996.870.670	7,148	4,584	3,554	2.019.192
I.2 + II.1 + III.2 + IV.2	1.070.787.446	7,158	4,590	3,559	2.021.972
I.2 + II.2 + III.1 + IV.1	919.031.269	7,159	4,591	3,559	2.022.312
I.2 + II.2 + III.1 + IV.2	992.948.045	7,169	4,597	3,564	2.025.092
I.2 + II.2 + III.2 + IV.1	921.534.852	7,160	4,591	3,560	2.022.612
I.2 + II.2 + III.2 + IV.2	995.451.627	7,170	4,598	3,565	2.025.392
I.2 + II.3 + III.1 + IV.1	856.796.015	7,159	4,590	3,559	2.022.242
I.2 + II.3 + III.1 + IV.2	930.712.790	7,169	4,597	3,564	2.025.022
I.2 + II.3 + III.2 + IV.1	859.299.598	7,160	4,591	3,560	2.022.542
I.2 + II.3 + III.2 + IV.2	933.216.373	7,170	4,597	3,565	2.025.322
I.3 + II.1 + III.1 + IV.1	979.796.479	7,147	4,583	3,554	2.019.062
I.3 + II.1 + III.1 + IV.2	1.053.713.254	7,157	4,590	3,558	2.021.842
I.3 + II.1 + III.2 + IV.1	982.300.061	7,149	4,584	3,554	2.019.362
I.3 + II.1 + III.2 + IV.2	1.056.216.836	7,158	4,590	3,559	2.022.142
I.3 + II.2 + III.1 + IV.1	904.460.660	7,160	4,591	3,560	2.022.482
I.3 + II.2 + III.1 + IV.2	978.377.436	7,169	4,597	3,564	2.025.262
I.3 + II.2 + III.2 + IV.1	906.964.243	7,161	4,592	3,560	2.022.782
I.3 + II.2 + III.2 + IV.2	980.881.018	7,170	4,598	3,565	2.025.562
I.3 + II.3 + III.1 + IV.1	842.225.406	7,159	4,591	3,559	2.022.412
I.3 + II.3 + III.1 + IV.2	916.142.181	7,169	4,597	3,564	2.025.192
I.3 + II.3 + III.2 + IV.1	844.728.989	7,160	4,592	3,560	2.022.712
I.3 + II.3 + III.2 + IV.2	918.645.764	7,170	4,598	3,565	2.025.492
I.4 + II.1 + III.1 + IV.1	1.296.232.687	7,147	4,583	3,554	2.019.122
I.4 + II.1 + III.1 + IV.2	1.370.149.462	7,157	4,590	3,558	2.021.902
I.4 + II.1 + III.2 + IV.1	1.298.736.270	7,149	4,584	3,554	2.019.422
I.4 + II.1 + III.2 + IV.2	1.372.653.045	7,158	4,590	3,559	2.022.202
I.4 + II.2 + III.1 + IV.1	1.220.896.869	7,160	4,591	3,560	2.022.542

RESUMEN DE RESULTADOS DE ESTIMACIONES DE GEI POR FASE					
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	F.CONSTRUCCIÓN	F. FUNCIONAMIENTO			
	GEI construcción (KgCO <sub>2</sub> eq)	GEI por pasajero (kgCO <sub>2</sub> eq/p)			GEI M&O anual (kgCO <sub>2</sub> eq)
		2013	2020	2030	
I.4 + II.2 + III.1 + IV.2	1.294.813.644	7,169	4,597	3,564	2.025.322
I.4 + II.2 + III.2 + IV.1	1.223.400.452	7,161	4,592	3,560	2.022.842
I.4 + II.2 + III.2 + IV.2	1.297.317.227	7,170	4,598	3,565	2.025.622
I.4 + II.3 + III.1 + IV.1	1.158.661.615	7,159	4,591	3,559	2.022.472
I.4 + II.3 + III.1 + IV.2	1.232.578.390	7,169	4,597	3,564	2.025.252
I.4 + II.3 + III.2 + IV.1	1.161.165.197	7,160	4,592	3,560	2.022.772
I.4 + II.3 + III.2 + IV.2	1.297.317.227	7,170	4,598	3,565	2.025.552
Información Tren actual	0	16,943	16,443	15,763	1.887.776
Información Coche A-5	0	23,717	20,180	16,644	5.355.210
Información Bus A-5	0	10,685	8,995	6,985	74.790
Información Avión	0	56,108	52,221	46,644	*

Como ha sido indicado previamente, los factores de emisión de los ferrocarriles de los que se partía, no solo incluyen las emisiones debidas a la operación de los trenes sino también la de su fabricación y desguace, además se han estimados las emisiones de la construcción de la nueva infraestructura y la operación y mantenimiento de la misma, por lo que para poder realizar una aproximación de la huella de carbono de todo su ciclo de vida solo queda conocer el número de pasajeros y los años en funcionamiento.

En primer lugar, se obtiene el número de usuarios actuales, es decir, de la alternativa 0, y a partir de ellos se realiza una hipótesis de cuántos de ellos pasarán a emplear la nueva infraestructura (captados).

No se han realizado consideraciones de aumento de movilidad ni poblacionales, es decir, de aumento de usuarios paulatinos de todos los tipos de transporte. Se han realizado los cálculos y las comparaciones únicamente con los usuarios iniciales de partida.

Por último, para calcular la huella de carbono es preciso completar el ciclo de vida de la infraestructura, es decir, lo que emitirá en todo su periodo de vida útil y las emisiones que evitará que se realicen en el resto de medios de transporte. Como periodo de vida útil se han

considerado 100 años a partir de su finalización dados los parámetros constructivos de vías de alta velocidad en España.

Así mismo, considerando que se ha de tramitar el Estudio Informativo (incluido el obtener la Declaración de Impacto Ambiental positiva), licitar y redactar los Proyectos Constructivos y licitar y construir las obras de toda la infraestructura, se ha trabajado con la hipótesis de que el año de puesta en servicio será próximo a 2030, por lo que se emplearán en adelante los resultados obtenidos para los factores de emisión de ese año.

## 2.5.1 Usuarios Alternativa 0

### 2.5.1.1 Usuarios del ferrocarril actual

Los usuarios del ferrocarril actual se han obtenido a partir de los datos de viajeros al año de Utilización de los servicios ferroviarios Madrid-Castilla-La Mancha-Extremadura del Informe *Revisión de los servicios ferroviarios de viajeros declarados como Obligación de Servicio Público de 30 noviembre 2017*. Dado que se analiza el recorrido de Alta Velocidad de Madrid – Extremadura, los datos computados para obtener el número de usuarios comparativo han sido únicamente los que realizan de forma completa el recorrido Madrid-límite de Extremadura:

SERVICIOS DE MD INTERREGIONALES	DEMANDA
Relación OSP	Viajeros al año
<b>RELACIONES INTERREGIONALES MADRID - EXTREMADURA POR TALAVERA DE LA REINA que hacen el recorrido Madrid-límite de Extremadura completo</b>	
Madrid - Plasencia - Cáceres - Badajoz	217.914
Madrid - Cáceres	82.825
Madrid - Mérida	55.886
Madrid - Llerena	21.895
Madrid - Zafra	26.218
Madrid - Plasencia	26.330
<b>Usuarios del tren actual</b>	<b>431.068</b>

(En el Anexo del presente documento se pueden ver los datos completos de Utilización de los servicios ferroviarios Madrid-Castilla-La Mancha-Extremadura).

### 2.5.1.2 Usuarios carretera

La fuente empleada para obtener el número de usuarios del recorrido de la A-5 hasta el límite con Extremadura ha sido el Mapa de Tráfico de las provincias de Madrid y Toledo del Catálogo oficial de la Red de Carreteras del Estado a 31/12/2017.

Para la elección de la estación de aforo de referencia se precisa que sea una estación con porcentaje de días de aforo del 100% contemplando así los 365 días del año. La primera estación en el recorrido de estas características es la E-266, se ubica en la provincia de Madrid en el kilómetro 10,5 y posee una Intensidad Media Diaria de 105.927 vehículos. Por el contrario, la última estación del recorrido de estas características es la I.24 ubicada en la provincia de Toledo en el kilómetro 137,3 y posee una Intensidad Media Diaria de 18.890 vehículos. Si bien no se busca un cálculo exhaustivo de la situación real, si se empleara la primera estación se estarían sobreestimando los usuarios sobre manera y si se empleara la última estación se estarían subestimando los usuarios también sobre manera.

Finalmente se opta por emplear la estación con esas características previa a Talavera de la Reina (TO-3) en el kilómetro 105,3 de modo que se asegura contabilizar el número de usuarios que llega en el recorrido antes de la ciudad pudiendo ser usuarios potenciales del futuro recorrido en la Estación de tren Talavera.

Los datos que aporta la estación TO-3 son los siguientes:

- Intensidad Media Diaria: 30.586 vehículos
- Porcentaje de vehículos Ligeros: 88,5%
- Porcentaje de vehículos Pesados: 11,5%
- IMD mercancías peligrosas: 153
- IMD vehículos extranjeros: 498

Para diferenciar cuántos vehículos del porcentaje de ligeros son turismos diésel y gasolina (motor térmico) y cuántos de los pesados son autobuses se han empleados los valores de distribución a 2030 de la tabla 4.2 *Supuestos de distribución del tráfico ligero y pesado por categoría de vehículo* del documento metodológico del CEDEX:

**Tabla 4.2**  
Supuestos de distribución del tráfico ligero y pesado por categoría de vehículo

Categoría de vehículo		Distribución			
		2013	2020	2030	
Vehículos ligeros	Motocicleta	Motor térmico	0,8%	0,9%	1,0%
	Turismo	Motor térmico	91,9%	90,5%	85,6%
		Híbrido	0,0%	0,2%	2,6%
		Eléctrico	0,0%	0,1%	0,4%
	Vehículo de carga ligero	Motor térmico	7,3%	8,3%	10,3%
Eléctrico		0,0%	0,0%	0,1%	
Vehículos pesados	Vehículo de carga pesado	Motor térmico	90,8%	90,5%	90,8%
	Autobús	Motor térmico	9,2%	9,5%	9,2%

Aplicando los datos para un año tipo los resultados obtenidos son los siguientes:

ALTERNATIVA 0	IMD	Distribución Ligeros y Pesados	Distribuciones por categoría de vehículo a 2030	Usuarios al año
Información Coche A-5	30.586	%L 88,5	85,6 %	<b>8.457.317</b>
Información Bus A-5	30.586	%P 11,5	9,2 %	<b>118.114</b>

### 2.5.1.3 Usuarios avión

Por último, el número de usuarios de avión que realizan el recorrido en estudio se ha extractado de las Estadísticas de Tráfico Aéreo de AENA.

En el momento de consulta el último dato disponible clasificado como “definitivo” para el tráfico por año es el correspondiente al año 2016. Para realizar la definición de la Alternativa 0 se ha realizado la selección siguiente de pasajeros de vuelos con conexión en el aeropuerto de Badajoz:

AEROPUERTOS CONSIDERADOS	Nº de Pasajeros año 2016
BARCELONA-EL PRAT J.T.	15.193
MADRID-BARAJAS ADOLFO SUÁREZ	10.547
PALMA DE MALLORCA	4.561
IBIZA	441
CASTELLÓN	98
<b>Parte de trayecto asimilable a recorrido Madrid-Límite Extremadura</b>	<b>30.840</b>

Nota: se han descartado los pasajeros del aeropuerto Madrid Cuatro Vientos ya que principalmente despacha vuelos militares, privados y ligeros cuyos factores de emisión y ocupación son muy diferentes a los de los vuelos comerciales del presente estudio.

