

ANEXO 2. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS EN EL PLAN DIRECTOR DE TRANSPORTE DE VIAJEROS DE LA REGIÓN DE MURCIA

LISTADO DE TABLAS DEL ANEXO

Tabla 1. Porcentaje de vehículos reducidos	4
Tabla 2. Cálculo de las emisiones anuales de los vehículos particulares en los diferentes municipios afectados por esta acción.....	4
Tabla 3. Cálculo de las emisiones evitadas con la implantación de los servicios de transporte público en estos municipios.....	5
Tabla 4. Cálculo de las emisiones generadas por los autobuses urbanos	5
Tabla 5. Cálculo de la reducción de las emisiones debido a la implantación del transporte urbano en los municipios afectados.....	5
Tabla 6. Porcentaje de vehículos reducidos	5
Tabla 7. Cálculo de las emisiones anuales de los vehículos particulares en los diferentes municipios afectados por esta acción.....	6
Tabla 8. Cálculo de las emisiones evitadas con la implantación de los servicios de transporte público en estos municipios.....	6
Tabla 9. Cálculo de las emisiones generadas por los autobuses urbanos	6
Tabla 10. Cálculo de la reducción de las emisiones debido a la implantación del transporte urbano en los municipios afectados.....	6
Tabla 11. Cálculo del número de vehículos que circulan desde y hacia el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia de forma anual	7
Tabla 12. Emisiones producidas por los vehículos en los trayectos desde y hacia el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia	7
Tabla 13. Cálculo de las emisiones evitadas con la implantación de las líneas regulares de autobús desde y hacia el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia.....	7
Tabla 14. Cálculo de las emisiones generadas por los autobuses desde y hacia el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia	7
Tabla 15. Cálculo de la reducción de las emisiones generada gracias a la implantación de las líneas de autobús regulares entre el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia y los diferentes destinos cubiertos	8
Tabla 16. Determinación del nivel de servicio promedio de la autovía A-30 entre Cartagena y Cieza añadiendo un servicio de tren adicional entre Cartagena y Cieza	8

Tabla 17. Cálculo de las emisiones generadas por los vehículos que circulan por la autovía A-30 en el tramo entre Cartagena y Cieza	8
Tabla 18. Cálculo de las emisiones evitadas debidas a la implantación del nuevo servicio entre Cartagena y Cieza	8
Tabla 19. Emisiones generadas por la circulación de los nuevos trenes en el tramo entre Cartagena y Cieza	9
Tabla 20. Cálculo de la reducción de las emisiones generadas gracias a la implantación de un nuevo servicio de tren entre Cartagena y Cieza.....	9
Tabla 21. Porcentaje de reducción del número de vehículos generado por esta medida	9
Tabla 22. Cálculo de la reducción de las emisiones gracias a la implementación de las dos nuevas líneas de tranvía, o plataforma equivalente, en dirección al Hospital Virgen de La Arrixaca y a Molina de Segura	9
Tabla 23. Nivel de servicio esperable con la aplicación de la medida indicada	10
Tabla 24. Estimación del Presupuesto de Ejecución Material de la Obra.....	12
Tabla 25. Cálculo de la cantidad de residuos generados en las obras en la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos	12
Tabla 26. Cálculo de las emisiones de alcance 1 esperables durante las obras de construcción de la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos	13
Tabla 27. Cálculo de las emisiones generadas durante las obras a compensar en la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos.....	13
Tabla 28. Cálculo de las emisiones de alcance 2 esperables en las obras de la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos.....	13
Tabla 29. Resumen de la huella de carbono esperable durante las obras en la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos	13
Tabla 30. Cálculo total de las emisiones generadas durante las obras y las emisiones a compensar en la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos	13
Tabla 31. Cálculo de las emisiones generadas por el tráfico entre Los Nietos y Cabo de Palos.....	14
Tabla 32. Cálculo de las emisiones evitadas gracias a la implantación de la extensión de la línea de FEVE entre Los Nietos y Cabo de Palos.....	14
Tabla 33. Emisiones generadas por la circulación de los trenes en el tramo entre Los Nietos y Cabo de Palos	14
Tabla 34. Cálculo de la reducción de las emisiones debido a la implantación de una línea FEVE entre Los Nietos y Cabo de Palos.....	14

Tabla 35. Determinación de los niveles de servicio esperables en la zona más conflictiva de los trayectos alrededor del Mar Menor	14	Tabla 54. Resumen de la huella de carbono esperable durante las obras del intercambiador tipo tren/autobús	23
Tabla 36. Cálculo de las emisiones anuales de los vehículos en los diferentes trayectos que unen los puntos de origen y destino de las rutas marítimas propuestas	15	Tabla 55. Resumen de la huella de carbono esperable durante las obras del intercambiador tipo cercanías/autobús.....	24
Tabla 37. Emisiones evitadas por la implantación de las líneas de transbordador marítimo	15	Tabla 56. Cálculo de la huella de carbono final esperable durante las obras, incluyendo la pérdida de la capacidad de sumidero del suelo debido a la ocupación del mismo	24
Tabla 38. Emisiones anuales debidas al transporte de viajeros por las vías marítimas en los transbordadores previstos	15	Tabla 57. Cálculo de la superficie mínima de la estación de autobuses necesaria en Caravaca de la Cruz. .	25
Tabla 39. Cálculo de la reducción de las emisiones debido a la implantación de las nuevas líneas de transporte de viajeros marítimo	16	Tabla 58. Cálculo de la pérdida de capacidad de sumidero del suelo esperable por la construcción de una nueva estación de autobuses en Caravaca de la Cruz	25
Tabla 40. Corredores de autobús proyectados en el Plan Director de Transportes que convergen en cada intercambiador	17	Tabla 59. Cálculo del presupuesto orientativo de la construcción de la estación de autobuses en Caravaca de la Cruz.....	25
Tabla 41. Cálculo de la superficie ocupada por las dársenas en cada uno de los intercambiadores.....	17	Tabla 60. Resumen de la huella de carbono esperable debida a las obras de construcción de una estación de autobuses en Caravaca de la Cruz	25
Tabla 42. Superficies ocupadas por las zonas de espera y las plataformas de subida a los autobuses ocupadas por cada uno de los intercambiadores.....	17	Tabla 61. Cálculo de la huella de carbono final debida a las obras de construcción de una nueva estación de autobuses en Caravaca de la Cruz	26
Tabla 43. Superficie total de los intercambiadores previstos.....	18	Tabla 62. Reducción de las emisiones debidas a la reducción del tráfico provocado por la aplicación de las diferentes propuestas del Plan Director de Transporte de Viajeros de la Región de Murcia	26
Tabla 44. Cálculo de la pérdida de capacidad de sumidero de CO ₂ del suelo debido a la ocupación del mismo	19	Tabla 63. Emisiones producidas durante las obras de los equipamientos e infraestructuras propuestos por el Plan Director de Transporte de Viajeros de la Región de Murcia.....	27
Tabla 45. Cálculo del presupuesto de referencia de cada uno de los tipos de estación de intercambio	20		
Tabla 46. Cálculo orientativo de la cantidad de residuos que se puede generar en cada una de los intercambiadores durante las obras	21		
Tabla 47. Duración aproximada de las obras de cada uno de los tipos de intercambiadores	21		
Tabla 48. Estimación de las horas de trabajo previstas para cada tipo de intercambiador.....	22		
Tabla 49. Cálculo de las emisiones de alcance 1 esperables durante las obras en cada uno de los tipos de intercambiador	22		
Tabla 50. Cálculo de las emisiones generadas durante las obras a compensar en cada uno de los tipos de intercambiadores.....	22		
Tabla 51. Cálculo de las emisiones de alcance 2 esperables en las obras de cada uno de los tipos de intercambiador	22		
Tabla 52. Resumen de la huella de carbono esperable durante las obras en los intercambiadores del tipo barco/autobús	23		
Tabla 53. Resumen de la huella de carbono esperable durante las obras en los intercambiadores tipo AVE/autobús.....	23		

1. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

En el presente apartado se analizarán los efectos de las medidas propuestas en el Plan Director de Transportes desde el punto de vista de las emisiones de gases de efecto invernadero. Para ello se calculará la huella de carbono de cada medida empleando los factores de conversión correspondientes, salvo en el caso de las medidas que impliquen obras de construcción, donde se realizará el cálculo de la pérdida de sumidero de CO₂ del suelo debido a la ocupación de las obras, en base a la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, y se calcularán las emisiones de gases de efecto invernadero de las propias obras siguiendo la metodología MC-3 que se detalla en el punto correspondiente a las obras.

El apartado sigue la misma estructura que la empleada para evaluar el resto de los aspectos ambientales, con el fin de permitir una correlación entre este apartado y el apartado correspondiente a la evaluación del resto de las repercusiones de cada una de estas acciones.

1.1. EJE 1: REDES DE TRANSPORTE

Acción 01. Programa de creación de redes municipales de transporte público.

Tal y como se ha comentado, el desarrollo de esta medida en los municipios de Alcantarilla, Caravaca de la Cruz y Totana, supone una reducción del tráfico que oscila entre los 5,14 % para el municipio de Alcantarilla hasta los 6,98 % para el municipio de Caravaca de la Cruz.

Municipio	Número de vehículos particulares	Vehículos particulares evitados	Porcentaje de reducción
Alcantarilla	26.403	1.356	5,14
Caravaca de la Cruz	16.761	1.171	6,98
Totana	24.300	1.366	5,62

Tabla 1. Porcentaje de vehículos reducidos

Para determinar el impacto sobre las emisiones de esta acción se estimarán las emisiones generadas en la actualidad por el parque de vehículos existente en la actualidad en el municipio, para después determinar las emisiones evitadas con la implantación del transporte colectivo de viajeros y, posteriormente, calcular

las emisiones generadas por las nuevas líneas de autobuses y, por último, calcular la reducción producida por la aplicación de esta acción.

En este sentido, se emplearán factores de conversión ya establecidos en diferentes organismos que permitan transformar el consumo de combustibles en emisiones de CO₂.

A falta de datos más actualizados sobre el uso de los vehículos particulares se empleará la encuesta de Hogares y Medio Ambiente del Instituto Nacional de Estadística, realizada en el año 2008, según la cual los vehículos particulares realizan un promedio de 12.500 km/año. Considerando que, según la citada estadística, un 45 % de los vehículos son de gasolina, el 50 % son de gasóleo y el 5 % restante son de otro tipo.

Por otro lado, según la base de datos sobre el consumo de los vehículos, realizada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, se obtiene que los vehículos de gasolina presentan un consumo promedio de 6,17 l/100 km, mientras que los vehículos de gasóleo tienen un consumo promedio de 5,03 l/100 km. Además, según el número 29 del Observatorio de costes del transporte de viajeros en autocar, realizado por la Dirección General de Transporte Terrestre del Ministerio de Fomento en enero del año 2019, un autobús presenta un consumo promedio de unos 35 l/100 km.

Por último, según los factores de emisión Base Carbone, elaborado por la Agencia para la Transición Ecológica del gobierno de Francia, la gasolina tiene unas emisiones promedio de aproximadamente 2,80 kgCO₂/l, mientras que el gasóleo tiene unas emisiones promedio de 3,16 kgCO₂/l.

En base a estos datos, en la actualidad, en los municipios de Alcantarilla, Caravaca de la Cruz y Totana se pueden estimar las siguientes emisiones.

Municipio	Número de vehículos particulares	Kilómetros recorridos totales	Gasolina consumida (l/año)	Gasóleo consumido (l/año)	Emisiones anuales (tCO ₂ /año)
Alcantarilla	26.403	330.037.500,00	916.349.118,75	830.044.312,50	51.804,17
Caravaca de la Cruz	16.761	209.512.500,00	581.711.456,25	526.923.937,50	32.886,02
Totana	24.300	303.750.000,00	843.361.875,00	763.931.250,00	47.677,97

Tabla 2. Cálculo de las emisiones anuales de los vehículos particulares en los diferentes municipios afectados por esta acción

Por su parte, la implantación de las líneas de autobús previstas, conseguirá reducir el tráfico en los cascos urbanos, reduciendo con ello las emisiones.

