

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla Año 2019



Documento elaborado con el apoyo de:

Dirección del informe:

Álvaro Rodríguez Dapena (Puertos del Estado)
Obdulio Serrano Hidalgo (Puertos del Estado)

Ponencia y redacción:

Laura Crespo Garcia (CETA-CEDEX)
Fernando Jiménez Arroyo (CETA-CEDEX)

Colaboraciones:

Antonio Bejarano Moreno (Autoridad Portuaria de Sevilla)
María del Carmen Ruiz Ruiz (Autoridad Portuaria de Sevilla)

ÍNDICE

1. BREVE REFERENCIA A LA METODOLOGÍA EMPLEADA	1
2. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO PORTUARIO	3
2.1. CARACTERÍSTICAS DEL PUERTO DE SEVILLA	3
3. DELIMITACIÓN DEL ALCANCE DEL CÁLCULO DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA Y HUELLA DE CARBONO	10
3.1. ALCANCE 1	10
3.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DIRECTAS FIJAS QUE GENERAN EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	10
3.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DIRECTAS MÓVILES QUE GENERAN EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	10
3.1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DIRECTAS ASOCIADAS A INSTALACIONES DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN CON EMISIÓN DE GEI	11
3.1.4. FACTORES DE EMISIÓN DE GEI EN LAS FUENTES DIRECTAS FIJAS Y MÓVILES: VEHÍCULOS TERRESTRES	11
3.1.5. CÁLCULO DE EMISIONES DE GEI DE FUENTES DIRECTAS FIJAS Y MÓVILES	11
3.2. ALCANCE 2	12
3.2.1. FACTORES DE EMISIÓN CO ₂ y CO ₂ eq DE LA EMPRESA COMERCIALIZADORA DEL SERVICIO ELÉCTRICO A LA APdS	13
3.2.2. CÁLCULO DE EMISIONES INDIRECTAS DE GEI POR CONSUMO DE ELECTRICIDAD	13
3.3. ALCANCE 3	13
3.3.1. EMISIONES DIRECTAS DE GEI DE LAS EMPRESAS CONCESIONARIAS	14
3.3.2. EMISIONES INDIRECTAS DE GEI ASOCIADAS AL CONSUMO DE ELECTRICIDAD DE LAS EMPRESAS CONCESIONARIAS	19
3.3.3. EMISIONES DE GEI ASOCIADAS A LAS EMPRESAS CONCESIONARIAS DEL PdS (FUENTES DIRECTAS E INDIRECTAS)	21
3.3.4. CONSUMOS DE ENERGÍA Y EMISIONES DE GEI DEL TRÁFICO MARÍTIMO EN EL PUERTO	24

3.3.5. CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES GEI ASOCIADAS AL TRÁFICO DE MERCANCÍAS POR CAMIÓN EN EL PUERTO	31
3.3.6. CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES GEI DEL TRÁFICO DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL EN EL PUERTO	33
3.3.7. CONSUMO DE ENERGÍA ASOCIADA AL PASO DE VIAJEROS DE CRUCERISTAS POR EL RECINTO PORTUARIO	33
3.4. COMPARACION DE RESULTADOS. PESO DE ACTIVIDADES EN LA GENERACIÓN DE GEI EN EL PUERTO	34
4. ANALISIS DE RESULTADOS. CONCLUSIONES	36
5. BIBLIOGRAFÍA.....	41
ANEXO I: CUESTIONARIO DE CONSUMO DE ENERGÍA EN LAS EMPRESAS CONCESIONARIAS DEL PDS	I

1. BREVE REFERENCIA A LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La *Guía para el cálculo de la Huella de Carbono en Puertos*, desarrollada por Puertos del Estado y el CEDEX, sirve como de referencia para trabajar la huella de carbono del Puerto de Sevilla (PdS).

Esta guía fue el resultado de un trabajo conjunto con diferentes Autoridades Portuarias (AAPP) con experiencia en trabajos de este tipo, organizaciones empresariales, empresas privadas y autoridades académicas especializadas en el ámbito de la ingeniería marina, náutica y electrónica. Se partió de la metodología GHG Protocol, cuyo objetivo es ordenar las actividades portuarias para elaborar un inventario de emisiones de forma organizada, sin que se produzcan vacíos de información, o solapamientos de actividades con capacidad emisora de GEI y contaminantes atmosféricos.

El GHG Protocol es una iniciativa puesta en marcha por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), apoyado por numerosas empresas, organizaciones no gubernamentales y administraciones públicas con interés y competencias en esta materia. Por todo ello, el GHG Protocol se convierte en una metodología para cuantificar e informar de las emisiones de actividades generadoras de emisiones de gases de efecto invernadero. Este inventario de actividades permite la identificación de los consumos de energía de combustibles fósiles y vectores energéticos, para con posterioridad calcular las emisiones de gases de efecto invernadero y otras emisiones de gases contaminantes asociadas a la actividad portuaria (cuando se pasa a elaborar el inventario de emisiones atmosféricas). En la Figura 1 se describe el esquema del protocolo GHG Protocol, y las actividades generadoras de emisiones asociadas a sus tres alcances, que se definen a continuación.

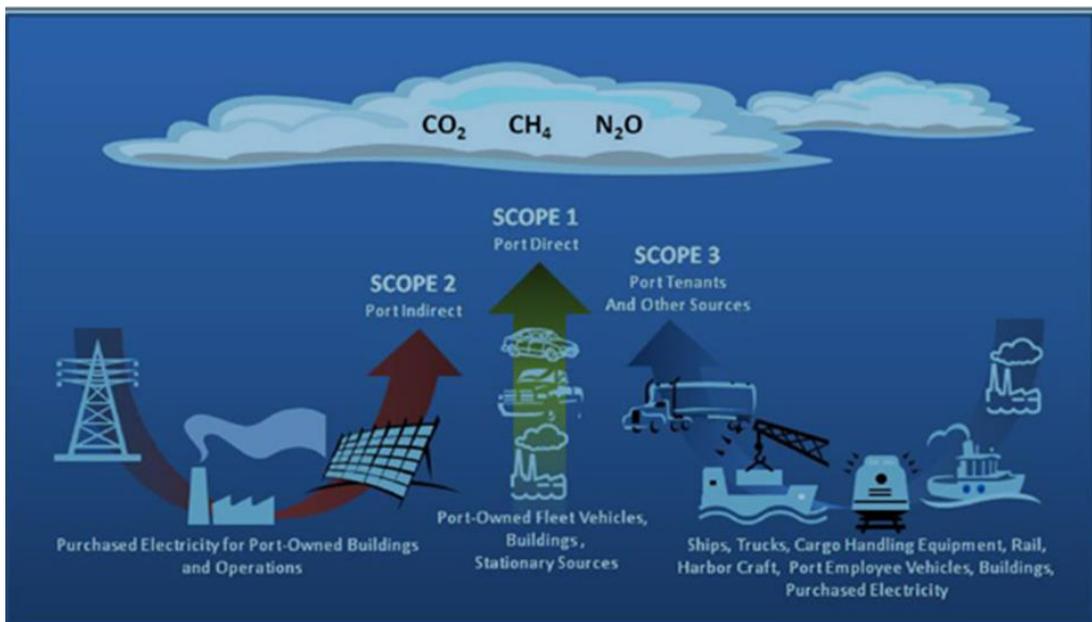


Figura 1. Esquema de GHG Protocol

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

Para calcular la huella de carbono se establecen tres alcances:

- Alcance 1: **emisiones directas de GEI**. Las emisiones directas de GEI se asocian a las producidas por fuentes fijas o móviles que son de propiedad de la Autoridad Portuaria de Sevilla (APdS).
- Alcance 2: **emisiones indirectas de GEI asociadas** a la adquisición de electricidad de la APdS.
- Alcance 3: son emisiones **directas o indirectas asociadas a la actividad portuaria** pero que no son propiedad de ésta, y tampoco están controladas por ella. Se trata de empresas concesionarias de servicios portuarios.

En este alcance se incluye los consumos de energía y emisiones de gases de efecto invernadero de tráficos de mercancías por tipología o en sus diferentes modalidades en el recinto portuario, transporte terrestre: por viales y por ferrocarril de tracción diésel.

En este alcance también se incluye las emisiones de los buques por tipología en la zona I del puerto, en las fases de atraque y maniobra, tanto de entrada como de salida.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO PORTUARIO

2.1. CARACTERÍSTICAS DEL PUERTO DE SEVILLA

El puerto de Sevilla es un nodo logístico de interés en el que se interrelacionan actividades de soporte a los servicios portuarios propiamente de transporte, otras del sector de la logística (ZAL, Batán, logística del frío y del automóvil, plataforma de distribución regional y metropolitana, etc), da cabida a otras del sector industrial de alto valor añadido (sector aeronáutico, construcción y telecomunicaciones), servicios prestados por el puerto como servicios básicos, comerciales y telemáticos y apuesta por la intermodalidad por cuanto ha cerrado un anillo ferroviario que conecta las diferentes áreas portuarias con la península a través de Madrid y el resto de Andalucía. También se conecta con la red de carreteras de su comunidad autónoma, con Extremadura y con el centro peninsular.

Este apartado trata por tanto **describir** este complejo engranaje de operaciones de logística para correlacionarlo con la máxima fidelidad con el **consumo de combustibles fósiles, y su correspondencia con la huella de carbono del año 2019**, asociado al desempeño del conjunto de actividades y de servicios portuarios que en él se prestan. Para hacer este ejercicio deben ordenarse las actividades, con sus correspondientes consumos energéticos que tienen lugar en este recinto, para evitar solapamientos y vacíos de información. Con este objetivo **se ha de detallar** su carácter de **puerto marítimo de interior**, que se materializa a lo largo de vía navegable, el recinto portuario **con dársena, muelles y áreas de servicio de la actividad de logística (ZAL)**, empresas **concesionarias de servicios portuarios**, las **áreas industriales** con sus viales que conectan con la **red de carreteras y con la línea ferroviaria circular** que une los principales muelles y terminales, como el de contenedores. Entender el funcionamiento de los servicios de transporte que en el puerto se dispensan es clave para plantear el cálculo de la huella de carbono.

En este sentido se ha de subrayar que el puerto de Sevilla es un puerto marítimo de interior situado en el estuario del Guadalquivir, que discurre desde la ciudad de Sevilla hasta el océano Atlántico, en Sanlúcar de Barrameda, por un recorrido de **90 kilómetros**, aproximadamente **cinco horas de navegación**. Se llega a las instalaciones portuarias de la ciudad de Sevilla, accediendo a través de la esclusa, única en España.

La navegación en el río Guadalquivir se realiza en el canal de navegación, denominado Eurovía Guadalquivir E-60.02, catalogado dentro de la red europea de vías navegables. En las instalaciones del recinto portuario de Sevilla se realizan las operaciones de carga y descarga de las mercancías que son exportadas a otros países, o bien que importadas del exterior se distribuyen posteriormente por carretera o ferrocarril a otras zonas del territorio español.

La Vía Navegable

Históricamente el Guadalquivir ha desempeñado, en el tramo del estuario, funciones de transporte de mercancías por vía marítima. Bajo la denominación Eurovía Guadalquivir, se menciona el **canal de navegación** inscrito en el Guadalquivir y ubicado en el tramo entre Chipiona y Sevilla. Forma parte de la red TEN-T de transporte de importancia europea, auspiciada por la UE.



Figura 2. Trazado de la Eurovía Guadalquivir E 60.02 y corredor ferroviario de mercancías

La Esclusa

La Esclusa I constituye el elemento de conexión entre la Eurovía Guadalquivir E.60.02 y el recinto portuario en Sevilla. Su función básica es la de servir de elevador de barcos desde la Eurovía Guadalquivir a la Dársena comercial en Sevilla y viceversa. Además, asume funciones de protección de la ciudad y de cierre del muro de defensa de inundaciones.

- Anchura: 39 m.
- Longitud: 280 m.
- Profundidad: 11 m.

La Esclusa II está ubicada entre el término municipal de Gelves y de Dos Hermanas.

Mareas

- Máxima carrera de marea: en barra 3,70 m; en la antesclusa 2,55 m (en estiaje).
- Cota de la B.M.V.E.: en la barra - 1,65 m; en la antesclusa 0,57 m (en estiaje).
- Cota de P.M.V.E.: en la barra +2,05 m; en la antesclusa +1,98 m (en estiaje).

Características de navegabilidad en la Eurovía E-60-02

El canal de navegación hasta el Puerto de Sevilla discurre inscrito en el Guadalquivir y con carácter general centrado en su cauce (sin afección a las márgenes), con una anchura media de 60 m en un cauce de 400 m de anchura media.

La hidrodinámica del río inducida por el equilibrio fluvio mareal, aflora bajos de hasta 5,00 m de profundidad en puntos selectivos del trazado en pleamar. Mediante campañas de dragado anuales, se procede a retirar las arenas acumuladas anualmente en estos bajos y asegurar el calado nominal de 7,00 m.

Zona actual de aguas

La delimitación actual de la Zona de Aguas del Puerto de Sevilla se configura a partir de Orden Ministerial de 23 de diciembre de 1966, sobre tarifas por servicios generales, en cuyo anejo nº 2, define la Zona I de Aguas del Puerto de Sevilla, como la **comprendida** en la totalidad de la **Dársena de Sevilla desde la Esclusa hasta el fondo de la misma**. La Zona II como el resto de las Aguas del Puerto, que comprende la Broa de Sanlúcar de Barrameda, desde la Punta del Cabo a la Punta del Perro y la ría navegable del Guadalquivir.

De acuerdo con esto, la zona de servicio de aguas actual del puerto abarca la lámina de agua comprendida en los límites siguientes.

- Zona I:
La Zona I, o interior de las aguas portuarias comprende la superficie de la lámina de agua contenida al Norte de la Esclusa hasta el tapón de San Jerónimo incluyendo la lámina de agua de la Dársena del Cuarto.
- Zona II:
La Zona II de las aguas es la definida en la citada Orden Ministerial de 23 de diciembre de 1966, sobre tarifas por servicios generales, en cuyo anejo nº 2, define la Zona II **como el resto de las Aguas del Puerto, que comprende la Broa de Sanlúcar de Barrameda, desde la Punta del Cabo a la Punta del Perro y la ría navegable del Guadalquivir.**

Al objeto de este trabajo, analizaremos las emisiones de los buques, según tipologías, en el **tramo comprendido por la zona I del puerto de Sevilla**.

Recinto Portuario

Ubicado en Sevilla en una superficie de 850 ha, dispone de las infraestructuras e instalaciones necesarias para el intercambio de mercancías tierra-mar, así como para la organización logística y co-modal de los tráficos. El recinto portuario aloja a numerosas plantas de producción y transformación, empresas concesionadas.