### 2.5.2 GEI anuales tráfico de la Alternativa 0

Aplicando los resultados de GEI que emitirá cada pasajero en el año 2030 al número de usuarios al año, se obtienen los GEI anuales de cada uno de los medios de transporte de la Alternativa 0 y aunándolos los totales de la Alternativa 0:

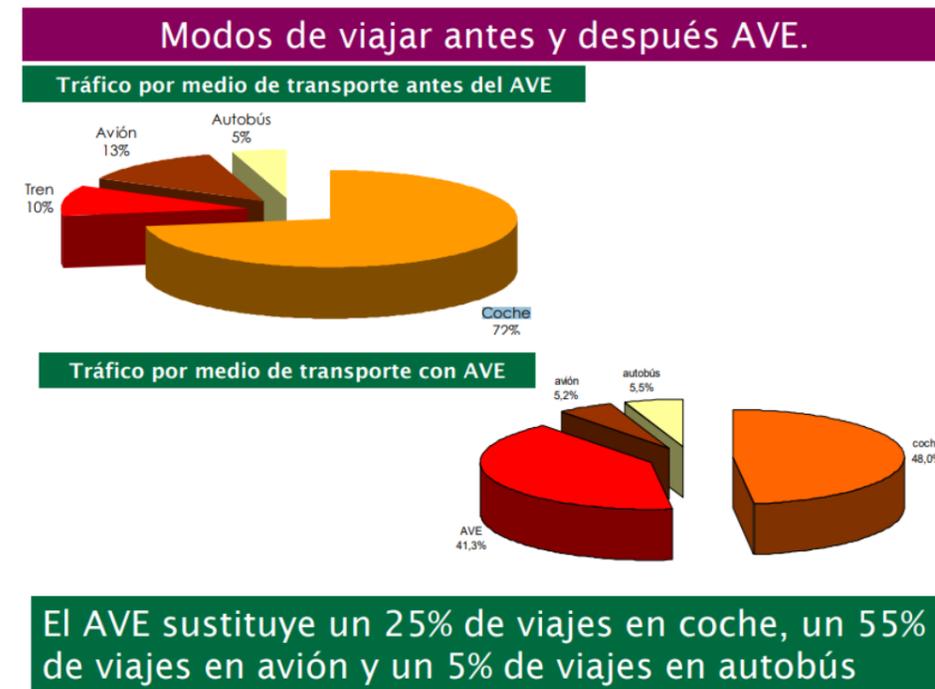
ALTERNATIVA 0	Usuarios al año	2030 (kgCO <sub>2</sub> eq/p)	GEI anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)
Información Tren actual	431.068	15,8	6.794.896
Información Coche A-5	8.457.317	16,6	140.760.854
Información Bus A-5	118.114	7,0	825.065
Información Avión	30.840	46,6	1.438.501
<b>Alternativa 0</b>			<b>149.819.316</b>

### 2.5.3 Usuarios Alternativas del Estudio Informativo

#### 2.5.3.1 Futuros usuarios de la nueva infraestructura

Se ha realizado una búsqueda de información intensa al respecto de los pasajeros que han sido captados por el AVE del resto de medios de transporte. Se han encontrado las siguientes referencias a las captaciones tras la inauguración del AVE sucedidas en el pasado en España:

El Estudio “El impacto económico de la línea de alta velocidad Madrid-Valencia” de octubre de 2010 del Centro de Estudios Económicos Tomillo hacía una prognosis para esa nueva línea basándose en datos previos. Aportaban las siguientes captaciones del AVE:



Fuente: EL IMPACTO ECONOMICO DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID-VALENCIA Centro de Estudios Económicos Tomillo 13 Octubre de 2010 Juan Carlos Collado

Por otra parte, en el artículo “Trasvase de otros medios de transporte al AVE” de Ferropedia se encuentran otras dos referencias, una de Inglada y otra de Vía Libre:

#### Trasvase de otros medios de transporte al AVE:

- En la competición directa con el avión, el tren ha pasado del 34% (1991) a porcentajes mayores del 80% a partir de 1993. Es interesante constatar que la irrupción de los "low cost" aéreo no ha afectado apreciablemente el "share" del tren en la relación Madrid-Sevilla. Según fuentes del sector en 2007, el 80% del tráfico aéreo entre Madrid y Sevilla es tráfico de conexión.
- Tomando todos los medios de transporte el tren ha pasado del 14% en 1991 a más del 40%. Según datos de Inglada (2004) [Inglada, V. \(2004\) Internalización de las externalidades en el transporte](#) la distribución entre varios modos de transporte eran las siguientes (en miles de pasajeros).
  - 1991. Coche 1436.4 (52.0%), Avión 694.4 (25.1%), Autobús (239.2 (8.7%), Tren 392.3 (14.2%).
  - 1996. Coche 1407.4 (40.5%), Avión 352.2 (10.1%), Autobús (182.9 (5.3%), AVE 1438.2 (41.3%), tren convencional 96.4 (2.8%).
- Datos algo distintos de Vialibre <http://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=3636&cs=inte> Via Libre "En 1991 el 60 por ciento de los españoles escogía el coche para viajar entre Madrid y Sevilla en el corredor de larga distancia Madrid-Córdoba-Sevilla, un 15 por ciento el autobús, sólo un 14

por ciento utilizaba el tren y un 11 por ciento prefería el avión. Tan sólo un año después de la puesta en servicio del AVE, en abril de 1993, la preferencia por el tren era abrumadora: en aquel año de revolución el 52 por ciento de los españoles que viajaron entre Madrid y la capital las capitales del sur optaron por el AVE, el 2 por ciento eligió otros trenes, el 34 por ciento siguió viajando en coche, un 4 por ciento en avión y un 8 por ciento utilizó el autobús. En lo que se refiere exclusivamente en la relación Madrid - Sevilla, la cuota de mercado del tren con respecto al avión pasó del 20,7 por ciento en 1991 al 81,6 en 1993".

En base a estos datos del AVE Madrid-Sevilla se han hecho las siguientes aproximaciones:

Estimación de captaciones en base a los datos de Inglada				
	Coche	Avión	Autobús	Tren
Diferencia % 1996-1991	11,5	15,0	3,4	11,4
Captaciones (%)	<b>22,2</b>	<b>59,71</b>	<b>39,26</b>	<b>80,48</b>

Estimación de captaciones en base a los datos de Vialibre				
	Coche	Avión	Autobús	Tren
Diferencia % 1993-1991	26,0	7,0	7,0	12,0
Captaciones (%)	<b>43,3</b>	<b>63,6</b>	<b>46,7</b>	<b>85,7</b>

Agrupando la información de las tres fuentes de información se observa que hay mucha disparidad entre los resultados, por lo que, siendo precavidos, para el presente estudio se ha optado por emplear los valores más bajos de entre todos ellos excepto para el tren que se emplea el 100% previendo que todos los trenes de pasajeros de largo y medio recorrido circularán por las nuevas vías:

Estimación de captaciones en base a la media y al menor valor			
Fuente Información	Coche	Avión	Autobús
Inglada	<b>22,2</b>	59,7	39,3
Vialibre	43,3	63,6	46,7
E. Estudios Tomillo	25,0	<b>55,0</b>	<b>5,0</b>
Captaciones Medias	30,2	59,4	30,3
<b>Valores adoptados</b>	<b>22,2</b>	<b>55,0</b>	<b>5,0</b>

Por último, aplicando los porcentajes de captaciones por medio de transporte a los usuarios de la Alternativa 0 y aunándolos se obtienen los futuros usuarios para las Alternativas del Estudio Informativo:

ALTERNATIVA 0	Usuarios al año	Captaciones de pasajeros	
Información Tren actual	431.068	100%	431.068,0
Información Coche A-5	8.457.317	22,2%	1.874.247,7
Información Bus A-5	118.114	5%	5.905,7
Información Avión	30.840	55%	16.962,0
	<b>Usuarios anuales Estudio Informativo</b>		<b>2.328.183</b>

#### 2.5.4 GEI anuales tráfico Estudio Informativo

Aplicando los resultados de GEI que emitirá cada pasajero en el año 2030 al número de usuarios al año calculado como captados de la opción actual, se obtienen los GEI anuales de cada una de las alternativas:

ALTERNATIVAS COMBINACIONES	TRÁFICO	
	GEI por pasajero (kgCO <sub>2</sub> eq/p)	GEI anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)
	2030	
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.1 + IV.1	3,311	7.708.984
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.1 + IV.2	3,316	7.720.375
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.2 + IV.1	3,312	7.710.213
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.2 + IV.2	3,317	7.721.605
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.1 + IV.1	3,317	7.722.998
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.1 + IV.2	3,322	7.734.389
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.2 + IV.1	3,318	7.724.227
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.2 + IV.2	3,323	7.735.618
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.1 + IV.1	3,317	7.722.711
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.1 + IV.2	3,322	7.734.102
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.2 + IV.1	3,318	7.723.940
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.2 + IV.2	3,322	7.735.331
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.1 + IV.1	3,553	8.272.616
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.1 + IV.2	3,558	8.284.007
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.2 + IV.1	3,554	8.273.845
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.2 + IV.2	3,559	8.285.236
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.1 + IV.1	3,559	8.286.630

ALTERNATIVAS COMBINACIONES	TRÁFICO	
	GEI por pasajero (kgCO <sub>2</sub> eq/p)	GEI anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)
	2030	
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.1 + IV.2	3,564	8.298.021
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.2 + IV.1	3,560	8.287.859
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.2 + IV.2	3,565	8.299.250
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.1 + IV.1	3,559	8.286.343
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.1 + IV.2	3,564	8.297.734
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.2 + IV.1	3,560	8.287.572
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.2 + IV.2	3,565	8.298.963
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.1 + IV.1	3,554	8.273.312
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.1 + IV.2	3,558	8.284.704
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.2 + IV.1	3,554	8.274.542
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.2 + IV.2	3,559	8.285.933
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.1 + IV.1	3,560	8.287.326
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.1 + IV.2	3,564	8.298.718
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.2 + IV.1	3,560	8.288.555
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.2 + IV.2	3,565	8.299.947
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.1 + IV.1	3,559	8.287.039
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.1 + IV.2	3,564	8.298.431
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.2 + IV.1	3,560	8.288.269
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.2 + IV.2	3,565	8.299.660
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.1 + IV.1	3,554	8.273.312
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.1 + IV.2	3,558	8.284.704
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.2 + IV.1	3,554	8.274.542
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.2 + IV.2	3,559	8.285.933
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.1 + IV.1	3,560	8.287.326
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.1 + IV.2	3,564	8.298.718
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.2 + IV.1	3,560	8.288.555
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.2 + IV.2	3,565	8.299.947
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.1 + IV.1	3,559	8.287.039
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.1 + IV.2	3,564	8.298.431
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.2 + IV.1	3,560	8.288.269
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.2 + IV.2	3,565	8.299.660

### 2.5.5 GEI evitados de tráfico actual

De la misma manera aplicando los factores de emisión correspondientes a cada modo de transporte se pueden conocer las emisiones que generarían los usuarios captados si no lo fueran:

	2030 (kgCO <sub>2</sub> eq/p)	Emisiones anuales captados (kgCO <sub>2</sub> eq)
Información Tren actual	15,8	6.794.896
Información Coche A-5	16,6	31.194.375
Información Bus A-5	7,0	453.786
Información Avión	46,6	71.925
<b>SUMA</b>		<b>38.514.982</b>

### 2.5.6 GEI Fase de funcionamiento: tráfico

Anteriormente se ha indicado que el periodo de vida útil de la infraestructura es de 100 años por lo que para calcular las emisiones de la fase de funcionamiento ese es el número de años por el que se ha de multiplicar, no obstante, se introduce un periodo intermedio de 50 años como referencia, sobre todo pensando que el resto de infraestructuras “caducarán” antes. Restando las emisiones que generarían los **usuarios captados** si emplearan los medios de transporte actuales se obtienen las emisiones evitadas:

ALTERNATIVAS COMBINACIONES	GEI DE TRÁFICO CON EL NÚMERO DE PASAJEROS CAPTADOS (kgCO <sub>2</sub> eq)					
	Generados anuales	Evitados al año (evitados captaciones - generados funcionamiento)	50 años	Evitados en 50 años (evitados captaciones - generados funcionamiento)	100 años	Evitados en 100 años (evitados captaciones - generados funcionamiento)
MS + I.1 + II.1 + III.1 + IV.1	7.708.984	31.112.716	385.449.195	1.555.635.787	770.898.391	3.111.271.574
MS + I.1 + II.1 + III.1 + IV.2	7.720.375	31.101.324	386.018.762	1.555.066.220	772.037.524	3.110.132.441
MS + I.1 + II.1 + III.2 + IV.1	7.710.213	31.111.486	385.510.659	1.555.574.323	771.021.319	3.111.148.646
MS + I.1 + II.1 + III.2 + IV.2	7.721.605	31.100.095	386.080.226	1.555.004.756	772.160.452	3.110.009.512
MS + I.1 + II.2 + III.1 + IV.1	7.722.998	31.098.702	386.149.885	1.554.935.097	772.299.771	3.109.870.194

ALTERNATIVAS COMBINACIONES	GEI DE TRÁFICO CON EL NÚMERO DE PASAJEROS CAPTADOS (kgCO <sub>2</sub> eq)					
	Generados anuales	Evitados al año (evitados captaciones - generados funcionamiento)	50 años	Evitados en 50 años (evitados captaciones - generados funcionamiento)	100 años	Evitados en 100 años (evitados captaciones - generados funcionamiento)
MS + I.1 + II.2 + III.1 + IV.2	7.734.389	31.087.311	386.719.452	1.554.365.530	773.438.904	3.108.731.060
MS + I.1 + II.2 + III.2 + IV.1	7.724.227	31.097.473	386.211.349	1.554.873.633	772.422.699	3.109.747.266
MS + I.1 + II.2 + III.2 + IV.2	7.735.618	31.086.081	386.780.916	1.554.304.066	773.561.832	3.108.608.132
MS + I.1 + II.3 + III.1 + IV.1	7.722.711	31.098.989	386.135.544	1.554.949.439	772.271.087	3.109.898.877
MS + I.1 + II.3 + III.1 + IV.2	7.734.102	31.087.597	386.705.110	1.554.379.872	773.410.221	3.108.759.744
MS + I.1 + II.3 + III.2 + IV.1	7.723.940	31.097.759	386.197.008	1.554.887.975	772.394.015	3.109.775.949
MS + I.1 + II.3 + III.2 + IV.2	7.735.331	31.086.368	386.766.575	1.554.318.408	773.533.149	3.108.636.816
MT + I.2 + II.1 + III.1 + IV.1	8.272.616	30.549.084	413.630.791	1.527.454.191	827.261.582	3.054.908.382
MT + I.2 + II.1 + III.1 + IV.2	8.284.007	30.537.692	414.200.358	1.526.884.624	828.400.716	3.053.769.249
MT + I.2 + II.1 + III.2 + IV.1	8.273.845	30.547.855	413.692.255	1.527.392.727	827.384.510	3.054.785.454
MT + I.2 + II.1 + III.2 + IV.2	8.285.236	30.536.463	414.261.822	1.526.823.160	828.523.644	3.053.646.321
MT + I.2 + II.2 + III.1 + IV.1	8.286.630	30.535.070	414.331.481	1.526.753.501	828.662.962	3.053.507.002
MT + I.2 + II.2 + III.1 + IV.2	8.298.021	30.523.679	414.901.048	1.526.183.934	829.802.096	3.052.367.869
MT + I.2 + II.2 + III.2 + IV.1	8.287.859	30.533.841	414.392.945	1.526.692.037	828.785.890	3.053.384.074
MT + I.2 + II.2 + III.2 + IV.2	8.299.250	30.522.449	414.962.512	1.526.122.470	829.925.024	3.052.244.941
MT + I.2 + II.3 + III.1 + IV.1	8.286.343	30.535.357	414.317.140	1.526.767.843	828.634.279	3.053.535.685
MT + I.2 + II.3 + III.1 + IV.2	8.297.734	30.523.966	414.886.706	1.526.198.276	829.773.413	3.052.396.552
MT + I.2 + II.3 + III.2 + IV.1	8.287.572	30.534.128	414.378.604	1.526.706.379	828.757.207	3.053.412.757
MT + I.2 + II.3 + III.2 + IV.2	8.298.963	30.522.736	414.948.170	1.526.136.812	829.896.341	3.052.273.624
MT + I.3 + II.1 + III.1 + IV.1	8.273.312	30.548.387	413.665.621	1.527.419.362	827.331.242	3.054.838.723