Municipio	Número de vehículos particulares evitados	Emisiones evitadas (tCO ₂ /año)
Alcantarilla	1.356	2.660,55
Caravaca de la Cruz	1.171	2.297,57
Totana	1.366	2.680,17

Tabla 3. Cálculo de las emisiones evitadas con la implantación de los servicios de transporte público en estos municipios

Sin embargo, los autobuses urbanos también tienen sus emisiones. Para calcularlas se ha estimado que cada una de las líneas recorre anualmente los mismos kilómetros que un turismo en un año. Considerando una frecuencia de paso de 30 minutos de promedio, se puede estimar que al día pueden llegar a realizar hasta 24 viajes en cada sentido (48 viajes en total).

Municipio	Número de líneas	Viajes al día	Viajes totales	Emisiones generadas (tCO ₂ /año)
Alcantarilla	3	48	144	1.984,50
Caravaca de la Cruz	2	48	96	1.323,00
Totana	2	48	96	1.323,00

Tabla 4. Cálculo de las emisiones generadas por los autobuses urbanos

De esta forma, con la implantación del transporte de viajeros urbano se consigue una reducción de las emisiones que oscila entre el 1 % y el 3 %, destacando especialmente el municipio de Caravaca de la Cruz (2,96 %), seguido del municipio de Totana (2,85 %).

Municipio	Emisiones actuales (tCO ₂ /año)	Emisiones evitadas (tCO ₂ /año)	Nuevas emisiones (tCO ₂ /año)	Emisiones totales (tCO ₂ /año)	Reducción de las emisiones (tCO ₂ /año)	% Reducido
Alcantarilla	51.804,17	2.660,55	1.984,50	51.128,12	676,05	1,30
Caravaca de la Cruz	32.886,02	2.297,57	1.323,00	31.911,46	974,57	2,96
Totana	47.677,97	2.680,17	1.323,00	46.320,80	1.357,17	2,85

Tabla 5. Cálculo de la reducción de las emisiones debido a la implantación del transporte urbano en los municipios afectados

Acción 02. Programa de creación de servicios urbanos en zonas de interés turístico.

Como se ha comprobado, esta medida supone una disminución del uso del vehículo particular que ronda valores que oscilan desde los 4,07 % para el municipio de San Pedro del Pinatar hasta los 4,55 % para el municipio de Los Alcázares.

Municipio	Número de vehículos particulares	Vehículos particulares evitados	Porcentaje de reducción
Los Alcázares	48.060	2.187	4,55
Mazarrón	65.183	2.948	4,52
San Javier	99.603	4.409	4,43
San Pedro del Pinatar	47.775	1.943	4,07

Tabla 6. Porcentaje de vehículos reducidos

Para determinar el impacto sobre las emisiones de la reducción de vehículos producida, tal y como se ha venido comentando, se ha considerado, según la encuesta de Hogares y Medio Ambiente del Instituto Nacional de Estadística, los vehículos particulares realizan un promedio de unos 12.500 km/año para los vehículos censados en el municipio (los de la población empadronada). En cambio, para la población estacional, se ha considerado un promedio de 6.250 km/año debido a que permanece menos tiempo en el municipio. Sabiendo los consumos promedio de los diferentes tipos de vehículo, obtenidos a partir de los

datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía y, conociendo las emisiones promedio de cada tipo de combustible, se obtienen las siguientes emisiones anuales.

Municipio	Número de vehículos particulares	Kilómetros recorridos totales	Gasolina consumida (l/año)	Gasóleo consumido (l/año)	Emisiones anuales (tCO ₂ /año)
Los Alcázares	48.060	361.644.320,86	1.004.105.456,86	909.535.466,96	56.765,32
Mazarrón	65.183	544.765.725,42	1.512.542.036,62	1.370.085.799,43	85.508,88
San Javier	99.603	760.678.353,44	2.112.023.448,33	1.913.106.058,91	119.399,50
San Pedro del Pinatar	47.775	406.018.935,47	1.127.311.574,33	1.021.137.622,70	63.730,56

Tabla 7. Cálculo de las emisiones anuales de los vehículos particulares en los diferentes municipios afectados por esta acción

Por su parte, la implantación de las líneas de autobús previstas, conseguirá reducir el tráfico en los cascos urbanos, reduciendo con ello las emisiones. Sin embargo, esta reducción sólo se produce durante los meses estivales, por lo que se ha considerado que estos vehículos recorren la mitad de los kilómetros recorridos por el resto de vehículos.

Municipio	Número de vehículos particulares evitados	Emisiones evitadas (tCO ₂ /año)
Los Alcázares	2.187	2.145,51
Mazarrón	2.948	2.892,07
San Javier	4.409	4.325,35
San Pedro del Pinatar	1.943	1.906,14

Tabla 8. Cálculo de las emisiones evitadas con la implantación de los servicios de transporte público en estos municipios

Sin embargo, los autobuses urbanos también tienen sus emisiones. Para calcularlas se ha estimado que cada una de las líneas recorre los mismos kilómetros que un turismo. Considerando una frecuencia de paso de 30 minutos de promedio, se puede estimar que al día pueden llegar a realizar hasta 24 viajes en cada sentido (48 viajes en total). Al igual que pasaba con los vehículos particulares de la población estacional, se ha considerado que éstos sólo circulan durante la época estival, por lo que se ha reducido la distancia recorrida a 6.250 km/año.

Municipio	Número de líneas	Viajes al día	Viajes totales	Emisiones generadas (tCO ₂ /año)
Los Alcázares	5	48	240	1.653,75
Mazarrón	6	48	288	1.984,50
San Javier	9	48	432	2.976,75
San Pedro del Pinatar	4	48	192	1.323,00

Tabla 9. Cálculo de las emisiones generadas por los autobuses urbanos

De esta forma, con la implantación del transporte de viajeros urbano se consigue una reducción de las emisiones que oscila entre el 0,87 % para el municipio de Los Alcázares y el 1,13 % para el municipio de San Javier.

Municipio	Emisiones actuales (tCO ₂ /año)	Emisiones evitadas (tCO ₂ /año)	Nuevas emisiones (tCO ₂ /año)	Emisiones totales (tCO ₂ /año)	Reducción de las emisiones (tCO ₂ /año)	% Reducido
Los Alcázares	56.765,32	2.145,51	1.653,75	56.273,56	491,76	0,87
Mazarrón	85.508,88	2.892,07	1.984,50	84.601,31	907,57	1,06
San Javier	119.399,50	4.325,35	2.976,75	118.050,89	1.348,60	1,13
San Pedro del Pinatar	63.730,56	1.906,14	1.323,00	63.147,42	583,14	0,92

Tabla 10. Cálculo de la reducción de las emisiones debido a la implantación del transporte urbano en los municipios afectados

Acción 03. Programa de segregación de tráfico regionales en concesiones estatales.

Al tratarse de una mera gestión administrativa, se puede considerar que no tendrá efectos significativos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero.

Acción 04. Programa de creación de un servicio en el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia (AIRM).

Esta medida suponía rebajar ligeramente los niveles de servicio actuales de los viales de acceso al Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia, especialmente los que actualmente soporta la autovía A-30 a su paso por la capital murciana.

En lo que respecta a las emisiones evitadas, tal y como se ha podido comprobar, el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia, en función del número de operaciones que realiza diariamente, generaría el siguiente tráfico.

Vehículos/día	Vehículos/año
3.080	1.124.200

Tabla 11. Cálculo del número de vehículos que circulan desde y hacia el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia de forma anual

Considerando estos porcentajes, la distancia recorrida en cada trayecto, así como los consumos promedios de combustible de cada tipo de vehículo (obtenida a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y los factores de conversión obtenidos a través de la Base Carbone, se obtienen las siguientes emisiones en cada uno de los trayectos.

Trayecto	Vehículos/año	Longitud (km)	Kilómetros recorridos al año	Emisiones anuales (tCO ₂ /año)
Aeropuerto-Murcia	576.715	22,18	12.791.538,70	2.007,82
Aeropuerto-Cartagena-La Manga	272.618	56,94	15.522.868,92	2.436,54
Aeropuerto-Mar Menor	139.738	51,50	7.196.507,00	1.129,60
Aeropuerto-Águilas	135.129	89,34	12.072.424,86	1.894,94

Tabla 12. Emisiones producidas por los vehículos en los trayectos desde y hacia el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia

La implantación de las líneas de autobús, conseguirá reducir el tráfico en las carreteras de acceso en los trayectos cubiertos por estas líneas.

Trayecto	Número de vehículos particulares evitados al año	Emisiones evitadas (tCO ₂ /año)
Aeropuerto-Murcia	337.041	1.173,39
Aeropuerto-Cartagena-La Manga	159.323	1.423,96
Aeropuerto-Mar Menor	81.655	660,07
Aeropuerto-Águilas	78.971	1.107,43

Tabla 13. Cálculo de las emisiones evitadas con la implantación de las líneas regulares de autobús desde y hacia el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia

Sin embargo, los autobuses también tienen sus emisiones. Se presenta a continuación el cálculo de las emisiones previstas de los autobuses con origen y destino al Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia. Se ha considerado que dado que el aeropuerto permanece abierto 15 horas al día (desde las 7.30 hasta las 22.30), y dado que la frecuencia de paso es de 2 h, un total de viajes diarios entre 7 y 8 (asignando los mayores valores a los destinos y orígenes que más viajes generan).

Trayecto	Viajes al día	Viajes anuales	Emisiones generadas (tCO ₂ /año)
Aeropuerto-Murcia	8	2.920	71,40
Aeropuerto-Cartagena-La Manga	8	2.920	183,31
Aeropuerto-Mar Menor	7	2.555	145,07
Aeropuerto-Águilas	7	2.555	251,66

Tabla 14. Cálculo de las emisiones generadas por los autobuses desde y hacia el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia

De esta forma, con la implantación de las líneas de autobús desde y hacia el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia se consigue una reducción de las emisiones que oscila entre los 45,16 % para el trayecto entre el Aeropuerto Internacional y Águilas y los 54,88 % para el trayecto entre el Aeropuerto Internacional y la capital murciana.

Trayecto	Emisiones actuales (tCO ₂ /año)	Emisiones evitadas (tCO ₂ /año)	Nuevas emisiones (tCO ₂ /año)	Emisiones totales (tCO ₂ /año)	Reducción de las emisiones (tCO ₂ /año)	% Reducido
Aeropuerto-Murcia	2.007,82	1.173,39	71,40	905,82	1.101,99	54,88
Aeropuerto-Cartagena-La Manga	2.436,54	1.423,96	183,31	1.195,89	1.240,65	50,92
Aeropuerto-Mar Menor	1.129,60	660,07	145,07	614,59	515,00	45,59
Aeropuerto-Águilas	1.894,94	1.107,43	251,66	1.039,18	855,77	45,16

Tabla 15. Cálculo de la reducción de las emisiones generada gracias a la implantación de las líneas de autobús regulares entre el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia y los diferentes destinos cubiertos

1.2. EJE 2: SERVICIOS E INFRAESTRUCTURAS.

Acción 01. Programa de elaboración de un nuevo mapa concesional.

Dado que esta acción no supone la creación de nuevas infraestructuras de transporte, tan sólo la puesta en servicio de nuevas rutas de transporte por vías existentes (autovía del Este y Litoral) y/o proyectadas (las autovías del Norte y del Oeste). Por lo que se puede suponer que no tendrán efecto desde el punto de vista de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Acción 02. Programa de desarrollo de líneas ferroviarias regionales o equivalentes.