- Superficie de flotación: 4.454 hectáreas.
- Superficie terrestre: 850 hectáreas.

La Autoridad Portuaria de Sevilla es el organismo público responsable de la gestión del puerto de titularidad estatal de Sevilla y de la Eurovía Guadalquivir (E-60.02), en sus 90 kilómetros hasta la desembocadura del Guadalquivir en el océano Atlántico, que depende del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).

Otras Instalaciones Portuarias

- Muelles públicos (MP) y Terminales portuarias (TP), son las instalaciones en las que se desarrolla la transferencia de mercancías entre el buque y tierra. El Puerto de Sevilla dispone de 3.737 metros lineales de muelles públicos, 6 terminales especializadas y 4 terminales polivalentes. Superficie de almacenaje: 316.209 m² descubierto, 375.515 m² cubierto, 51.683 m³ frigoríficos y 95.248 m³ silos.
- Áreas Logísticas, que acogen instalaciones especializadas en los servicios necesarios para entregar las mercancías de la forma y plazos demandados por el consumidor.
- Áreas Industriales, en las que se ubican empresas de transformación, para aprovechar las posibilidades de nodo logístico del puerto.

Al objeto de este trabajo se estimarán las emisiones asociadas al transporte por carretera (viales) y de ferrocarril de los tráficos de mercancías trasvasadas por el puerto de Sevilla en el espacio delimitado por el puerto de Sevilla y dependiente de la Autoridad Portuaria, para lo que se utilizarán los indicadores de consumos de combustibles y de emisiones referidos a estos modos de transporte referenciados en la Guía CEDEX de huella de carbono, actualizada en 2020.

Para entender y comprender las posibilidades de un puerto es necesario conocer su red de Accesos terrestres: carretera y ferrocarril y sus áreas de logística más próximas, aunque solo sirve como ejercicio académico ya que la movilidad fuera del recinto portuario no se incluye en el cálculo de la huella de carbono.

Accesos terrestres

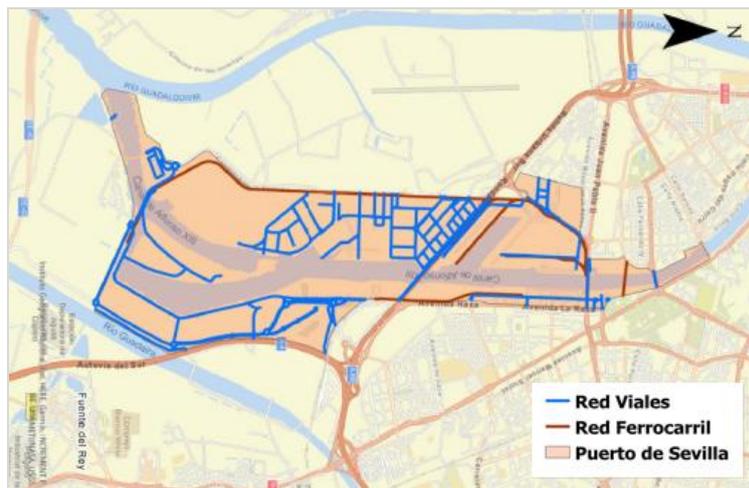


Figura 3. Mapa de viales y accesos terrestres por carretera y ferrocarril.

Descripción de la conexión del puerto por carretera:

- N-IV Madrid-Cádiz por Córdoba y Sevilla.
- A-49 Sevilla a Huelva.
- N-630 Sevilla a Mérida y Badajoz.
- SE-601 Ramal desde la Glorieta del Patrocinio en N-431 a Eritaña en la N-IV por el Puente de las Delicias.
- SE-30 Accesos desde Madrid y Cádiz (N-IV), Málaga (A-92), Huelva (A-49) y Extremadura (N-630) por autovía de circunvalación de Sevilla.

La zona de servicio dispone de acceso directo a la circunvalación SE-30 y con ello a las principales vías de la red nacional. Se está ejecutando una conexión directa con la SE-40 y la SE-30 y el puerto.

El acceso directo al puerto está incluido en el tramo Dos Hermanas (A-4) – Coria del Río (A8058).

El nuevo eje 6 enlaza con la circunvalación interior del Puerto, en la Dársena del Cuarto y con la futura conexión a la SE-40.

La apertura del vial de acceso portuario eje-6, situado entre la esclusa y la base militar El Copero, une las dos rotondas del lado sur de los puentes móviles de la esclusa. El eje-6 también conecta en un extremo con la carretera que llega al Polígono industrial La Isla, en Dos Hermanas.

Red de viales en el recinto portuario

En el interior del recinto portuario existe una red de viales que permiten la distribución de mercancías con los muelles y terminales. Se describen en la Figura 3.

Descripción de la conexión del puerto por ferrocarril, ancho ibérico:

- Línea de Madrid a Cádiz por Sevilla
- Línea de Granada y Málaga a Sevilla enlazando en Utrera con la A.1.1.

Red de ferrocarril en el recinto portuario

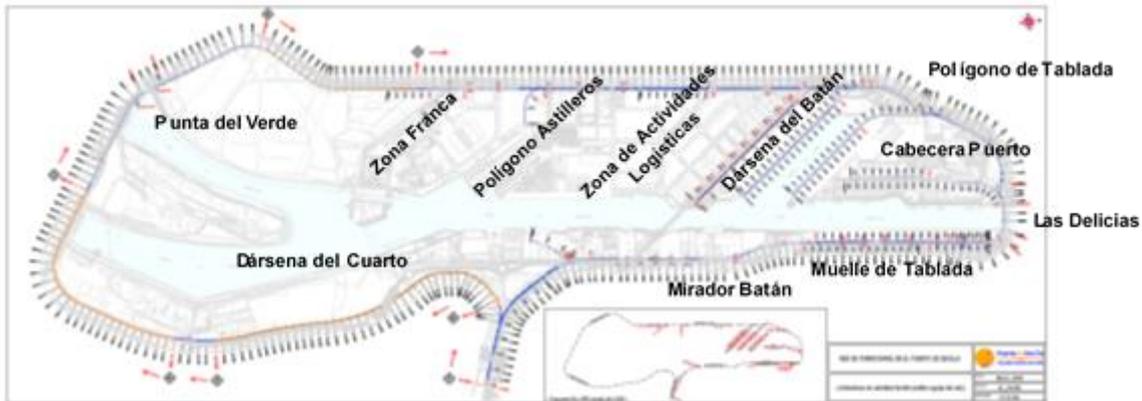


Figura 4. Mapa de accesos terrestres por ferrocarril

La zona de servicio del puerto en carga-descarga de mercancías dispone de un trazado ferroviario de 35 kilómetros, que incluye el servicio a todos los muelles, zonas de actividades concesionadas en ambas márgenes y la conexión con la línea de Madrid a través de la estación de La Salud. La ampliación hacia el sur con la construcción de la nueva esclusa ha llevado aparejada la construcción de un nuevo trazado que garantiza el servicio ferroviario a estas zonas, Dársena del Cuarto y El Verde, con otros cinco kilómetros más de vías y un puente de ferrocarril sobre la nueva esclusa que cierra el anillo ferroviario interno del puerto. El centro intermodal ferroviario de la Dársena del Batán situado entre las terminales de contenedores y la ZAL, conforma una terminal intermodal que integra la logística y el transporte ferroviario, que ha permitido una distribución rápida hacia el interior de la Península, contribuyendo a mejorar la competitividad del puerto.

El corredor de ferrocarril Sevilla-Madrid, las conexiones Sevilla-Valencia y Sevilla-Tarragona han incrementado progresivamente su potencial de servicios ferroviarios regulares.

El Puerto de Sevilla es la base operativa de los distintos operadores ferroviarios y está refrendado por cargadores finales para trasbordos a buques, distribución local y operaciones de valor añadido en la ZAL Sevilla.

En el año 2019 el puerto de Sevilla trasvasó **4.356.465 toneladas de mercancías, por ferrocarril 158.948 toneladas**, lo que representa el **3,65% del total de mercancías movidas**. Según referencias de la División de Medio Ambiente del PdS, por ferrocarril se traslada sobre todo contenedores. El resto de mercancía se traslada por carretera.

La construcción del nuevo acceso ferroviario (NAF) y de una vía dedicada a **mercancías entre Majarabique y la Salud** por parte del MITMA permitiría la conexión de esta área logística con el Puerto de Sevilla, actualmente sin conexión. Se trata del proyecto en ejecución que da un paso a distinto nivel sobre la vía de ancho convencional Sevilla-Cádiz y **permite conectar dos áreas logísticas y mercados**

como Sevilla y Huelva. En este ejercicio por tanto no se computan los tráficos provenientes del Área Logística de Majarabique, al no depender del puerto de Sevilla.

Majarabique tiene vocación de zona logística Intermodal, con 248.500m² (24,85 ha) acoge la principal Terminal ferroviaria de mercancías de la zona. Conectará en un futuro próximo con el Puerto de Sevilla y con la **conexión existente con el puerto de Huelva del que depende funcionalmente**, permitirá el desarrollo de la actividad logística intermodal de Andalucía. Esta zona logística no se incluye en la huella de carbono, al no depender funcionalmente del puerto de Sevilla.



Figura 5. Zona logística Intermodal de Majarabique.

Tabla 1. Mercancías trasvasadas a los diferentes modos de transporte en la Autoridad Portuaria de Sevilla, en toneladas (Año 2019)

Modo de transporte	Toneladas embarcadas	Toneladas desembarcadas	Total Toneladas	Porcentaje Toneladas (%)
Carreteras	1.708.567	2.483.950	4.197.517	96,35%
Ferrocarril	158.948	0	158.948	3,65%

Fuente: FFE (2019).

3. DELIMITACIÓN DEL ALCANCE DEL CÁLCULO DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA Y HUELLA DE CARBONO

3.1. ALCANCE 1

En el alcance 1 se incluyen todas las emisiones de las **fuentes directas, móviles y fijas**, atribuidas a la Autoridad Portuaria del PdS, incluido fluidos refrigerantes o gases fluorados. En cuanto a las fuentes móviles, se detalla el consumo de combustible generado por los vehículos que dan servicio al PdS.

Toda la información aquí descrita se ha obtenido de la información facilitada por los responsables de la División de Medio Ambiente del PdS, consumo de combustible según sus diferentes categorías de vehículos y generadores electrógenos, detalle descrito en la Tabla 2.

En la información aportada por el PdS no se refiere a la existencia de fuentes fijas (calderas) susceptibles de generar emisiones propias debidas a climatización de instalaciones dependientes de la AP, calor y frío. Se ha preguntado al respecto al puerto de Sevilla y confirman que la energía utilizada en la climatización y el agua caliente proviene de electricidad, a incluir en el alcance 2.

3.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DIRECTAS FIJAS QUE GENERAN EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

El PdS cuenta como fuentes directas fijas, unos generadores electrógenos que consumen gasóleo tal y como se refleja en la Tabla 2.

3.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DIRECTAS MÓVILES QUE GENERAN EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

El PdS cuenta como fuentes directas móviles con vehículos que consumen gasóleo y gasolina tal y como se refleja en la Tabla 2.

Tabla 2. Fuentes directas fijas y móviles generadoras de emisiones

Fuentes directas móviles generadoras de emisiones		
Descripción de vehículos y embarcaciones	Combustible utilizado	Litros
Vehículos gasóleo	Diésel/gasóleo	19.410,80
Vehículos gasolina	Gasolina	2.173,75
Generadores electrógenos	Gasolina	121,69

Fuente: División de Medio Ambiente PdS

Esta información para el año 2019 ha sido facilitada por la División de Medio Ambiente de la APdS.

3.1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DIRECTAS ASOCIADAS A INSTALACIONES DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN CON EMISIÓN DE GEI

Según información aportada por la División de Medio Ambiente del PdS no existen consumos de gases fluorados para el año 2019.

3.1.4. FACTORES DE EMISIÓN DE GEI EN LAS FUENTES DIRECTAS FIJAS Y MÓVILES: VEHÍCULOS TERRESTRES

Tabla 3. Factores de emisión de GEI de fuentes directas fijas y móviles

Fuentes de emisión	Combustibles	Factor de emisión
Vehículos y otros equipos móviles terrestres	Gasóleo A (B7)*	2,467 kg CO ₂ /l
	Gasolina (E10)*	2,065 kg CO ₂ /l
Generadores Electrógenos	Gasolina (E10)*	2,065 kg CO ₂ /l

Para la conversión a unidades másicas en gasóleo y gasolinas podrá utilizarse las siguientes densidades especificadas obtenidas del Real Decreto 61/2006, modificado por el Real Decreto 1088/2010, relativo a las especificaciones técnicas de combustibles: 775 kg/m³ en gasolina; 845 kg/m³ en gasóleo A; 880 kg/m³ en gasóleo B; 900 kg/m³ en gasóleo C; 535 kg/m³ en propano y 560 kg/m³ en butano. La densidad del MDO/MGO es 0,88 kg/l.

* Fuente: OECC (2021)

** Fuente: Factor de emisión para barcos y equipos móviles con MDO-MGO, IMO (2021).

3.1.5. CÁLCULO DE EMISIONES DE GEI DE FUENTES DIRECTAS FIJAS Y MÓVILES

Las emisiones totales de GEI son el resultado de multiplicar el consumo de combustible declarado por la AP por el factor de emisión de CO₂ del combustible utilizado para cada tipo de fuente recogida en la Tabla 3. La relación de **CO₂eq/CO₂** se obtiene del **Sistema Español de Inventario (SEI) de Emisiones del año 2021**, que recoge la información del año 2019. Los epígrafes del inventario utilizados son, 1.A.3.b.i: *Transporte por carretera, Coches* y referido para cada tipo de combustible, así como el epígrafe 1.A.4.a.i: *Comercial/Institucional, Combustión estacionaria* para fuentes directas fijas. El total de emisiones de GEI dependientes de la Autoridad Portuaria debidas a fuentes directas, tanto fijas y móviles según distintos tipos de combustibles son **53,23 t de CO₂eq.** (Tabla 4).

Tabla 4. Cálculo de Emisiones de CO₂eq de los coches por tipo de combustible de la APdS

Tipo de combustible	Consumo combustible (l)	FE (kgCO ₂ /l)	CO ₂ eq/CO ₂ R	CO ₂ eq (Kg)	CO ₂ eq (t)
Fuente Móvil Diésel	19.410,80	2,467	1,012	48.460,35	48,46
Fuente Móvil Gasolina	2.173,75	2,065	1,006	4.516,33	4,52
Fuente Fija Gasolina	121,69	2,065	1,005	252,63	0,25
Total de CO ₂ eq				53.229,30	53,23

3.2. ALCANCE 2

En este alcance se incluyen las emisiones indirectas debidas al consumo de energía eléctrica registrado en el PdS, dependiente de la AP. Se corresponde con los consumos de energía eléctrica de las instalaciones ubicadas en el recinto portuario, edificios, viales y muelles.