ALTERNATIVAS COMBINACIONES	GEI DE TRÁFICO CON EL NÚMERO DE PASAJEROS CAPTADOS (kgCO <sub>2</sub> eq)					
	Generados anuales	Evitados al año (evitados captaciones - generados funcionamiento)	50 años	Evitados en 50 años (evitados captaciones - generados funcionamiento)	100 años	Evitados en 100 años (evitados captaciones - generados funcionamiento)
MT + I.3 + II.1 + III.1 + IV.2	8.284.704	30.536.996	414.235.188	1.526.849.795	828.470.375	3.053.699.590
MT + I.3 + II.1 + III.2 + IV.1	8.274.542	30.547.158	413.727.085	1.527.357.897	827.454.170	3.054.715.795
MT + I.3 + II.1 + III.2 + IV.2	8.285.933	30.535.767	414.296.652	1.526.788.331	828.593.303	3.053.576.661
MT + I.3 + II.2 + III.1 + IV.1	8.287.326	30.534.373	414.366.311	1.526.718.671	828.732.622	3.053.437.343
MT + I.3 + II.2 + III.1 + IV.2	8.298.718	30.522.982	414.935.878	1.526.149.105	829.871.755	3.052.298.209
MT + I.3 + II.2 + III.2 + IV.1	8.288.555	30.533.144	414.427.775	1.526.657.207	828.855.550	3.053.314.415
MT + I.3 + II.2 + III.2 + IV.2	8.299.947	30.521.753	414.997.342	1.526.087.641	829.994.683	3.052.175.281
MT + I.3 + II.3 + III.1 + IV.1	8.287.039	30.534.660	414.351.969	1.526.733.013	828.703.938	3.053.466.026
MT + I.3 + II.3 + III.1 + IV.2	8.298.431	30.523.269	414.921.536	1.526.163.446	829.843.072	3.052.326.893
MT + I.3 + II.3 + III.2 + IV.1	8.288.269	30.533.431	414.413.433	1.526.671.549	828.826.867	3.053.343.098
MT + I.3 + II.3 + III.2 + IV.2	8.299.660	30.522.040	414.983.000	1.526.101.982	829.966.000	3.052.203.965
MT + I.4 + II.1 + III.1 + IV.1	8.273.312	30.548.387	413.665.621	1.527.419.362	827.331.242	3.054.838.723
MT + I.4 + II.1 + III.1 + IV.2	8.284.704	30.536.996	414.235.188	1.526.849.795	828.470.375	3.053.699.590
MT + I.4 + II.1 + III.2 + IV.1	8.274.542	30.547.158	413.727.085	1.527.357.897	827.454.170	3.054.715.795
MT + I.4 + II.1 + III.2 + IV.2	8.285.933	30.535.767	414.296.652	1.526.788.331	828.593.303	3.053.576.661
MT + I.4 + II.2 + III.1 + IV.1	8.287.326	30.534.373	414.366.311	1.526.718.671	828.732.622	3.053.437.343
MT + I.4 + II.2 + III.1 + IV.2	8.298.718	30.522.982	414.935.878	1.526.149.105	829.871.755	3.052.298.209
MT + I.4 + II.2 + III.2 + IV.1	8.288.555	30.533.144	414.427.775	1.526.657.207	828.855.550	3.053.314.415
MT + I.4 + II.2 + III.2 + IV.2	8.299.947	30.521.753	414.997.342	1.526.087.641	829.994.683	3.052.175.281
MT + I.4 + II.3 + III.1 + IV.1	8.287.039	30.534.660	414.351.969	1.526.733.013	828.703.938	3.053.466.026

ALTERNATIVAS COMBINACIONES	GEI DE TRÁFICO CON EL NÚMERO DE PASAJEROS CAPTADOS (kgCO <sub>2</sub> eq)					
	Generados anuales	Evitados al año (evitados captaciones - generados funcionamiento)	50 años	Evitados en 50 años (evitados captaciones - generados funcionamiento)	100 años	Evitados en 100 años (evitados captaciones - generados funcionamiento)
MT + I.4 + II.3 + III.1 + IV.2	8.298.431	30.523.269	414.921.536	1.526.163.446	829.843.072	3.052.326.893
MT + I.4 + II.3 + III.2 + IV.1	8.288.269	30.533.431	414.413.433	1.526.671.549	828.826.867	3.053.343.098
MT + I.4 + II.3 + III.2 + IV.2	8.299.660	30.522.040	414.983.000	1.526.101.982	829.966.000	3.052.203.965
Información Tren actual	6.794.896		339.744.794		679.489.589	
Información Coche A-5	140.760.854		7.038.042.704		14.076.085.407	
Información Bus A-5	825.065		41.253.268		82.506.536	
Información Avión	1.438.501		71.925.048		143.850.096	

Como puede observarse las emisiones evitadas por cualesquiera de las combinaciones de nuevas alternativas son muy superiores a las generadas por las mismas, **cifra que se vería potenciada cuantos más usuarios sean captados.**

## 2.5.7 GEI Fase de funcionamiento: Operación y Mantenimiento de la Infraestructura

### 2.5.7.1 Anuales Alternativa 0

Aplicando el número de usuarios al año se unifican todos los parámetros de cálculo para la aviación pudiendo obtener el global de la infraestructura. Así mismo, se ha optado por repartir los GEI del mantenimiento la carretera en base al número de usuarios de vehículo privado y autobús obtenido:

Emisiones anuales atribuibles al Mantenimiento y Operación de la Infraestructura			
Posibilidades de Alternativa 0	GEI por año (kgCO <sub>2</sub> eq/año)	Usuarios al año	GEI por año (kgCO <sub>2</sub> eq/año)
	2030		
Información Tren actual			<b>1.887.776</b>
Información Coche A-5		8.457.317	<b>5.355.210</b>
Información Bus A-5		118.114	<b>74.790</b>
Información Avión	Componente	GEI por pasajero (kgCO <sub>2</sub> eq/p-año)	Pasajeros
	Iluminación y climatización	0,8	30.840
	Calefacción	0,08	30.840
	APU		87.210
	Total Avión		<b>115.274</b>

Como ya se intuía antes de conocer el número de pasajeros y como es lógico, las emisiones de GEI de la Operación y Mantenimiento de la infraestructura aeroportuaria son muy inferiores a las de la carretera y el tren.

### 2.5.7.2 Estudio Informativo

Las emisiones de Operación y mantenimiento de la Alternativa 0 y las alternativas del Estudio Informativo ya son totalmente comparables pudiendo aplicar los periodos de 50 y 100 años a todas las opciones existentes para poder observarlas en una tabla conjunta:

Emisiones atribuibles al Mantenimiento y Operación de la Infraestructura				
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	Distancia a recorrer (km)	GEI M&O anual (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI M&O 50 años (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI M&O 100 años (kgCO <sub>2</sub> eq)
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.1 + IV.1	188,13	1.881.340	94.067.000	188.134.000
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.1 + IV.2	188,41	1.884.120	94.206.000	188.412.000

Emisiones atribuibles al Mantenimiento y Operación de la Infraestructura				
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	Distancia a recorrer (km)	GEI M&O anual (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI M&O 50 años (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI M&O 100 años (kgCO <sub>2</sub> eq)
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.2 + IV.1	188,16	1.881.640	94.082.000	188.164.000
Madrid-Sevilla + I.1 + II.1 + III.2 + IV.2	188,44	1.884.420	94.221.000	188.442.000
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.1 + IV.1	188,48	1.884.760	94.238.000	188.476.000
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.1 + IV.2	188,75	1.887.540	94.377.000	188.754.000
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.2 + IV.1	188,51	1.885.060	94.253.000	188.506.000
Madrid-Sevilla + I.1 + II.2 + III.2 + IV.2	188,78	1.887.840	94.392.000	188.784.000
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.1 + IV.1	188,47	1.884.690	94.234.500	188.469.000
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.1 + IV.2	188,75	1.887.470	94.373.500	188.747.000
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.2 + IV.1	188,50	1.884.990	94.249.500	188.499.000
Madrid-Sevilla + I.1 + II.3 + III.2 + IV.2	188,78	1.887.770	94.388.500	188.777.000
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.1 + IV.1	201,89	2.018.892	100.944.581	201.889.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.1 + IV.2	202,17	2.021.672	101.083.581	202.167.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.2 + IV.1	201,92	2.019.192	100.959.581	201.919.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.1 + III.2 + IV.2	202,20	2.021.972	101.098.581	202.197.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.1 + IV.1	202,23	2.022.312	101.115.581	202.231.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.1 + IV.2	202,51	2.025.092	101.254.581	202.509.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.2 + IV.1	202,26	2.022.612	101.130.581	202.261.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.2 + III.2 + IV.2	202,54	2.025.392	101.269.581	202.539.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.1 + IV.1	202,22	2.022.242	101.112.081	202.224.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.1 + IV.2	202,50	2.025.022	101.251.081	202.502.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.2 + IV.1	202,25	2.022.542	101.127.081	202.254.163
Madrid-Toledo + I.2 + II.3 + III.2 + IV.2	202,53	2.025.322	101.266.081	202.532.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.1 + IV.1	201,91	2.019.062	100.953.081	201.906.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.1 + IV.2	202,18	2.021.842	101.092.081	202.184.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.2 + IV.1	201,94	2.019.362	100.968.081	201.936.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.1 + III.2 + IV.2	202,21	2.022.142	101.107.081	202.214.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.1 + IV.1	202,25	2.022.482	101.124.081	202.248.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.1 + IV.2	202,53	2.025.262	101.263.081	202.526.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.2 + IV.1	202,28	2.022.782	101.139.081	202.278.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.2 + III.2 + IV.2	202,56	2.025.562	101.278.081	202.556.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.1 + IV.1	202,24	2.022.412	101.120.581	202.241.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.1 + IV.2	202,52	2.025.192	101.259.581	202.519.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.2 + IV.1	202,27	2.022.712	101.135.581	202.271.163
Madrid-Toledo + I.3 + II.3 + III.2 + IV.2	202,55	2.025.492	101.274.581	202.549.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.1 + IV.1	201,91	2.019.122	100.956.081	201.912.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.1 + IV.2	202,19	2.021.902	101.095.081	202.190.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.2 + IV.1	201,94	2.019.422	100.971.081	201.942.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.1 + III.2 + IV.2	202,22	2.022.202	101.110.081	202.220.163

Emisiones atribuibles al Mantenimiento y Operación de la Infraestructura				
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	Distancia a recorrer (km)	GEI M&O anual (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI M&O 50 años (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI M&O 100 años (kgCO <sub>2</sub> eq)
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.1 + IV.1	202,25	2.022.542	101.127.081	202.254.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.1 + IV.2	202,53	2.025.322	101.266.081	202.532.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.2 + IV.1	202,28	2.022.842	101.142.081	202.284.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.2 + III.2 + IV.2	202,56	2.025.622	101.281.081	202.562.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.1 + IV.1	202,25	2.022.472	101.123.581	202.247.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.1 + IV.2	202,53	2.025.252	101.262.581	202.525.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.2 + IV.1	202,28	2.022.772	101.138.581	202.277.163
Madrid-Toledo + I.4 + II.3 + III.2 + IV.2	202,56	2.025.552	101.277.581	202.555.163
Información Tren actual	188,78	1.887.776	94.388.819	188.777.638
Información Coche A-5	181,00	5.355.210	267.760.486	535.520.973
Información Bus A-5	181,00	74.790	3.739.514	7.479.027
Información Avión	169,00	115.274	5.763.720	11.527.440

### 2.5.8 Huella de carbono

Finalmente, para obtener la huella de carbono de la infraestructura se han de aunar todas las emisiones generadas durante su vida útil:

