

**ANEJO N° 21. ESTUDIO DE
SOSTENIBILIDAD**

ÍNDICE

1. CALIDAD QUÍMICA DEL AIRE.....	1
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL INFORME DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	1
1.2. TRANSPORTE SOSTENIBLE	1
1.3. TRANSPORTE Y URBANISMO	3
1.4. OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS SOSTENIBLES.....	4
1.5. CONCLUSIONES: MEJORAS DEL TRANVÍA RESPECTO A OTROS MEDIOS DE TRANSPORTE.....	4
1.6. NORMATIVA DE APLICACIÓN	5
1.7. EMISIONES EN FASE DE OBRA	5
1.8. EMISIONES EN FASE DE EXPLOTACIÓN	7
1.9. ANÁLISIS DE LAS EMISIONES TOTALES	15
1.10. ANÁLISIS DE LOS COSTES EXTERNOS	16

1. **CALIDAD QUÍMICA DEL AIRE**

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL INFORME DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

El Plan Director del Transporte Sostenible del País Vasco cita entre sus diferentes líneas de actuación la de implantar la incorporación de un “Informe de Sostenibilidad” a los estudios y proyectos de Transporte que se desarrolle en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

Para ello en este informe se han ido analizando distintas estrategias partiendo de los ámbitos más generales, para paulatinamente ir concretando, hasta llegar a las conclusiones particulares para el tranvía de Barakaldo:

- Las estrategias y políticas en relación con el transporte sostenible y el urbanismo.
- Objetivos y estrategias sostenibles de Euskotran.
- Sostenibilidad ambiental del tranvía de Leioa – Urbinaga.

1.2. TRANSPORTE SOSTENIBLE

En el año 2001 el transporte por carretera era el responsable del 26% de las emisiones de gases de efecto invernadero. En las carreteras vascas, donde circulan un millón cien mil vehículos, se consume el 93% del total de la energía utilizada por el transporte, lo que supone el 27% del total consumido en la CAPV.

El transporte de viajeros supone las dos terceras partes del coste externo del transporte, y en esta categoría, la carretera genera costes 4,5 veces superiores a los del transporte ferroviario.

En la “Estrategia Europea para un desarrollo sostenible”, documento que recoge las conclusiones del Consejo Europeo de Gotemburgo (2002), se reconoce la Mejora del transporte y ordenación territorial como uno de los cinco objetivos y metas a largo plazo:

- Necesidad de actuar en una amplia gama de políticas
- Limitar el cambio climático e incrementar el uso de energías limpias
- Responder a las amenazas a la salud pública
- Gestión más responsable de los recursos naturales
- Mejorar el sistema de transporte y la ordenación territorial:
- Desvincular el aumento en el uso del transporte del crecimiento del PIB para reducir la congestión y otros efectos colaterales negativos.

- Conseguir una transferencia en el uso del transporte de la carretera al ferrocarril, al transporte navegable, y al transporte público de pasajeros, de tal forma que la cuota del transporte por carretera en 2010 no sea superior a la de 1998.
- Fomentar un desarrollo regional más equilibrado reduciendo las disparidades en la actividad económica y manteniendo la viabilidad de las comunidades rurales y urbanas.
- El diagnóstico del sistema medioambiental de la CPAV (“Medio Ambiente en la CAPV 2001. Diagnóstico) señala que las presiones más relevantes se están produciendo sobre el consumo de suelo y de agua, en la generación de residuos (excepto en residuos peligrosos), en la calidad del aire, en el medio ambiente urbano, sobre las aguas continentales y sobre el medio ambiente marino y litoral. Los principales agentes que contribuyen a estas fuertes presiones son el transporte, la industria y el propio consumidor, siendo el transporte donde mayores esfuerzos de integración deben realizarse durante los próximos años potenciando alternativas al automóvil y al transporte aéreo de corto recorrido.

En coherencia con las cinco metas y objetivos recogidos en la “Estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible” y con los diez temas ambientales analizados en el Diagnóstico del Medio Ambiente de la CAPV 2001, se han englobado en cinco Metas Ambientales las principales prioridades de la estrategia ambiental de la Comunidad.

Entre estas cinco Metas Ambientales de la estrategia ambiental de la Comunidad Autónoma se encuentra el Equilibrio territorial y la movilidad con un enfoque común. La movilidad como capacidad de mover o trasladar personas o cosas constituye una necesidad de primer orden, lo cual genera una demanda de transporte consecuente con los modelos territoriales, económicos, sociales y culturales. Se hace necesario reducir las necesidades de movilidad, no favoreciendo las actividades y usos urbanísticos que supongan un incremento de la demanda de los modos motorizados.