Tabla 5. Consumo de electricidad. Año 2019

Instalaciones propias (edificios), viales y muelles	Consumo (kWh)
Avda. Raza, Almacén 9, Naves 1-2	-3.317*
Avda. Raza, Dependencia de Costas	324
Chipiona Avda. del Faro, Faro y Viviendas	9.582
Chipiona Avda. del Faro, Alumbrado	15.680
Sanlúcar de Barrameda, Alumbrado de Enfilación	163
Muelle de Tablada	455.252
Muelle del Batán Norte	346.435
Muelle del Centenario	238.451
Esclusa, Puerta del Mar	486.953
Ctra. de la Esclusa, Puesto de Inspección Fronteriza (PIF)	39.459
Muelle Delicias, Suministro General Muelle	180.161
Ctra. de la Esclusa, Alumbrado 1 Público, Feria - Puerta de Batán	26.936
Ctra. De la Esclusa, Alumbrado 3, Tramo ZAL-Esclusa (KEMIRA)	6.497
Astilleros M, Armamento	58.943
Puente de las Delicias, Maquinaria Lado Este	27.871
Puente de las Delicias, Señalización Semafórica	519
Muelle Centenario, Terminal Ferroviario	22.989
Avda. Raza, Edificio Elcano, Vivienda del Presidente	1
Avda. Raza, Edificio de Dirección (Avda. Molini, 6)	129.423
Ctra. del Copero, Alumbrado Público Viales entre Glorietas nº1 y nº2	12.292
Muelle Delicias, Alumbrado 1 (Gerencia de Urbanismo)*octubre 2011	61.865
Muelle Delicias, Alumbrado 2 (Gerencia de Urbanismo)*octubre 2011	37.618
Ctra. de la Esclusa, Alumbrado 2 (PLN y Bombeo Fecales CENT-ZAL)	68.264
Sanlúcar de Barrameda, Ctra. Faro de San Jerónimo, Alumbrado Balizamiento	291
Sanlúcar de Barrameda, Avda. de Huelva, 71, Muelle Bonanza	7.028
Esclusa Pantalán de Espera	6.108
Ctra. Esclusa Garita de Control (Oxaga)	0
TOTAL DE INSTALACIONES PROPIAS	2.235.788

Fuente: División de Medio Ambiente del PdS

* El saldo negativo se ha debido a una regularización por haber tomado lecturas estimadas anteriores.

3.2.1. FACTORES DE EMISIÓN CO₂ y CO₂eq DE LA EMPRESA COMERCIALIZADORA DEL SERVICIO ELÉCTRICO A LA APdS

La empresa suministradora de energía eléctrica en la Autoridad Portuaria de Sevilla es Aura Energía, S.L., y tiene un factor de emisión del mix eléctrico en 2019 de 0,00 kg de CO₂/kWh. Este factor de emisión puede obtenerse de la guía publicada por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) que actualiza el factor de emisión de todas las comercializadoras de energía eléctrica, el documento tiene por título: FACTORES DE EMISIÓN REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO. OECC (2021). La relación de CO₂ a CO₂eq se obtiene del SEI: 1.A.1.a.i, *Generación Eléctrica* del año 2021 que informa de los datos del año 2019. Se calcula para el conjunto del Sistema Eléctrico Español, no se detalla por comercializadoras de suministro de electricidad. La relación para el año 2019 es de 1,012 (1,2%).

3.2.2. CÁLCULO DE EMISIONES INDIRECTAS DE GEI POR CONSUMO DE ELECTRICIDAD

Para obtener el cálculo de la huella de carbono de las emisiones de electricidad de la APdS se multiplica una vez más los consumos de electricidad declarados del 2019 por el factor de emisión que se recoge en OECC (2021) a tales efectos. La electricidad aportada por la comercializadora de la APdS no tiene emisiones de CO₂ por kWh asociadas, por lo que **la huella de carbono del Alcance 2 es nula**.

3.3. ALCANCE 3

En el alcance 3 se incluyen emisiones de origen muy distinto, representando en el cómputo total de emisiones portuarias el porcentaje de mayor peso. En este epígrafe se incluyen las emisiones directas (procedentes de combustibles fósiles y de fluidos refrigerantes) o indirectas de las empresas concesionarias del PdS, del tráfico de los barcos en el recinto portuario, emisiones directas debidas al traslado de mercancías en el interior del puerto en camiones, ferrocarril diésel y del traslado de los pasajeros de los cruceros en autobús por el recinto portuario (nulas al considerar que se desplazan paseando al centro de la ciudad), etc.

En este epígrafe se incluyen todas las emisiones de fuentes directas (móviles y fijas y fluidos refrigerantes de las instalaciones de climatización) e indirectas (electricidad) asociadas a todas las empresas que cuentan con una concesión para prestar servicios portuarios de naturaleza distinta (logística, actividades industriales, servicios comerciales y servicios portuarios básicos) y toda la descripción de actividades recogidas en las tablas siguientes y cuyo detalle queda reflejado en la columna de razón social de dichas tablas (Tabla 6 y siguientes).

Para obtener el consumo de combustibles fósiles, fluidos refrigerantes y de electricidad asociadas a todas las actividades se elaboraron unas tablas: CHECK-LIST PARA CONCESIONES/AUTORIZACIONES/EMPRESAS DE SERVICIOS, para que fueran cumplimentadas por las empresas concesionarias del PdS. El cuestionario fue circulado por los la División de Medio Ambiente de la APdS a las distintas empresas concesionarias. En total se han recibido **41 cuestionarios correctamente cumplimentados de 128 entidades concesionarias** identificadas, lo que supone que se contabilizan en este informe las emisiones de GEI asociadas al 32% de las empresas concesionarias del PdS. El modelo de encuesta distribuido entre las empresas concesionarias del puerto queda recogido en el Anexo I de

este informe. Se entiende que las empresas que no han reportado información cuentan con menor consumo de combustibles fósiles y por tanto la huella de carbono de este alcance es representativo del puerto.

Las empresas concesionarias del PdS cuentan con emisiones directas e indirectas (procedentes de los consumos eléctricos). Dentro de las emisiones directas se encuentran las procedentes de fuentes fijas (se incluye los fluidos refrigerantes) y móviles. Las fuentes directas (fijas y móviles) quedan descritas en la Tabla 6 por tipología de actividad y así mismo, las emisiones totales de fuentes indirectas quedan recogidas en la Tabla 13.

Entre las fuentes móviles pertenecientes a las empresas concesionarias se encuentran: coches, furgonetas, camiones y maquinaria de diferente naturaleza. Los combustibles asociados a estas fuentes son: gasóleo A y B, gasolina y Marine diésel oil y Marine gasoil (MDO/MGO).

Entre las fuentes fijas directas encontramos instalaciones fijas como, generadores de emergencia, instalaciones de climatización, etc.

A las fuentes indirectas asociamos los consumos de electricidad de las concesionarias, electricidad suministrada por comercializadoras de electricidad cuyas fuentes de suministro de energía es muy variada: Endesa Energía, S.A., Iberdrola Clientes, S.A.U. y otras. Todas ellas, quedan descritas en la Tabla 12, con su correspondiente factor de emisión de la electricidad que suministran.

3.3.1. EMISIONES DIRECTAS DE GEI DE LAS EMPRESAS CONCESIONARIAS

3.3.1.1. EMISIONES DIRECTAS DE GEI DE LAS EMPRESAS CONCESIONARIAS PROCEDENTES DE FUENTES FIJAS Y MÓVILES

Con la información recibida de las diferentes concesionarias se elabora la Tabla 6, donde se clasifica la información de los consumos de los combustibles por fuentes de combustión fijas (por categorías) y móviles (por categorías) y tipos de combustible. El cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero es el resultado de multiplicar una vez más los consumos de combustibles de la Tabla 6 por los factores de emisión de los combustibles empleados (Tabla 7). En el caso del cálculo de las emisiones de CO₂, éstas no dependen del tipo de tecnología empleada en los procesos de combustión. Sí depende en el caso de su transformación a CO₂eq, al relacionarse con otros contaminantes distintos al CO₂: NO₂ y CH₄, cuyo potencial de calentamiento vienen descritos en la Figura 6. La relación entre CO₂eq/CO₂ por tecnología y combustible viene descrito en la Tabla 8, que ha sido elaborada a partir del SEI 2021, que hace referencia a los datos del año 2019.

$$\text{udCO}_2\text{eq} = \text{udCO}_2 + 25 * \text{udCH}_4 + 298 * \text{udN}_2\text{O}$$

Figura 6. Cálculo del CO₂eq

Como ya se ha mencionado, el cálculo de emisiones de GEI parte de un cuestionario que han completado las empresas concesionadas del PdS, donde se recoge todo un abanico de combustibles y de unidades de medida (unidades energéticas). Por ello se acompaña a estos factores de emisión el detalle de los poderes caloríficos inferiores de los diferentes combustibles para poder realizar la conversión de unidades.

Las densidades de combustibles son: densidad de la gasolina: 0,775 kg/l; densidad del gasóleo A: 0,845 kg/l; densidad del gasóleo B y del MDO/MGO: 0,88 kg/l; densidad del gasóleo C: 0,9 kg/l; densidad del propano: 0,545 kg/l y densidad del butano 0,56 kg/l. Estas densidades específicas han sido obtenidas del Real Decreto 61/2006, modificado por el Real Decreto 1088/2010, relativo a las especificaciones técnicas de combustibles.

El SEI permite obtener las equivalencias según sectores y combustibles en la relación de CO₂eq/CO₂: transporte de carretera (coche, furgoneta), transporte marítimo nacional (barco por tipo de combustibles), etc. Los factores de corrección para transformar el CO₂ a CO₂eq utilizados para las diferentes tecnologías vienen descritos en la Tabla 8.

Las emisiones de CO₂eq totales procedentes de fuentes fijas y móviles de empresas concesionarias asciende a **8.888,17 toneladas**.

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

Tabla 6. Emisiones de CO₂/CO₂eq de fuentes directas fijas y móviles de las empresas concesionarias por tipo de servicio

Razón Social	Tipo de Instalación														Emisiones (tq CO ₂) (t CO ₂ eq)					
	Fuentes Móviles							Fuentes Fijas												
	Coches/Furgonetas			Camiones		Máquina		Vehículos/Máquina		Embarcaciones			Instalación			Generadores				
	GaseA litros	GaseB toneladas	Gsin litros	GaseA litros	GaseB litros	Gsin litros	GaseA litros	GaseB litros	MDO/MCO litros	Gsin litros	GaseA litros	GaseB litros	GN litros	But. litros	kg	Prop litros	m ³	GaseA litros	GaseB litros	
Logística:																				
- Alimentación	1.042.994,5	40,3				3.000,0										150,0				585,0
- Alimentamiento																				
- Combustible																				
Sector Industrial:																				
- Aeronáutica																				
- Alimentación																				
- Construcción																				
- Equipos Eléctricos y de Telecomunicaciones	64.581,5					8.271,0										420,0				30.723,0
- Maderas																				152,0
- Montaje Estructuras Metálicas																				526,0
- Montajes y Reparaciones																				
- Productos Agroalimentarios																				
- Productos Siderometalúrgicos																				
Servicios Comerciales:																				
- Alimentación																				
- Alquiler de Almacenes																				
- Alquiler de Maquinaria																				
- Aparcamiento	481.791,0					58.110,0														1.790,0
- Maquinaria																				
- Oficinas																				
- Recreativos y Deportivos																				
- Suministro de Combustible																				
- Turismo																				
Servicios Portuarios Básicos:																				
- Prácticas																				
- Estiba																				
- MRPOL																				
- Residuos																				
TOTAL EMISIONES CO₂ toneladas	4.057.842,09	209.883,75	23.214,62	337.016,67	1.870.286,97	73.021,22	361,38	235.082,90	28.066,47	8.673,00	194.419,34	255.389,82	1.191.680,82	456,46		291.697,73		1.291,64	1.584,18	
TOTAL EMISIONES CO₂eq toneladas	4.106.536,20	212.372,00	23.414,26	342.409,14	1.894.680,10	73.970,50	366,07	237.903,89	28.946,13	8.725,04	195.591,43	256.616,67	1.208.344,07	462,95		295.791,50		1.304,13	1.592,10	
																				8.779,96
																				2.279.406,0
																				1.704.212,4

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

Tabla 7. Factores de emisión de CO₂ de los combustibles. Año 2019

Factores de emisión del año 2017		
Fuentes de emisión	Combustible	Factores de emisión
Vehículos, maquinarias y otros equipos móviles terrestres.	Gasóleo A (B7)*	2,467 kg CO ₂ /l
	Gasóleo B*	2,708 kg CO ₂ /l
	Gasolina (E10)*	2,065 kg CO ₂ /l
Barcos y equipos móviles acuáticos.	MDO (Marine Diésel Oil) MGO (Marine Gasoil)**	3,260 kgCO ₂ /kg
	Gasolina (E10)*	2,065 kg de CO ₂ /l
Fuentes fijas, grúas, calderas y grupos electrógenos, bombas	Propano*	2,938 kg CO ₂ /Kg
	Butano*	2,964 kg CO ₂ /Kg
	Gasóleo B*	2,708 kg CO ₂ /l
	Gasóleo C*	2,868 kg CO ₂ /l
	Gas natural*	0,202 kg CO ₂ /kWh

* Fuente: OECC (2021).

** Fuente: Factor de emisión para barcos y equipos móviles con MDO-MGO, IMO (2021).

Tabla 8. Relación de CO₂eq/CO₂ por tipo de fuente y de combustible

Tipo de instalación		Tipo de combustible	CO ₂ eq/CO ₂	Fuente de equivalencias
Fuentes móviles	Embarcaciones	MDO/MGO	≈ 1,010	SEI: 1.A.3.d.
		Gasolina	≈ 1,006	SEI: 1.A.3.b.i.*
	Coches/Furgonetas	Gasóleo A	≈ 1,012	SEI: 1.A.3.b.i.
		Gasóleo B	≈ 1,012	SEI: 1.A.3.b.i.
		Gasolina	≈ 1,006	SEI: 1.A.3.b.i.
	Camiones	Gasóleo A	≈ 1,016	SEI: 1.A.3.b.iii.
	Maquinaria	Gasóleo A	≈ 1,013	SEI: 1.A.2.g.vii.
		Gasóleo B	≈ 1,013	SEI: 1.A.2.g.vii.
		Gasolina	≈ 1,013	SEI: 1.A.2.g.vii.
	Vehículos/Maquinaria	Gasóleo A	≈ 1,012	SEI: 1.A.3.b.i.
Fuentes fijas	Instalaciones	Gasóleo A	≈ 1,005	SEI: 1.A.4.a.i.
		Gasóleo B	≈ 1,005	SEI: 1.A.4.a.i.
		Gas Natural	≈ 1,014	SEI: 1.A.4.a.i.
		Butano	≈ 1,014	SEI: 1.A.4.a.i.
		Propano	≈ 1,014	SEI: 1.A.4.a.i.
	Generadores	Gasóleo A	≈ 1,005	SEI: 1.A.4.a.i.
		Gasóleo B	≈ 1,005	SEI: 1.A.4.a.i.