El nuevo servicio ferroviario entre Cartagena y Cieza supondría, tal y como se ha visto, una mejora con respecto a la situación actual ya que permitiría retirar de la autovía A-30 un total de 598 vehículos/día, lo que permitiría alejar a esta vía de niveles de servicio que impidiesen la libre elección de la velocidad, alargando de esta forma su vida útil.

Carretera más conflictiva	Tráfico (vehículos/día)	Vehículos/hora/carril	Nivel de servicio
A-30	62.997	656	A

Tabla 16. Determinación del nivel de servicio promedio de la autovía A-30 entre Cartagena y Cieza añadiendo un servicio de tren adicional entre Cartagena y Cieza

Por otro lado, en lo que respecta a las emisiones evitadas, considerando el consumo promedio de los turismos, obtenidas a través de la base de datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, sabiendo que la longitud total del tramo de A-30 en la Región de Murcia es de 137,36 km y conociendo las emisiones promedio de los combustibles, obtenidas de los factores de emisión de Base Carbón, se obtienen los siguientes datos de consumo y emisiones de los vehículos que circulan por este tramo.

Trayecto	Vehículos/año	Longitud (km)	Kilómetros recorridos al año	Emisiones anuales (tCO ₂ /año)
Cartagena-Cieza	63.595	137,36	3.188.424.358,00	500.469,44

Tabla 17. Cálculo de las emisiones generadas por los vehículos que circulan por la autovía A-30 en el tramo entre Cartagena y Cieza

Con la implantación del nuevo servicio entre Cartagena y Cieza, tal y como se ha podido comprobar, se incrementa el número de viajeros en tren que podrán circular en este tramo, considerando que cada viajero supone un vehículo, se puede estimar el número de vehículos que se reduce en este tramo al año y, con ellos las emisiones evitadas debido a esta reducción.

Trayecto	Número de vehículos particulares evitados	Emisiones anuales evitadas (tCO ₂ /año)
Cartagena-Cieza	218.270	759,90

Tabla 18. Cálculo de las emisiones evitadas debidas a la implantación del nuevo servicio entre Cartagena y Cieza

Por su parte, los trenes también generan emisiones. En el caso concreto del tren que circula entre Cartagena y Cieza, según datos de la propia RENFE, se trata de un tren de la serie 4 que dispone de una locomotora de la Serie 334 que sustituyeron a las antiguas locomotoras de la Serie 354 que circulaban por el tramo. Estas locomotoras de la Serie 334, según la información disponible a través de la revista Vía Libre¹ de la Fundación de Ferrocarriles Españoles, tienen un consumo promedio de gasóleo entorno a los 3,80 l/km.

Trayecto	Número de viajes diarios	Número de viajes anuales	Emisiones anuales generadas (tCO ₂ /año)
Cartagena-Cieza	2	730	12,00

Tabla 19. Emisiones generadas por la circulación de los nuevos trenes en el tramo entre Cartagena y Cieza

De esta forma, con la implantación del nuevo servicio entre Cartagena-Cieza-Madrid se consigue una reducción del 0,10 %.

Trayecto	Emisiones actuales (tCO ₂ /año)	Emisiones evitadas (tCO ₂ /año)	Nuevas emisiones (tCO ₂ /año)	Emisiones totales (tCO ₂ /año)	Reducción de las emisiones (tCO ₂ /año)	% Reducido
Cartagena-Cieza	500.469,44	759,90	12,00	499.721,54	747,89	0,1

Tabla 20. Cálculo de la reducción de las emisiones generadas gracias a la implantación de un nuevo servicio de tren entre Cartagena y Cieza

En lo que se refiere a la implantación de dos nuevas líneas de tranvía en la capital murciana, o plataforma reservada equivalente, esta medida supondría una reducción del tráfico en los viales que hay en el municipio de aproximadamente 72.649 vehículos, lo que supone un porcentaje de reducción en el número de vehículos del 23,79 %.

Municipio	Número de vehículos particulares	Vehículos particulares evitados	Porcentaje de reducción
Murcia	305.351	72.649	23,79

Tabla 21. Porcentaje de reducción del número de vehículos generado por esta medida

Para determinar el efecto sobre las emisiones de gases de efecto invernadero de esta medida, se va a estimar la probable reducción debida a la evitación de emisiones de los vehículos particulares y las nuevas emisiones debidas al consumo eléctrico del tranvía. En este sentido, se debe destacar que, según los datos de la empresa que opera el tranvía en la ciudad de Murcia, el tranvía que circula por Murcia es del modelo CITADIS 302 de ALSTOM que, según las especificaciones técnicas de este modelo se trata de trenes con una potencia de 480 kW, lo cual, considerando un funcionamiento diario de 15 h/día, supone unas emisiones de alrededor 814,68 tCO₂/año, considerando el mix eléctrico español.

Trayecto	Distancia (km)	Emisiones evitadas (tCO ₂ /año)	Nuevas emisiones (tCO ₂ /año)	Reducción de las emisiones (tCO ₂ /año)
Murcia-Arrixaca	9,30	77.417,10	814,68	76.602,42
Murcia-Molina de Segura	11,70	97.395,70	814,68	96.581,02

Tabla 22. Cálculo de la reducción de las emisiones gracias a la implementación de las dos nuevas líneas de tranvía, o plataforma equivalente, en dirección al Hospital Virgen de La Arrixaca y a Molina de Segura

Por último, en referencia a la creación de una nueva línea de FEVE entre Los Nietos y Cabo de Palos, permitirá la reducción del tráfico en la carretera RM-12 en aproximadamente un 14,05 %, alejando a la carretera RM-12 de un nivel de saturación que todavía no ha alcanzado.

¹ VV. AA. (2011). Serie 730, el híbrido de Talgo todo terreno. *Vía Libre* n.º 553

Tráfico actual por la RM-12 (vehículos/día)	Tráfico esperable por la RM-12 (vehículos/día)	Porcentaje de reducción	Vehículos/hora/carril Futuro	Nivel de servicio futuro
24.420	20.988	14,05	219	A

Tabla 23. Nivel de servicio esperable con la aplicación de la medida indicada

Para determinar la huella de carbono esperable por esta medida se debe estimar por un lado la huella de carbono debida a la ocupación del terreno, que supone una pérdida de la capacidad de sumidero de CO₂ del suelo, así como la huella de carbono debida a las propias obras, y, por otro lado, habrá que determinar las emisiones debidas a la implantación de esta medida, en base a las emisiones evitadas debido a la reducción del tráfico por carretera y las nuevas emisiones generadas debidas al tráfico ferroviario.

Pese a la ausencia de un anteproyecto o documento específico que establezca un trazado previsto entre las poblaciones de Los Nietos y Cabo de Palos, se puede estimar que, aproximadamente, contando con las limitaciones propias de un proyecto ferroviario y las instrucciones y recomendaciones sobre trazado (IGP-3) de las Normas Adif Plataforma (NAP), Normas FEVE (NFI) e Instrucciones Generales de Proyectos (IGP), se puede estimar que aproximadamente el trazado tendrá una longitud mínima de unos 10 km. Sabiendo que el trazado actual entre Cartagena y Los Nietos tiene una ocupación de unos 7 m de ancho, la ocupación total de este nuevo trazado rondará los 70.000 m².

Para la estimación de la pérdida de la capacidad de sumidero del terreno objeto de urbanización, se ha tenido en cuenta la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo a efectos del anexo V de la Directiva 2009/28/CE (DOUE L nº 151, de 17/06/2010). Esta metodología implica el análisis del clima y del tipo de suelo que se presenta en la zona, así como los usos actuales del mismo:

$$CS = (SOC + C_{VEG}) \times A$$

Donde:

- CS. Reserva de carbono en el suelo;

- SOC. Carbono orgánico en el suelo mineral;
- C_{VEG}. Carbono orgánico en la vegetación por encima y por debajo del suelo.
- A. Superficie ocupada en hectáreas.

Para el cálculo del carbono orgánico en el suelo mineral se emplean una serie de índices establecidos en la propia Decisión:

$$SOC = SOC_{ST} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_I$$

Donde:

- SOC_{ST}. Es el carbono orgánico en la capa de humus de 0 a 30 cm de profundidad. Para su determinación es necesario establecer la zona climática en la que se encuentra el suelo, así como el tipo de suelo:
 - Según el Informe sobre la distribución espacial del contenido en carbono orgánico en suelos de la Región de Murcia, y su aplicación a la compensación de emisiones², el SOC_{ST} promedio de los suelos de la Región de Murcia es de aproximadamente 19,99 tC/ha.
- F_{LU}. Es el factor de uso del suelo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con el tipo de uso del suelo en comparación con el carbono orgánico en el suelo de referencia. Se ha considerado que estas instalaciones se ubicarán en parcelas no urbanizadas que, generalmente se encuentran ocupadas por pastizales. Según el cuadro 5 de la citada Decisión este factor tiene valor 1 para el caso que nos ocupa;
- F_{MG}. Es el factor de técnicas de cultivo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con la práctica de cultivo. En este caso, al considerar parcelas no urbanizadas, se va a considerar que el suelo presenta una degradación grave. Según el cuadro 5 de la citada Decisión, este factor tiene valor 0,7, para el caso que nos ocupa;
- F_I. Es el factor de insumo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con los niveles de insumo en el mismo. Según el cuadro 5 de la citada Decisión, este factor tiene valor 1 para el caso que nos ocupa.

² Gómez Martínez, M. C.; Martínez López, S.; Martínez Sánchez, M. J. (2016). Informe sobre la distribución espacial del contenido en carbono orgánico en suelos de la Región de Murcia, y su aplicación a la compensación de emisiones. Murcia: Oficina de Impulso

Socioeconómico del Medio Ambiente de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

En total, el carbono orgánico en el suelo mineral, aplicando la metodología de la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, será de 13,99 tCO₂/ha.

En el caso del carbono orgánico en la vegetación por encima y por debajo del suelo, según el cuadro 13 de la Decisión de la Comisión Europea, este valor es de 3,1 tC/ha.

Por tanto, considerando una superficie aproximada de 70.000,00 m², la reserva total de carbono en el suelo ocupado por la obra será de 119,65 tC, que se corresponden con 439,12 tCO₂. Esta reserva de carbono supone una pérdida de la capacidad de sumidero del terreno de la ocupación, por tanto, se sumará al cálculo final de la huella de carbono.

Dado que no se dispone de proyecto debido a que se trata propuestas genéricas a nivel regional, para el cálculo de una estimación de la huella de carbono se considera más oportuno emplear el método compuesto de las cuentas contables (MC3), elaborado por Doménech (2004³, 2004⁴, 2007⁵).

El método se basa en cálculo de la huella ecológica de los hogares (Wackernagel et al. 2000⁶) en el cual, en primer lugar, se realiza un cálculo de los costes de consumos, en euros. Empleando un factor de conversión basado en los capítulos arancelarios, se transforman los costes de consumo en toneladas de producto consumido al año. Una vez obtenidas las toneladas de cada recurso consumidas, se calcula la cantidad de energía consumida para la producción de cada uno, empleando para ello un factor de conversión basado en la intensidad energética (cantidad de energía necesaria para producir una tonelada de producto). Esta intensidad energética se obtiene de diferentes estudios, principalmente de Wackernagel et al. (2000)⁷, Mayor Farguell (2004)⁸ y Simmons et al. (2006)⁹. Por último, para obtener la huella final de CO₂ se aplica un factor conversor que traduce los gigajulios de energía consumidos en toneladas de CO₂.

Con el fin de considerar en el cálculo la generación de residuos, la huella se basa en el cálculo de la energía consumida en la gestión del residuo generado, con la particularidad de que se descuenta la cantidad de energía que se recupera en el proceso de reciclado, en caso de que lo haya.

Para estimar el consumo energético, el método transforma los kWh en € en base al precio medio del kWh, para después, en función del pool energético, obtener las emisiones totales como el sumatorio de todas las emisiones de las diferentes fuentes energéticas que componen el pool.