Un sistema de transporte sostenible debe contribuir al bienestar económico y social sin agotar recursos naturales, destruir el medio ambiente o perjudicar a la salud. Esto supone que dicho transporte debe desarrollar como mínimo:

- Atender las necesidades de movilidad territorial y permitir el acceso a las necesidades básicas
- Apoyar el desarrollo territorial, económico y social y
- Limitar sus presiones e impactos ambientales a la capacidad de asimilación del medio ambiente

Además se debe minimizar el efecto sobre la biodiversidad que el desarrollo territorial exige de las infraestructuras de transporte, optimizando la capacidad y la eficiencia de las existentes, tomando plenamente en consideración la variable ambiental en las de nueva implantación.

Con todo ello, parece ser que la mejor salida a la situación de congestión del tráfico que se vive en el centro de las ciudades y carreteras de acceso se encuentra en la potenciación de los transportes públicos, siendo el tranvía una de las principales opciones a considerar, por su gran capacidad de transporte, su respecto al medio ambiente (entre otros motivos por el uso de la energía eléctrica como fuente de alimentación) y sus razonables costes de implantación.

1.3. TRANSPORTE Y URBANISMO

En los últimos años se ha podido detectar como el urbanismo empieza a incorporar ciertas consideraciones ambientales, tales como el tratar de buscar un transporte urbano sostenible, ampliar zonas para uso de los peatones, frente a la “invasión” del automóvil, etc.

El objetivo general de un urbanismo más sostenible sería hacer compatible una buena calidad de vida urbana con un menor impacto negativo de los núcleos urbanos en la sostenibilidad global.

En las últimas décadas, la generalización del uso del vehículo privado como modo de transporte predominante, independientemente de la distancia a recorrer y de su eficacia como modo de transporte, ha sido uno de los condicionantes más importantes en el diseño de las ciudades. Este tráfico de vehículos crea congestión y contaminación de todo tipo.

Ante esta situación, se plantea en los modelos y trabajos de sostenibilidad ambiental, el uso del transporte público como modo más racional para alcanzar los objetivos ambientales y con la dedicación de los espacios urbanos para usos de encuentros y comunicación.

La combinación de diversos modos de transporte público con modos no motorizados y restricciones al uso indiscriminado del vehículo privado en lo que se denomina Plan Municipal de Movilidad Sostenible es la opción que, hoy por hoy, parece más adecuada para estudiar la solución de los diversos desplazamientos.

Para recorridos menores, facilitar y hacer agradables los desplazamientos a pie o en bicicleta sería la solución más idónea. Para ello hay que introducir un criterio básico de diseño para las zonas urbanas de modo que resuelvan como objetivo prioritario la accesibilidad para los modos menos lesivos al medio ambiente (transporte público y modos no motorizados), frente a las infraestructuras para modos motorizados. En este sentido el proyecto objeto de este Informe de Sostenibilidad, cumple ambas premisas al combinar el transporte público (tranvía) con otros proyectos asociados que se desarrollarán bien en paralelo o en un futuro próximo consistente en la creación de bulevares y zonas peatonales, que propicien el desplazamiento a pie.

1.4. OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS SOSTENIBLES

Dentro de la línea de sostenibilidad ambiental que el Programa Marco Ambiental Vasco se marca, y de otras acciones enmarcadas en esta misma política y emanadas de los planes de ordenación antes citados, la empresa que gestiona el tranvía, EuskoTren, se plantea los siguientes objetivos:

- Potenciar servicios de transporte colectivo de cercanías tanto por ferrocarril como por carretera.
- Garantizar las conexiones intermetropolitanas.
- Fomentar el tráfico de mercancías por ferrocarril, garantizando la intermodalidad.
- Explotar los proyectos de los futuros tranvías de Euskadi.
- Desarrollar un sistema de transporte que satisfaga la demanda de las comarcas rurales.
- Potenciar el transporte ferroviario en las comarcas industriales.
- Propiciar alianzas selectivas para el establecimiento de servicios de transporte de viajeros y mercancías.
- Contribuir de forma activa en el desarrollo de las políticas de transporte y su proyección a la sociedad.
- Desarrollar una empresa que gestione las infraestructuras ferroviarias y se consolide como un operador integral de transporte.

1.5. CONCLUSIONES: MEJORAS DEL TRANVÍA RESPECTO A OTROS MEDIOS DE TRANSPORTE

Las ventajas que presenta el tranvía frente a otros medios de transporte son las siguientes:

- Menos emisiones contaminantes al utilizar en la tracción energía eléctrica, única fuente.
- Bajo nivel de consumo energético
- Liberación del espacio urbano
- Mejor accesibilidad
- Menor nivel de ruidos

A continuación se desarrollan las ventajas enunciadas.

Así, el objeto de este apéndice es cumplir con este cometido exigido, realizando un inventario de emisiones tanto en fase de obra como en fase de operación, de las actuaciones a desarrollar. Además, se analizarán las emisiones evitadas, incluyendo la valoración económica de este ahorro y beneficio ambiental, por causa del cambio modal de transporte derivada de la construcción de la nueva infraestructura.

1.6. NORMATIVA DE APLICACIÓN

La normativa relativa a la calidad atmosférica que aplica en este análisis tiene carácter nacional. Esta normativa queda recogida en el Real Decreto: 102/2011.