La relación de CO₂ a CO₂eq se obtiene del SEI, año 2021, que informa de los datos del año 2019.

* Para la gasolina de embarcaciones en factor de relación CO₂eq/CO₂ se asimila al que se usa para la gasolina de coches/furgonetas.

3.3.1.2. EMISIONES DIRECTAS DE GEI ASOCIADAS A LOS FLUIDOS REFRIGERANTES DECLARADOS POR LAS CONCESIONARIAS

Tabla 9. Descripción de las emisiones de fluidos refrigerantes

Instalaciones de refrigeración y climatización con emisiones de gases de efecto invernadero		
Actividades productivas que declaran reposición de fluidos refrigerantes	Fluidos refrigerantes	kg
Logística: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alimentación ▪ Almacenamiento ▪ - Combustible 	HFC-134a	72
Sector Industrial: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aeronáutica ▪ Alimentación ▪ Construcción ▪ Equipos Eléctricos y de Telecomunicaciones ▪ Maderas ▪ Montaje Estructuras Metálicas ▪ Montajes y Reparaciones ▪ Productos Agroalimentarios ▪ - Productos Siderometalúrgicos 	R-407C	8
	R-410A	10
Servicios Comerciales: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alimentación ▪ Alquiler de Almacenes ▪ Alquiler de Maquinaria ▪ Aparcamiento ▪ Maquinaria ▪ Oficinas ▪ Recreativos y Deportivos ▪ Suministro de Combustible ▪ - Turismo 	HFC-134a	3
	R-404A	295,6
	R-410A	27,8

Tabla 10. Potencial de calentamiento de los fluidos refrigerantes empleados

Nombre	Composición (%)	PCG*
HFC-134a	CH2FCF3 (100)	1.430
R-404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	3.922
R-407C	R-32/125/134a (23/25/52)	1.774
R-410A	R-32/125 (50/50)	2.088

Fuente: OECC (2021)

*Potenciales de Calentamiento Global que se indican en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (Reglamento 517/2014).

Tabla 11. Emisiones de GEI asociadas a los fluidos refrigerantes por tipo de actividad

Instalaciones de refrigeración y climatización con emisiones de gases de efecto invernadero		
Actividades productivas que declaran reposición de fluidos refrigerantes	Fluidos refrigerantes	Total de emisiones de CO ₂ eq (kg)
Logística: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alimentación ▪ Almacenamiento ▪ - Combustible 	HFC-134a	102.960,0
Sector Industrial: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aeronáutica ▪ Alimentación ▪ Construcción ▪ Equipos Eléctricos y de Telecomunicaciones ▪ Maderas ▪ Montaje Estructuras Metálicas ▪ Montajes y Reparaciones ▪ Productos Agroalimentarios ▪ - Productos Siderometalúrgicos 	R-407C	14.192,0
	R-410A	20.880,0
Servicios Comerciales: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alimentación ▪ Alquiler de Almacenes ▪ Alquiler de Maquinaria ▪ Aparcamiento ▪ Maquinaria ▪ Oficinas ▪ Recreativos y Deportivos ▪ Suministro de Combustible ▪ - Turismo 	HFC-134a	4.290,0
	R-404A	1.159.343,2
	R-410A	58.046,4
Total de emisiones debidas a los fluidos refrigerantes (kg)		1.359.711,6

La información de partida de reposición de los fluidos refrigerantes ha sido obtenida del cuestionario distribuido por la APdS a las distintas concesionarias. La información remitida por las empresas, clasificadas por tipo de actividad queda recogida en la Tabla 9, los potenciales de calentamiento de los fluidos refrigerantes empleados quedan descrito en la Tabla 10 y el resumen de las emisiones de gases de efecto invernadero debidas a los fluidos refrigerantes queda descrito en la Tabla 11. El total de emisiones de gases de efecto invernadero por este concepto es **1.359,71 toneladas de CO₂eq**, resultado de multiplicar la cantidad de fluido refrigerante repuesto en el año 2019 por su potencial de calentamiento.

3.3.2. EMISIONES INDIRECTAS DE GEI ASOCIADAS AL CONSUMO DE ELECTRICIDAD DE LAS EMPRESAS CONCESIONARIAS

Como en el caso anterior se ha partido de la información enviada por la APdS obtenida de un cuestionario enviado a las concesionarias en las que se les preguntaba por **los consumos de electricidad del año 2019**, el suministrador o comercializadora, la descripción del lugar donde se produce el consumo, y si se mide o se estima el consumo de energía eléctrica. Las emisiones asociadas a los consumos de electricidad son las emisiones indirectas, producidas en un lugar distinto a donde se consume la energía, plantas de generación eléctrica por ciclo combinado, plantas térmicas de generación de electricidad, etc.

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

Todos los años la OECC y la Comisión Nacional del Mercado y la Competencia publican los factores de las comercializadoras de energía eléctrica que operan en el territorio nacional. Esta información se conoce en OECC (2021), referenciado en la bibliografía. En ella hemos obtenido los factores de emisión del mix de 2019 de las comercializadoras que suministran energía eléctrica a las distintas concesionarias del PdS, Tabla 12.

Tabla 12. Comercializadoras de electricidad del PdS, año 2019

Comercializadoras de electricidad del PdS	Factor del Mix 2019 kgCO ₂ /kWh
ACCIONA GREEN ENERGY DEVELOPMENTS, S.L.	0,00
ALCANZIA ENERGÍA, S.L.	0,00
ALDRO ENERGÍA Y SOLUCIONES, S.L.U.	0,30
AURA ENERGÍA, S.L.	0,00
AVANZALIA ENERGÍA COMERCIALIZADORA, S.A.	0,19
AXPO IBERIA, S.L.	0,00
CEPSA GAS Y ELECTRICIDAD, S.A.	0,00
EVERGREEN ELÉCTRICA, S.L.	0,31
ENDESA ENERGÍA, S.A.	0,27
ENERGÍA DLR COMERCIALIZADORA, S.L.	0,30
FENIE ENERGÍA, S.A.	0,00
GAS NATURAL COMERCIALIZADORA, S.A.	0,21
IBERDROLA CLIENTES, S.A.U.	0,20
NATURGY IBERIA, S.A.	0,30
NEXUS ENERGÍA, S.A.	0,00
SWAP ENERGÍA, S.A. *	0,39
UNIELÉCTRICA ENERGÍA, S.A.	0,00

* Comercializadora en la que se ha tomado el FE del año 2017, al no existir información para ejercicios posteriores.

Las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de electricidad de las concesionarias del PdS, son el resultado de multiplicar los consumos declarados por cada una de las empresas por su correspondiente factor de emisión.

Para calcular la relación entre CO₂eq/CO₂ se acude al SEI de 2021, que contiene datos de 2019. Referencia obtenida del grupo 1.A.1.a.i, *Generación Eléctrica* del inventario. El factor para correlacionar el CO₂eq/CO₂ del mix eléctrico del año 2019 para el conjunto del territorio español es 1,012.

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

Las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la energía eléctrica que suministran las comercializadoras con un origen 100% renovable se contabilizan como nulas. Esta práctica contable de emisiones está permitida, aunque distorsione el concepto de mejora de la eficiencia energética de los procesos productivos. Permite reducir emisiones sin haber implementado mejoras de eficiencia energética en la prestación de servicios y de los procesos productivos en los que tiene lugar el consumo de energía.

Tabla 13. Emisiones indirectas de GEI asociadas al consumo de electricidad de las empresas concesionarias

Razón Social	Consumo 2019 (kWh)	Emisiones 2019 (kgCO ₂)
Logística: - Alimentación - Almacenamiento - Combustible	2.752.771,34	647.036,57
Sector Industrial: - Aeronáutica - Alimentación - Construcción - Equipos Eléctricos y de Telecomunicaciones - Maderas - Montaje Estructuras Metálicas - Montajes y Reparaciones - Productos Agroalimentarios - Productos Siderometalúrgicos	22.767.410,15	5.579.541,73
Servicios Comerciales: - Alimentación - Alquiler de Almacenes - Alquiler de Maquinaria - Aparcamiento - Maquinaria - Oficinas - Recreativos y Deportivos - Suministro de Combustible - Turismo	3.432.575,60	524.928,93
Servicios Portuarios Básicos: - Practicaje - Estiba - MARPOL - Residuos	1.234.611,00	284.515,92
TOTAL	30.187.368,09	7.036.023,15
Total de emisiones (tCO₂)		7.036,02
Total de emisiones (tCO₂eq)		7.120,46

3.3.3. EMISIONES DE GEI ASOCIADAS A LAS EMPRESAS CONCESIONARIAS DEL PdS (FUENTES DIRECTAS E INDIRECTAS)

La Tabla 14 resume las emisiones de GEI de las empresas concesionarias del PdS provenientes tanto de fuentes directas (incluido fuentes de fluidos refrigerantes) como indirectas.

La actividad de mayor peso dentro de las concesionarias del puerto en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero es el sector industrial que supone casi el 45% del peso total, le siguen la logística y los servicios comerciales con más del 20% de las emisiones de GEI respectivamente, siendo los servicios portuarios, practicaje, estiba, tratamiento de residuos, etc., los que menor porcentaje de emisiones representan con aproximadamente un 15% del total.

Tabla 14. Emisiones totales de GEI totales de las empresas concesionarias

Razón Social	Emisiones Directas: Fuentes fijas y móviles (tCO ₂ eq)	Emisiones Directas: Fluidos Refrigerantes (tCO ₂ eq)	Emisiones Indirectas: Electricidad (tCO ₂ eq)	Emisiones Totales (tCO ₂ eq)	Peso de cada tipo de Actividad (%)
Logística: - Alimentación - Almacenamiento - Combustible	2.819,16	102,96	654,80	3.576,92	20,59%
Sector Industrial: - Aeronáutica - Alimentación - Construcción - Equipos Eléctricos y de Telecomunicaciones - Maderas - Montaje Estructuras Metálicas - Montajes y Reparaciones - Productos Agroalimentarios - Productos Siderometalúrgicos	2.037,58	35,07	5.646,50	7.719,14	44,44%
Servicios Comerciales: - Alimentación - Alquiler de Almacenes - Alquiler de Maquinaria - Aparcamiento - Maquinaria - Oficinas - Recreativos y Deportivos - Suministro de Combustible - Turismo	1.724,98	1.221,68	531,23	3.477,89	20,02%
Servicios Portuarios Básicos: - Practicaje - Estiba - MARPOL - Residuos	2.306,45	0,00	287,93	2.594,38	14,94%
Total emisiones de GEI (toneladas)	8.888,17	1.359,71	7.120,46	17.368,33	100%

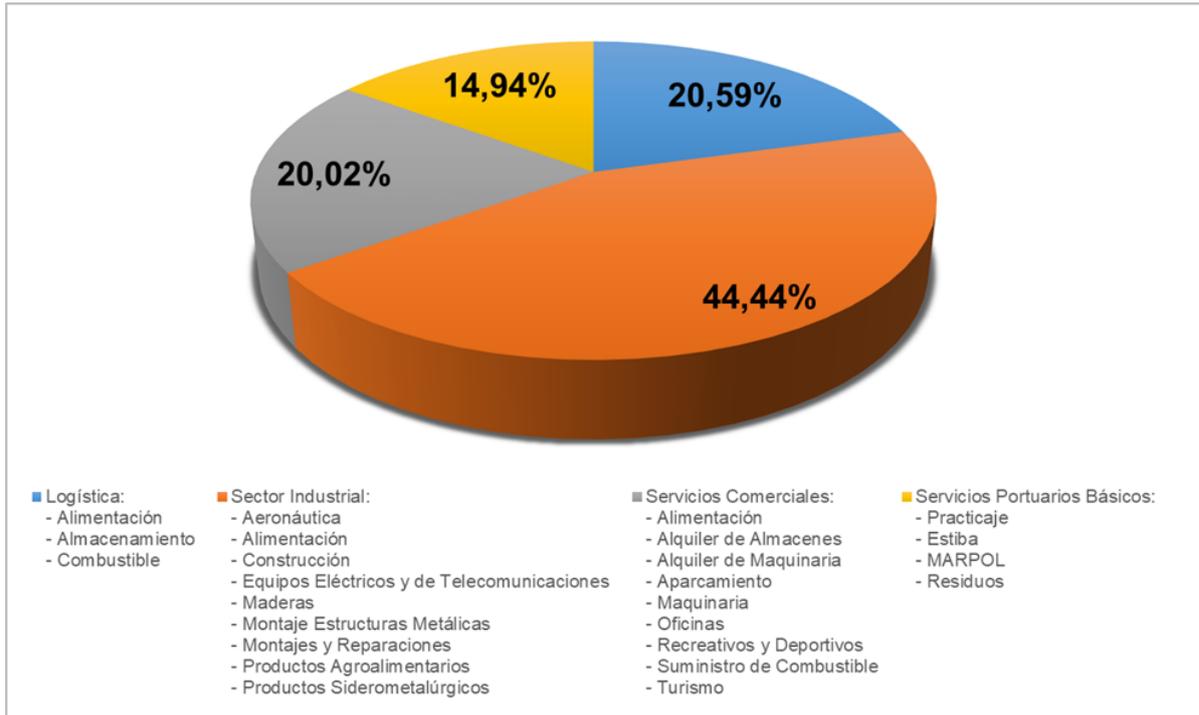


Figura 7. Distribución de las emisiones de GEI según actividad concesionada en el puerto

El cálculo de la huella de carbono permite licencias por todos aceptadas que desvirtúan el análisis del ejercicio que se persigue, se trata de conocer dónde se consume el recurso energía para poder valorar como se puede ahorrar o sustituir esta energía por otra más eficientes y con menor huella de carbono. Para saber esto se ha traducido toda la huella de carbono a consumos de energía para poder cuantificar los sectores y servicios más intensivos en consumo energético, y así poder definir un marco de trabajo de mayor efectividad a la hora de definir medidas de eficiencia en los sectores de más peso.

La relación entre consumos de energía y huella de carbono no es unívoca por la posibilidad de comprar electricidad a una comercializadora cuya fuente sea 100% renovable.