HUELLA DE CARBONO					
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	CONSTRUCCIÓN		FUNCIONAMIENTO		HUELLA DE CARBONO VIDA ÚTIL (GEI total generados - GEI evitados globales)
	GEI construcción (KgCO <sub>2</sub> eq)	GEI 100 años: Tráfico + O&M (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI evitados en 100 años (evitados por captaciones - generados por funcionamiento)	GEI total generados 100años (Construcción + Funcionamiento)	
MS + I.1 + II.1 + III.1 + IV.1	1.038.152.932	959.032.391	3.111.271.574	1.997.185.322	-1.884.984.642
MS + I.1 + II.1 + III.1 + IV.2	1.112.069.707	960.449.524	3.110.132.441	2.072.519.231	-1.809.650.734
MS + I.1 + II.1 + III.2 + IV.1	1.040.656.514	959.185.319	3.111.148.646	1.999.841.833	-1.882.328.132
MS + I.1 + II.1 + III.2 + IV.2	1.114.573.290	960.602.452	3.110.009.512	2.075.175.742	-1.806.994.223
MS + I.1 + II.2 + III.1 + IV.1	962.817.114	960.775.771	3.109.870.194	1.923.592.884	-1.958.577.080
MS + I.1 + II.2 + III.1 + IV.2	1.036.733.889	962.192.904	3.108.731.060	1.998.926.793	-1.883.243.172
MS + I.1 + II.2 + III.2 + IV.1	965.320.696	960.928.699	3.109.747.266	1.926.249.395	-1.955.920.570

HUELLA DE CARBONO					
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	CONSTRUCCIÓN	FUNCIONAMIENTO		GEI total generados 100años (Construcción + Funcionamiento)	HUELLA DE CARBONO VIDA ÚTIL (GEI total generados - GEI evitados globales)
	GEI construcción (KgCO <sub>2</sub> eq)	GEI 100 años: Tráfico + O&M (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI evitados en 100 años (evitados por captaciones - generados por funcionamiento)		
MS + I.1 + II.2 + III.2 + IV.2	1.039.237.471	962.345.832	3.108.608.132	2.001.583.304	-1.880.586.661
MS + I.1 + II.3 + III.1 + IV.1	900.581.859	960.740.087	3.109.898.877	1.861.321.946	-2.020.848.018
MS + I.1 + II.3 + III.1 + IV.2	974.498.634	962.157.221	3.108.759.744	1.936.655.855	-1.945.514.110
MS + I.1 + II.3 + III.2 + IV.1	903.085.442	960.893.015	3.109.775.949	1.863.978.457	-2.018.191.507
MS + I.1 + II.3 + III.2 + IV.2	977.002.217	962.310.149	3.108.636.816	1.939.312.366	-1.942.857.599
MT + I.2 + II.1 + III.1 + IV.1	994.367.088	1.029.150.745	3.054.908.382	2.023.517.833	-1.858.652.132
MT + I.2 + II.1 + III.1 + IV.2	1.068.283.863	1.030.567.878	3.053.769.249	2.098.851.741	-1.783.318.223
MT + I.2 + II.1 + III.2 + IV.1	996.870.670	1.029.303.673	3.054.785.454	2.026.174.343	-1.855.995.621
MT + I.2 + II.1 + III.2 + IV.2	1.070.787.446	1.030.720.807	3.053.646.321	2.101.508.252	-1.780.661.713
MT + I.2 + II.2 + III.1 + IV.1	919.031.269	1.030.894.125	3.053.507.002	1.949.925.395	-1.932.244.570
MT + I.2 + II.2 + III.1 + IV.2	992.948.045	1.032.311.259	3.052.367.869	2.025.259.303	-1.856.910.661
MT + I.2 + II.2 + III.2 + IV.1	921.534.852	1.031.047.053	3.053.384.074	1.952.581.905	-1.929.588.059
MT + I.2 + II.2 + III.2 + IV.2	995.451.627	1.032.464.187	3.052.244.941	2.027.915.814	-1.854.254.151
MT + I.2 + II.3 + III.1 + IV.1	856.796.015	1.030.858.442	3.053.535.685	1.887.654.457	-1.994.515.508
MT + I.2 + II.3 + III.1 + IV.2	930.712.790	1.032.275.575	3.052.396.552	1.962.988.365	-1.919.181.599
MT + I.2 + II.3 + III.2 + IV.1	859.299.598	1.031.011.370	3.053.412.757	1.890.310.967	-1.991.858.997
MT + I.2 + II.3 + III.2 + IV.2	933.216.373	1.032.428.503	3.052.273.624	1.965.644.876	-1.916.525.088
MT + I.3 + II.1 + III.1 + IV.1	979.796.479	1.029.237.404	3.054.838.723	2.009.033.883	-1.873.136.082
MT + I.3 + II.1 + III.1 + IV.2	1.053.713.254	1.030.654.538	3.053.699.590	2.084.367.791	-1.797.802.173
MT + I.3 + II.1 + III.2 + IV.1	982.300.061	1.029.390.332	3.054.715.795	2.011.690.394	-1.870.479.571
MT + I.3 + II.1 + III.2 + IV.2	1.056.216.836	1.030.807.466	3.053.576.661	2.087.024.302	-1.795.145.662

HUELLA DE CARBONO					
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	CONSTRUCCIÓN	FUNCIONAMIENTO		GEI total generados 100años (Construcción + Funcionamiento)	HUELLA DE CARBONO VIDA ÚTIL (GEI total generados - GEI evitados globales)
	GEI construcción (KgCO <sub>2</sub> eq)	GEI 100 años: Tráfico + O&M (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI evitados en 100 años (evitados por captaciones - generados por funcionamiento)		
MT + I.3 + II.2 + III.1 + IV.1	904.460.660	1.030.980.784	3.053.437.343	1.935.441.445	-1.946.728.520
MT + I.3 + II.2 + III.1 + IV.2	978.377.436	1.032.397.918	3.052.298.209	2.010.775.353	-1.871.394.611
MT + I.3 + II.2 + III.2 + IV.1	906.964.243	1.031.133.712	3.053.314.415	1.938.097.955	-1.944.072.009
MT + I.3 + II.2 + III.2 + IV.2	980.881.018	1.032.550.846	3.052.175.281	2.013.431.864	-1.868.738.100
MT + I.3 + II.3 + III.1 + IV.1	842.225.406	1.030.945.101	3.053.466.026	1.873.170.507	-2.008.999.458
MT + I.3 + II.3 + III.1 + IV.2	916.142.181	1.032.362.235	3.052.326.893	1.948.504.416	-1.933.665.549
MT + I.3 + II.3 + III.2 + IV.1	844.728.989	1.031.098.029	3.053.343.098	1.875.827.018	-2.006.342.947
MT + I.3 + II.3 + III.2 + IV.2	918.645.764	1.032.515.163	3.052.203.965	1.951.160.926	-1.931.009.038
MT + I.4 + II.1 + III.1 + IV.1	1.296.232.687	1.029.243.404	3.054.838.723	2.325.476.091	-1.556.693.873
MT + I.4 + II.1 + III.1 + IV.2	1.370.149.462	1.030.660.538	3.053.699.590	2.400.810.000	-1.481.359.964
MT + I.4 + II.1 + III.2 + IV.1	1.298.736.270	1.029.396.332	3.054.715.795	2.328.132.602	-1.554.037.362
MT + I.4 + II.1 + III.2 + IV.2	1.372.653.045	1.030.813.466	3.053.576.661	2.403.466.511	-1.478.703.454
MT + I.4 + II.2 + III.1 + IV.1	1.220.896.869	1.030.986.784	3.053.437.343	2.251.883.653	-1.630.286.311
MT + I.4 + II.2 + III.1 + IV.2	1.294.813.644	1.032.403.918	3.052.298.209	2.327.217.562	-1.554.952.402
MT + I.4 + II.2 + III.2 + IV.1	1.223.400.452	1.031.139.712	3.053.314.415	2.254.540.164	-1.627.629.800
MT + I.4 + II.2 + III.2 + IV.2	1.297.317.227	1.032.556.846	3.052.175.281	2.329.874.073	-1.552.295.892
MT + I.4 + II.3 + III.1 + IV.1	1.158.661.615	1.030.951.101	3.053.466.026	2.189.612.716	-1.692.557.249
MT + I.4 + II.3 + III.1 + IV.2	1.232.578.390	1.032.368.235	3.052.326.893	2.264.946.624	-1.617.223.340
MT + I.4 + II.3 + III.2 + IV.1	1.161.165.197	1.031.104.029	3.053.343.098	2.192.269.226	-1.689.900.738
MT + I.4 + II.3 + III.2 + IV.2	1.297.317.227	1.032.521.163	3.052.203.965	2.329.838.390	-1.552.331.575
Información Tren actual	0	868.267.226	0	868.267.226	868.267.226

HUELLA DE CARBONO					
ALTERNATIVAS COMBINACIONES	CONSTRUCCIÓN	FUNCIONAMIENTO		GEI total generados 100 años (Construcción + Funcionamiento)	HUELLA DE CARBONO VIDA ÚTIL (GEI total generados - GEI evitados globales)
	GEI construcción (KgCO <sub>2</sub> eq)	GEI 100 años: Tráfico + O&M (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI evitados en 100 años (evitados por captaciones - generados por funcionamiento)		
Información Coche A-5	0	14.611.606.380	0	14.611.606.380	14.611.606.380
Información Bus A-5	0	89.985.563	0	89.985.563	89.985.563
Información Avión	0	155.377.536	0	155.377.536	155.377.536

Todas las alternativas obtienen una huella de carbono negativa ya que las emisiones que evitan superan a las emisiones que generan durante toda su vida útil.

La alternativa con menos emisiones de GEI es la resultante de la combinación MS + I.1 + II.3 + III.1 + IV.1: para su construcción se generan 900 mil toneladas y durante sus 100 años de funcionamiento generará 960 mil toneladas y evitará 3 millones 109 mil toneladas siendo su huella de carbono final de 2 millones 20 mil toneladas evitadas. Sin embargo, no se puede decir que sea la mejor dado que se ha trabajado más que con usuarios desde Madrid y larga distancia, se desconoce si para ir a Extremadura los posibles usuarios con procedencia toledana elegirían ir hasta Madrid en AVE para coger esta alternativa o elegirían otros medios como el vehículo privado. Esto obliga a que para la comparación de nuevas alternativas entre sí no se deba computar los trayectos previos (apartado 3.7).

La alternativa con más emisiones de GEI es la resultante de la combinación I.4 + II.1 + III.2 + IV.2: para su construcción se generan 1 millón 372 mil toneladas, durante sus 100 años de funcionamiento generará 1 millón 30 mil toneladas y evitará 3 millones 7 mil toneladas siendo su huella de carbono final de 1 millón 478 mil toneladas evitadas.

Por sí sola la opción de vehículo privado generará durante 100 años de funcionamiento más de 14 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y la Alternativa 0 en su conjunto 15,7 millones.

### 2.5.9 Comparación Global con Alternativa 0

Aunando las emisiones que emitirá cualquiera de las alternativas junto con lo que emitirán los usuarios que permanezcan en otros medios de transporte se obtiene una imagen de la situación final global de las opciones futuras:

COMPARACIÓN GLOBAL DE EMISIONES DE GEI DE LAS COMBINACIONES POSIBLES						
ALTERNATIVA 0	Construcción (kgCO <sub>2</sub> eq)	Usuarios al año	2030 (kgCO <sub>2</sub> eq/p)	GEI anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)	O&M anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI 100 años (kgCO <sub>2</sub> eq)
Información Tren actual	0	431.068	15,763	6.794.896	1.887.776	868.267.226
Información Coche A-5	0	8.457.317	16,644	140.760.854	5.355.210	14.611.606.380
Información Bus A-5	0	118.114	6,985	825.065	74.790	89.985.563
Información Avión	0	30.840	46,644	1.438.501	115.274	155.377.536
<b>Alternativa 0</b>				<b>149.819.316</b>	<b>7.433.051</b>	<b>15.725.236.705</b>
OPCIONES FUTURAS	Construcción (kgCO <sub>2</sub> eq)	Usuarios E.I. al año	2030 (kgCO <sub>2</sub> eq/p)	GEI anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)	O&M anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI 100 años + Construcción
Información Tren actual	0	0	0,000	0	0	0
Información Coche A-5	0	6.583.069	16,644	109.566.479	5.355.210	11.492.168.884
Información Bus A-5	0	112.208	6,985	783.812	74.790	85.860.236
Información Avión	0	13.878	46,644	647.325	115.274	76.259.983
ALTERNATIVAS COMB. CON MENOS EMISIONES	900.581.859	2.328.183	3,317	7.722.711	1.884.690	1.861.321.946
Generados totales				<b>118.720.328</b>	<b>7.429.964</b>	<b>13.515.611.049</b>
Evitados totales (A0-AEI)						<b>2.209.625.656</b>
ALTERNATIVAS COMB. CON MÁS EMISIONES	1.372.653.045	2.328.183	3,565	8.299.250	2.022.202	2.404.798.232
Generados totales				<b>119.296.867</b>	<b>7.567.476</b>	<b>14.059.087.335</b>
Evitados totales (A0-AEI)						<b>1.666.149.370</b>

Como puede observarse, cualquiera de las alternativas aunadas con el resto de modos de transporte es más beneficiosa que la situación actual obteniendo en cómputo global una mitigación de los GEI del 10% en el caso menos bueno y de un 14% en el mejor. A la vista de los resultados se puede decir que la implantación del proyecto tendrá un efecto positivo para la situación actual de previsión de cambio climático en cómputo global de todo su ciclo de vida.