Este Real Decreto, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, tiene por objeto definir y establecer valores límite y umbrales de alerta con respecto a las concentraciones de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono en el aire ambiente, y establecer objetivos de calidad del aire en relación al ozono troposférico, respectivamente. Introduce, asimismo, un nuevo contaminante ($PM_{2.5}$) a evaluar e introduce el amoniaco (NH_3) como contaminante a medir en estaciones de fondo regional y estaciones de tráfico de las principales ciudades españolas, aunque por el momento no se fijen objetivos de calidad para él.

Otra de sus finalidades es la regulación de la evaluación, el mantenimiento y la mejora de la calidad del aire en relación con dichas sustancias, así como la información a la población y a la Comisión Europea.

Con todo esto se pretende evitar, prevenir y reducir los efectos nocivos de las sustancias reguladas sobre la salud humana y el medio ambiente en su conjunto.

1.7. EMISIONES EN FASE DE OBRA

1.7.1. *Introducción y descripción de las emisiones en fase de obra*

Las emisiones atmosféricas en la fase de construcción están constituidas por dos tipos diferentes: emisiones canalizadas o localizadas, que son aquéllas emitidas procedentes de un flujo confinado por un conducto, canalización o chimenea localizados y, por otro lado, emisiones difusas o fugitivas, todas aquéllas que no pertenecen al tipo anterior.

Este último tipo de emisiones, las difusas, engloban las emisiones de polvo y partículas en suspensión debidas, en general, a las operaciones asociadas al movimiento de tierras (demoliciones, excavaciones, transporte, rellenos, extendido y acopios), las emisiones de compuestos orgánicos volátiles provenientes del uso y manejo de pinturas, disolventes y combustibles así como de la preparación y extendido de mezclas bituminosas y la imprimación de emulsiones asfálticas.

Por otra parte, las principales emisiones atmosféricas en una obra civil se originan en la combustión de carburantes de los motores de los vehículos de transporte y maquinaria de obra. Las sustancias principales que se emiten son CO_2 , CO , NOx , HC y partículas.

1.7.2. Metodología

El propósito de este estudio atmosférico es tener un orden de magnitud de la emisión de contaminantes durante la fase de obra. Para ello se ha realizado una estimación de estas emisiones considerando las principales acciones de obra y el tipo de maquinaria típicamente asociado a cada una de ellas. Es importante destacar que se han considerado los movimientos de tierras tanto para las actuaciones provisionales como para la construcción del eje definitivo. En ambas situaciones se producirán emisiones debidas a estos movimientos de tierra.

1.7.3. Datos de partida

Los datos requeridos para realizar el análisis atmosférico mencionado se pueden englobar en los siguientes tipos:

- Aquéllos datos obtenidos del *Corinair Emission Inventory Guidebook*, publicado por la Agencia Europea de Medio Ambiente. Se trata de las emisiones unitarias para los contaminantes principales, el consumo de combustible (FC) y las emisiones de CO₂.
- Principales movimientos de tierras necesarios para llevar a cabo las actuaciones necesarias para la construcción del tranvía de Barakaldo ya mencionado.

A partir de estos valores se han estimado las emisiones atmosféricas, tanto para las actuaciones provisionales como para el eje definitivo, que caracterizan la calidad atmosférica de la zona durante la fase de construcción.

1.7.4. Resultados

Una vez realizados los cálculos necesarios para la estimación de los valores de emisión en fase de obra totales, estos se presentan en la tabla siguiente:

Cálculo de emisiones en obra civil y edificaciones										
Demoliciones (incluso carga y transporte a vertedero)										
		NOx	N ₂ O	CH ₄	CO	NMVOC	PM	NH ₃	FC	CO ₂
Demoliciones										
32.590 m ³	ton	3.82	0.08	0.01	1.10	0.51	0.34	0.00	72.33	226.95
Total ton		3.82	0.08	0.01	1.10	0.51	0.34	0.00	72.33	226.95
Movimiento de tierras										
		NOx	N ₂ O	CH ₄	CO	NMVOC	PM	NH ₃	FC	CO ₂
Desmonte de suelos										
14.757 m ³	ton	0.79	0.02	0.00	0.20	0.09	0.07	0.00	14.61	45.83
Terraplenes										
19.976 m ³	ton	0.46	0.01	0.00	0.11	0.05	0.04	0.00	8.36	26.24
Total ton		1.25	0.03	0.00	0.31	0.14	0.10	0.00	22.97	72.07
Total		NOx	N ₂ O	CH ₄	CO	NMVOC	PM	NH ₃	FC	CO ₂
ton		5.07	0.10	0.02	1.40	0.65	0.44	0.00	95.30	299.03

Fuente: CORINAIR - Elaboración propia.

Los valores previstos obtenidos resultan moderados.