Cuando se compara los **consumos de energía con los de emisiones el sector industrial el porcentaje del consumo de energía en relación a las emisiones aumenta, el resto de sectores se comportan de manera más lineal en la relación de emisiones y consumos energéticos.**

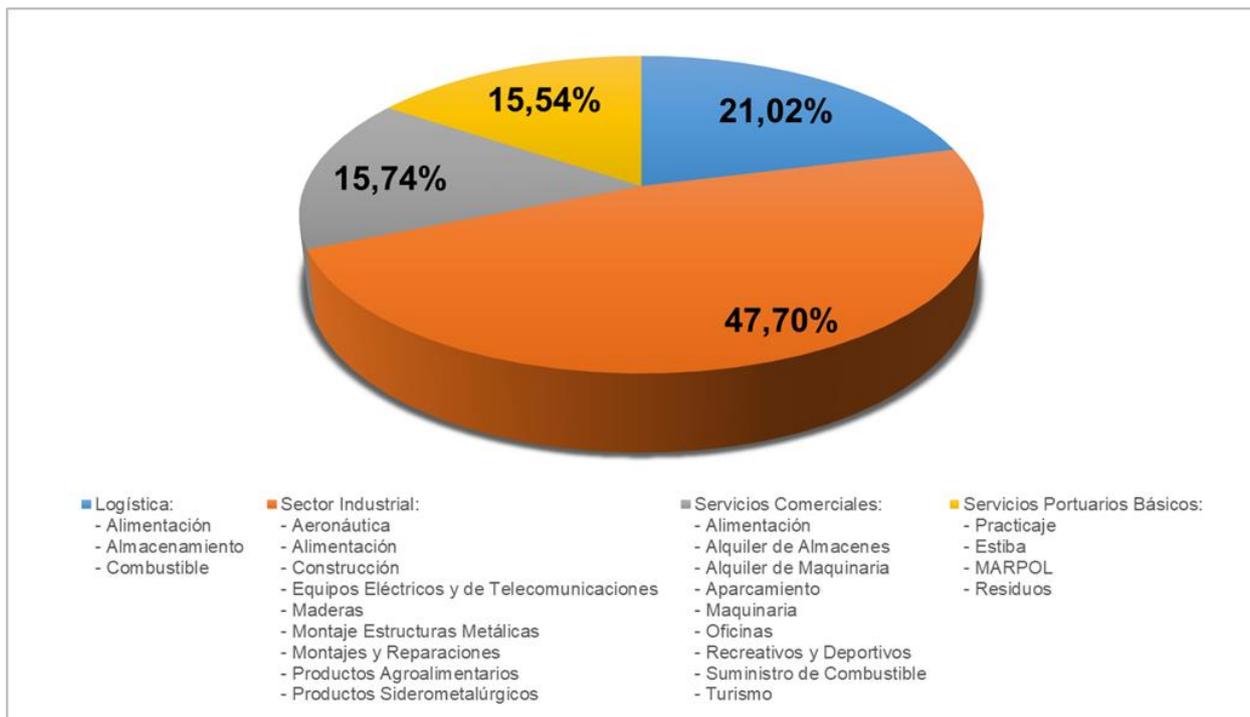


Figura 8. Distribución de los consumos energéticos según actividad concesionada en el puerto

3.3.4. CONSUMOS DE ENERGÍA Y EMISIONES DE GEI DEL TRÁFICO MARÍTIMO EN EL PUERTO

Siguiendo los criterios establecidos en la Guía CEDEX 2017 se considera tráfico marítimo susceptible de contabilizar en el cálculo de la huella de carbono asociado al PdS el correspondiente a los buques mercantes, de pasaje y mixtos que hacen escala en el mismo, de un año concreto. Para este ejercicio se tienen en cuenta el año 2019 como año de estudio. Para calcular los consumos de energía de estos tráficos se consideran los asociados a las etapas de maniobra para la entrada y salida del puerto (Zona I) y atraque de los buques, con permanencia en el muelle. No se incluyen en este epígrafe los consumos de energía asociados al tráfico pesquero, deportivo y/o de recreo, las embarcaciones al servicio de la operación de los buques en el interior de las instalaciones portuarias o al resto de material flotante empleado en el puerto.

Para hacer este estudio se puede abordar de diversas maneras. La metodología más extendida consiste en analizar las bases de datos de Lloyd's Register para el PdS en el año 2019, de donde se obtiene para cada barco que hace escala en el PdS las potencias de los motores principales; con las señales AIS (Automatic Identification System) se obtienen los tiempos de llegada y salida del puerto, y todo para cada barco. Esta metodología es la que sigue el Inventario de Emisiones a la Atmósfera, se conoce como metodología bottom-up, que consiste en calcular los consumos de energía en los entornos portuarios barco a barco, en cada uno de sus movimientos (Metodología EMEP/EEA 2019, tier 3).

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

En este caso ha sido la APdS la que ha informado del número de escalas de los buques según tipología, la potencia de los motores principales y los tiempos de estancia en puerto, diferenciando la fase de atraque y de maniobra (de entrada y salida). La AP declara que conoce el tiempo de estancia total en el puerto, y ha estimado el tiempo de maniobra, considerando dos periodos, el tiempo consumido por el buque de ida al puerto y el de salida.

Tabla 15. Número de buques mercantes que hacen escala en el Puerto de Sevilla

Tipo de buque		Año 2019
Gráneles líquidos (Tanques)		82
Gráneles sólidos		20
Mercancía general	Carga general	620
	Portacontenedores	86
	Ro-Ro (mercancía y mixtos)	105
Pasaje Crucero		97

Tabla 16. Estancia media por tipología de buque, según tipo de tráfico, año 2019

Puerto	Estancia media de un buque (h)						
	Granel líquido	Granel sólido	Mercancía convencional	Mercancía en contenedor	Tráfico ro-ro	Pasajeros	
						Régimen de transporte	Crucero
Sevilla	30,18	93,04	69,34	28,61	27,44	-	62,6

Tabla 17. Potencia Nominal del motor principal (PNMP) media por tipología de buque, y tipo de tráfico, año 2019

Puerto	Potencia nominal media de los motores principales (kW)						
	Granel líquido	Granel sólido	Mercancía convencional	Mercancía en contenedor	Tráfico ro-ro	Pasajeros	
						Régimen de transporte	Crucero
Sevilla	2.860	3.850	1.960	4.830	6.000	-	2.030

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

Tabla 18. Ratio entre la potencia nominal de los motores auxiliares y principales, según tipo de tráfico

Tipo de tráfico		Ratio PNMA ¹ / PNMP
Granel líquido		0,30
Granel sólido		0,30
Mercancía general	Mercancía convencional	0,23
	Mercancía en contenedor	0,25
	Tráfico ro-ro	0,24
Pasajeros en régimen de transporte		0,16
Pasajeros de crucero		

Fuente: EEA (2019).

Tabla 19. Factor de carga al que funcionan los motores principales y auxiliares durante las etapas de maniobra y atraque. Fases del Puerto

Tipo de tráfico		Factor de carga de los motores principales (MP)		Factor de carga de los motores auxiliares (MA)	
		Maniobra (FC MP-Maniobra)	Atracado (FC MP-Atracado)	Maniobra (FC MA-Maniobra)	Atracado (FC MA-Atracado)
Granel líquido		20%	20%	50%	60%*
Granel sólido					
Mercancía general	Mercancía convencional				
	Mercancía en contenedor				
	Tráfico ro-ro				40%
Pasajeros en régimen de transporte					
Pasajeros de crucero					

Fuente: EEA (2019).

* La potencia de carga del motor auxiliar del 60% sólo afecta a los graneles líquidos (tanques).

¹ Potencia Nominal Motor Auxiliar.

Tabla 20. Utilización de los motores principales y auxiliares durante las etapas de maniobra y atraque en muelle

Porcentaje de utilización de los motores principales		Porcentaje de utilización de los motores auxiliares	
Maniobra	Atracado	Maniobra	Atracado
100%	5% *	100%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de EEA (2019).

* Excepto tanques que en atraque utilizan el 100% del tiempo de los motores principales.

Tabla 21. Factor de Consumo de combustibles (MDO-MGO) y Factor de emisión de CO₂

Maniobra y Atraque	Consumo Combustible	g CO ₂ /g de combustible	g de CO ₂ /kWh
	g de combustible/kWh		
Motor Principal Diésel Velocidad Media	175	3,206	561
Motor Auxiliar Diésel Velocidad Media	185	3,206	593

Fuente: IMO (2021)

$$\begin{aligned} \text{Consumo de energía en puerto (kWh)} &= \text{Consumo de energía en la fase de atraque (kWh)} + \text{Consumo de energía en fase de maniobra (kWh)} \\ \text{Consumo de energía en atraque (kWh)} &= t_{\text{atraque}} (\text{h}) * \{ (P_{\text{MP}} (\text{kW}) * FC_{\text{MP}}) + (P_{\text{MA}} (\text{kW}) * FC_{\text{MA}}(\%)) \} \\ \text{Consumo de energía en maniobra (kWh)} &= t_{\text{maniobra}} (\text{h}) * \{ (P_{\text{MP}} (\text{kW}) * FC_{\text{MP}}) + (P_{\text{MA}} (\text{kW}) * FC_{\text{MA}}(\%)) \} \end{aligned}$$

Figura 9. Consumos de energía en puerto, en fases de atraque y de maniobra

Donde:

- t = tiempo (atraque y maniobra)
- P_{MP} = Potencia de Motor Principal
- FC_{MP} = Factor de Carga de Motor Principal
- P_{MA} = Potencia de Motor Auxiliar
- FC_{MA} = Factor de Carga de Motor Auxiliar

Tabla 22. Consumos de energía en fase de atraque: Motor principal y auxiliar

Consumo de energía en el Puerto de Sevilla											
Consumo de energía en el Atraque											
Tipología de buque	Nº de Barcos	t (h)	Consumo de energía del MP - Atraque				Consumo de energía del MA - Atraque				Consumo de energía Atraque (kWh)
			P _{MP} (kW)	% Carga _{MP} (FC _{MP})	% t _{MP}	Consumo energía MP (kWh)	P _{MA} (kW)	% Carga _{MA} (FC _{MA})	% t _{MA}	Consumo energía MA (kWh)	
Gráneles líquidos (Tanques)	82	30,18	2.860	0,20	1,00	1.415.562,72	858,0	0,60	1,00	1.274.006,45	2.689.569,17
Gráneles sólidos	20	93,04	3.850	0,20	0,05	71.640,80	1.155,0	0,40	1,00	859.689,60	931.330,40
Carga general	620	69,34	1.960	0,20	0,05	842.619,68	450,8	0,40	1,00	7.752.101,06	8.594.720,74
Portacontenedores	86	28,61	4.830	0,20	0,05	118.840,22	1.207,5	0,40	1,00	1.188.402,18	1.307.242,40
Ro-Ro (mercancía y mixtos)	105	27,44	6.000	0,20	0,05	172.872,00	1.440,0	0,40	1,00	1.659.571,20	1.832.443,20
Pasaje Crucero	97	62,60	2.030	0,20	0,05	123.265,66	324,8	0,40	1,00	788.900,22	912.165,88
Total energía (kWh)						2.744.801,08				13.522.670,71	16.267.471,79

Tabla 23. Consumo de energía en la fase de maniobra: Motor principal y auxiliar

Consumo de energía en el Puerto de Sevilla											
Consumo de energía en Maniobra											
Tipología de buque	Nº de Barcos	t (h)	Consumo de energía del MP - Maniobra				Consumo de energía del MA - Maniobra				Consumo de energía Maniobra (kWh)
			P _{MP} (kW)	% Carga _{MP} (FC _{MP})	% t _{MP}	Consumo energía MP (kWh)	P _{MA} (kW)	% Carga _{MA} (FC _{MA})	% t _{MA}	Consumo energía MA (kWh)	
Gráneles líquidos (Tanques)	82	1,68	2.860	0,20	1,00	78.798,72	858,0	0,50	1,00	59.099,04	137.897,76
Gráneles sólidos	20	2,28	3.850	0,20	1,00	35.112,00	1.155,0	0,50	1,00	26.334,00	61.446,00
Carga general	620	2,17	1.960	0,20	1,00	527.396,80	450,8	0,50	1,00	303.253,16	830.649,96
Portacontenedores	86	2,11	4.830	0,20	1,00	175.290,36	1.207,5	0,50	1,00	109.556,48	284.846,84
Ro-Ro (mercancía y mixtos)	105	1,67	6.000	0,20	1,00	210.420,00	1.440,0	0,50	1,00	126.252,00	336.672,00
Pasaje Crucero	97	1,65	2.030	0,20	1,00	64.980,30	324,8	0,50	1,00	25.992,12	90.972,42
Total energía (kWh)						1.091.998,18				650.486,80	1.742.484,98

La Guía elaborada por el CEDEX recoge la metodología de **cálculo de los consumos de energía asociados al puerto**, aplicando los criterios descritos en la metodología EMEP/EEA 2019 para el cálculo de Inventarios a la Atmósfera del modo marítimo. Según esta metodología al puerto se le asignan las fases de atraque y de maniobra tanto de entrada como de salida del puerto.

El proceso de cálculo queda descrito en la Figura 9, que de manera gráfica simplifica que el consumo de energía asociado a la fase de atraque es el resultado de aplicar el tiempo empleado en el atraque, medido en horas, por la potencia del motor principal, que en esta fase trabaja con un factor de carga específico (Tabla 19) y de igual modo ocurre con el motor auxiliar. El motor auxiliar en esta fase trabaja el tiempo empleado en esta fase, con un factor de carga (propio de esta fase) de la potencia total que dispone el motor auxiliar.

La **fase de maniobra se desdobra, en maniobra de entrada y de salida**. Por ello el consumo de energía asociado a estas fases es el resultado de aplicar el tiempo empleado a la potencia instalada en el motor principal, que en esta fase trabaja con un factor de carga determinado y, de igual modo, el motor auxiliar del buque en cuestión.

Las potencias de los motores auxiliares no vienen descritas en las bases de datos de Lloyd's, por ello se acude a la relación de la Tabla 18, obtenida de la experiencia de ENTEC en la elaboración de Inventarios a la Atmósfera para el Reino Unido (UK) de buques mercantes. El factor de carga de los motores y los tiempos de utilización según las fases vienen descritos en la Tabla 19 y Tabla 20 respectivamente.

3.3.4.1. EMISIONES DE GEI ATRIBUIDAS AL TRÁFICO MARÍTIMO

Las emisiones de CO₂ atribuidas al tráfico marítimo (Figura 10) del PdS son el resultado de multiplicar los consumos de energía descritos en el apartado anterior por el factor de emisión correspondiente (Tabla 21). Este consumo depende de la velocidad del motor y del tipo de motor, principal y auxiliar, a mayor velocidad más consumo de energía. La relación de CO₂eq/CO₂ se obtiene del SEI: 1.A.3.d: *Navegación doméstica* del año 2021 que informa de los datos del año 2019. El factor para del año 2019 es 1,010.