Por último, en el caso de las emisiones procedentes de la movilidad una vez en funcionamiento el área prevista, el método realiza el cálculo de las emisiones de dos formas alternativas, ya sea mediante el coste en euros que supone el total de viajes, o bien en función del número de viajes y kilometraje de los mismos. Con estos datos, se obtiene un consumo de combustibles (dependiendo del medio de transporte empleado), con el cual se obtiene una estimación de la huella de carbono debido a la movilidad.

Se puede evaluar su huella de carbono en dos fases totalmente distinguidas: una de ellas es la fase de ejecución, y la otra es la fase operativa de la instalación. En nuestro caso, tan sólo se analizará la huella de carbono durante la fase de construcción debido a que los datos analizados son tan sólo una aproximación que deberá concretarse posteriormente con los sucesivos proyectos para la construcción de los diferentes intercambiadores.

Además, en cada una de estas fases, podemos dividir la emisión de gases en tres categorías, dependiendo de la fuente y la actuación de esta en ese instante. Esta organización:

- Alcance 1: combustión estacionaria y móvil de las máquinas, vehículos de gasoil y gasolina. Es decir, toda la maquinaria en propiedad que produzca emisiones;
- Alcance 2: consumo eléctrico, que tomaremos como la energía consumida;
- Alcance 3: los materiales y residuos producidos.

Uno de los primeros pasos para el cálculo de la huella de carbono según el método MC3 es determinar el coste total de la obra, a partir del cual se determinará el consumo de materiales y energía, así como la

³ Doménech, J. L. (2004). «Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible». Puertos 114: 26-31.

⁴ Doménech, J. L. (2004). «La huella ecológica empresarial: el caso del puerto de Gijón». VII Congreso Nacional de Medio Ambiente «Cumbre del Desarrollo Sostenible». Madrid: Fundación CONAMA.

⁵ Doménech, J. L. (2007). Huella ecológica y desarrollo sostenible. Madrid: AENOR Ediciones.

⁶ Wackernagel, M.; Monfreda, C.; Deumling, D.; Dholakia, R. (2000). Household Ecological Footprint Calculator. [hoja de cálculo]. <https://globalchange.umich.edu/globalchange1/current/labs/Lab8_EcologicalFootprint/ef_household_0203.xls>. [Consultado: noviembre 2019]

⁷ Wackernagel, M.; Dholakia, R.; Deumling, D.; Richardson, D. (2000). Redefining progress, Assess your Household's Ecological Footprint 2.0. [hoja de cálculo]. <http://greatchange.org/ng-footprint-ef_household_evaluation.xls>. [Consultado: noviembre 2019]

⁸ Mayor Farguell, X.; Quintana Gonzalo, V.; Belmonte Zamora, R. (2004). Aproximació a la petjada ecològica de Catalunya. Barcelona: Consell Asesor per al Desenvolupament Sostenible de la Generalitat de Catalunya. <<http://cads.gencat.cat/es/detalls/detallpublicacio/Num.-00007.-Aproximacio-a-la-petjada-ecologica-de-Catalunya>>.

⁹ Simmons, C.; González, I.; Lewis, K. (2006). Methodology for determining global sectorial material consumption, Carbon Dioxide Emissions and Ecological Footprints. Oxford: WWF One Planet Business. <http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel_2/Bitacora/Entradas/2006/6/9_BESTFOOTFORWARD_Metodologia_Consumos_de_Materiales_Sectoriales_Huella_Ecologica_y_Huella_de_Carbono_files/SIMMONS%202006.pdf>.

duración total de la obra. Para ello en primer lugar será necesario determinar el coste total de las obras. Debido a que se trata de una propuesta preliminar, todavía no se conocen los detalles concretos de las obras, y, por tanto, el presupuesto final. No obstante, según los datos del Informe de Fiscalización de las Principales Inversiones Efectuadas por FEVE en el periodo 2005-2012, cuya resolución fue publicada en el año 2017 (BOE n.º 284, 22/11/2017), donde se pueden observar las distintas inversiones realizadas por FEVE en diferentes provincias, identificadas por diferentes capítulos, se obtiene un promedio de unos 0,82 M€/km, por lo que el tramo entre Los Nietos y Cabo de Palos tendría un presupuesto orientativo de aproximadamente 8,20 M€

Localización	Longitud total de la obra (km)	Presupuesto de Ejecución Material de la obra (€)
FEVE Los Nietos-Cabo de Palos	10,00	8.200.000,00

Tabla 24. Estimación del Presupuesto de Ejecución Material de la Obra

A partir de este dato, la propia metodología MC-3, basándose el Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras públicas y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las Administraciones Públicas, puede llegar a desglosar este presupuesto en una serie de materiales, así como consumos de energía que permitirán realizar el cálculo de la huella de carbono.

En el caso concreto de las obras de construcción de las estaciones, la fórmula a emplear sería la correspondiente a un edificio genérico, que incluiría los siguientes materiales y coeficientes:

- Presupuesto de Ejecución Material (PEM) = Pr × 0,80
- Materiales bituminosos (B) = (0,01 × PEM)/0,85;
- Cemento (C) = (0,08 × PEM)/0,85;
- Energía (E) = (0,08 × PEM)/0,85;
- Madera (M) = (0,01 × PEM)/0,85;
- Productos plásticos (P) = (0,02 × PEM)/0,85;
- Áridos y rocas (R) = (0,18 × PEM)/0,85;
- Materiales siderúrgicos (S) = (0,28 × PEM)/0,85;

- Materiales electrónicos (T) = (0,01 × PEM)/0,85;

Por otro lado, para obtener la cantidad aproximada de residuos de la construcción y demolición que se obtendrán del proyecto constructivo, se han aplicado las ratios establecidos por la Asociación Española de Reciclaje de Residuos de la Construcción y Demolición, según el cual, el coeficiente de generación de residuos es de 0,14 m³/m² de obra.

Considerando un promedio de densidad de los mismos de 1,25 t/m³ (generalmente se toma como densidad tipo un valor entre 1,50 t/m³ y 0,50 t/m³; en este caso, para permanecer del lado de la seguridad se ha optado por un valor intermedio), se obtienen los siguientes resultados:

Localización	Superficie total de la obra (m ²)	Residuos generados durante las obras (t)
FEVE Los Nietos-Cabo de Palos	70.000,00	12.250,00

Tabla 25. Cálculo de la cantidad de residuos generados en las obras en la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos

Al desconocerse la duración de estas obras, se va a estimar una duración de un año, con el fin de considerar las máximas emisiones anuales de las obras.

Para el **alcance 1**, que incluye los transportes y máquinas de trabajo, se estima el tiempo de empleo de esta maquinaria, suponiendo una sola máquina en la duración de la obra, con una jornada de 8 horas y trabajando 5 días a la semana durante el total del tiempo de ejecución de las obras, obteniéndose un total de 2.080 h de trabajo

Para la estimación del consumo de combustible de esta máquina se consulta el promedio de consumo horario de combustible de la maquinaria, tomando de referencia los datos proporcionados por la mercantil CATERPILLAR, para una carga del 80 % que supone un consumo promedio de unos 50,96 l/h. Considerando un factor de emisión promedio entre la gasolina y el diésel de 2,395 kgCO₂/l, se obtienen las siguientes emisiones debidas al consumo de combustible:

Horas de trabajo	Combustible consumido (l)	Emisiones (tCO ₂)
2.080,00	105.996,80	253,86

Tabla 26. Cálculo de las emisiones de alcance 1 esperables durante las obras de construcción de la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos

Según lo establecido en Reglamento 2018/842 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018, sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2012 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento 525/2013, existe la obligación de compensar al menos el 26 % de las emisiones debidas al alcance 1, es decir que se deberá compensar al menos las siguientes emisiones:

Combustible consumido (l)	Emisiones (tCO ₂)	Emisiones a compensar (tCO ₂)
105.996,80	253,86	66,00

Tabla 27. Cálculo de las emisiones generadas durante las obras a compensar en la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos

En el caso del alcance 2, según los cálculos realizados a partir del costo total de las obras del Plan Especial, durante las obras se produce un consumo de energía equivalente a unos 500.103,53 €, que en base al coste promedio del kWh en España suponen un total aproximado de 4.527.531,01 kWh.

Coste de la energía (€)	Consumo de energía (kWh)	Emisiones (tCO ₂)
853.835,29	4.527.531,01	1.539,36

Tabla 28. Cálculo de las emisiones de alcance 2 esperables en las obras de la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos

Por último, para el alcance 3, como ya se ha comentado, a partir de los costes de cada uno de los grupos de materiales determinados con anterioridad a partir del coste total de las obras, se obtienen las toneladas

totales consumidas durante las obras. El total de la huella de carbono se obtiene sumando los tres alcances, tal y como se observa en las tablas a continuación.

Alcance	Consumos	Emisiones (tCO ₂)
Alcance 1	Combustibles (l)	105.996,80
Alcance 2	Energía (MWh)	4.527,53
	Materiales bituminosos	175,27
	Cemento	12.339,95
	Madera	206,34
Alcance 3	Materiales (t)	81,39
	Productos plásticos	81,39
	Áridos y rocas	4.111,90
	Materiales siderúrgicos	2.970,81
	Materiales electrónicos	2,31
	Residuos generados (t)	12.250,00
		19.611,24

Tabla 29. Resumen de la huella de carbono esperable durante las obras en la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos

A estas emisiones hay que añadirle la debidas a la pérdida de sumidero de CO₂ en el suelo debido a la ocupación del terreno, por lo que la huella total de las obras de construcción de este ramal entre Los Nietos y Cabo de Palos asciende a 20.050,36 tCO₂

Pérdida de la capacidad de sumidero del suelo (tCO ₂)	Emisiones generadas durante las obras (tCO ₂)	Emisiones totales (tCO ₂)	Emisiones a compensar (tCO ₂)
439,12	19.611,24	20.050,36	66,00

Tabla 30. Cálculo total de las emisiones generadas durante las obras y las emisiones a compensar en la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos

En lo que se refiere a la reducción del tráfico en la zona, se ha considerado como tráfico de referencia el que actualmente circula por la RM-12 entre Los Nietos y Cabo de Palos que, según la estación 615 situada en el tramo, asciende a 24.420 vehículos/día.

Trayecto	Vehículos/año	Longitud (km)	Kilómetros recorridos al año	Emisiones anuales (tCO ₂ /año)
Los Nietos-Cabo de Palos	8.913.300	12,00	106.959.600,00	16.788,86

Tabla 31. Cálculo de las emisiones generadas por el tráfico entre Los Nietos y Cabo de Palos

La implantación de la nueva línea entre Los Nietos y Cabo de Palos supondrá una reducción de las emisiones debida a los vehículos que dejarán de circular por el trayecto.

Trayecto	Número de vehículos particulares evitados	Emisiones anuales evitadas (tCO ₂ /año)
Los Nietos-Cabo de Palos	1.252.680	2.359,52

Tabla 32. Cálculo de las emisiones evitadas gracias a la implantación de la extensión de la línea de FEVE entre Los Nietos y Cabo de Palos

Por su parte, los trenes que circularán por este tramo también tienen sus emisiones debido al consumo de diésel. Según los datos disponibles a través de la revista Vía Libre¹⁰ de la Fundación de Ferrocarriles Españoles, tienen un consumo de gasóleo promedio entorno a los 36 l/km.

Trayecto	Número de viajes anuales	Emisiones anuales evitadas (tCO ₂ /año)
Los Nietos-Cabo de Palos	16.060	218,54

Tabla 33. Emisiones generadas por la circulación de los trenes en el tramo entre Los Nietos y Cabo de Palos

Por tanto, la implantación de esta nueva línea de FEVE entre Los Nietos y Cabo de Palos supone una reducción del 12,75 % en las emisiones anuales de CO₂ debidas al transporte de viajeros entre estas dos localidades.