1.7.5. Análisis de la situación atmosférica

A la vista del análisis atmosférico del apartado anterior y de los resultados obtenidos, se concluye que la actuación a realizar afecta a la calidad química del aire de la zona. Además, los efectos previsibles tienen un carácter negativo sobre ésta, ya que las actuaciones previstas empeoran la calidad del aire del entorno de la obra a realizar. Como se observa en la tabla anterior, este impacto se debe a las demoliciones.

Sin embargo, los valores de emisiones contaminantes estimados para la fase de construcción resultan moderados y la extensión se ha calificado de parcial, puesto que afecta únicamente al entorno reducido de las obras a realizar.

El efecto es de carácter simple y temporal en cuanto a su duración, directamente asociado al funcionamiento de la maquinaria de obra ya que, en caso de detenerse la acción, el efecto sobre la calidad química del aire tendría una duración limitada. Por ese mismo motivo se considera además reversible y recuperable.

Por lo tanto se puede considerar que es un impacto compatible.

1.8. EMISIONES EN FASE DE EXPLOTACIÓN

En cuanto a las emisiones en fase de explotación, la creación de la línea de tranvía de Barakaldo supone un cambio modal del transporte para la realización de trayectos tanto internos como externos desde poblaciones adyacentes a este municipio. Su construcción lleva implícita la reducción del tráfico por carretera, tanto de vehículos privados como de autobuses, así como del uso del metro y ferrocarril. Además, se prevé que este tranvía capte también entre sus futuros pasajeros a viandantes que, por comodidad, elijan el tranvía como medio de transporte. Este cambio modal modificará la calidad del aire de manera local y global. Así, es necesario evaluar esta mejora de la calidad del aire debido a la construcción y utilización del tranvía de Barakaldo.

Para cuantificar este beneficio ambiental se realiza un inventario de emisiones de los principales contaminantes que afectan al ámbito local así como los de efecto global.

Contaminante	Ámbito
Dióxido de carbono (CO ₂)	Global
Óxidos de nitrógeno (NOx)	Local y global
Monóxido de carbono (CO)	Local
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	Local

Fuente: Elaboración propia.

La potencial mejora en la calidad química del aire que se conseguiría con la puesta en marcha de la nueva infraestructura se obtiene al comparar los inventarios de emisiones anuales del tranvía y del tráfico equivalente a la oferta cubierta por la nueva línea de Barakaldo que se analiza.

Una vez realizado el inventario de emisiones se establecerá una comparativa de las emisiones generadas por cada modo de transporte y se analizará, así mismo, el beneficio relativo a los costes externos derivados de estas emisiones. Estos costes externos se calcularán a partir de los factores de emisión de contaminantes (€/ ton contaminante) recogidos en el *“Handbook on estimation of external cost in the transport sector”* del CE Delft, publicado en 2007.

La nueva infraestructura permitirá únicamente el tráfico de pasajeros. Su recorrido cubrirá dos tipos de demanda diferentes:

- Demanda habitual de día laborable. Se trata de desplazamientos “obligados” del tipo hogar-trabajo, hogar-estudio y otros como los debidos a las gestiones personales, las compras “ordinarias” o al ocio.
- Demanda excepcional generada por las grandes superficies comerciales. Esta demanda tendrá una gran importancia en este estudio puesto que el tranvía dará acceso a las grandes superficies comerciales de MaxCenter y MegaPark.

Según el Anejo 17. Estudio de demanda, las puntas de la demanda extraordinaria de las grandes superficies coincidirán aproximadamente con los valles de la demanda ordinaria. Así, las captaciones de ambos tipos de demanda se consideran independientes, pudiendo sumar ambas una vez calculadas de manera separada.

La puesta en circulación de los tranvías se traducirá fundamentalmente en la sustitución del tráfico siguiente:

- Viandantes
- Vehículos ligeros
- Autobuses
- Metro-ferrocarril

Una vez analizado el futuro escenario y realizada la comparativa, se comprueba cómo esta sustitución supone el descenso de las emisiones generadas.

Así pues, es necesario conocer el inventario de emisiones generadas por el tranvía y por los diferentes modos de transporte a los que sustituirá. A partir de estas emisiones y aplicando los ya mencionados factores de coste por contaminante emitido, se obtendrá el análisis de los costes externos derivados de estas emisiones.

A continuación se describe la metodología e hipótesis seguidas para la realización de estos cálculos.

1.8.1. Inventario de emisiones del tranvía

Las emisiones generadas por la tracción eléctrica del tranvía no se producen durante la circulación del mismo sino que se originan en las centrales de producción eléctrica. Por ello, el inventario de emisiones que se presenta es el correspondiente al de la energía consumida por el tranvía.