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ (gCO}_2\text{)} = \text{Consumo de energía en la fase de atraque y maniobra (kWh o g de combustible)} \times \text{Factor de emisión (gCO}_2\text{/kWh o gCO}_2\text{/g de combustible)}$$

Figura 10. Emisiones de CO₂ en puerto, en fases de atraque y de maniobra

Las emisiones de GEI del tráfico marítimo del Puerto de Sevilla equivalen a **10.668,74 t de CO₂eq**, repartido en fase **de atraque y maniobra de entrada y salida**. A la fase **de atraque le corresponde el 90,5% del CO₂eq y la maniobra el 9,5%**. Las emisiones totales de todo el tráfico marítimo a su vez se reparten entre el motor principal y auxiliar. El motor principal **en el atraque emite el 14,58%**, mientras que el **75,69% lo consume el auxiliar**. En la fase de **maniobra de ida y vuelta al puerto el motor principal consume el 5,80% y el auxiliar 3,65% en el conjunto total de emisiones** GEI asociadas al tráfico marítimo. Estas proporciones son las mismas que las del consumo de energía por cuanto existe una relación directa y lineal entre el consumo de energía y las emisiones de CO₂eq.

Se asume que durante la combustión todo el carbono contenido en el combustible se transforma a CO₂. Esta asunción es razonable por cuanto el carbono contenido en las partículas y en los compuestos orgánicos volátiles es mínima (DEFRA 2010).

En la Tabla 24 se resume el consumo de combustible y CO₂eq asociado al PdS, en las fases de maniobra y atraque, según motor principal y auxiliar. En la Figura 11 se observa de forma gráfica el reparto en porcentaje de emisiones de GEI entre las fases de atraque y maniobra, según motor principal y auxiliar.

Tabla 24. Consumo de combustible y emisiones de CO₂eq en la fase de maniobra y atraque

Fase	Combustible (t fuel)			CO ₂ eq (t)
	Motor principal	Motor auxiliar	Total	
Atraque	480,34	2.501,69	2.982,03	9.659,88
Maniobra	191,10	120,34	311,44	1.008,86
Total	671,44	2.622,03	3.293,47	10.668,74

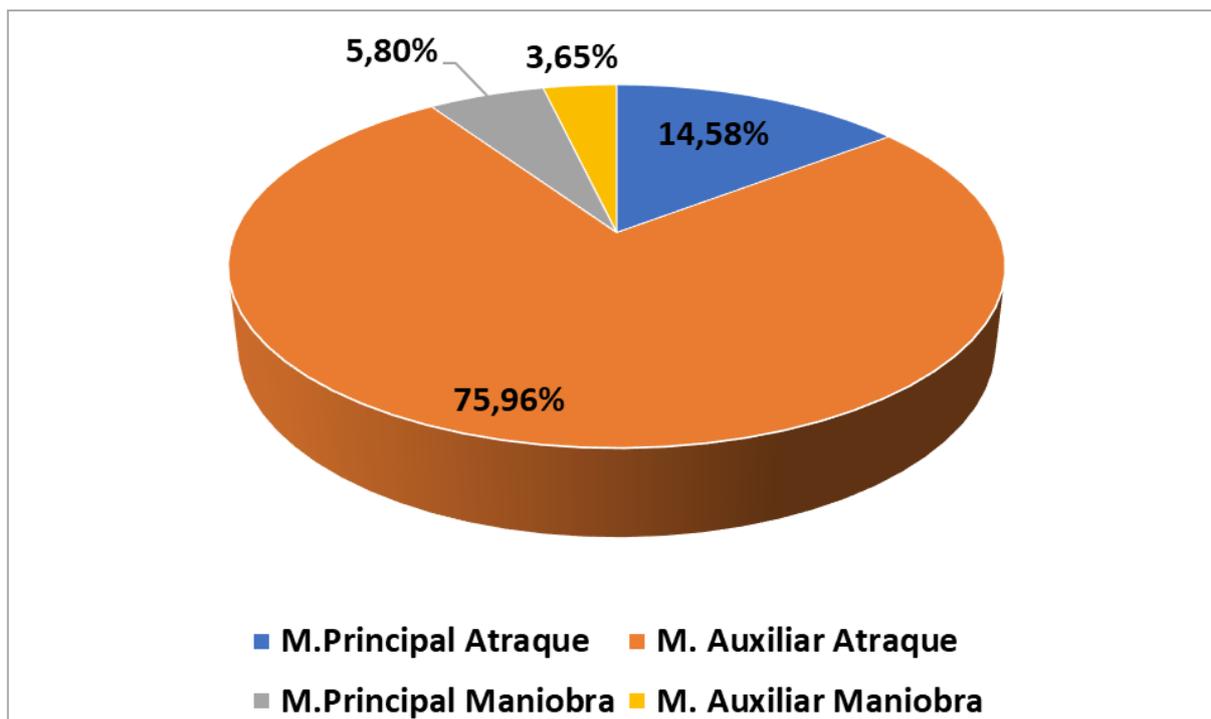


Figura 11. Reparto de Energía-Emisiones en fase de atraque y maniobra

Analizando los consumos de energía y de emisiones asociadas al tráfico portuario, **el mayor porcentaje corresponde al atraque, el 90% de las mismas**, donde aproximadamente el **76% es atribuible al motor auxiliar**. Esta información es relevante en el diseño de políticas de reducción de emisiones. Sustituir las emisiones de combustibles fósiles en la fase de atraque por suministro eléctrico reduciría las emisiones de GEI, dependiendo de la proporción de los combustibles fósiles y vectores energéticos integrantes en el mix eléctrico.

Como ejercicio didáctico se plantea sustituir los consumos de energía calculados para el atraque de buques por suministro de energía eléctrica. Teniendo en cuenta que el factor de emisión del mix del sistema eléctrico en España para el año 2019 es de 0,192 tCO₂eq/MWh², si se sustituyera el diésel (MDO) por electricidad en la fase de atraque se emitirían 3.123,36 tCO₂eq con lo que se **reducirían cerca**

² Fuente: Red Eléctrica de España (REE). <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-anual-sistema/informe-del-sistema-electrico-espanol-2019>

de un 68% las emisiones generadas en la fase de atraque en el PdS, de un total de 9.659,88 tCO₂eq, emitidas ahora con los combustibles convencionales. **Se emitiría menos de la tercera parte de las emisiones**, sin considerar que los motores eléctricos son más eficientes que los motores de combustión interna y para prestar el mismo servicio necesitan menos potencia. Es verdad que son diferentes vectores energéticos, por ello se ha de hacer una valoración del LCA, análisis del ciclo de vida. La electricidad tiene las emisiones asociadas a la fase well to tank donde parte de mix proviene de combustibles fósiles donde para producir esta electricidad necesita máquinas térmicas que tienen el mismo rendimiento que los motores de los barcos. La ventaja del vector eléctrico es su versatilidad, se puede incluir un abanico mayor de fuentes de energías, entre ellas las renovables que son más eficientes a la hora de generar energía. Esta ineficiencia de las EERR se tiene en su fabricación, y construcción que dependen a su vez de combustibles fósiles. El vector eléctrico emite emisiones atmosféricas en el lugar donde se genera la energía, por lo que si se produce en lugares alejados de los entornos portuarios, las emisiones contaminantes no afectarían a la ciudad portuaria. Esto en sí mismo es una ventaja sustancial, al mejorar la calidad de vida del ciudadano.

Las emisiones evitadas supondrían el equivalente de casi la totalidad de las emisiones generadas por el Sector Industrial de las empresas concesionarias. El puerto de Sevilla está muy próximo a la ciudad, por esta razón se hace aconsejable pensar la posibilidad de conectar los barcos a la red eléctrica, evitando la emisión de contaminantes atmosféricos que afectan a la salud de los sevillanos.

El consumo total de energía de la fase de atraque (motor auxiliar y motor principal) del tráfico marítimo en el PdS sería equivalente a 16.267,5 MWh. Suponemos que este consumo sería el mismo en caso de sustituir los motores diésel por motores eléctricos, a pesar de que no tienen el mismo rendimiento ni los mismos consumos. Si se consiguiera que toda la energía eléctrica consumida proviniera de energías renovables las emisiones asociadas a esta fase serían nulas, algo que se conseguiría en el puerto al tener una comercializadora de energía con un factor de emisión para la energía consumida (kWh) de 0,00 gCO₂/kWh.

3.3.5. CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES GEI ASOCIADAS AL TRÁFICO DE MERCANCÍAS POR CAMIÓN EN EL PUERTO

Para la estimación del consumo de combustible del tráfico de camiones asociado al recinto de la autoridad portuaria se parte de la información que aporta la División de Medio Ambiente del PdS sobre el tráfico portuario en las diferentes zonas del puerto en el año 2019 (Tabla 25).

Tabla 25. Datos de tránsito estimados de camiones en el PdS. Año 2019

Zona	N.º Camiones	Distancia desde Acceso km ida	km ida/vuelta	Total camiones -km
Centenario	76.328	0,827	1,654	126.246,5
Batán Norte	60.829	1,24	2,48	150.855,9
Tablada	23.135	0,50	1	23.135,0
Esclusa	63.126	2,90	5,8	366.130,8
Portillo	5.530	0,20	0,4	2.212,0
Carbón P.	16.163	1,87	3,74	604.49,6
Terminal Liq.	10.100	3,00	6	60.600,0
TOTAL	255.211			789.629,9

En esta tabla recoge el número de camiones que encaminan mercancía por el recinto portuario en el año 2019. La distancia de ida y vuelta que recorre cada camión ha sido documentada por los responsables de la División de Medio Ambiente del PdS. Con esta información estimamos que el total de km recorridos por los camiones en el recinto del PdS es de 789.629,9 camiones-km.

En el “Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera. Julio 2021” se ha tomado el consumo medio de gasóleo de 35 l/100km de un camión tipo. En base a este consumo y al total de km recorridos por los camiones en el recinto portuario se ha estimado el consumo de combustible para el PdS en 276.370,45 litros.

3.3.5.1. EMISIONES DE GEI ASOCIADAS AL TRÁFICO DE MERCANCÍAS POR CAMIÓN

El cálculo de emisiones de CO₂eq resulta de multiplicar el consumo de combustible de los camiones en el recinto portuario por el factor de emisión del gasóleo, 2,456 kgCO₂/l, (OECC, 2021). La relación de CO₂eq/CO₂ es 1,016 y se obtiene del SEI del año 2021: 1.A.3.b.iii: *Transporte por carretera, Camiones pesados y autobuses*, que informa de los datos del año 2019. El total de emisiones de GEI debidas a los camiones en Autoridad Portuaria son **1.966,56 t de CO₂eq.** (Tabla 26).

Tabla 26. Emisiones de CO₂ y CO₂eq asociados al tráfico de camiones en el PdS. Año 2019

Recorrido total interior mercancías carreteras (camión-km)	Consumo por km (l/100 km)	Consumo (l)	FE gasóleo (kgCO ₂ /l)	Emisiones CO ₂ (t)	CO ₂ eq/CO ₂ R	Emisiones CO ₂ eq (t)
789.629,9	35	276.370,45	2,456	678,77	1,016	689,37

3.3.6. CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES GEI DEL TRÁFICO DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL EN EL PUERTO

Para la estimación del consumo de energía del asociado al tráfico de mercancías por ferrocarril en el recinto de la autoridad portuaria se parte de la información que tiene el PdS sobre el recorrido interior medio de este modo de transporte. El recorrido medio interior de las mercancías en ferrocarril es de 14,7 km (información aportada por la División de Medio Ambiente del PdS). En el puerto se transportan por ferrocarril un total de 158.948 toneladas de mercancías según la Memoria Anual 2019 del PdS. Teniendo en cuenta que el consumo **por t-km transportada en tren de tracción diésel se estima en 0,02 litros** (elaboración propia a partir de información reportada por la Fundación Ferrocarriles Españoles) el total de consumo asociado al transporte de mercancías de este modo sería de 46.730,71 litros de gasóleo. Si comparamos el **consumo por t-km de los camiones, que es de 0,02 l/t-km** en base a los resultados del apartado anterior, se observa que el ferrocarril diésel es igual de eficiente en base a las condiciones actuales; el combustible utilizado es el mismo en los dos modos (diésel), la eficiencia marcada por los motores es la misma, por tanto la ventaja competitiva de un modo frente a otro puede deberse a la optimización de la carga de los vehículos y el mantenimiento de la maquinaria. Estos ratios de consumo por cada tonelada transportada dentro del recinto portuario se pueden mejorar en ambos modos de transporte estableciendo operaciones racionales de logística u optimizando las cargas, como ejemplo, evitando en el ferrocarril la pérdida de servicios que se experimenta con el trascurso de los años. No obstante el margen de mejora es más apreciable en el ferrocarril que en el transporte de mercancías por carretera.

Las emisiones de GEI se obtienen de multiplicar el consumo de combustible por el factor de emisión del gasóleo 2,456 kgCO₂/l, (OECC, 2021). La relación de CO₂eq/CO₂ es 1,004 y se obtiene del SEI del año 2021: 1.A.3.c: *Transporte por ferrocarril*, que informa de los datos del año 2019. El total de emisiones de GEI debidas a los camiones en Autoridad Portuaria son **115,19 t de CO₂eq.** (Tabla 27).

Tabla 27. Emisiones de CO₂ y CO₂eq asociados al tráfico por ferrocarril en el PdS. Año 2019

Toneladas transportadas	Recorrido medio interior mercancías ferrocarril (km)	Tráfico mercancías en recinto portuario (t-km)	Consumo por t-km (l/t-km)	Consumo (l)	FE gasóleo (kgCO ₂ /l)	Emisiones CO ₂ (t)	CO ₂ eq/CO ₂ R	Emisiones CO ₂ eq (t)
158.948	14,7	2.336.535,6	0,02	46.730,71	2,456	114,77	1,004	115,19

3.3.7. CONSUMO DE ENERGÍA ASOCIADA AL PASO DE VIAJEROS DE CRUCERISTAS POR EL RECINTO PORTUARIO

En el año 2019 se ha contabilizado 20.948 viajeros provenientes de cruceros en el recinto portuario. No obstante, el trayecto entre la llegada de cruceros y la salida del recinto portuario se hace paseando, por tratarse de una distancia de 50 metros, por lo que no se le asocian emisiones de GEI.

3.4. COMPARACION DE RESULTADOS. PESO DE ACTIVIDADES EN LA GENERACIÓN DE GEI EN EL PUERTO

El mayor porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero están incluidas en el Alcance 3 y suponen el 99,82% de las emisiones. Siguiendo el criterio de clasificación seguido por grupos de actividad, en el alcance 3, el mayor peso de las emisiones de gases de efecto invernadero **lo representan las empresas concesionarias**.