¹⁰ VV. AA. (2011). Proyectos e inversiones de Feve para 2011. *Vía Libre* n.º 549

Emisiones actuales (tCO ₂ /año)	Emisiones evitadas (tCO ₂ /año)	Nuevas emisiones (tCO ₂ /año)	Emisiones totales (tCO ₂ /año)	Reducción de las emisiones (tCO ₂ /año)	% Reducido
16.788,86	2.359,52	218,54	14.647,89	2.140,97	12,75

Tabla 34. Cálculo de la reducción de las emisiones debido a la implantación de una línea FEVE entre Los Nietos y Cabo de Palos

Acción 03. Programa de desarrollo de líneas marítimas.

Como ya se ha visto, la implementación de las rutas marítimas supondrá una reducción del tráfico en los viales alrededor del Mar Menor entre 19,82 % para la AP-7 y 21,61 % para la RM-12, lo cual aleja a ambas carreteras de niveles de servicio que limiten la libre elección de la velocidad y, por tanto, alargarán su vida útil.

Carretera	Tráfico actual (vehículos/día)	Tráfico esperable (vehículos/día)	Porcentaje de reducción	Vehículos/hora/carril Futuro	Nivel de servicio futuro
AP-7	31.629	25.359	19,82	264	A
RM-12	29.006	22.736	21,61	236	A

Tabla 35. Determinación de los niveles de servicio esperables en la zona más conflictiva de los trayectos alrededor del Mar Menor

Para determinar la reducción de las emisiones se ha considerado el promedio de los aforos de tráfico en las carreteras que unen los diferentes municipios. Considerando estos tráficós, la distancia recorrida en cada trayecto, así como los consumos promedios de combustible de cada tipo de vehículo (obtenida a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y los factores de conversión obtenidos a través de la Base Carbón, se obtienen las siguientes emisiones en cada uno de los trayectos.

Trayecto	Vehículos/año	Longitud (km)	Emissiones anuales (tCO ₂ /año)
San Pedro del Pinatar	9.934.008	60	93.557,20
San Javier	9.509.746	54	80.605,40
Los Alcázares	9.295.318	48	70.033,68
Los Urrutias	9.265.525	30	43.630,75
Cabo de Palos	8.913.300	15	20.986,08

Tabla 36. Cálculo de las emisiones anuales de los vehículos en los diferentes trayectos que unen los puntos de origen y destino de las rutas marítimas propuestas

Por su parte, la implantación de las rutas marítimas, conseguirá reducir el tráfico de estos trayectos, reduciendo con ello las emisiones. Para ello se ha considerado un promedio de un viajero por vehículo en los municipios afectados por esta medida.

Trayecto	Vehículos evitados/año	Longitud (km)	Emissiones anuales evitadas (tCO ₂ /año)
San Pedro del Pinatar	457.710	60	4.310,65
San Javier	457.710	54	3.879,59
Los Alcázares	457.710	48	3.448,52
Los Urrutias	457.710	30	2.155,33
Cabo de Palos	457.710	38	2.730,08

Tabla 37. Emisiones evitadas por la implantación de las líneas de transbordador marítimo

Sin embargo, los transbordadores también tienen sus emisiones. Para determinar las emisiones de las embarcaciones se ha estimado el consumo promedio en base a la potencia de las embarcaciones. De promedio, en base al poder calorífico del combustible, se puede estimar que el consumo de una

embarcación ronda aproximadamente los 0,45 l/CV·h en el caso de las embarcaciones diesel. De esta forma, considerando la máxima velocidad de las embarcaciones en el Mar Menor limitada a 20 nudos (según lo establecido en el artículo 65 del Decreto-Ley 2/2019, de 26 de diciembre, de Protección Integral del Mar Menor —BORM n.º 298, 27/12/2019—), se obtiene un consumo promedio de las embarcaciones de 8,29 l/milla recorrida. Con estos datos, se obtienen las siguientes emisiones.

Trayecto	Viajes/año	Longitud (millas náuticas)	Emissiones anuales (tCO ₂ /año)
San Pedro del Pinatar	2.190	5,02	287,17
San Javier	2.190	4,30	245,98
Los Alcázares	2.190	5,34	305,47
Los Urrutias	2.190	7,55	431,89
Cabo de Palos	2.190	13,08	748,23

Tabla 38. Emisiones anuales debidas al transporte de viajeros por las vías marítimas en los transbordadores previstos

Por tanto, tal y como se puede observar, las emisiones de los transbordadores son superiores a las emisiones evitadas debidas al tráfico por carretera, por lo que estas rutas marítimas no supondrán una mejora de las emisiones debidas al consumo de combustible.

Trayecto	Emissiones actuales (tCO ₂ /año)	Emissiones evitadas (tCO ₂ /año)	Nuevas emisiones (tCO ₂ /año)	Emissiones totales (tCO ₂ /año)	Reducción de las emisiones (tCO ₂ /año)	% Reducido
San Pedro del Pinatar	93.557,20	4.310,65	287,17	89.533,71	4.023,49	4,30
San Javier	80.605,40	3.879,59	245,98	76.971,79	3.633,61	4,51
Los Alcázares	70.033,68	3.448,52	305,47	66.890,63	3.143,05	4,48
Los Urrutias	43.630,75	2.155,33	431,89	41.907,32	1.723,43	3,95
Cabo de Palos	20.986,08	2.730,08	748,23	54.740,47	1.981,85	3,49

Tabla 39. Cálculo de la reducción de las emisiones debido a la implantación de las nuevas líneas de transporte de viajeros marítimo

Acción 04. Programa de creación de intercambiadores de transporte público.

Con el fin de determinar los efectos de esta medida sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, se propone calcular la pérdida del sumidero de carbono en el suelo debida a la ocupación prevista que tendrán estos intercambiadores.

El cálculo que implica averiguar el espacio que debe ocupar un intercambiador, es un cálculo complejo, que requiere del estudio de numerosas variables. A falta de este estudio y de la proyección concreta de estos intercambiadores, para realizar una aproximación mínima, se empleará como base el *Diseño operacional de la terminal intercambiador Metro-TUS¹¹*, realizado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria, donde se establecen unas guías bien claras y específicas para el diseño de un intercambiador. En el caso concreto de los intercambiadores propuestos, a falta de un proyecto específico, se hará el cálculo simplificado del espacio requerido para albergar a pasajeros y dársenas, sin contar con la superficie de calzada:

- Para el cálculo del espacio para viajeros/pasajeros asumimos que:
 - La capacidad máxima de pasajeros en el intercambiador se corresponderá con la capacidad máxima de pasajeros del transporte de origen (AVE, tren, barco) no autobús. Sin considerar las frecuencias de paso, pues asumimos que las estaciones sólo se llenarán cuando pase el transporte de mayor capacidad (que además tiene una frecuencia menor);
 - Para el cálculo aproximado del espacio requerido para albergar al número máximo de pasajeros se aplicará el nivel de servicio¹² C (NSc) que establece un espacio por persona tanto en movimiento como en reposo, y que es este caso se traduce en 0.7 - 0.9 m²/persona en las zonas de espera, y 0.3 - 0.7 m²/persona en las plataformas de subida al transporte. Adoptaremos el margen superior de estos valores puesto que no se tendrán en cuenta las zonas de pasillo o zonas de paso, ni el espacio adicional para obstáculos y zonas muertas entre dársena y dársena, inevitablemente relacionadas con el diseño y otras consideraciones de tipo arquitectónico.

- Cálculo del espacio requerido en las zonas de espera:

$$\text{Superficie total requerida (m}^2\text{)} = \text{Pasajeros del transporte de origen} \times 0,9 \text{ m}^2/\text{pasajero}$$

- Cálculo del espacio requerido en las plataformas de subida al autobús (asociadas a las dársenas):

$$\text{Superficie total requerida (m}^2\text{)} = \text{Pasajeros que suben al bus} \times 0,7 \text{ m}^2/\text{pasajero}$$

El resultado sería la suma del espacio de zona de espera más el de las plataformas de subida (cuyo número será igual al del número de dársenas).

- Espacio ocupado por las dársenas:
 - El número de dársenas en el intercambiador, se corresponderá con el mínimo de autobuses necesario para transportar al máximo número de pasajeros que llegan (barco / tren / AVE) y el número de corredores de autobús (líneas) que parten de dicho intercambiador establecidos en el Anteproyecto del Plan Director de Transporte (Figura 5), recogidos en la tabla 1.

- Cálculo del mínimo de autobuses necesarios:

$$\text{N}^\circ \text{ autobuses} = \text{Pto}/\text{Pbus}$$

Siendo:

- Pto: Capacidad máxima de pasajeros que descienden del transporte de origen (barco, tren, AVE);
- Pbus. Capacidad máxima de pasajeros por autobús
- N° autobuses. Número de autobuses necesarios para transportar al máximo número de pasajeros que descienden del transporte de origen

Tipo de intercambiador	Localización	Número de corredores de autobús que convergen
Barco / Autobús	Cabo de Palos	1

¹¹ Vidondo Landa, M. (2016). Diseño operacional terminal intercambiador Metro-TUS (Sardinero). TFG. Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria.

¹² Los niveles de servicio se basan en un sistema de referencia para representar la calidad de servicio mediante el uso de una escala familiar A (mejor) a F (peor). Los umbrales de cada nivel se corresponden con una cantidad m² disponibles por persona, sin embargo se debe considerar durante cuánto tiempo van a experimentar estas condiciones los pasajeros.

Tipo de intercambiador	Localización	Número de corredores de autobús que convergen
AVE / Autobús	Puerto de Tomás Maestre	1
	San Pedro del Pinatar	1
	Cartagena	3
	Lorca	3
	Murcia	5
	Alcantarilla	4
Tren / Autobús	Archena	4
	Balsicas	1
	Calasparra	1
	Cieza	1
Cercanías / Autobús	Alhama de Murcia	2
	Águilas	3

Tabla 40. Corredores de autobús proyectados en el Plan Director de Transportes que convergen en cada intercambiador

- Los autocares contemplados para el cálculo del espacio de las dársenas serán interurbanos, con una capacidad 60 pasajeros y 12- 13 m de largo¹³;
- La medida de ocupación de las dársenas varía también en función de la disposición de las mismas. En este caso, tomaremos la dársena en línea (on-line), como medida de referencia por ser la que más espacio ocupa. En el trabajo consultado para la realización de los cálculos, el espacio asignado para las dársenas de este tipo y autobuses estándar (12-13 m de largo), es de 20 m de largo por 4 ancho. Esto se traduce en 20 m x 4 m = 80 m² por dársena.

Como se ha podido comprobar hay tres intercambiadores proyectados del tipo barco/autobús, en Cabo de Palos, Puerto de Tomás Maestre y San Pedro del Pinatar.

De los dos barcos que circulan dando servicio de transporte marítimo de pasajeros en el Mar Menor (propiedad de la empresa Bedia & Fernandez Ferrys), el de mayor capacidad puede transportar 149 pasajeros.

Tipo de intercambiador	Capacidad máxima del transporte de origen (viajeros/transporte)	Número de autobuses	Superficie de dársenas (m ²)
Barco / Autobús	149	3	240,00
AVE / Autobús	353	7	560,00
Tren / Autobús	299	6	480,00
Cercanías / Autobús	200	4	320,00

Tabla 41. Cálculo de la superficie ocupada por las dársenas en cada uno de los intercambiadores

Tipo de intercambiador	Capacidad máxima del transporte de origen (viajeros/transporte)	Superficie de zonas de espera (m ²)	Plataformas de subida a los autobuses (m ²)
Barco / Autobús	149	134,10	119,70
AVE / Autobús	353	317,70	279,30
Tren / Autobús	299	269,10	239,40
Cercanías / Autobús	200	180,00	159,60

Tabla 42. Superficies ocupadas por las zonas de espera y las plataformas de subida a los autobuses ocupadas por cada uno de los intercambiadores

¹³ Tomamos como referencia la flota de la empresa Interbus#, las plazas de sus autocares oscilan entre las 47 y 67, con una longitud de entre los 12-15 m de largo. Contamos con la media del número de plazas (aproximadamente 60), para hacer el cálculo del número de autobuses requeridos.