## 2.6 COMPARACIÓN DE NUEVAS ALTERNATIVAS ENTRE SÍ

Para la comparación con la Alternativa 0 y obtener la contribución de a la mitigación de todo el ciclo de vida del proyecto, se ha trabajado computando todo el tráfico desde Madrid. La combinación de alternativas con inicio en la alternativa I.1 se veía beneficiada ya que al realizar la estimación que habría que sumarle desde Toledo de aquellos usuarios que debieran trasladarse hasta Madrid para poder ir a Extremadura en AVE. Así mismo, tampoco se dispone de información de vehículos o trayectos empleados para realizar el traslado en vehículo privado o autobús (la opción de avión no existe) desde Toledo hasta Extremadura. Así, dicha estimación no se puede ni se debe computar dado el grado de desconocimiento, de modo que es importante realizar la comparación pura de las nuevas alternativas de forma individual.

Traduciendo la comparativa con la Alternativa 0 en una estimación de la contribución a la mitigación a continuación, se presentan los resultados de las estimaciones de emisiones de Gases de Efecto Invernadero perteneciente a cada una de las alternativas por sí solas, sin computar combinaciones ni las penalizaciones de trayectos previos preexistentes y su contribución a la mitigación por parte del proyecto en su ciclo de vida global de la siguiente manera:

RESUMEN EMISIONES DE GEI DE CADA ALTERNATIVA (kgCO <sub>2</sub> eq)					
ALTERNATIVAS	Construcción	Tráfico de pasajeros 100años	O&M 100 años	TOTAL	Contribución mitigación
<b>TRAMO I (Toledo)</b>					
Alternativa I.1	362.032.244	157.052.917	38.328.000	557.413.162	11%
Alternativa I.2	318.246.400	105.804.200	25.821.000	449.871.600	12%
Alternativa I.3	303.675.791	105.873.859	25.838.000	435.387.650	12%
Alternativa I.4	620.112.000	105.873.859	25.844.000	751.829.859	10%
<b>TRAMO II (Torrijos)</b>					
Alternativa II.1	431.730.137	173.902.260	42.440.000	648.072.397	10,5%
Alternativa II.2	356.394.319	175.303.640	42.782.000	574.479.959	11%
Alternativa II.3	294.159.065	175.274.956	42.775.000	512.209.021	11,5%
<b>TRAMO III (Talavera de la Reina)</b>					
Alternativa III.1	102.160.000	104.652.774	25.540.000	232.352.774	14%
Alternativa III.2	104.663.583	104.775.702	25.570.000	235.009.284	14%
<b>TRAMO IV (Oropesa)</b>					
Alternativa IV.1	142.230.550	135.831.433	33.149.000	311.210.983	13%
Alternativa IV.2	216.147.325	136.970.566	33.427.000	386.544.891	12%

Como se puede observar las emisiones durante la construcción tienen relevancia en cuanto al momento puntual en el que se realizan por la cantidad emitida en un corto periodo de tiempo, es la inversión que se ha de realizar para obtener grandes contribuciones a la mitigación en la fase de funcionamiento.

### Tramo I (Toledo):

En cómputo global la alternativa I.4 consigue una mitigación inferior que la alternativa más al norte (Alternativa I.1) y que el resto de las alternativas por Toledo capital (Alternativas I.2, y I.3) y es que contribuirá en mayor medida al cambio climático debido a las emisiones que tendrán lugar para su construcción, ya que precisa de obras de mayor envergadura al discurrir por terreno más accidentado que la alternativa I.1 y llegando a menor cota que las I.2 y I.3 necesitando de mayores excavaciones junto a sus estructuras más complejas para su paso por la ciudad. La Alternativa I.1 al tener mayor longitud supera las emisiones en el caso del tráfico y O&M, es decir, la fase de funcionamiento, pero no lo suficiente como para alcanzar las emisiones de la construcción de la alternativa I.4. Entre las Alternativas I.2 y I.3, la primera aportará mayores emisiones, pero con poca diferencia en comparación con las anteriores.

### Tramo II (Torrijos):

Las alternativas del tramo Torrijos-Talavera son las más largas y las más similares entre sí en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero en fase de funcionamiento se refiere puesto que las longitudes a recorrer son muy similares.

Por su parte, la Alternativa II.3 es la que conllevará una construcción más sencilla, con menos movimientos de tierras, al atravesar terrenos ligeramente más llanos, de modo que resulta ser la que menos emisiones computa en esa fase y por tanto la que mayor mitigación al cambio climático aportará de forma estricta. Añadir que las tres alternativas dispondrán de Puesto de Adelantamiento y Estacionamiento Técnico (PAET) donde tendrán lugar operaciones de parada de forma puntual para permitir la circulación de otros trenes en caso de necesidad.

### Tramo III (Talavera de la Reina):

En este tramo, al discurrir en terrenos tan llanos en la fase de construcción las emisiones serán muy bajas al no precisar de obras excesivamente complicadas y con pocos movimientos de tierras y, del mismo modo, al ser el tramo más corto es al que menor contribución le pertenece en fase de funcionamiento. Las dos Alternativas del tramo principalmente se diferencian en que la Alternativa III.2 se desvía de las actuales vías del tren hacia el norte por lo que para ello necesitará mayores movimientos de tierras que la Alternativa III.1 de modo que la III.2 emitirá más en su construcción y funcionamiento, si bien las diferencias son pequeñas de modo que no se distingue la mitigación que aportan ambas en su ciclo de vida.

### Tramo IV (Oropesa):

En el Tramo Gamonal-Oropesa la Alternativa IV.1 es la más beneficiosa de cara al cambio climático, emitirá menos gases de efecto invernadero, atraviesa un relieve más llano y su longitud aporta un recorrido inferior de modo que tanto para la fase de construcción como en la de funcionamiento emitirá menos que la Alternativa IV.2 y aportará una mayor contribución a la mitigación a la futura línea de alta velocidad con el beneficio añadido de disponer de una estación en Oropesa para los usuarios de la zona si bien es menor que el mencionado en el Tramo 2 puesto que hay un menor número de habitantes en la zona.

## 2.7 DEFICIENCIAS DE LAS ESTIMACIONES REALIZADAS

El presente estudio no pretende ser un estudio exhaustivo de las emisiones generadas, más teniendo en cuenta que la escala de trabajo es la de Estudio Informativo, la intención es obtener una imagen global de la situación y disponer de una información adecuada de cara a la evaluación de impacto ambiental. Las mayores fallas de la aproximación realizada radican en:

1. El empleo de los factores de emisión calculados por el CEDEX para 2030 para proyecciones a futuro están muy alejadas del periodo de trabajo (100 años) y previsiblemente sean inferiores en periodos venideros por futuras mejoras de las tecnologías, en este sentido se están sobreestimando las emisiones de todas las opciones, tanto de la Alternativa 0 como de la implantación del proyecto si tiene lugar.

2. No se han realizado proyecciones de variación de la población (cada año aumenta) ni de variaciones en la movilidad de usuarios (cada año aumenta), es más que probable que el número de usuarios de todos los modos de transporte sean superiores y por tanto los GEI asociados a todos ellos.
3. Para la comparación con la Alternativa 0 se ha trabajado únicamente con trenes de pasajeros de larga distancia y computando todo el tráfico desde Madrid. La combinación de alternativas con inicio en la alternativa I.1 se ve beneficiada ya que al no disponer de información usuarios que para realizar la estimación que habría que sumarle desde Toledo de aquellos usuarios que debieran trasladarse hasta Madrid para poder ir a Extremadura en AVE no se ha computado, de modo que es importante emplear esa comparación únicamente frente a la Alternativa 0, no es del todo válida para la comparación pura de alternativas que se ha de realizar más correctamente de forma individual (apartado 3.6).
4. No se han incorporado las emisiones que tendrán lugar debidas a la circulación de motocicletas, vehículos eléctricos ni híbridos ya que no se consideran como futuros usuarios probables de la nueva infraestructura, las captaciones serían ínfimas. Si bien la cantidad de GEI que producen son muy inferiores a los de los vehículos de motor térmico y tienen un índice de uso muy inferior, se es consciente que al no incorporarlas se están subestimando las emisiones de la Alternativa 0.
5. En cuanto en al mantenimiento y operación de las infraestructuras lineales preexistentes si bien se ha de realizar sí o sí, realmente no todas las emisiones son debidas al tráfico que se ha valorado en el presente estudio, por lo que se está sobrestimando al asociarle toda la operación y mantenimiento de la infraestructura al mismo.
6. La metodología del CEDEX no incorpora las emisiones debidas al mantenimiento de las infraestructuras estructurales aeroportuarias y, además, los factores de emisión del sector no contabilizan la renovación de la flota, ni su mantenimiento, ni su desguace (en el resto de modos sí que están computadas) ya las considera despreciables en comparación con el resto de emisiones de la operación de los aviones comerciales a 2030. Nuevamente se están subestimando las emisiones de la Alternativa 0.

## 2.8 MEDIDAS RECOMENDADAS

Las medidas de mitigación de la contribución al cambio climático, en especial las actuaciones enfocadas al ahorro y eficiencia energética, encuentran en la Administración pública un **entorno idóneo para su desarrollo**, en base a su *doble faceta*, como **consumidor de energía** y como **ente con un papel ejemplarizante y sensibilizador** para potenciar las actuaciones sostenibles entre la ciudadanía.

A continuación, se exponen las medidas recomendadas para el presente proyecto:

### 2.8.1 Implementación de las mejoras en diseño y materiales derivadas de los avances de ADIF en sus proyectos del Plan de Lucha Contra el Cambio Climático (PLCCC)

ADIF y ADIF-AV elaboraron su Plan de Lucha Contra el Cambio Climático 2018-2030 buscando contribuir al objetivo nº13 “Acción por el Clima” de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) marcados por Naciones Unidas para la Agenda 2030, que urge a adoptar medidas para combatir el cambio climático y sus efectos, como al Acuerdo de París (COP21), cuyo objetivo es evitar que el incremento de la temperatura media global del planeta supere los 2°C respecto a los niveles preindustriales (1990). Asimismo, a nivel europeo, se pretende contribuir a la consecución de los objetivos marcados por la Unión Europea con las diferentes hojas de ruta y marcos aprobados en la materia, como el Paquete de Energía y Clima 2020, el Marco sobre Clima y Energía 2030 o la Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica 2050

El Plan de Lucha Contra el Cambio Climático 2018-2030 incluye 56 proyectos orientados a la misma:

	LÍNEAS	PROGRAMAS	PROYECTOS
MITIGACIÓN	L1. Gestión de la energía	P1. Implantación de Smart Grid	L1P1.1 Implantación de Smart Grid en la red de alta velocidad
			L1P1.2 Extensión de Smart Grid a la red convencional
		P2. Sistemas telemáticos de medición y control	L1P2.1 Sistemas de telegestión para el suministro de combustible de tracción
			L1P2.2 Instalación de medidores-analizadores en principales consumidores o derivados de teledidos
			L1P2.3 Instalación de mecanismos de limitación/gestión y regulación de la demanda energética en estaciones
			L1P2.4 Sistema de facturación de Energía de tracción por consumo real
		P3. Medidas de Gestión	L1P3.1 Auditorías energéticas
	L1P3.2 Remuneración de la energía de frenado en corriente alterna		
	L1P3.3 Subestación Eléctrica Inteligente AC		
	L1P3.4 Explotación de las subestaciones de tracción de AV con un solo transformador		
	L1P3.5 Establecimiento de criterios de eficiencia energética en el diseño de nuevos edificios		
	L2. Eficiencia Energética	P1. Mejora de la iluminación	L2P1.1 Cambio a iluminación LED en estaciones
			L2P1.2 Cambio a iluminación LED en edificios de oficinas y otros
			L2P1.3 Uso de tecnologías más eficientes en la iluminación en centros Institucionales
L2P1.4 Optimización de la iluminación de túneles			
P2. Eficiencia en equipos de climatización y ACS		L2P2.1 Reducción de consumo en equipos de climatización y ACS en estaciones	
		L2P2.2 Reducción de consumo en equipos de climatización y ACS en oficinas y otros	
P3. Mejora de equipamientos (tecnologías de elevación eficientes, infra., etc.)		L2P3.1 Renovación de escaleras automáticas en estaciones	
	L2P3.2 Renovación de ascensores en edificios		
P4. Subestaciones reversibles	L2P4.1 Devolución de energía por freno regenerativo en líneas de corriente continua		
P5. Reducción de energía reactiva	L2P5.1 Reducción de energía reactiva en subestaciones de tracción		
	L2P5.2 Reducción de energía reactiva inductiva en estaciones		

	LÍNEAS	PROGRAMAS	PROYECTOS
MITIGACIÓN	L3. Descarbonización y energías renovables	P1. Programa de electrificación	L3P1.1 Zaragoza – Teruel – Sagunto
			L3P1.2 Bobadilla – Algeciras
			L3P1.3 Salamanca – Fuente de Oroño
			L3P1.4 Guillarei – Tui – Frontera Portuguesa
			L3P1.5 Monforte – Lugo
			L3P1.6 Ferrol-Coruña
			L3P1.7 Valencia – Utiel
			L3P1.8 Granada – Moreda – Hueneja – Dólar
			L3P1.9 El Reguerón – Cartagena
		P2. Sustitución de combustibles fósiles	L3P2.1 Construcción de puentes electrificados en cabecera de playas de carea/descarga
			L3P2.2 Prototipo locomotora de maniobra con GNL
			L3P2.3 Freno regenerativo para usos distintos de tracción
L3P2.4 Renovación de flotas de vehículos de carreteras por vehículos menos contaminantes			
P3. Promoción de energías renovables	L3P3.1 Compra de energía verde (con certificados GdO)		
	L3P3.2 Instalación de farolas fotovoltaicas en pasos a nivel entre andenes		
P4. Fomento de la transferencia modal al ferrocarril	L3P4.1 Proyecto Ecomilla		
	L3P4.2 Impulso al transporte ferroviario con origen o destino en puertos		
	L3P4.3 Plataforma de gestión unificada intermodal "SIMPLE"		
	L3P4.4 Construcción de nuevas LAV		
ADAPTACIÓN	L4. Mejora de la resiliencia de las infraestructuras ferroviarias	P1. Evaluación del cambio climático en las infraestructuras ferroviarias	L4P1.1 Evaluación del cambio climático en la fase de diseño de nuevas infraestructuras
			L4P1.2 Evaluación del cambio climático en la fase de construcción
			L4P1.3 Evaluación del cambio climático en la fase de operación
		P2. Monitorización y seguimiento del cambio climático en las infraestructuras ferroviarias	L4P2.1 Sistema de registro y seguimiento de incidencias ocasionadas por fenómenos meteorológicos debidos al cambio climático
			L4P2.2 Evaluación periódica de los planes de contingencia y los procedimientos de actuación para su adecuación y actualización.
CULTURA	L5. Cultura y sensibilización	P1. Empleados	L5P1.1 Movilidad sostenible entre empleados
			L5P1.2 Grupos de emprendimiento
			L5P1.3 Fomento de la cultura de lucha contra el cambio climático
		P2. Proveedores y colaboradores	L5P2.1 Compra pública responsable (social y ecológica)
			L5P2.2 Jornadas y proyectos colaborativos
		P3. Transparencia e información	L5P3.1 Cálculo de la Huella de Carbono
			L5P3.2 Información financiera ambiental
			L5P3.3 Campañas de sensibilización

Es de esperar que en fases venideras de desarrollo del proyecto se hayan obtenido avances derivados de dichos proyectos. Se habrán de estudiar el incluir todos aquellos que sea posible en cada una de las distintas materias.