Para conocer las emisiones producidas por la energía demandada por el tranvía, es necesario conocer los siguientes parámetros:

- Energía consumida por el tranvía durante el transporte de pasajeros por trayecto. Se ha utilizado un valor característico de este medio de transporte de 8 kWh/km veh.
- Frecuencia anual de la circulación de los tranvías. Valor proporcionado por los redactores del proyecto según sus estimaciones.
- Diferencia entre la energía consumida por el tranvía y la producida en las centrales eléctricas. Para ello es necesario considerar las pérdidas existentes:
 - Pérdidas en las subestaciones y en la catenaria. De acuerdo con lo recogido en la memoria medioambiental de RENFE del año 2003, los valores característicos de éstos son del 2,5% y 10% respectivamente.
 - Pérdidas en el transporte y la distribución. De acuerdo con las estadísticas de Red Eléctrica Española del 2004, este valor es del 8,4%.
- Factores de emisión de la generación de energía en España. Estos valores se han obtenido del inventario de emisiones de España del año 2005 remitido a la Comisión Europea en marzo de 2007 excepto el factor de emisión de CO₂, correspondiente a 2010 y procedente de UNESA (Asociación Española de la Industria Eléctrica).

Generación de energía eléctrica	Factor de emisión (g/kWh producido)
Dióxido de carbono (CO ₂)	273
Óxidos de nitrógeno (NOx)	0,89
Monóxido de carbono (CO)	0,05
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	0,02

Fuente: Inventario de emisiones de España año 2005 y UNESA 2010.

Con todos estos datos es posible calcular las emisiones generadas por el futuro tranvía anualmente, las cuales se presentan al final de este apartado.

ANEJO Nº 21. ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD

1.8.2. *Inventario de emisiones del transporte sustituido.*

Del Anejo 17. Estudio de demanda se extrae la información relativa al reparto de pasajeros del futuro tranvía en los distintos modos de transporte que actualmente se utilizan y que, una vez concluida la infraestructura analizada, sustituirán por el uso de ésta. Así, considerando el escenario medio planteado en el estudio de demanda, los valores de pasajeros son:

	Escenario medio	
	pax/año	
Demanda habitual (día laborable)		3.034.633
	Internos	1.438.221
	Externos (con/sin FC)	1.596.412
Demanda excepcional		2.917.813
	Internos	1.069.277
	Externos	1.848.536
Total		5.952.446

Fuente: Anejo 17. Estudio de demanda – Elaboración propia.

– Demanda habitual de día laborable.

Como ya se ha comentado, este tipo de demanda corresponde principalmente a desplazamientos habituales del tipo hogar-trabajo y hogar-estudio. Sin embargo, se ha realizado asimismo una división entre desplazamientos internos de Barakaldo y desplazamientos externos, según el Anejo 17. Estudio de demanda. Los externos se subdividen a su vez en trayectos a municipios conectados con Barakaldo mediante ferrocarriles metropolitanos (Metro y cernías RENFE) y los que se realizan con el resto de municipios.

Los porcentajes de captación, extraídos del anexo de demanda, son los que se muestran en la tabla siguiente:

%	Andar	Coche	Ferrocarril	Autobús	Otros	Total
Internos Barakaldo	80,1	9,8	4,5	4,3	1,2	100
Externos sin FC	2,8	79,6	1,7	15	0,9	100
Externos con FC	6,1	47	35,2	11	0,7	100

Fuente: Anejo 17. Estudio de demanda – Elaboración propia.

Para el caso de la captación de desplazamientos externos, ante la ausencia de datos concretos diferenciadores de ambas situaciones se ha considerado un porcentaje medio para cada modo de transporte con el fin de simplificar el cálculo.

- Demanda excepcional generada por las grandes superficies comerciales.

En este caso, los recorridos se deben a las grandes superficies comerciales, trayectos con gran importancia en el estudio puesto que el tranvía dará acceso a MaxCenter y MegaPark, superficies de gran envergadura y afluencia.

Del anexo de demanda se obtienen los porcentajes de captación siguientes:

%	Andar	Coche	RENFE	Autobús	Metro	Total
Totales	20,6	65	0	10,2	4	100

Fuente: Anejo 17. Estudio de demanda – Elaboración propia.

Se analizan a continuación las metodologías de cálculo de los inventarios de emisiones de cada uno de los modos de transporte de manera independiente para presentar finalmente un valor suma de todos ellos. En este análisis se han considerado tanto la demanda de día laborable como la demanda excepcional por accesos a grandes superficies comerciales.

1.8.2.1. Andar

Como es lógico, las emisiones debidas a los viandantes se han considerado nulas.

1.8.2.2. Coche

Los vehículos que circulan por carretera están homologados por la administración y deben cumplir con la normativa vigente en materia de emisiones contaminantes. La legislación establece diferentes valores límite en función de la tipología del vehículo, la antigüedad, la cilindrada y el combustible que utilicen. Se trata de normativas anticontaminación cuya finalidad es regular la cantidad de contaminante emitido en unas determinadas condiciones de funcionamiento (ciclo de homologación).