Tipo de intercambiador	Capacidad máxima del transporte de origen (viajeros/transporte)	Superficie total del intercambiador (m ²)
Barco / Autobús	149	493,80
AVE / Autobús	353	1.157,00
Tren / Autobús	299	988,50
Cercanías / Autobús	200	659,60

Tabla 43. Superficie total de los intercambiadores previstos

Para la estimación de la pérdida de la capacidad de sumidero del terreno objeto de urbanización, se ha tenido en cuenta la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo a efectos del anexo V de la Directiva 2009/28/CE (DOUE L nº 151, de 17/06/2010). Esta metodología implica el análisis del clima y del tipo de suelo que se presenta en la zona, así como los usos actuales del mismo:

$$CS = (SOC + C_{VEG}) \times A$$

Donde:

- CS. Reserva de carbono en el suelo;
- SOC. Carbono orgánico en el suelo mineral;
- C_{VEG}. Carbono orgánico en la vegetación por encima y por debajo del suelo.
- A. Superficie ocupada en hectáreas.

Para el cálculo del carbono orgánico en el suelo mineral se emplean una serie de índices establecidos en la propia Decisión:

$$SOC = SOC_{ST} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_I$$

Donde:

- SOC_{ST}. Es el carbono orgánico en la capa de humus de 0 a 30 cm de profundidad. Para su determinación es necesario establecer la zona climática en la que se encuentra el suelo, así como el tipo de suelo:
 - Según el Informe sobre la distribución espacial del contenido en carbono orgánico en suelos de la Región de Murcia, y su aplicación a la compensación de emisiones¹⁴, el SOC_{ST} promedio de los suelos de la Región de Murcia es de aproximadamente 19,99 tC/ha.
- F_{LU}. Es el factor de uso del suelo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con el tipo de uso del suelo en comparación con el carbono orgánico en el suelo de referencia. Se ha considerado que estas instalaciones se ubicarán en parcelas no urbanizadas que, generalmente se encuentran ocupadas por pastizales. Según el cuadro 5 de la citada Decisión este factor tiene valor 1 para el caso que nos ocupa;
- F_{MG}. Es el factor de técnicas de cultivo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con la práctica de cultivo. En este caso, al considerar parcelas no urbanizadas, se va a considerar que el suelo presenta una degradación grave. Según el cuadro 5 de la citada Decisión, este factor tiene valor 0,7, para el caso que nos ocupa;
- F_I. Es el factor de insumo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con los niveles de insumo en el mismo. Según el cuadro 5 de la citada Decisión, este factor tiene valor 1 para el caso que nos ocupa.

En total, el carbono orgánico en el suelo mineral, aplicando la metodología de la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, será de 13,99 tCO₂/ha.

En el caso del carbono orgánico en la vegetación por encima y por debajo del suelo, según el cuadro 13 de la Decisión de la Comisión Europea, este valor es de 3,1 tC/ha. Esto supone que la pérdida de la capacidad de sumidero del suelo en cada tipo de intercambiador supone valores que oscilan desde las 7,26 tCO₂ de los intercambiadores AVE/Autobús, hasta las 3,10 tCO₂ de los intercambiadores Barco/Autobús. Esta reserva de carbono supone una pérdida de la capacidad de sumidero del terreno de la ocupación, por tanto, se sumará al cálculo final de la huella de carbono.

¹⁴ Gómez Martínez, M. C.; Martínez López, S.; Martínez Sánchez, M. J. (2016). Informe sobre la distribución espacial del contenido en carbono orgánico en suelos de la Región de Murcia, y su aplicación a la compensación de emisiones. Murcia: Oficina de Impulso

Socioeconómico del Medio Ambiente de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Tipo de intercambiador	Superficie total del intercambiador (m ²)	Pérdida de la capacidad de sumidero del suelo (tCO ₂)
Barco / Autobús	493,80	3,10
AVE / Autobús	1.157,00	7,26
Tren / Autobús	988,50	6,20
Cercanías / Autobús	659,60	4,13

Tabla 44. Cálculo de la pérdida de capacidad de sumidero de CO₂ del suelo debido a la ocupación del mismo

Dado que no se dispone de proyecto debido a que se trata propuestas genéricas a nivel regional, para el cálculo de una estimación de la huella de carbono se considera más oportuno emplear el método compuesto de las cuentas contables (MC3), elaborado por Doménech (2004¹⁵, 2004¹⁶, 2007¹⁷).

El método se basa en cálculo de la huella ecológica de los hogares (Wackernagel et al. 2000¹⁸) en el cual, en primer lugar, se realiza un cálculo de los costes de consumos, en euros. Empleando un factor de conversión basado en los capítulos arancelarios, se transforman los costes de consumo en toneladas de producto consumido al año. Una vez obtenidas las toneladas de cada recurso consumidas, se calcula la cantidad de energía consumida para la producción de cada uno, empleando para ello un factor de conversión basado en la intensidad energética (cantidad de energía necesaria para producir una tonelada de producto). Esta intensidad energética se obtiene de diferentes estudios, principalmente de Wackernagel et al. (2000)¹⁹, Mayor Farguell (2004)²⁰ y Simmons et al. (2006)²¹. Por último, para obtener la huella final de CO₂ se aplica un factor conversor que traduce los gigajulios de energía consumidos en toneladas de CO₂.

Con el fin de considerar en el cálculo la generación de residuos, la huella se basa en el cálculo de la energía consumida en la gestión del residuo generado, con la particularidad de que se descuenta la cantidad de energía que se recupera en el proceso de reciclado, en caso de que lo haya.

Para estimar el consumo energético, el método transforma los kWh en € en base al precio medio del kWh, para después, en función del pool energético, obtener las emisiones totales como el sumatorio de todas las emisiones de las diferentes fuentes energéticas que componen el pool.

Por último, en el caso de las emisiones procedentes de la movilidad una vez en funcionamiento el área prevista, el método realiza el cálculo de las emisiones de dos formas alternativas, ya sea mediante el coste en euros que supone el total de viajes, o bien en función del número de viajes y kilometraje de los mismos. Con estos datos, se obtiene un consumo de combustibles (dependiendo del medio de transporte empleado), con el cual se obtiene una estimación de la huella de carbono debido a la movilidad.

Se puede evaluar su huella de carbono en dos fases totalmente distinguidas: una de ellas es la fase de ejecución, y la otra es la fase operativa de la instalación. En nuestro caso, tan sólo se analizará la huella de carbono durante la fase de construcción debido a que los datos analizados son tan sólo una aproximación que deberá concretarse posteriormente con los sucesivos proyectos para la construcción de los diferentes intercambiadores.

Además, en cada una de estas fases, podemos dividir la emisión de gases en tres categorías, dependiendo de la fuente y la actuación de esta en ese instante. Esta organización:

- Alcance 1: combustión estacionaria y móvil de las máquinas, vehículos de gasoil y gasolina. Es decir, toda la maquinaria en propiedad que produzca emisiones;
- Alcance 2: consumo eléctrico, que tomaremos como la energía consumida;
- Alcance 3: los materiales y residuos producidos.

¹⁵ Doménech, J. L. (2004). «Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible». Puertos 114: 26-31.

¹⁶ Doménech, J. L. (2004). «La huella ecológica empresarial: el caso del puerto de Gijón». VII Congreso Nacional de Medio Ambiente «Cumbre del Desarrollo Sostenible». Madrid: Fundación CONAMA.

¹⁷ Doménech, J. L. (2007). Huella ecológica y desarrollo sostenible. Madrid: AENOR Ediciones.

¹⁸ Wackernagel, M.; Monfreda, C.; Deumling, D.; Dholakia, R. (2000). Household Ecological Footprint Calculator. [hoja de cálculo]. <https://globalchange.umich.edu/globalchange1/current/labs/Lab8_EcologicalFootprint/ef_household_0203.xls>. [Consultado: noviembre 2019]

¹⁹ Wackernagel, M.; Dholakia, R.; Deumling, D.; Richardson, D. (2000). Redefining progress, Assess your Household's Ecological Footprint 2.0. [hoja de cálculo]. <http://greatchange.org/ng-footprint-ef_household_evaluation.xls>. [Consultado: noviembre 2019]

²⁰ Mayor Farguell, X.; Quintana Gonzalo, V.; Belmonte Zamora, R. (2004). Aproximació a la petjada ecològica de Catalunya. Barcelona: Consell Asesor per al Desenvolupament Sostenible de la Generalitat de Catalunya. <<http://cads.gencat.cat/es/details/detallpublicacio/Num.-00007.-Aproximacio-a-la-petjada-ecologica-de-Catalunya>>.

²¹ Simmons, C.; González, I.; Lewis, K. (2006). Methodology for determining global sectorial material consumption, Carbon Dioxide Emissions and Ecological Footprints. Oxford: WWF One Planet Business. <http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel_2/Bitacora/Entradas/2006/6/9_BESTFOOTFORWARD_Metodologia_Consumos_de_Materiales_Sectoriales_Huella_Ecologica_y_Huella_de_Carbono_files/SIMMONS%202006.pdf>.

Uno de los primeros pasos para el cálculo de la huella de carbono según el método MC3 es determinar el coste total de la obra, a partir del cual se determinará el consumo de materiales y energía, así como la duración total de la obra. Para ello en primer lugar será necesario determinar el coste total de las obras. Debido a que se trata de una propuesta preliminar, todavía no se conocen los detalles concretos de las obras, sin embargo, el Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia dispone de un «método sintético para la determinación de un presupuesto de referencia» que permite, por medio de una serie de coeficientes, la obtención de un presupuesto aproximado del coste de una obra de edificación en función de la superficie de la misma, la ubicación, el tipo de uso del edificio y la calidad de los acabados.

$$Pr = (Mr \times Ag \times Kc) \times Sc$$

Donde:

- Pr. Presupuesto de referencia;
- Mr. Módulo de referencia. En el caso que nos ocupa, dado que el método no incluye de forma expresa la construcción de estaciones de autobús, se va a considerar un coste promedio. Según el propio método sintético el coste promedio, actualizado según el IPC, sería de unos 566,03 €/m², a los que habrá que sumar los costes de la superficie tratada de parcela (47,74 €/m²), los costes de urbanización exterior (32,34 €/m²) y los costes de la urbanización completa (95,63 €/m²), obteniéndose un total de 741,74 €/m²;
- Ag. Área geográfica. Según el propio método del Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia, se establecen tres áreas geográficas, donde la mayor parte de las capitales municipales se ubican en el área 1;
- Kc. Coeficiente de calidad. Se ha considerado un coeficiente de calidad normal de 1;
- Sc. Superficie construida.

Por tanto, los presupuestos orientativos de cada uno de los intercambiadores ascenderán a las siguientes cantidades, presentadas en la tabla:

Tipos de intercambiador	Superficie total del intercambiador (m ²)	Presupuesto de Ejecución Material de la obra (€)
Barco / Autobús	493,80	366.271,21
AVE / Autobús	1.157,00	858.193,18
Tren / Autobús	988,50	733.209,99
Cercanías / Autobús	659,60	489.251,70

Tabla 45. Cálculo del presupuesto de referencia de cada uno de los tipos de estación de intercambio

A partir de este dato, la propia metodología MC-3, basándose el Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras públicas y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las Administraciones Públicas, puede llegar a desglosar este presupuesto en una serie de materiales, así como consumos de energía que permitirán realizar el cálculo de la huella de carbono.