### 2.8.2 Medidas de mitigación y ahorro energético en las obras

Una de las primeras premisas en el Ahorro Energético de los procesos constructivos, pasa por una correcta planificación y la conciencia del deber de emplear los medios materiales de una forma racional y ecológica, aprovechando al máximo la vida útil de los materiales. Mediante estas premisas, se consigue más del 80% del Ahorro Energético que puede darse en un proceso constructivo:

**Planificación de las Obras.** Una correcta planificación de los trabajos con un adecuado plan de compras y acopios, nos permitirá reducir y optimizar los transportes de materiales necesarios en la obra. Los vehículos, de obra, son grandes consumidores de combustibles fósiles, no pudiendo emplear otros equipos de consumo de energía limpia (por lo menos en la actualidad) debido a la gran potencia de los equipos y la necesidad de movilidad de los mismos. Lo que sí se puede es reducir el número de vehículos necesarios para el desarrollo de los trabajos, así como el número de km que se han de recorrer para completar los trabajos.

**Empleo lo más directo posible de materiales.** La experiencia en la ejecución de obras de cualquier índole, es que un almacenamiento y protección de los materiales en obra de forma inadecuada, genera una pérdida de material que supone un sobrecoste económico por la necesidad de reposición de dicho material aparte de un sobrecoste energético por el doble consumo que se produce en el transporte para su suministro y posterior retirada en caso de ser inservible. Se ha de ser consciente que muchos de los materiales habrán de pasar un control previo de calidad de modo que para realizarlo del modo más eficaz posible habrá de estar correctamente planificado y coordinado. El compromiso para reducir al máximo la pérdida de material y por tanto optimizar el consumo energético necesario en la elaboración de los materiales, pasa por, en la medida de lo posible, los materiales serán dispuestos en el tajo salvo para aquellos que necesariamente requieren un acopio exterior que se realizará en ubicaciones cercanas a destino.

En obras de esta envergadura es muy importante estudiar el modo de evitar el doble trasiego de materiales, ya que por ejemplo, muchas de las tierras excavadas en desmontes son reaprovechables en los terraplenes de la misma (o incluso en los de las obras consecutivas) pero a menudo no se pueden llevar al tajo de destino directamente porque simplemente el tajo no está preparado para acogerlos. Esta mala organización además encarece la obra para el contratista, si bien es cierto que realizarlo correctamente entraña dificultades que han de ser solventadas mediante una planificación previa meticulosa de la compensación de tierras y con un Plan de necesidades de materiales.

**Compra de productos con certificado de Huella de Carbono.** La huella de carbono es una ecoetiqueta utilizada para describir el cálculo de las emisiones de todos los gases de efecto invernadero asociados a organizaciones, eventos o actividades o al ciclo de vida de un producto en orden a determinar su contribución al cambio climático y se expresa en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes. De entre todos los suministros necesarios para la obra, y siempre que estén disponibles en el mercado, se dará prioridad a elegir los de aquellos proveedores que proporcionen certificado de Huella de Carbono de sus materiales o fabricados.

**Compras cercanas.** Una medida de desarrollo local y de respeto al medio ambiente, con origen en el mercado alimentario y que se está extendiendo al resto de sectores de la actividad comercial, es el compromiso de compra de productos cuyo origen y elaboración, se produce en industrias cercanas, reduciendo de esta forma los largos transportes de suministros que en la mayoría de los casos son innecesarios. Es en el Plan de compras, donde se determinará el material a comprar y su origen para todos aquellos materiales que sea factible (presencia en la zona), con certificado de la empresa suministradora de que sus materias primas son igualmente autóctonas.

**Reciclado de materiales.** El empleo de materiales reciclados y reaprovechados del entorno, provocan un doble ahorro energético, uno en la eliminación del proceso de construcción de nuevos materiales y otro en la reducción de los transportes necesarios para el suministro de los materiales a obra, tendiendo siempre a reaprovechar al máximo los materiales y residuos procedentes del movimiento de tierras y de demolición.

**Luminarias de tecnología LED.** La sustitución de las luminarias tradicionales por luminarias de tecnología LED en las obras suponen un ahorro energético y económico. Aportan un consumo tres veces menor que un fluorescente, garantizan la misma intensidad lumínica y son más resistentes reduciendo las sustituciones debidas a golpes en las obras.

**Conducción eficiente en obra.** El IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) realizó un manual para el proyecto TREATISE de la Comisión Europea que recoge las técnicas de conducción eficiente, como adaptación del manual *“Ecodriving: Smart, efficient driving techniques” de SenterNovem*. Según el citado manual la conducción eficiente permite conseguir un ahorro medio de carburante y de emisiones de CO<sub>2</sub> del 15 %. En idénticas condiciones de circulación, el consumo de carburante de un vehículo crece de forma exponencial con el aumento de su velocidad. Se recomienda por tanto moderar la velocidad de circulación, así mismo hay que tener en cuenta que el aire acondicionado supone un aumento del consumo de hasta el 25% por lo que hay que optimizar su uso. Ventanillas abiertas, presión

inadecuada de los neumáticos o el uso de un aceite inadecuado pueden aumentar el consumo hasta un 5% cada uno.

**Maquinaria de obra.** Con respecto a la maquinaria de obra, unas buenas prácticas a adoptar para reducir el consumo energético se basan en los siguientes principios:

- Optimizar los desplazamientos de la maquinaria, ajustar las cargas a la capacidad del vehículo y utilizar aquella ruta que permita una conducción eficiente.
- Conducir y operar la maquinaria con suavidad evitando parones y acelerones bruscos, cierra las ventanillas cuando circules a más de 50 Km/h
- Realizar las revisiones establecidas por el fabricante para la maquinaria.
- Mantener encendida la maquinaria y los equipos de obra sólo el tiempo imprescindible.
- Adquisición de los materiales a proveedores cercanos a las obras para minimizar el consumo de combustible.

Es decir, se ha de formar al personal de obra en estas cuestiones, el contratista verá devuelto el esfuerzo económico en forma de ahorro en combustible.

**Placas solares.** El empleo de placas solares permite la sustitución de algunos de los grupos electrógenos en las obras aisladas, por ejemplo, pueden ser empleadas en las casetas de obra, evitando por combustión de gasoil de estos elementos.

**Control del consumo diferenciado de agua.** Gestionar el consumo de agua que tienen lugar en las acometidas de las obras es una buena medida de mitigación ya que de una parte es más fácil detectar la existencia de fugas y de otra facilita el ahorro al saber si lo que se consume se ciñe a lo que se necesita. Así mismo, en los tratamientos de las aguas que se precisan para un proceso industrial de la obra son mucho más exigentes y, por tanto, más emisores de GEI que por ejemplo los necesarios para el agua de riego. Se deberá controlar que para cada actividad se emplea el agua adecuada, además de evitar el derroche, y se formará al personal en buenas prácticas para evitar por ejemplo que el agua potable sea empleada para la limpieza de las botas o de los materiales ya que lleva asociadas sus propias emisiones de potabilización.

**Libro de Ahorro Energético.** Bajo la filosofía de que “aquello que no se mide no se puede mejorar” llevar un registro mensual del consumo de energía según el origen que tenga (gasoil, electricidad, ...) y su coste, con el fin de conocer la eficiencia en el consumo de energía es una muy buena práctica.

**Plan estratégico de circulación.** El objeto de este Plan Estratégico no es otro que el de desarrollar la forma de acometer la circulación de vehículos, maquinaria y en general todos los medios de la obra de la manera que interfieran lo menos posible con el uso de las vías por parte de los ciudadanos, así como el empleo de las rutas más eficientes.

→Para asegurar el cumplimiento y eficacia de las medidas orientadas la construcción es esencial orientar a los contratistas de las futuras obra lo antes posible. Lo más eficaz es que diseñen su método de ataque de obra con la integración directa de la mitigación del cambio climático a través de su propio **Plan de Ahorro Energético de la Obra**, se puede asegurar que lo realizan solicitándolo como obligatorio en las prescripciones técnicas de los pliegos de licitación y contratación, así como que los mejores ahorros demostrados obtengan puntuaciones que apoyen la posibilidad de ser los seleccionados. Dicho Plan de Ahorro Energético de la Obra habría de contener y profundizar en la siguiente información:

- Propuesta de medidas de ahorro energético
- Cuantificación de los ahorros obtenidos a través de las medidas
- Vías, medios e instrumentos dispuestos para conseguir los ahorros propuestos
- Herramientas de control y seguimiento

### 2.8.3 Construcción de edificios de estaciones y edificios técnicos sostenibles

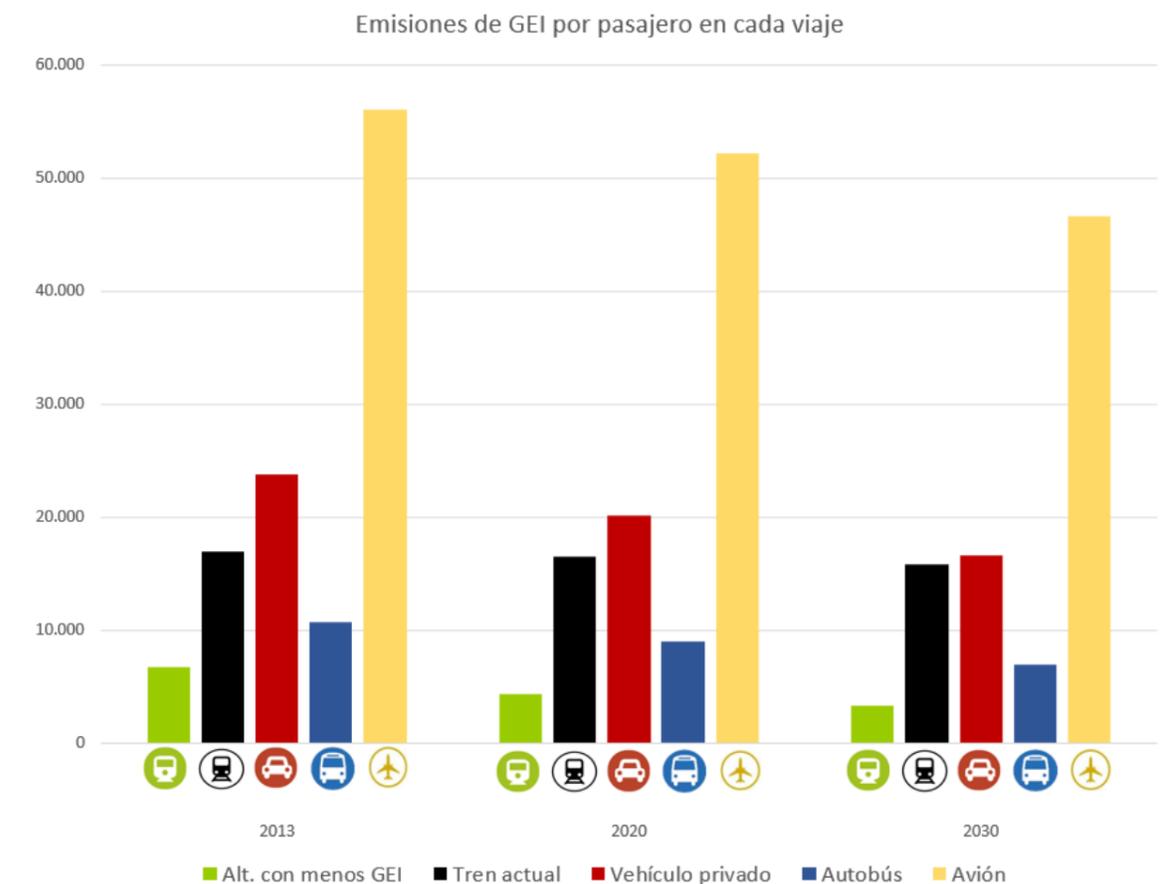
Las estrategias de mitigación al cambio climático en edificios se centran principalmente en promover el ahorro energético, el uso de energías renovables, el manejo adecuado de residuos, la integración de vegetación en los proyectos edilicios (como techos, paredes y terrazas verdes), y la incorporación de elementos que faciliten el uso de transporte no motorizado como es la instalación de estacionamientos para bicicletas, o de bajas emisiones mediante las estaciones de carga para vehículos eléctricos o aparcamientos reservados para vehículos eléctricos de uso compartido –*moto sharing, car sharing...*-, entre otros, y son aplicables en diferentes medidas tanto en edificios existentes, como en edificios de nueva construcción.