Se pueden dividir las emisiones del alcance 3 en 3 grandes grupos, clasificadas por el tipo servicio que desempeñan en el puerto: **empresas concesionarias ubicadas** por razones de logística en el puerto, tráfico marítimo (operaciones de atraque y maniobra) del PdS y tráfico de mercancías-pasajeros por el recinto portuario. El mayor peso de las emisiones de GEI es el de las empresas concesionarias **ubicadas en el puerto por razones de logística**, mejoran la conectividad con su mercado tanto de materias primas como de productos elaborados. Entre las empresas concesionarias ubicadas en el PdS se encuentran empresas de diferentes sectores productivos (logística, industrial y comercial) que representan el 85% del total de emisiones de GEI generadas por las empresas concesionarias. **Las actividades más relacionadas con los servicios portuarios** en un sentido más estricto (remolcadores, estiba, etc.) genera aproximadamente el 15% de las emisiones GEI restantes de las concesionarias.

En el segundo grupo de actividades con peso en las emisiones de gases de efecto invernadero se encuentra el tráfico marítimo, en concreto la fase de atraque por ser la que más tiempo emplea. El tercer grupo viene representado por el tráfico de mercancías por el recinto portuario, a este grupo se le asocian las emisiones debidas al tráfico de camiones y de ferrocarril que representan el 2,39% y el 0,40% de las emisiones respectivamente (Ver Tabla 28)

Tabla 28. Participación en las emisiones de GEI de las actividades portuarias

		Emisiones (tCO ₂ eq)	% en el total	
Alcance 1	Emisiones directas: Fuentes móviles	Coches	52,98	0,18%
	Emisiones directas: Fuentes fijas	Generadores electrógenos	0,25	0,00%
	Emisiones directas: Fluidos refrigerantes		0,00	0,00%
	Alcance 1: Total emisiones		53,23	0,18%
Alcance 2	Emisiones indirectas: Consumo de electricidad		0,00	0,00%
	Alcance 2: Total emisiones		0,00	0,00%
Alcance 3	Empresas concesionarias	Emisiones directas: Fijas y Móviles	8.888,17	30,76%
		Emisiones directas: Fluidos refrigerantes	1.359,71	4,71%
		Emisiones Indirectas: Electricidad	7.120,46	24,64%
	<i>Total emisiones Empresas Concesionarias</i>		17.368,33	60,11%
	Tráfico marítimo	Atraque	9.659,88	33,43%
		Maniobra	1.008,86	3,49%
	<i>Total emisiones Tráfico marítimo</i>		10.668,74	36,92%
	<i>Total emisiones Tráfico de camiones</i>		689,37	2,39%
	<i>Total emisiones Tráfico ferroviario</i>		115,19	0,40%
	<i>Total emisiones Paso de Cruceristas por el Recinto Portuario</i>		0,00	0,00%
Alcance 3: Total emisiones		28.841,63	99,82%	
TOTAL (Alcance 1 + Alcance 2 + Alcance 3)		28.894,86	100,00%	

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

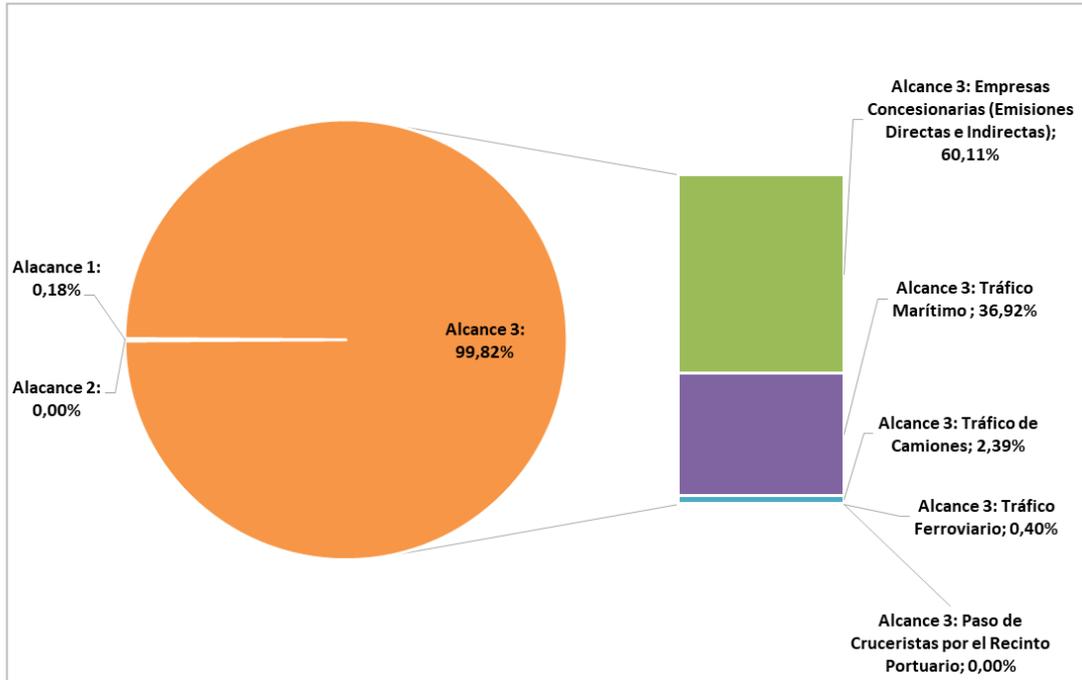


Figura 12. Reparto de emisiones de GEI por alcance 1, 2 y 3 del PdS

Como el cálculo de la huella de carbono permite desdibujar los consumos de energía cuando se comercializa con suministradora de cero emisiones de la electricidad que vende, se plantea a continuación el ejercicio de análisis de consumos de energía por alcances y actividades inventariadas para corregir dicho artificio contable (Figura 13).

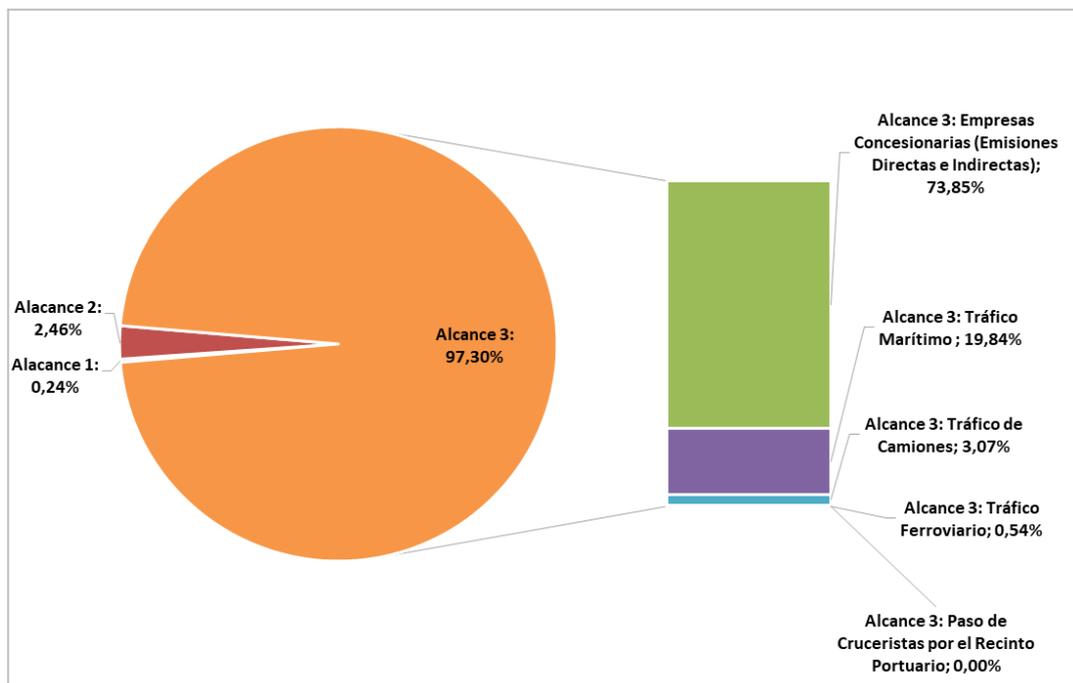


Figura 13. Reparto de consumos energéticos (kWh) por alcance 1, 2 y 3 del PdS

4. ANALISIS DE RESULTADOS. CONCLUSIONES

Las emisiones de GEI de los puertos se deben a las actividades asociadas a los requerimientos portuarios propiamente dichos y a la ubicación en los recintos portuarios de empresas muy intensivas en el consumo de energía, cuya selección del emplazamiento viene motivado por las oportunidades de logística que prestan los puertos. Los puertos suponen las puertas de entrada y salida de mercancías y de pasajeros a otros destinos de dentro y fuera de la Península Ibérica.

El peso en las emisiones de GEI varía de un puerto a otro según las actividades en régimen de concesión que albergan (en el PdS suponen el 60,11% de las emisiones de GEI), aunque este aspecto no tiene que ser una norma de carácter general reproducible en otros puertos, en cuanto a su distribución y peso. En el caso de las empresas concesionarias del PdS, es el sector industrial el que representa el peso más relevante en el balance total de las emisiones de GEI del puerto (26,71%).

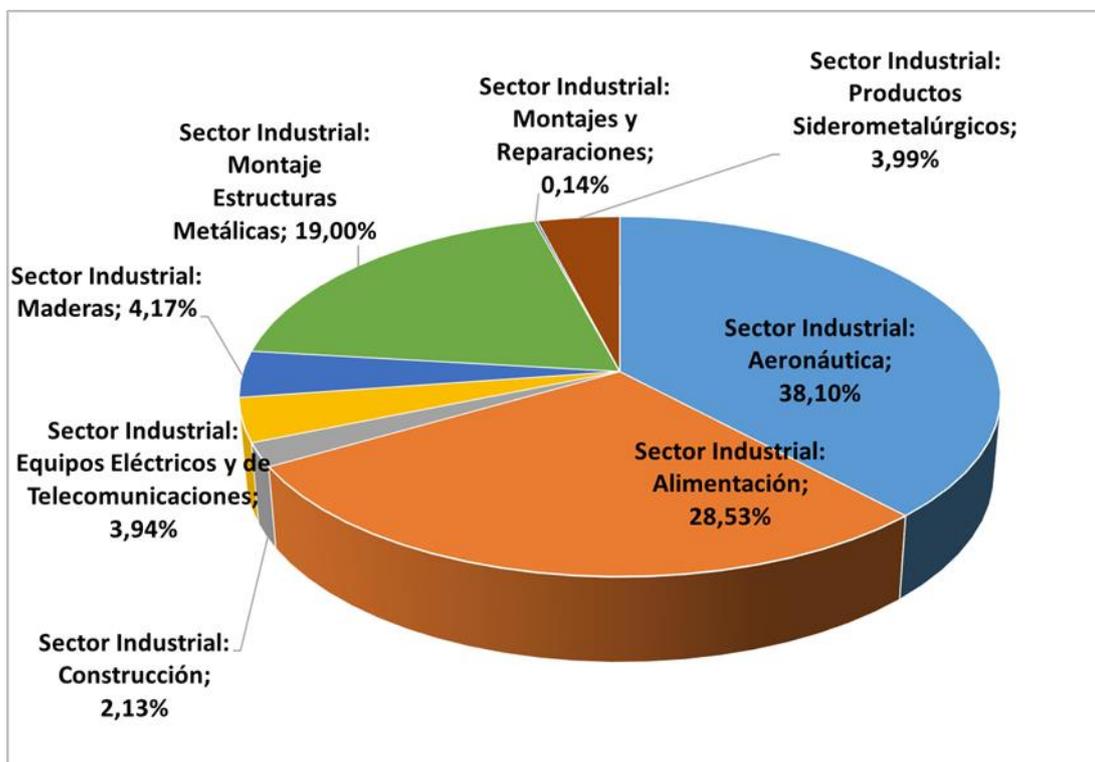


Figura 14. Reparto de emisiones GEI de empresas concesionarias del Sector industria

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

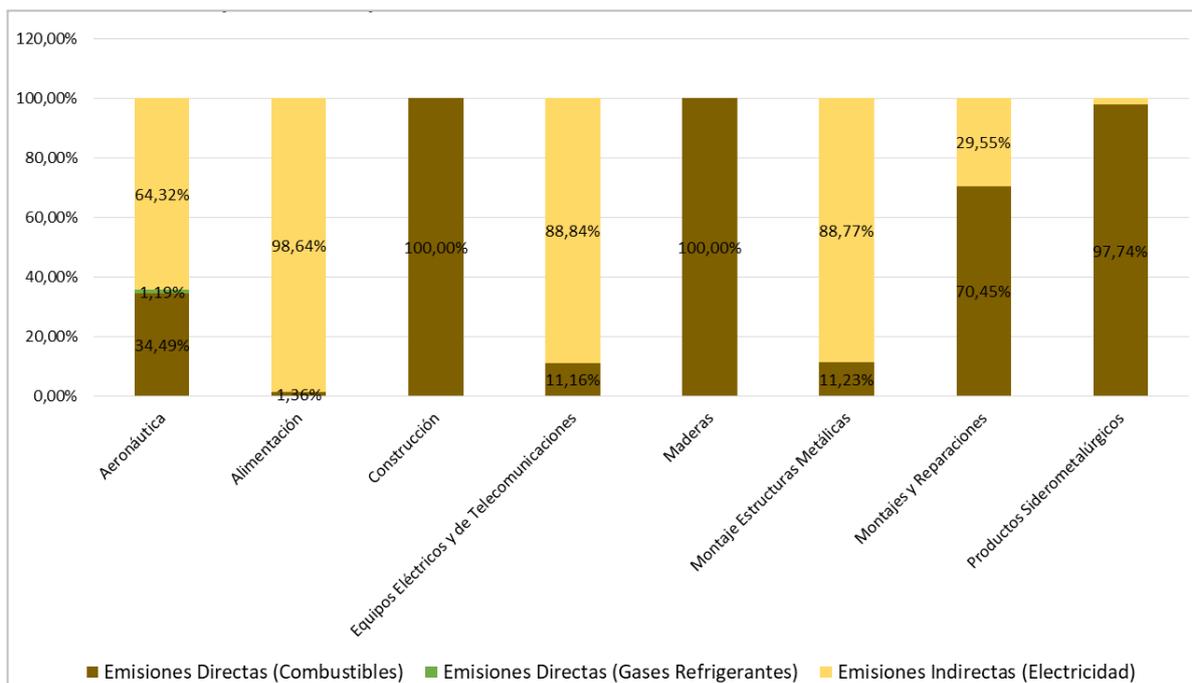


Figura 15. Reparto de emisiones GEI por fuente de emisión del Sector Industrial: combustibles fósiles, gases refrigerantes y electricidad

Es necesario reflexionar sobre el tipo de energía utilizada en el sector industrial, lo que permite conocer el impacto en la calidad del aire en los entornos portuarios y el grado de dependencia de fuentes de energía provenientes de combustibles fósiles.