Para una tipología de vehículo, dependiendo del año de fabricación del vehículo, su motor cumple una determinada normativa u otra. Se tiene así, que para esta clase de vehículos, sus emisiones contaminantes se encuentran vinculadas a su antigüedad. En los años noventa, la Unión Europea comienza las actuaciones que le permitan obligar a los fabricantes a rebajar los límites de emisión de sus motores. La primera regulación obligatoria aparece con la Directiva 88/77, que entró en vigor en octubre de 1990. Tras ella se han ido reduciendo los límites de emisión mediante las normativas anticontaminación conocidas como “normativas Euro”.

Para calcular las emisiones generadas por los motores térmicos que emplean los vehículos por transporte en carretera, es necesario diferenciar entre vehículos pesados y ligeros. En el caso que se estudia, el futuro tranvía transportará únicamente viajeros, con lo que el transporte por carretera a considerar será empleando vehículos ligeros.

Para el tranvía de Barakaldo se ha planteado un recorrido circular. El tramo de ida y el de vuelta son ligeramente diferentes pero se ha considerado una longitud única para ambos de 8,5 km. Así, se ha utilizado ésta como distancia equivalente de recorrido de los vehículos cuyo uso se sustituirá por la utilización del nuevo tranvía.

Para conocer los factores de emisión de los vehículos se ha recurrido al programa COPERT 4 (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) en su versión 6.1, desarrollado por la Universidad Aristóteles de Tesalónica para la Agencia Europea del Medioambiente (EEA). Se trata de una herramienta informática que facilita el cálculo de las emisiones de acuerdo con la metodología recogida en el CORINAIR dentro del módulo Snap 7 dedicado a las emisiones de los vehículos móviles de carretera de acuerdo con las Directivas comunitarias Euro I, Euro II, Directiva 98/69/CE (Euro III y Euro IV).

El programa COPERT 4 realiza las estimaciones de las emisiones de los principales contaminantes atmosféricos producidos por diferentes categorías de vehículos, así como los gases de efecto invernadero.

Los datos de entrada del COPERT 4 para conocer los factores de emisión de los vehículos ligeros son:

- La antigüedad media de la flota de vehículos ligeros. De acuerdo con las estadísticas de la Dirección General de Tráfico (DGT) del año 2008, la edad media de la flota de turismos en España es de 7 años.
- Combustible empleado. Las estadísticas presentadas por la DGT en el año 2009, indican que en la provincia de Vizcaya el 53% de los vehículos ligeros emplean como combustible el gasóleo y el 47% restante utilizan gasolina sin plomo.
- Velocidad media de circulación por la vía. Para el viario equivalente al tranvía se ha supuesto una velocidad media de circulación de los turismos de 50 km/h puesto que se trata de viales internos del municipio de Barakaldo.

Con todos estos datos, el COPERT 4 da como resultado los factores de emisión de los vehículos ligeros siguientes.

Vehículos ligeros	Factor de emisión (g/km)	
	Gasolina	Diesel
Dióxido de carbono (CO ₂)	178,595	144,142
Óxidos de nitrógeno (NOx)	0,045	0,471
Monóxido de carbono (CO)	0,218	0,060
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	0,012	0,008

Fuente: COPERT 4 versión 6.1 – Elaboración propia.

Para poder calcular las emisiones anuales de los vehículos ligeros es necesario conocer, aparte de la distancia recorrida y sus factores de emisión, el número de vehículos que potencialmente dejarían de circular por la carretera. Para conocer este valor, son necesarios los siguientes datos:

- Número de pasajeros que utilizan vehículos ligeros. Se obtiene de los porcentajes recogidos en las tablas anteriores para la demanda habitual y excepcional para el caso de “coche” y se aplica éste a los valores totales de pasajeros captados por el tranvía considerado en el escenario medio.
- Factor de ocupación medio de los vehículos ligeros. La ocupación media de los turismos se ha obtenido del Proyecto constructivo del tramo Leioa-Universidad previo a este tramo de tranvía puesto que también está ubicado en Vizcaya y tiene características similares al proyecto de tranvía de Barakaldo que se analiza. Este valor es de 1,25 personas por vehículo.

Con toda esta información es posible calcular el inventario de emisiones del transporte equivalente de vehículos ligeros por carretera.

1.8.2.3. RENFE-Ferrocarril

El inventario de emisiones de RENFE-ferrocarril se ha determinado con la misma metodología que se ha empleado para el cálculo del inventario de emisiones del tranvía eléctrico proyectado. A falta de otros datos, se han considerado todos los trenes eléctricos y las características siguientes:

- Consumo eléctrico característico de 8 kWh/km veh.
- La frecuencia de paso se ha calculado a partir del dato de pasajeros captados por el nuevo tranvía, teniendo en cuenta el porcentaje de las tablas anteriores para día laborable y demanda excepcional, junto con un valor de ocupación de estos vehículos de 90, dato característico para un modelo de tren de cercanías y un porcentaje de ocupación de éste genéricos.

- Se supone que recorren la misma distancia que la longitud total del trayecto del tranvía proyectado.
- Las pérdidas existentes (subestaciones, catenaria, transporte y distribución) tenidas en cuenta también para la infraestructura evaluada.
- Por último, los mismos factores de emisión de la generación de energía en España considerados para el tranvía eléctrico.