Así, en los diseños de los proyectos de edificaciones necesarias para el presente proyecto se habrán de orientar a que contemplen integralmente todos estos aspectos desde su concepción arquitectónica, definidos como edificios verdes, sostenibles o bioclimáticos cada uno dentro de sus posibilidades.

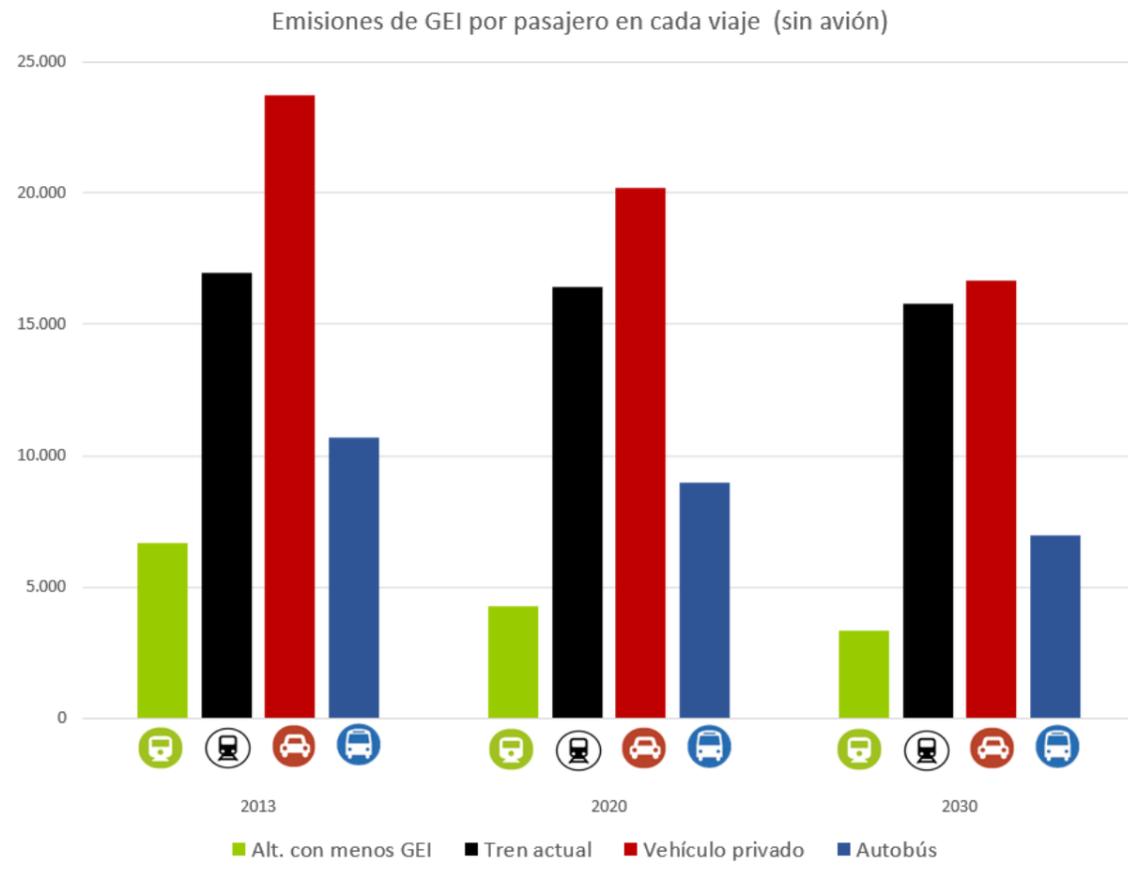
### 2.8.4 Medidas de incremento en captación de usuarios para potenciar las emisiones evitadas

Para potenciar los efectos beneficiosos de la mitigación que tendrá lugar con la fase de funcionamiento se recomienda realizar intensas campañas publicitarias y de concienciación ya que cuantos más usuarios sean captados de otros medios de transporte mayores serán los beneficios por ahorro de emisiones de GEI de las alternativas que finalmente se ejecuten.

Para las campañas de captación de usuarios de avión emplear los gráficos unitarios obtenidos por pasajero pueden ser los más adecuados:



Mientras que para las captaciones de usuarios de vehículos privados puede ser visualmente más impactante emplear los gráficos unitarios por pasajero sin incluir el avión:



También es recomendable hacer hincapié en que son los datos reales de los medios de transporte en el trayecto de Madrid-Oropesa que van a emplear, haciendo al usuario corresponsable de la inversión realizada, ellos suman “una barrita” del gráfico en cada viaje que realizan, que elijan conscientemente.

## 2.9 EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS

### 2.9.1 Efectividad de las medidas en fase de construcción

Si bien en la mayoría de medidas recomendadas se conocen mejores resultados que han sido expresados en las mismas y se confía en los grandes avances que se están obteniendo en la actualidad en I+D tanto en materiales de construcción como en energías alternativas como a partir de la monitorización, aún existe mucha imprecisión en otras medidas sobre unidades de obra de mayor calado, de modo que siempre del lado de la seguridad se ha optado por una estimación de la eficacia a la baja en cuanto a las medidas destinadas a la construcción: se aplica una estimación de reducción de las emisiones de un 15% siempre del lado de la precaución ya que se considera que depende en mucho de un cambio cultural en las contratas y en el trabajador de obra que aún está incipiente

Este porcentaje se aplica a las ratios de emisión obteniendo los siguientes resultados por alternativa:

ALTERNATIVAS	Ratio de emisión (tCO <sub>2</sub> eq/km)	Longitud a construir (km)	GEI construcción (tCO <sub>2</sub> eq)
<b>TRAMO I (Toledo)</b>			
Alternativa I.1	8.029	38,33	307.727
Alternativa I.2	10.476	25,82	270.509
Alternativa I.3	9.990	25,84	258.124
Alternativa I.4	20.400	25,84	527.095
<b>TRAMO II (Torrijos)</b>			
Alternativa II.1	8.647	42,44	366.971
Alternativa II.2	7.081	42,78	302.935
Alternativa II.3	5.845	42,78	250.035
<b>TRAMO III (Talavera de la Reina)</b>			
Alternativa III.1	3.400	25,54	86.836
Alternativa III.2	3.479	25,57	88.964
<b>TRAMO IV (Oropesa)</b>			
Alternativa IV.1	3.647	33,15	120.896
Alternativa IV.2	5.496	33,43	183.725

### 2.9.2 Efectividad de las campañas de captación de usuarios

En cuanto a la fase de funcionamiento, para la base de cálculo del presente estudio nos acogíamos al escenario menos optimista y se había optado por las posibilidades menos halagüeñas de estimación de captaciones (ver 3.5.3.1. Futuros usuarios de la nueva infraestructura).

Ahora, para calcular la efectividad de las medidas se sigue en la misma línea y siendo cautos se opta por la hipótesis de alcanzar las captaciones medias:

Estimación de captaciones en base a la media y al menor valor (%)			
Fuente Información	Coche	Avión	Autobús
Inglada	22,2	59,7	39,3
Vialibre	43,3	63,6	46,7
E.Estudios Tomillo	25,0	55,0	5,0
<b>Captaciones Medias</b>	<b>30,2</b>	<b>59,4</b>	<b>30,3</b>
<b>Valores adoptados con medidas</b>	<b>22,2→30,2</b>	<b>55,0→59,4</b>	<b>5,0→30,3</b>

ALTERNATIVA 0	Usuarios al año	Captaciones de pasajeros con medidas	
Información Tren actual	431.068	100%	431.068,0
Información Coche A-5	8.457.317	30,2%	2.554.109,6
Información Bus A-5	118.114	30,3%	35.434,2
Información Avión	30.840	59,4%	18.319,0
	<b>Usuarios anuales Estudio Informativo</b>		<b>3.038.931</b>

Introduciendo estos parámetros en la herramienta de cálculo creada para el presente proyecto se reproducen todos los cálculos necesarios y se obtienen los siguientes resultados de Comparación Global tras la aplicación de las medidas con la Alternativa 0:

ALTERNATIVA 0	Construcción (kgCO <sub>2</sub> eq)	Usuarios al año	2030 (kgCO <sub>2</sub> eq/p)	GEI anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)	O&M anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI 100 años (kgCO <sub>2</sub> eq)
Información Tren actual	0	431.068	15,763	6.794.896	1.887.776	868.267.226
Información Coche A-5	0	8.457.317	16,644	140.760.854	5.355.210	14.611.606.380
Información Bus A-5	0	118.114	6,985	825.065	74.790	89.985.563
Información Avión	0	30.840	46,644	1.438.501	115.274	155.377.536
			<b>Alternativa 0</b>	<b>149.819.316</b>	<b>7.433.051</b>	<b>15.725.236.705</b>
OPCIONES FUTURAS	Construcción (kgCO <sub>2</sub> eq)	Usuarios E.I. al año	2030 (kgCO <sub>2</sub> eq/p)	GEI anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)	O&M anuales (kgCO <sub>2</sub> eq)	GEI 100 años + Construcción
Información Tren actual	0	0	0,000	0	0	0
Información Coche A-5	0	5.903.207	16,644	98.251.076	5.355.210	10.360.628.587
Información Bus A-5	0	82.680	6,985	577.546	74.790	65.233.602
Información Avión	0	12.521	46,644	584.031	115.274	69.930.579
ALTERNATIVAS COMB. CON MENOS EMISIONES	765.494.580	3.038.931	3,317	10.080.299	1.884.690	1.961.993.436
			<b>Generados totales</b>	<b>109.492.952</b>	<b>7.429.964</b>	<b>12.457.786.204</b>
				<b>Evitados totales (A0-AEI)</b>		<b>3.267.450.501</b>
ALTERNATIVAS COMB. CON MÁS EMISIONES	1.166.755.088	3.038.931	3,565	10.832.844	2.022.202	2.452.259.626
			<b>Generados totales</b>	<b>110.245.497</b>	<b>7.567.476</b>	<b>12.948.052.394</b>
				<b>Evitados totales (A0-AEI)</b>		<b>2.777.184.311</b>

Tras incorporar las medidas de mitigación en la fase de construcción y funcionamiento se obtienen aún mejores resultados. Son de relevancia especial las medidas de captación de usuarios, con ellas aumentan los usuarios del AVE y, por tanto, las alternativas aumentan sus emisiones a favor de un gran detrimento de la situación global en los 100 años de periodo de vida útil, se observa que con estos niveles de captación de usuarios en la implementación del proyecto se aumenta la reducción de los GEI a un 17% en el caso menos bueno y a un 21% en el mejor en el cómputo global de todo su ciclo de vida.

En el reparto de alternativas la comparación con la alternativa de transporte actual esto se traduce como la contribución a la mitigación por parte del proyecto de la siguiente manera:

RESUMEN EMISIONES DE GEI DE CADA ALTERNATIVA (kgCO <sub>2</sub> eq) tras la aplicación de las medidas					
ALTERNATIVAS	Construcción	Tráfico de pasajeros 100años	O&M 100 años	TOTAL	Contribución mitigación
<b>TRAMO I (Toledo)</b>					
Alternativa I.1	307.727.408	204.998.001	38.328.000	551.053.409	19%
Alternativa I.2	270.509.440	138.104.086	25.821.000	434.434.526	20%
Alternativa I.3	258.124.423	138.195.010	25.838.000	422.157.433	20%
Alternativa I.4	527.095.200	138.195.010	25.844.000	691.134.210	17%
<b>TRAMO II (Torrijos)</b>					
Alternativa II.1	366.970.617	226.991.108	42.440.000	636.401.724	18%
Alternativa II.2	302.935.171	228.820.301	42.782.000	574.537.472	19%
Alternativa II.3	250.035.205	228.782.861	42.775.000	521.593.066	19%
<b>TRAMO III (Talavera de la Reina)</b>					
Alternativa III.1	86.836.000	136.601.152	25.540.000	248.977.152	21%
Alternativa III.2	88.964.045	136.761.608	25.570.000	251.295.653	21%
<b>TRAMO IV (Oropesa)</b>					
Alternativa IV.1	120.895.967	177.298.026	33.149.000	331.342.994	21%
Alternativa IV.2	183.725.226	178.784.914	33.427.000	395.937.141	20%

### 3. ANEXO

Utilización de los servicios ferroviarios Madrid-Castilla-La Mancha-Extremadura:

#### 2.2.1.14 CORREDOR MADRID - CASTILLA-LA MANCHA - EXTREMADURA

Figura 14. Servicios ferroviarios interregionales Madrid - Castilla-La Mancha - Extremadura