En el caso concreto de las obras de construcción de las estaciones, la fórmula a emplear sería la correspondiente a un edificio genérico, que incluiría los siguientes materiales y coeficientes:

- Presupuesto de Ejecución Material (PEM) = Pr × 0,80
- Aluminio (A) = (0,04 × PEM)/0,85;
- Materiales bituminosos (B) = (0,01 × PEM)/0,85;
- Cemento (C) = (0,08 × PEM)/0,85;
- Energía (E) = (0,01 × PEM)/0,85;
- Focos y luminarias (F) = (0,02 × PEM)/0,85;
- Materiales cerámicos (L) = (0,03 × PEM)/0,85;
- Madera (M) = (0,08 × PEM)/0,85;
- Productos plásticos (P) = (0,04 × PEM)/0,85;
- Productos químicos (Q) = (0,01 × PEM)/0,85;
- Áridos y rocas (R) = (0,06 × PEM)/0,85;
- Materiales siderúrgicos (S) = (0,15 × PEM)/0,85;

- Materiales electrónicos (T) = $(0,02 \times \text{PEM})/0,85$;
- Cobre (U) = $(0,02 \times \text{PEM})/0,85$;
- Vidrio (V) = $(0,01 \times \text{PEM})/0,85$;

Por otro lado, para obtener la cantidad aproximada de residuos de la construcción y demolición que se obtendrán del proyecto constructivo, se han aplicado las ratios establecidos por la Asociación Española de Reciclaje de Residuos de la Construcción y Demolición, según el cual, el coeficiente de generación de residuos es de $0,14 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de obra.

Considerando un promedio de densidad de los mismos de $1,25 \text{ t}/\text{m}^3$ (generalmente se toma como densidad tipo un valor entre $1,50 \text{ t}/\text{m}^3$ y $0,50 \text{ t}/\text{m}^3$; en este caso, para permanecer del lado de la seguridad se ha optado por un valor intermedio), se obtienen los siguientes resultados:

Tipos de intercambiador	Superficie total del intercambiador (m ²)	Residuos generados durante las obras (t)
Barco / Autobús	493,80	86,41
AVE / Autobús	1.157,00	202,47
Tren / Autobús	988,50	172,99
Cercanías / Autobús	659,60	115,43

Tabla 46. Cálculo orientativo de la cantidad de residuos que se puede generar en cada una de los intercambiadores durante las obras

Según Valderrama (2007)²² no existen en España estudios sobre costes y duraciones globales de la ejecución de las obras, pero el Building Cost Information Service (BCIS) de Gran Bretaña propone una fórmula para estimar la duración en semanas de un proyecto:

$$T = \text{Log}(\text{Pr}) \times 22,4 - 91,4$$

A partir de esta expresión Valderrama propone una serie de fórmulas dependiendo del tipo constructivo al que se aplique, permitiendo obtener una aproximación de la duración de las obras. En el caso de las estaciones de intercambio se ha considerado la expresión correspondiente a las oficinas debido a que se trata de la edificación más parecida a la estación, que sería la siguiente:

$$T = \text{Log}(\text{Pr}) \times 22,6 - 96,9$$

De tal forma que el proyecto de construcción de los intercambiadores duraría los siguientes plazos aproximados:

Tipo de intercambiador	Presupuesto de Ejecución Material de la obra (€)	Duración estimada de las obras (semanas)
Barco / Autobús	366.271,21	28,84
AVE / Autobús	858.193,18	37,20
Tren / Autobús	733.209,99	35,65
Cercanías / Autobús	489.251,70	31,68

Tabla 47. Duración aproximada de las obras de cada uno de los tipos de intercambiadores

Como la duración de las obras en todos los casos es inferior al año, se considerará el total de la huella de carbono de cada una de las obras como $\text{tCO}_2/\text{año}$.

Para el **alcance 1**, que incluye los transportes y máquinas de trabajo, se estima el tiempo de empleo de esta maquinaria, suponiendo una sola máquina en la duración de la obra, con una jornada de 8 horas y trabajando 5 días a la semana durante el total del tiempo de ejecución de las obras.

²²Valderrama, F. 2007. Mediciones y Presupuestos y otros A4 del proyecto según el CTE. Manuales Universales de Edificación. Ed. Reverté. Barcelona

Tipo de intercambiador	Horas de trabajo
Barco / Autobús	1.153,60
AVE / Autobús	1.488,00
Tren / Autobús	1.426,00
Cercanías / Autobús	1.267,20

Tabla 48. Estimación de las horas de trabajo previstas para cada tipo de intercambiador

Para la estimación del consumo de combustible de esta máquina se consulta el promedio de consumo horario de combustible de la maquinaria, tomando de referencia los datos proporcionados por la mercantil CATERPILLAR, para una carga del 80 % que supone un consumo promedio de unos 50,96 l/h. Considerando un factor de emisión promedio entre la gasolina y el diésel de 2,395 kgCO₂/l, se obtienen las siguientes emisiones debidas al consumo de combustible:

Tipo de intercambiador	Horas de trabajo	Combustible consumido (l)	Emisiones (tCO ₂)
Barco / Autobús	1.153,60	58.787,46	140,80
AVE / Autobús	1.488,00	75.828,48	181,61
Tren / Autobús	1.426,00	72.668,96	174,04
Cercanías / Autobús	1.267,20	64.576,51	154,66

Tabla 49. Cálculo de las emisiones de alcance 1 esperables durante las obras en cada uno de los tipos de intercambiador

Según lo establecido en Reglamento 2018/842 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018, sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2012 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento 525/2013, existe la obligación de compensar al menos el 26 % de las emisiones debidas al alcance 1, es decir que se deberá compensar al menos las siguientes emisiones:

Tipo de intercambiador	Combustible consumido (l)	Emisiones (tCO ₂)	Emisiones a compensar (tCO ₂)
Barco / Autobús	58.787,46	140,80	36,61
AVE / Autobús	75.828,48	181,61	47,22
Tren / Autobús	72.668,96	174,04	45,25
Cercanías / Autobús	64.576,51	154,66	40,21

Tabla 50. Cálculo de las emisiones generadas durante las obras a compensar en cada uno de los tipos de intercambiadores

En el caso del alcance 2, según los cálculos realizados a partir del costo total de las obras del Plan Especial, durante las obras se produce un consumo de energía equivalente a unos 2.000,00 €, que en base al coste promedio del kWh en España suponen un total aproximado de 15.000,00 kWh.

Tipo de intercambiador	Coste de la energía (€)	Consumo de energía (kWh)	Emisiones (tCO ₂)
Barco / Autobús	2.792,28	25.279,03	8,56
AVE / Autobús	6.542,46	59.230,12	20,06
Tren / Autobús	5.589,65	50.604,15	17,14
Cercanías / Autobús	3.729,82	33.766,76	11,44

Tabla 51. Cálculo de las emisiones de alcance 2 esperables en las obras de cada uno de los tipos de intercambiador

Por último, para el alcance 3, como ya se ha comentado, a partir de los costes de cada uno de los grupos de materiales determinados con anterioridad a partir del coste total de las obras, se obtienen las toneladas totales consumidas durante las obras. El total de la huella de carbono se obtiene sumando los tres alcances, tal y como se observa en las tablas a continuación.

Tipo de intercambiador	Alcance	Consumos	Emisiones (tCO ₂)		
Barco / Autobús	Alcance 1	Combustibles (l)	58.787,46	140,80	
	Alcance 2	Energía (kWh)	25.279,03	8,56	
	Alcance 3	Materiales (t)	Aluminio	4,55	35,53
			Materiales bituminosos	7,83	0,29
			Cemento	551,19	477,33

Tipo de intercambiador	Alcance	Consumos	Emisiones (tCO ₂)	
		Focos y luminarias	0,71	4,88
		Materiales cerámicos	24,77	4,96
		Madera	36,87	1,35
		Productos plásticos	7,27	17,33
		Productos químicos	2,63	3,86
		Áridos y rocas	61,22	0,67
		Materiales siderúrgicos	71,09	157,18
		Materiales electrónicos	0,62	10,91
		Cobre	0,87	1,25
		Vidrio	3,39	3,13
		Residuos generados (t)	86,41	1,90
				869,93

Tabla 52. Resumen de la huella de carbono esperable durante las obras en los intercambiadores del tipo barco/autobús

Tipo de intercambiador	Alcance	Consumos	Emisiones (tCO ₂)	
	Alcance 1	Combustibles (l)	75.828,48	181,61
	Alcance 2	Energía (kWh)	59.230,12	20,06
		Aluminio	10,67	83,24
		Materiales bituminosos	18,34	0,68
		Cemento	1.291,47	1.118,41
		Focos y luminarias	1,67	11,44
		Materiales cerámicos	58,04	11,63
		Madera	86,38	3,17
AVE / Autobús	Alcance 3	Materiales (t)	Productos plásticos	17,04
			Productos químicos	6,16
			Áridos y rocas	143,45
			Materiales siderúrgicos	166,56
			Materiales electrónicos	1,45
			Cobre	2,03
			Vidrio	7,95
			Residuos generados (t)	202,47
				4,45
				1.890,01

Tabla 53. Resumen de la huella de carbono esperable durante las obras en los intercambiadores tipo AVE/autobús

Tipo de intercambiador	Alcance	Consumos	Emisiones (tCO ₂)	
	Alcance 1	Combustibles (l)	72.668,96	174,04
	Alcance 2	Energía (kWh)	50.604,15	17,14
		Aluminio	9,11	71,12
		Materiales bituminosos	15,67	0,58
		Cemento	1.103,39	955,53
		Focos y luminarias	1,42	9,77
		Materiales cerámicos	49,59	9,93
		Madera	73,80	2,71
Tren / Autobús	Alcance 3	Materiales (t)	Productos plásticos	14,55
			Productos químicos	5,27
			Áridos y rocas	122,56
			Materiales siderúrgicos	142,31
			Materiales electrónicos	1,27
			Cobre	1,74
			Vidrio	6,79
			Residuos generados (t)	172,99
				3,81
				1.633,64

Tabla 54. Resumen de la huella de carbono esperable durante las obras del intercambiador tipo tren/autobús

Tipo de intercambiador	Alcance	Consumos	Emisiones (tCO ₂)		
Cercanías / Autobús	Alcance 1	Combustibles (l)	64.576,51	154,66	
	Alcance 2	Energía (kWh)	33.766,76	11,44	
		Aluminio	6,08	47,46	
		Materiales bituminosos	10,46	0,39	
		Cemento	736,26	637,60	
		Focos y luminarias	0,95	6,52	
		Materiales cerámicos	33,09	6,63	
		Madera	49,25	1,81	
	Alcance 3	Materiales (t)	Productos plásticos	9,71	23,14
			Productos químicos	3,51	5,15
			Áridos y rocas	81,78	0,90
			Materiales siderúrgicos	94,96	209,95
			Materiales electrónicos	0,83	14,57
			Cobre	1,16	1,67
			Vidrio	4,53	4,18
			Residuos generados (t)	115,43	2,54
				1.128,61	

Tabla 55. Resumen de la huella de carbono esperable durante las obras del intercambiador tipo cercanías/autobús

A todas estas huellas de carbono, hay que añadirle la pérdida de sumidero por parte del suelo debido a la ocupación del mismo, por lo que la huella de carbono final será la que se muestra en la tabla a continuación:

Localización	Tipo	Huella de carbono total	Pérdida de sumidero	Total
Cabo de Palos	Barco / Autobús	869,93	3,10	873,03
Puerto de Tomás Maestre	Barco / Autobús	869,93	3,10	873,03
San Pedro del Pinatar	Barco / Autobús	869,93	3,10	873,03
Cartagena	AVE / Autobús	1.890,01	7,26	1.897,27
Lorca	AVE / Autobús	1.890,01	7,26	1.897,27
Murcia	AVE / Autobús	1.890,01	7,26	1.897,27

²³ Siguiendo los mismos cálculos que los realizados para el resto de las líneas interurbanas en la Región de Murcia, considerando autobuses que disponen de 47 a 57 plazas, como los que ofrecen servicio al Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia.