1.8.2.4. Autobús

La metodología que se ha utilizado es similar a la empleada para el caso de los coches, haciendo uso del COPERT 4 para el cálculo de los factores de emisión.

En este análisis se han considerado los siguientes datos de entrada:

- La distancia equivalente de recorrido de los autobuses considerada es de nuevo 8,5 km.
- La antigüedad media de la flota de autobuses es de 8 años, de acuerdo con las estadísticas de la Dirección General de Tráfico (DGT) del año 2008.
- A partir de las estadísticas presentadas por la DGT en el año 2009, en la provincia de Vizcaya el 99% de los vehículos ligeros emplean como combustible el gasóleo y el 1% restante utilizan gasolina sin plomo. De esta manera, y para simplificar el análisis, se ha asumido que la totalidad de los autobuses son diesel, sin que afecte al resultado final de manera notable.
- Se ha supuesto una velocidad media de circulación de los autobuses de 35 km/h.

Así, los factores de emisión proporcionados por el COPERT 4 se resumen en la tabla siguiente:

Autobuses	Factor de emisión (g/km)
	Diésel
Dióxido de carbono (CO ₂)	800,957
Óxidos de nitrógeno (NOx)	7,332
Monóxido de carbono (CO)	1,966
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	0,382

Fuente: COPERT 4 versión 6.1 – Elaboración propia.

Por último, para determinar el número de autobuses que potencialmente dejarían de circular por la carretera, se dispone de:

- Número de pasajeros que utilizan autobuses. Se procede de la misma manera que en el caso de los vehículos ligeros.
- Factor de ocupación medio. La ocupación media característica considerada para este tipo de vehículo es de 20 pax/veh.

1.8.2.5. Otros (incluyendo el metro)

No se han analizado puesto que no se dispone de datos concretos para su cálculo. Además, se trata del modo de transporte que menos contribuye en el cómputo global de captación (3%).

1.8.3. *Resultados y comparativa*

Los resultados obtenidos del inventario de emisiones en la fase de explotación del tranvía y del resto de modos de transporte que se verían desplazados por éste se presentan a continuación.

Contaminante	Emisiones en fase de operación (ton/año)			
	Tranvía	Resto de modos de tte	Diferencia	Ahorro relativo
Dióxido de carbono (CO ₂)	1.278,143	3.610,066	2.331,923	65%
Óxidos de nitrógeno (NOx)	4,167	7,685	3,518	46%
Monóxido de carbono (CO)	0,234	3,274	3,040	93%
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	0,094	0,304	0,210	69%

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se deduce que la puesta en funcionamiento del tranvía de Barakaldo permitiría reducir drásticamente las emisiones de CO₂, NOx y CO (un 65%, un 46% y un 93% respectivamente) así como la reducción en un 69% en las emisiones de VOC. Así, la infraestructura analizada supondría una importante mejora en la calidad del aire, tanto en el ámbito local como en el global.

1.9. ANÁLISIS DE LAS EMISIONES TOTALES

Una vez analizadas las emisiones en fase de obra y en fase de explotación debidas a la construcción del tranvía de Barakaldo se presenta el cómputo global en la tabla que se muestra a continuación:

Contaminante	Emisiones totales (ton/año)			
	Tranvía	Resto de modos de tte	Diferencia	Ahorro relativo
Dióxido de carbono (CO ₂)	1.577,171	3.610,066	2.032,894	56%
Óxidos de nitrógeno (NOx)	9,237	7,685	-1,553	-20%
Monóxido de carbono (CO)	1,638	3,274	1,636	50%
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	0,740	0,304	-0,436	-144%

Fuente: Elaboración propia.

Se observa un aumento de las emisiones de NOx y de VOC mientras que, por otra parte, el CO₂ y el CO disminuyen. Este crecimiento de las emisiones de algunos contaminantes se debe a la contribución negativa que supone la fase de obra a la evaluación de la calidad del aire para la construcción de la infraestructura que se analiza. Sin embargo, y tal y como se ha mencionado anteriormente, este impacto es temporal, reversible y recuperable así como de extensión parcial y simple, esto es, un impacto compatible.

Se estudiarán a continuación los costes externos globales asociados a estas emisiones totales presentando así una herramienta más de valoración del impacto sobre la calidad del aire de la consecución del proyecto de construcción del tranvía de Barakaldo. No obstante, esta valoración se realizará únicamente para el caso de las emisiones en fase de explotación puesto que, como ya se ha mencionado, las emisiones en fase de construcción sólo se generarán durante el período que dure ésta.

1.10. ANÁLISIS DE LOS COSTES EXTERNOS

Los costes externos asociados a la contaminación atmosférica se deben a las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Estos costes tienen en cuenta los costes de salud de seres humanos, costes de daños a edificaciones, pérdidas en cultivos agrícolas e impactos sobre la biosfera y costes por graves daños a los ecosistemas. Los de mayor importancia son los costes debido al impacto sobre la salud.