### B) POR TALAVERA DE LA REINA

Tabla 33. Servicios ferroviarios Madrid - Talavera

Código Tren	Tipo Servicio	TRAYECTO	Horario		Circulaciones semanales	ESTACIONES
			Salida	Llegada		
<b>MADRID - TALAVERA (133 KM)</b>						
17702	R	Madrid - Talavera	12:28	14:08	7 (DIARIO)	MADRID-ATOCHA CERCANIAS MADRID-VILLAVERDE BAJO LEGANÉS FUENLABRADA ILLESCAS TORRIJOS TALAVERA DE LA REINA
17706	R	Madrid - Talavera	20:43	22:18	7 (DIARIO)	
17703	R	Talavera - Fuenlabrada	06:50	07:56	5 (L,M,X,J,V)	
17705	R	Talavera - Madrid	08:40	10:18	2 (S,D)	
17707	R	Talavera - Madrid	15:10	16:46	5 (L,M,X,J,V)	
17709	R	Talavera - Madrid	17:55	19:27	2 (S,D)	
					<b>28 semanales</b>	

Tabla 34. Servicios ferroviarios Madrid - Plasencia - Cáceres - Mérida - Badajoz

Código Tren	Tipo Servicio	TRAYECTO	Horario		Circulaciones semanales	ESTACIONES	
			Salida	Llegada			
<b>MADRID - PLASENCIA - CÁCERES - BADAJOZ (477 KM)</b>							
17014	RE	Madrid - Badajoz	08:07	13:59	6 (L,M,X,J,V,S)	MADRID-ATOCHA CERCANIAS LEGANES FUENLABRADA ILLESCAS TORRIJOS TALAVERA DE LA REINA OROPESA DE TOLEDO NAVALMORAL DE LA MATA CASATEJADA MONFRAGUE PLASENCIA MIRABEL CASAS DE MILLAN CAÑAVERAL CACERES MERIDA MONTIJO BADAJOZ	
17194	MD	Madrid - Badajoz	16:05	21:36	7 (DIARIO)		
17025	MD	Badajoz - Madrid	17:00	22:45	6 (L,M,X,J,V,D)		
17197	MD	Badajoz - Madrid	07:17	12:42	5 (L,M,X,J,V)		
17199	MD	Badajoz - Madrid	08:45	14:11	2 (S,D)		
					<b>26 semanales</b>		
<b>MADRID - CÁCERES (357 KM)</b>							
17021	RE	Cáceres - Madrid	07:15	11:07	6 (L,M,X,J,V,S)		
17018	RE	Madrid - Cáceres	18:27	22:35	6 (L,M,X,J,V,D)		
17012	MD	Madrid - Cáceres	14:30	18:43	1 (V)		
					<b>13 semanales</b>		
<b>MADRID - MERIDA (430 KM)</b>							
17900	MD	Madrid - Mérida	10:18	19:20	3 (V,S,D)		
18773	RE	Cáceres - Mérida	06:55	07:46	5 (L,M,X,J,V)		
18775	RE	Cáceres - Mérida	08:10	09:01	2 (S,D)		
17026	RE	Mérida - Madrid	13:16	18:28	7 (DIARIO)		
17907	MD	Mérida - Madrid	14:10	20:08	4 (L,M,X,J)		
18779	RE	Mérida - Cáceres	20:49	21:48	7 (DIARIO)		
					<b>28 semanales</b>		
<b>MADRID - PLASENCIA (269 KM)</b>							
17012	MD	Madrid - Plasencia	14:30	17:40	6 (L,M,X,J,S,D)		
					<b>6 semanales</b>		
					<b>73 semanales</b>		

2.2.1.15 CORREDOR MADRID - CASTILLA-LA MANCHA - EXTREMADURA - ANDALUCÍA

Figura 15. Servicios ferroviarios interregionales Madrid - Castilla-La Mancha - Extremadura - Andalucía



Tabla 35. Servicios ferroviarios Madrid - Mérida - Zafra - Huelva

Código Tren	Tipo Servicio	TRAYECTO	Horario		Circulaciones semanales	ESTACIONES
			Salida	Llegada		
<b>MADRID - MERIDA - ZAFRA - HUELVA (675 KM)</b>						
17900	MD	Madrid - Huelva	10:18	19:20	3 (V,S,D)	MADRID-ATOCHA CERCANIAS LEGANES ILLESCAS TORRIJOS TALAVERA DE LA REINA OROPESA DE TOLEDO NAVALMORAL DE LA MATA PLASENCIA CACERES <b>MERIDA</b> CALAMONTE ALMENDRALEJO VILLAFRANZA DE LOS BARRIOS LOS SANTOS DE MAIMONA ZAFRA FERIA <b>ZAFRA</b> FREGENAL DE LA SIERRA CUMBRES MAYORES JABUGO-GALAROZA ALMONASTER-CORTEGANA VALDELAMUSA EL TAMUJOSO CALAÑAS GIBRALEÓN <b>HUELVA</b>
17907	MD	Huelva - Madrid	10:50	20:08	3 (V,S,D)	
					<b>6 semanales</b>	

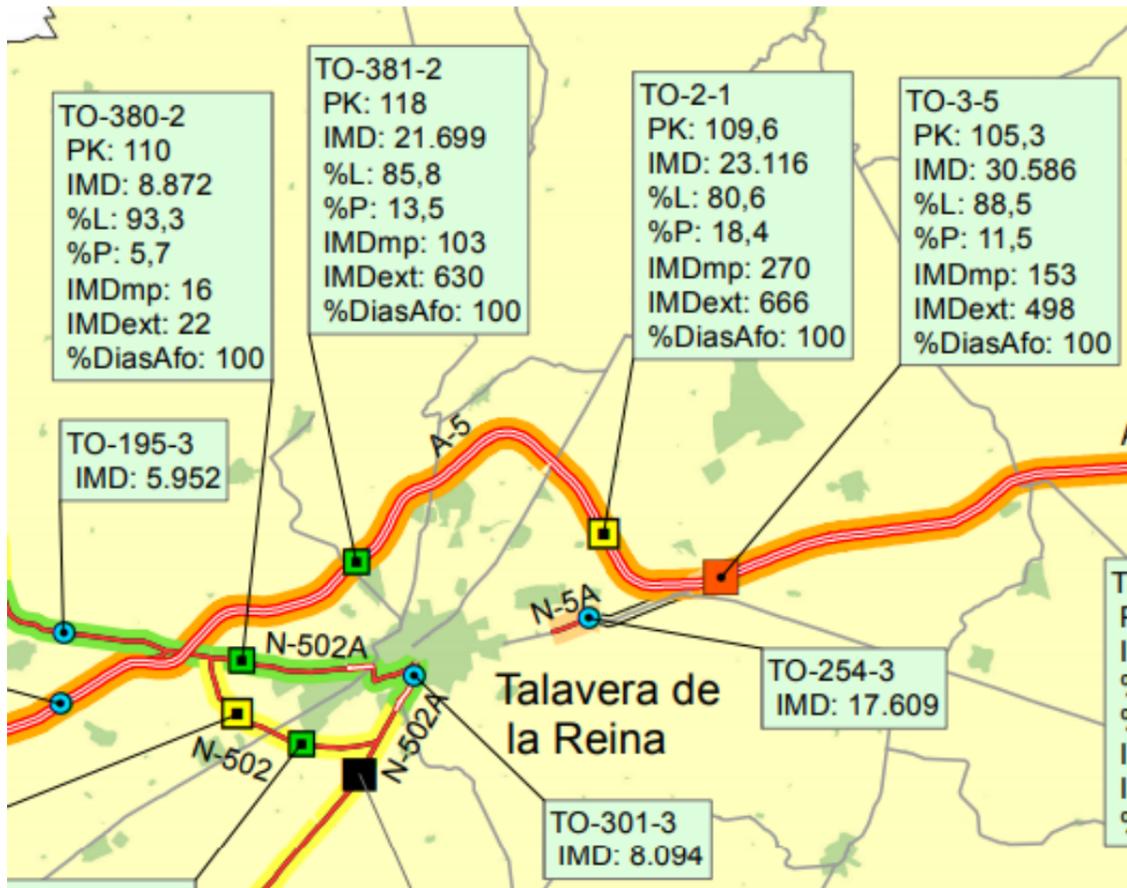
Tabla 92. Utilización de los servicios ferroviarios Madrid - Castilla-La Mancha - Extremadura

SERVICIOS DE MD INTERREGIONALES		OFERTA			DEMANDA			UTILIZACIÓN	
Relación OSP	L (km)	Circulaciones al año	Trenes-km	Plazas-km (miles)	Viajeros al año	Viajeros-km (miles)	Longitud media de viaje	Viajeros por circulación	Aprovechamiento
<b>RELACIONES INTERREGIONALES MADRID - EXTREMADURA POR PUERTOLLANO</b>									
Alcázar S. J. - Badajoz	449	732	328.737	60.861	109.587	15.194	139	150	25,0%
<sup>1</sup> Madrid - Puertollano - Mérida - Badajoz	297	730	216.712	40.302	65.628	6.310	96	90	15,7%
<b>RELACIONES INTERREGIONALES MADRID - EXTREMADURA POR TALAVERA DE LA REINA</b>									
Madrid - Plasencia - Cáceres - Badajoz	477	1.354	646.158	121.660	217.914	45.809	210	161	37,7%
Madrid - Cáceres	357	678	241.910	46.150	82.825	16.366	198	122	35,5%
Madrid - Mérida	430	366	157.424	30.193	55.886	10.969	196	153	36,3%
Cáceres - Sevilla	309	718	221.862	41.076	44.215	5.413	122	62	13,2%
Madrid - Llerena	534	162	86.294	16.683	21.895	4.402	201	136	26,4%
Madrid - Zafra	496	189	93.818	17.708	26.218	5.255	200	139	29,7%
<sup>2</sup> Total Madrid - Mérida		1.435	559.398	105.659	148.214	26.040	176	103	24,6%
Madrid - Plasencia	269	306	82.371	15.522	26.330	4.180	159	86	26,9%
Madrid - Talavera	133	1.444	191.828	36.881	52.824	4.467	85	37	12,1%

<sup>1</sup> Los trenes realmente van de Puertollano a Badajoz. Actualmente no hay servicios directos que conecten Madrid con Badajoz por Puertollano.

<sup>2</sup> La relación OSP Madrid - Mérida se presta con trenes con 4 pares O-D distintos. Los pares O-D Madrid - Llerena y Madrid - Zafra rebasan el tramo declarado OSP, mientras que el par O-D Cáceres - Sevilla sólo tiene en común con la OSP el tramo Cáceres - Mérida. Puesto que la mayor desagregación posible de la oferta es por origen-destino del tren, la comparación entre oferta y demanda no puede excluir los tramos no comprendidos en la relación OSP.





Datos de tráfico aéreo Madrid-Extremadura:

**aena** Inicio | Ayuda | Contacto

### Estadísticas de tráfico aéreo

Tráfico por año Esta usted en: Tráfico por año

Consulte las estadísticas de tráfico aéreo de los últimos años. Desde 2004 hasta el último año completo con datos disponibles.

**Buscador de Tráfico por año**

Tipo de consulta: 1. Pasajeros

Año: 2016 | Aeropuerto Base: BADAJOZ | Agrupación: AEROPUERTO ESCALA | Clase: Todos

Tráfico: Todos | Movimiento: Todos | Servicio: Todos | País: Todos

Puede descargar desde aquí las aplicaciones necesarias para leer estos documentos: [Adobe Reader](#)

**90 resultados encontrados** GRÁFICO GUARDAR IMPRIMIR

CONSULTA: Año: 2016 - Datos Definitivos, Aeropuerto Base: BADAJOZ, Clase: Todos, Tráfico: Todos, Movimiento: Todos, Servicio: Todos, País: Todos, Agrupación: AEROPUERTO ESCALA

Pasajeros	Pasajeros												
	Total	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BARCELONA-EL PRAT J.T.	15.193	7	570	1.531	1.472	1.575	1.431	1.564	1.499	1.473	1.325	1.064	1.682
MADRID-BARAJAS ADOLFO SUÁREZ	10.547	3	338	1.083	1.074	1.364	1.082	835	211	1.095	1.381	1.030	1.051
PALMA DE MALLORCA	4.561	--	--	--	--	--	174	1.376	2.827	184	--	--	--
IBIZA	441	--	--	--	--	--	--	60	383	18	--	--	--
ATENAS ATHINAI	208	--	--	--	--	208	--	--	--	--	--	--	--
MADRID CUATRO VIENTOS (CIV)	150	6	--	14	32	4	20	11	8	12	10	29	4
BADAJOZ TALAVERA LA REAL	147	12	4	2	16	2	64	--	--	3	4	20	20
OTROS	126	--	2	8	7	14	36	42	1	2	5	9	--
JEREZ DE LA FRONTERA LA PARRA	116	6	2	15	14	4	5	5	6	2	24	13	20
LONDRES STANSTED	101	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	101
CASTELLÓN	98	--	--	2	--	--	--	96	--	--	--	--	--
BAMAKO	87	--	--	--	--	87	--	--	--	--	--	--	--
SEVILLA	71	6	4	2	4	2	12	8	2	14	6	9	2
VALENCIA	62	--	8	--	6	--	13	16	6	--	13	--	--
	47	8	15	8	--	--	--	--	--	--	8	8	--
<b>Total</b>	<b>32.708</b>	<b>138</b>	<b>991</b>	<b>2.690</b>	<b>2.765</b>	<b>3.291</b>	<b>2.904</b>	<b>4.068</b>	<b>4.965</b>	<b>2.842</b>	<b>2.881</b>	<b>2.262</b>	<b>2.911</b>