Localización	Tipo	Huella de carbono total	Pérdida de sumidero	Total
Alcantarilla	Tren / Autobús	1.633,64	6,20	1.639,84
Archena	Tren / Autobús	1.633,64	6,20	1.639,84
Balsicas	Tren / Autobús	1.633,64	6,20	1.639,84
Calasparra	Tren / Autobús	1.633,64	6,20	1.639,84
Cieza	Tren / Autobús	1.633,64	6,20	1.639,84
Alhama de Murcia	Cercanías / Autobús	1.128,61	4,13	1.132,74
Águilas	Cercanías / Autobús	1.128,61	4,13	1.132,74
				18.775,58

Tabla 56. Cálculo de la huella de carbono final esperable durante las obras, incluyendo la pérdida de la capacidad de sumidero del suelo debido a la ocupación del mismo

Por tanto, la aplicación de esta medida supone una huella de carbono total de 18.775,58 tCO₂ durante las obras de ejecución.

Acción 05. Programa de creación de estaciones de autobús.

Como ya se ha comentado, esta medida tan sólo tendría efectos en el municipio de Caravaca de la Cruz, pues es el único municipio en el cual los servicios ofrecidos por la estación de autobús no se ven suplidos por un intercambiador.

En este punto convergen tres corredores de autobús que provienen de Cieza, Mula y Lorca. Para determinar la superficie destinada a esta estación, se estimará un promedio de 60²³ viajeros por cada autobús y un mínimo de tres autobuses (uno por cada uno de los corredores) en la estación. Realizando los mismos cálculos que los de los intercambiadores, se obtiene la siguiente necesidad de superficie para la estación de Caravaca de la Cruz.

Localización	Capacidad máxima del transporte de origen (viajeros/transporte)	Superficie total del intercambiador (m ²)
Caravaca de la Cruz	180	521,70

Tabla 57. Cálculo de la superficie mínima de la estación de autobuses necesaria en Caravaca de la Cruz.

Aplicando la metodología establecida en la Decisión de la Comisión Europea de 10 de junio de 2010, sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo a efectos del anexo V de la Directiva 2009/28/CE (DOUE L nº 151, de 17/06/2010), y siguiendo los datos obtenidos por el Informe sobre la distribución espacial del contenido en carbono orgánico en suelos de la Región de Murcia, y su aplicación a la compensación de emisiones, se obtiene que la ocupación de la superficie de suelo de esta estación supondrá una pérdida de la capacidad de sumidero del suelo

Localización	Superficie total de la estación (m ²)	Pérdida de la capacidad de sumidero del suelo (tCO ₂)
Caravaca de la Cruz	521,70	3,27

Tabla 58. Cálculo de la pérdida de capacidad de sumidero del suelo esperable por la construcción de una nueva estación de autobuses en Caravaca de la Cruz

En base al método sintético para la determinación del presupuesto de referencia del Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia, ya mencionado anteriormente para determinar la huella de carbono de los intercambiadores, se puede obtener un presupuesto de referencia para esta estación de autobuses.

Localización	Superficie total de la estación (m ²)	Presupuesto de Ejecución Material de la obra (€)
Caravaca de la Cruz	521,70	386.965,76

Tabla 59. Cálculo del presupuesto orientativo de la construcción de la estación de autobuses en Caravaca de la Cruz

Siguiendo la metodología de Valderrama, ya indicada anteriormente, se obtiene que estas obras tendrían una duración aproximada de 29,38 semanas.

Con estos datos, y aplicando la metodología ya indicada para los intercambiadores, se obtienen los siguientes consumos de materiales y energía y las consiguientes emisiones.

Alcance	Consumos	Emisiones (tCO ₂)
Alcance 1	Combustibles (l)	59.888,19
Alcance 2	Energía (kWh)	26.707,31
	Aluminio	4,81
	Materiales bituminosos	8,27
	Cemento	582,33
	Focos y luminarias	0,75
	Materiales cerámicos	26,17
	Madera	38,95
Alcance 3	Materiales (t)	
	Productos plásticos	7,68
	Productos químicos	2,78
	Áridos y rocas	64,68
	Materiales siderúrgicos	75,10
	Materiales electrónicos	0,65
	Cobre	0,92
	Vidrio	3,58
	Residuos generados (t)	91,30
		913,78

Tabla 60. Resumen de la huella de carbono esperable debida a las obras de construcción de una estación de autobuses en Caravaca de la Cruz

Aplicando el mismo criterio de compensación del 26 % de las emisiones de alcance 1, se obtiene que será necesario compensar un total de 37,29 tCO₂.

Esta huella de carbono, sumada a la pérdida de la capacidad de absorción del suelo supone unas emisiones totales equivalentes a 917,05 tCO₂.

Localización	Huella de carbono total	Pérdida de sumidero	Total
Caravaca de la Cruz	913,78	3,27	917,05

Tabla 61. Cálculo de la huella de carbono final debida a las obras de construcción de una nueva estación de autobuses en Caravaca de la Cruz

1.3. EJE 3: TARIFICACIÓN Y FINANCIACIÓN.

Las acciones propuestas incluidas en el Eje 3, tal y como se ha comentado, no suponen la creación de nuevas redes ni infraestructuras de transporte, tan sólo actuaciones para la mejor gestión y rentabilidad del transporte por carretera. Lo que implica medidas principalmente administrativas, por lo que se considera que no tendrán efectos significativos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero.

1.4. EJE 4: INSTRUMENTOS DE GESTIÓN

De la misma manera que se ha indicado para el Eje 3, las acciones propuestas incluidas en el Eje 4 no suponen la creación de nuevas redes ni infraestructuras de transporte, tan sólo actuaciones para la mejor gestión del transporte por carretera. Por lo que tampoco tendrán efectos significativos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero.

1.5. HUELLA DE CARBONO TOTAL DE LAS ACTUACIONES PROPUESTAS POR EL PLAN DIRECTOR DE TRANSPORTE DE VIAJEROS DE LA REGIÓN DE MURCIA

Con la aplicación de todas las propuestas indicadas en el Plan Director de Transporte de Viajeros de la Región de Murcia, se consiguen evitar un total de 217.728,60 tCO₂/año gracias a la reducción del tráfico de los vehículos particulares, mientras que, debido a la implantación de los nuevos servicios de transporte colectivo se emitirán 17.098,02 tCO₂/año, de tal forma que al final se consigue una reducción en las emisiones de alrededor de 200.630,58 tCO₂/año, lo que supone aproximadamente el 15,50 % de las emisiones anuales debidas al transporte de viajeros.

Acción	Emisiones actuales (tCO ₂ /año)	Emisiones evitadas (tCO ₂ /año)	Nuevas emisiones (tCO ₂ /año)	Emisiones totales (tCO ₂ /año)	Reducción de las emisiones (tCO ₂ /año)	% Reducido/año
Eje 01. Acción 01. Creación de redes municipales de transporte público						
Alcantarilla	51.804,17	2.660,55	1.984,50	51.128,12	676,05	1,31
Caravaca de la Cruz	32.886,02	2.297,57	1.323,00	31.911,45	974,57	2,96
Totana	47.677,97	2.680,17	1.323,00	46.320,80	1.357,17	2,85
Eje 01. Acción 02. Creación de servicios urbanos en zonas de interés turístico						
Los Alcázares	56.765,32	2.145,51	1.653,75	56.273,56	491,76	0,87
Mazarrón	85.508,88	2.892,07	1.984,50	84.601,31	907,57	1,06
San Javier	119.399,50	4.325,35	2.976,75	118.050,90	1.348,60	1,13
San Pedro del Pinatar	63.730,56	1.906,14	1.323,00	63.147,42	583,14	0,92
Eje 01. Acción 04. Creación de un servicio en el Aeropuerto Internacional de la Región de Murcia						
Aeropuerto-Murcia	2.007,82	1.173,39	71,4	905,83	1.101,99	54,88
Aeropuerto-Cartagena-La Manga	2.436,54	1.423,96	183,31	1.195,89	1.240,65	50,92
Aeropuerto-Mar Menor	1.129,60	660,07	145,07	614,60	515,00	45,59
Aeropuerto-Águilas	1.894,94	1.107,43	251,66	1.039,17	855,77	45,16
Eje 02. Acción 02. Creación de líneas ferroviarias regionales o equivalentes						
Cartagena-Cieza	500.469,44	759,90	12	499.721,54	747,90	0,15
Murcia-Arrixaca		77.417,10	814,68	76.602,42	76.602,42	
Murcia-Molina de Segura		97.395,70	814,68	96.581,02	96.581,02	
Los Nietos-Cartagena	16788,86	2.359,52	218,54	14.647,88	2.140,98	12,75
Eje 02. Acción 03. Desarrollo de líneas marítimas						
San Pedro del Pinatar	93.557,20	4.310,65	287,09	89.533,64	4.023,56	4,30
San Javier	80.605,40	3.879,59	245,91	76.971,72	3.633,68	4,51
Los Alcázares	70.033,68	3.448,52	305,39	66.890,55	3.143,13	4,49
Los Urrutias	43.630,75	2.155,33	431,77	41.907,19	1.723,56	3,95
Cabo de Palos	20.986,08	2.730,08	748,03	19.004,03	1.982,05	9,44
TOTAL	1.291.312,73	217.728,60	17.098,02	1.090.682,15	200.630,58	15,54

Tabla 62. Reducción de las emisiones debidas a la reducción del tráfico provocado por la aplicación de las diferentes propuestas del Plan Director de Transporte de Viajeros de la Región de Murcia

Por otro lado, la construcción de los nuevos equipamientos e infraestructuras supone la ocupación de suelo, por tanto, una pérdida de la capacidad de sumidero de CO₂ por parte del suelo, así como una serie de emisiones debidas a las obras. En total todas estas emisiones supondrán un total de 39.743,08 tCO₂.

Acción	Sumidero	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
Los Nietos-Cabo de Palos	439,12	253,86	1.539,36	17.818,02	20.050,36
Cabo de Palos	3,10	140,80	8,56	720,60	873,06
Puerto de Tomás Maestre	3,10	140,80	8,56	720,60	873,06
San Pedro del Pinatar	3,10	140,80	8,56	720,60	873,06
Cartagena	7,26	181,61	20,00	1.688,40	1.897,27
Lorca	7,26	181,61	20,00	1.688,40	1.897,27
Murcia	7,26	174,04	20,00	1.688,40	1.897,27
Alcantarilla	6,20	174,04	17,14	1.442,46	1.639,84
Archena	6,20	174,04	17,14	1.442,46	1.639,84
Balsicas	6,20	174,04	17,14	1.442,46	1.639,84
Calasparra	6,20	174,04	17,14	1.442,46	1.639,84
Cieza	6,20	174,04	17,14	1.442,46	1.639,84
Alhama de Murcia	4,13	154,66	11,44	962,51	1.132,74
Águilas	4,13	154,66	11,44	962,51	1.132,74
Caravaca de la Cruz	3,27	143,43	9,04	761,31	917,05
TOTAL	512,73	2.544,04	1.742,66	34.943,65	39.743,08

Tabla 63. Emisiones producidas durante las obras de los equipamientos e infraestructuras propuestos por el Plan Director de Transporte de Viajeros de la Región de Murcia

En total contando todas las actuaciones propuestas por el Plan Director de Transporte de Viajeros de la Región de Murcia supondrán una reducción de las emisiones de alrededor de **160.887,50 tCO₂/año, lo cual, sin duda será un impacto positivo sobre el cambio climático.**

No obstante, dado el grado de concreción del Plan Director de Transporte de Viajeros de la Región de Murcia, cada uno de los proyectos de desarrollo del mismo deberán plantear su propio análisis de la huella

de carbono y las emisiones generadas con el fin de analizar con más detalle este efecto y prever posibles desviaciones dentro del procedimiento ambiental aplicable a cada caso.