Existen diferentes modelos de cálculo de los factores que valoran el coste de las emisiones atmosféricas. En el “*Handbook on estimation of external cost in the transport sector*” del CE Delft, publicado en 2007, se recogen los costes por tonelada de contaminante. Los estudios de costes externos de contaminación atmosférica para el cálculo de los valores unitarios que se han utilizado son las siguientes:

- CAFÉ CBA
 - Año base de los resultados: 2000/2010/2020
 - Países: Unión Europea
 - Tipo de costes: costes de contaminación atmosférica
 - Clasificaciones de resultados: no diferencia entre región rural y urbana

- HEATCO
 - Año base de los resultados: 2002
 - Países: Europa de los 25
 - Tipo de costes: costes de contaminación atmosférica
 - Clasificaciones de resultados: diferencia entre región rural y urbana

ANEJO N° 21. ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD

Siguiendo la recomendación de esta publicación, se muestran a continuación los factores utilizados junto con el estudio de cálculo del que proceden. En el cálculo realizado se han utilizado los valores correspondientes a España.

Por último, destacar que existen diferentes factores en función del medio de transporte, del tipo de energía, del contaminante y de la zona, urbana o rural, de la que se trate. En el caso de los vehículos, se han tomado los factores para carreteras y para escenario urbano, ya que la nueva línea se ubicará en Barakaldo.

Teniendo en cuenta el inventario de emisiones en fase de explotación calculado, de entre todos esos contaminantes se han utilizado valores de costes para NOx y VOC, puesto que no se tienen factores para el resto de los contaminantes del inventario.

Los costes unitarios a aplicar a la producción de energía eléctrica son los siguientes:

Contaminante	Costes unitarios por emisión atmosférica (€ ₂₀₀₀ /ton contaminante)	
	Valores	Metodología utilizada
Óxidos de nitrógeno (NOx)	2.200	HEATCO
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	500	HEATCO

Fuente: “*Handbook on estimation of external cost in the transport sector*” de CE Delft, 2007.

Para el resto de los modos de transporte, los costes unitarios por tonelada emitida serán:

Contaminante	Costes unitarios por emisión atmosférica (€ ₂₀₀₀ /ton contaminante)	
	Valores	Metodología utilizada
Óxidos de nitrógeno (NOx)	2.600	CAFÉ CBA
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	400	CAFÉ CBA

Fuente: “*Handbook on estimation of external cost in the transport sector*” del CE Delft, 2007.

Al aplicar estos costes a las emisiones generadas por la nueva línea de tranvía y a las generadas por los diferentes modos de transporte a los que éste sustituirá, se obtienen los valores siguientes para el NOx y los VOC en €₂₀₀₀:

Contaminante	Costes por emisión atmosférica (€ ₂₀₀₀ /año)		
	Tranvía	Resto de modos de tte	Diferencia
Óxidos de nitrógeno (NOx)	9.167	19.980	10.813
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	47	121	75

Fuente: Elaboración propia.

Una vez actualizados los costes de €₂₀₀₀ a €₂₀₁₁ para el caso de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles a través de los Índices de Precios de Consumo (IPC) de Vizcaya obtenidos del INE (Instituto Nacional de Estadística), se obtiene que gracias a la implantación del tranvía, se produce un ahorro total debido a estos dos contaminantes de 14.883 €_{2011/año}.

Por otra parte, para el caso del CO₂, el coste por emisión atmosférica que se ha tomado ha sido el precio medio de derechos de emisión mensual del año 2011 (a falta del dato de diciembre), esto es, 13,29 €_{2011/ton CO₂}. Este valor se ha utilizado tanto para el consumo eléctrico como para el resto de los combustibles utilizados por los modos de transporte evaluados en este anexo.

Contaminante	Costes unitarios por emisión atmosférica (€ _{2011/ton contaminante})	
	Valores	Metodología utilizada
Dióxido de carbono (CO ₂)	13,29	Fuente: SENDECO ₂

Aplicando este coste por emisión de CO₂ a las emisiones en fase de operación se alcanzan los valores siguientes:

Contaminante	Costes por emisión atmosférica (€ _{2011/año})		
	Tranvía	Resto de modos de tte	Diferencia
Dióxido de carbono (CO ₂)	16.987	47.978	30.991

Fuente: Elaboración propia.

Sumando la contribución de las emisiones en fase de explotación evitadas de cada uno de los diferentes contaminantes, la cuantía total a la que asciende el ahorro derivado de la construcción del tranvía de Barakaldo es de 45.874 €₂₀₁₁.

Así, se concluye que los costes externos derivados de la contaminación atmosférica en fase de explotación disminuyen hasta un 49%. De nuevo, estos resultados muestran cómo la inclusión de la línea de tranvía proporciona una importante mejora en la calidad del aire también en términos de costes externos derivados de la contaminación atmosférica.