Los subsectores de la Aeronáutica, Alimentación y Montaje Estructuras Metálicas representan el 85% de las emisiones de GEI del sector, lo que supone casi un 23% de las emisiones de GEI del PdS. Estos subsectores han hecho un esfuerzo por transformar su vector energético a electricidad, lo que supondrá una ventaja competitiva en la transición a una economía baja en carbono, ya que la electricidad consumida en estos tres sectores supone el 18,5% de las emisiones totales de GEI del PdS. A veces y para ciertos procesos productivos es difícil sustituir por fuentes de origen renovable las fuentes de energía de origen fósil utilizadas en estos procesos, por estar asociados a procesos de media y alta temperatura. Dentro del sector Aeronáutico el principal combustible utilizado en sus instalaciones es el gas natural, asociado a procesos térmicos de alta temperatura, aunque en este sector el peso de la electricidad es de aproximadamente el 65% de las necesidades energéticas. El sector de la alimentación depende del vector eléctrico y por tanto se le puede incorporar energía de origen renovable que facilita su transición en una economía descarbonizada.

Las empresas del sector servicios (logística, comercial y portuarias) representan un peso en el balance total de las emisiones de GEI del puerto de un 33,4% del total de emisiones (algo más del 55% del 60% de las emisiones de empresas concesionarias). Estas emisiones provienen principalmente de combustibles fósiles, con lo que les será más difícil adaptarse a una economía baja en carbono.

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

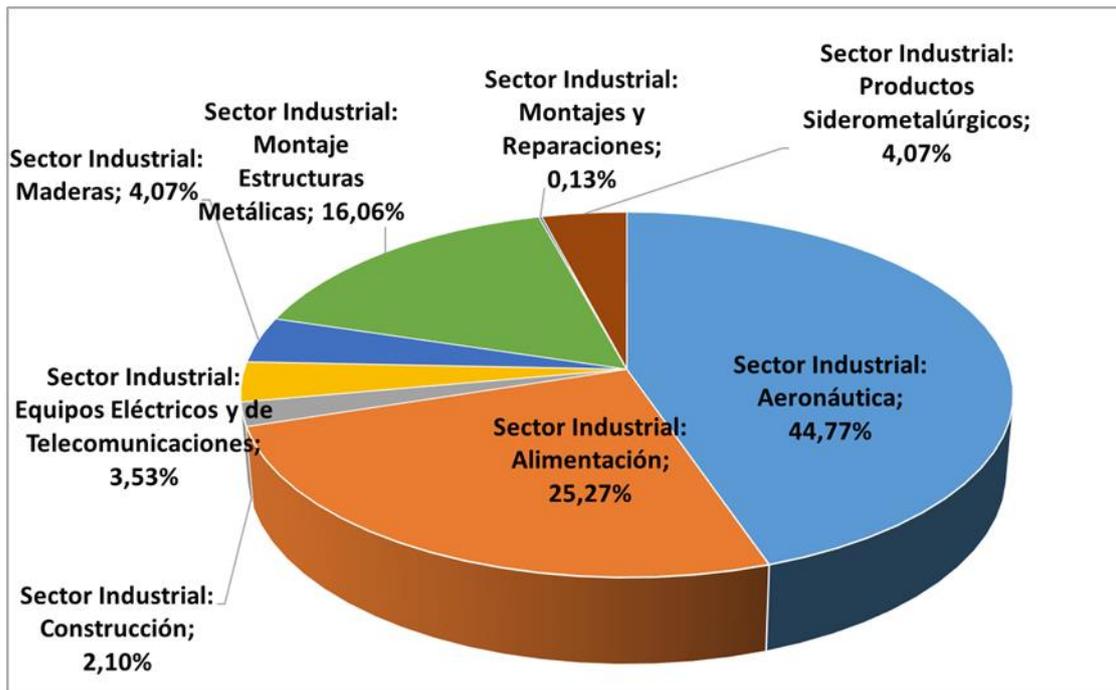


Figura 16. Reparto de consumo de energía (kWh) de empresas concesionarias del Sector industrial

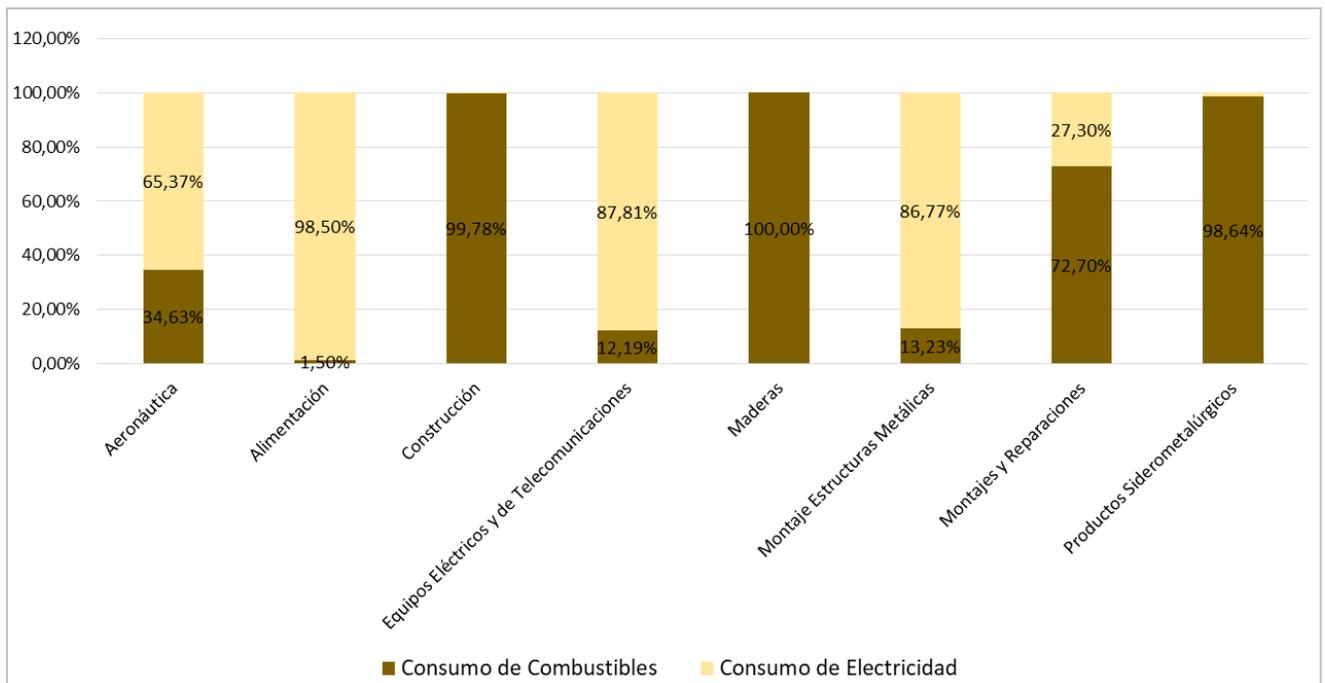


Figura 17 Reparto de consumo de energía (kWh) por fuente de emisión del Sector Industrial: combustibles fósiles y electricidad

Otros sectores de menor peso en emisiones son Maderas, Productos Siderometalúrgicos, Construcción, Montajes y Reparaciones y Equipos Eléctricos y de Telecomunicaciones. Son muy dependientes de combustibles fósiles a excepción de los Equipos Eléctricos y de Telecomunicaciones que como sector de mayor valor añadido ha sido capaz de incorporar la electricidad a sus procesos productivos.

Las emisiones generadas por el tráfico marítimo son el 36,92% del total de emisiones de GEI, donde el 90% de estas emisiones están asociadas a la fase de atraque de los barcos que acceden al recinto portuario. El tráfico portuario, atraque y maniobra, emite unas emisiones de GEI proporcionales a sus consumos energéticos, aunque el factor de emisión de los combustibles marinos de origen fósil es superior a los factores de emisión de los combustibles empleados en la carretera y en las industrias productivas-energéticas. El peso de las emisiones del tráfico portuario es muy elevado por ser altos los tiempos de atraque y maniobra de los buques, muy superior a otros puertos.

El tráfico terrestre de mercancías encaminadas por el recinto portuario, carretera y ferrocarril, tiene poco peso en el conjunto de la huella de carbono del puerto, no llega al 3%. Esta huella proviene de combustibles fósiles lo que dificulta la transición a una economía descarbonizada con electricidad. El transporte de mercancías por camión tiene más peso por ser el modo de transporte más utilizado. Tanto la eficiencia del camión como del ferrocarril se ve influida por el nivel de ocupación y el tipo de mercancía transportada, por el tipo de servicio prestado, tanto del ferrocarril como del transporte por camión.

Por tanto el cálculo de la huella de carbono, y el análisis de la emisión de GEI, depende de cada entorno portuario y del tipo de actividades que tiene asociadas de mayor o menor intensidad de consumo energético y su correspondiente reflejo en emisiones. Las emisiones de GEI afectan a nivel global y es necesario analizar tanto las fuentes directas como a las indirectas generadoras de las mismas y así poder plantear hojas de ruta encaminadas a la descarbonización. Como entre las reglas aceptadas para el cálculo de la huella de carbono se considera la posibilidad de contratar suministro de energía eléctrica con comercializadoras de energía con garantía de origen de cero emisiones, el uso de dicho artificio contable distorsiona el peso del sector o de la actividad analizada porque consume energía eléctrica aunque no emite emisiones de gases de efecto invernadero por suministrarse de una comercializadora de cero emisiones.

La huella de carbono, es decir, la emisión de gases de efecto invernadero, es una relación lineal del consumo de energía fósil y de emisiones. Varía dependiendo del tipo de combustible y del motor en el que tiene lugar la combustión. Los factores de emisión de los combustibles utilizados en la carretera y del modo marítimo son diferentes. Los combustibles empleados en la carretera tienen menores emisiones de CO₂ (factor de emisión más bajo), debido al uso de combustibles de mejor calidad que en el modo marítimo. El factor de emisión del vector eléctrico depende de la proporción de combustibles fósiles del mix energético, que en el caso español depende de las condiciones del año hidráulico, sobre todo en los años donde la instalación de plantas de energía de origen renovable no haya sido significativa. En el año 2019 la relación de generación de energía primaria/energía final fue de 2,2:1 para

la electricidad³. Así, las emisiones de gases de efecto invernadero dependen de la proporción, tipo de combustibles fósiles empleados y energía de origen renovables que integran el mix de energía primaria. Este vector será más eficiente a medida que se incluyan más fuentes de energía renovable y tecnologías de respaldo más eficientes. Con esta proporción de energía primaria/energía final en la transformación de la energía se aprovecha menos de la mitad de la energía primaria que se suministra en el sistema eléctrico (ineficiencia muy alta).

³ Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del Observatorio de la Energía y Sostenibilidad en España. Informe Basado en Indicadores. Edición 2020 (Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad. Universidad Pontificia de Comillas).

5. BIBLIOGRAFÍA

EEA (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. European Environment Agency (EEA).

FFE (2020). Informe 2019. Observatorio del Ferrocarril en España. Fundación de los Ferrocarriles Españoles (FFE).

IMO (2021). Fourth IMO Greenhouse Gases Study (GHG) 2020. Full Report, International Maritime Organization (IMO).

DEFRA (2010). UK Ship Emissions Inventory. Final Report. November 2010. ENTEC, Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA).

OECC (2021). Factores de emisión. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. Abril 2021. Oficina Española de Cambio Climático (OECC). Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD).

SEI (2021). Sistema Español de Inventario de Emisiones, Año 2019. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD). <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/Inventario-GEI.aspx>

**ANEXO I: CUESTIONARIO DE CONSUMO DE ENERGÍA EN LAS EMPRESAS
CONCESIONARIAS DEL PDS**

Alcance 1. CONSUMOS DE COMBUSTIBLES. AUTORIDAD PORTUARIA DE SEVILLA

Alcance 2: CONSUMOS ELÉCTRICOS DE LA AUTORIDAD PORTUARIA DE SEVILLA

Descripción de los consumos eléctricos por zonas, si es que están diferenciadas.

Suministradora de electricidad. Año 2019.

**Alcance 3. CUESTIONARIO DE ENVÍO A EMPRESAS CONCESIONARIAS Y PRESTADORAS DE
SERVICIOS**

**CHECK-LIST PARA CONCESIONES / AUTORIZACIONES
HUELLA DE CARBONO 2019**

<u>EMPRESA</u>			
<i>Por favor, indique la empresa y los datos solicitados a continuación (*opcional).</i>			
Persona de contacto:		Email:	
Dirección:		Web:	
Teléfono:		Fax:*	
Fecha inicio concesión/autorización:*		Fecha fin concesión/autorización:*	
Descripción de la actividad/servicio:		Número de empleados:	

<u>FACTURACIÓN O VOLUMEN DE NEGOCIO</u>		<u>AÑO</u>	2019
<i>(Volumen de negocio del año en estudio, toneladas movidas,...)</i>		<i>Indicar el año en estudio</i>	

<u>HUELLA DE CARBONO. GRADO DE SENSIBILIZACIÓN</u>			
<i>¿Ha realizado su empresa recientemente el cálculo de la huella de carbono?</i>	SI	NO	

Huella de Carbono: Puerto de Sevilla. Año 2019

CONSUMOS RELACIONADOS CON SU ACTIVIDAD O SERVICIO (AÑO 2019)					
CONSUMOS DE COMBUSTIBLES FÓSILES (DIÉSEL, GASOLINA, GAS NATURAL, GAS PROPANO,...) (AÑO 2019)					
<i>Consumo</i>	<i>Unidades (m³, litros, kg, ...)</i>	<i>Tipo de combustible</i>	<i>Edificio/Instalación/Vehículo...</i>	<i>Tipo Fuente (Fija, Móvil)</i>	<i>Medido/Estimado</i>
CONSUMOS DE ELECTRICIDAD (AÑO 2019)					
<i>Consumo</i>	<i>Unidades (kWh, ...)</i>	<i>Suministrador</i>	<i>Edificio/Instalación/Vehículo...</i>	<i>Medido/Estimado</i>	
CONSUMOS DE GASES FLUORADOS (RECARGAS EN EQUIPOS DE FRÍO, AIRE ACONDICIONADO,...) (AÑO 2019)					
<i>Consumo</i>	<i>Unidades (m³, litros, kg, ...)</i>	<i>Tipo de gas (fórmula)</i>	<i>Edificio/Instalación...</i>	<i>Medido/Estimado</i>	