



Monografía 6

Métrica y estandarización de los consumos y emisiones en el transporte

*Metrics and standardization of consumptions and emissions in
transport*

Alberto Cillero Hernández
Paula Bouzada Outeda
Alberto García Álvarez
M^a del Pilar Martín Cañizares

*Monografías **EnerTrans** /6- **EnerTrans** Project Documents/ 6*

Métrica y estandarización de los consumos y emisiones en el transporte

Metrics and standardization of consumptions and emissions in transport

Alberto Cillero Hernández - ALSA

Paula Bouzada Outeda - ALSA

Alberto García Álvarez - Fundación de los Ferrocarriles Españoles

M^a del Pilar Martín Cañizares - Fundación de los Ferrocarriles Españoles

<http://www.enertrans.es>

ÍNDICE

ÍNDICE.....	3
0. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	6
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1.Objeto.....	13
1.2.Metodología	13
1.3.Terminología.....	14
1.4.Estado del arte	15
1.4.1 Normas y estándares.....	15
1.4.2 Estudios y proyectos	17
1.5.Unidades habituales de consumos y emisiones.....	18
1.5.1 Unidades de Consumo	18
1.5.2 Unidades de Emisiones	19
1.6.Concreción de modos de transporte	19
1.7.Modos de transporte	19
1.8.Necesidades de movilidad	19
1.8.1 Transporte de viajeros	19
1.8.2 Transporte de mercancías	24
1.9.Clasificación de las fases de movimiento de los vehículos	26
2. INDICADORES DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DEL TRANSPORTE	29
2.1.Los efectos negativos del transporte	29
2.1.1 Contribución al agotamiento de los combustibles fósiles	29
2.1.2 Contribución al cambio climático	30
2.1.3 Contribución a la contaminación local	32
2.2.Magnitudes y unidades a emplear	33
2.2.1 Indicadores Absolutos vs Relativos	33
2.2.2 Indicadores para el transporte de mercancías.....	35
3. HOMOGENIZACIÓN DE LA OFERTA	37
3.1.Transporte de viajeros	37
3.1.1 Definición de plaza equivalente	37
3.1.2 Análisis de los estándares de capacidad existentes	38
3.1.3 Plazas equivalentes de vehículos con viajeros de pie.....	41
3.1.4 Plazas equivalentes de vehículos con viajeros sentados.....	43
3.2.Transporte de mercancías	45
3.2.1 Definición de capacidad equivalente	45
3.3.Transporte simultáneo de viajeros y mercancías	47

3.3.1	Ámbito urbano	48
3.3.2	Ámbito metropolitano	48
3.3.3	Ámbito interurbano	48
4.	OTRAS CORRECCIONES.....	48
4.1.	Corrección por existencia de vacíos comerciales	48
4.2.	Corrección por estacionamiento	48
4.3.	Corrección por altitud	48
	BIBLIOGRAFÍA	48
	ANEXO.....	48
I.	Normas y estándares de consumo y emisiones.....	48
	Transporte por carretera	48
	Directiva 80/1268/CEE	48
	Directiva 70/220/CEE	48
	Directiva 1999/94/CE	48
	Directiva 70/156/CEE	48
	Real Decreto 837/2002.....	48
	IDAE 48	
	Reglamento nº 83 (CEPE/ONU).....	48
	Reglamento nº 101 (CEPE/ONU)	48
	Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo	48
	Confederación de Transporte por Carretera.....	48
	Transporte ferroviario, aéreo y marítimo.....	48
II.	Estándares de capacidad	48
	Estándares en el transporte de viajeros.....	48
	Reglamento 36.....	48
	Clasificación de la IRU.....	48
	UIC Código 567	48
	La AN 64 48	
	Recomendaciones de la Joint Aviation Authorities	48
	Capacidad de viajeros de pie	48
	Estándares en el transporte de mercancías.....	48
	El coeficiente de estiba	48
	El TEU 48	
	LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	48

0. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El objetivo principal de esta monografía es definir una metodología homogénea para la evaluación y normalización de los consumos de energía y emisiones en el transporte, de forma que se pueda comparar objetivamente los diferentes modos de transporte.

En particular, se buscan los siguientes objetivos:

- Establecer unos procesos y una terminología estandarizada y horizontal: Válida para el transporte de viajeros y mercancías, válida para los diferentes modos de transporte y también válida para los diferentes tipos de consumos: eléctrico y carburantes.
- Permitir comparaciones y efectuar equivalencias sin sesgos en los consumos y emisiones.
- Tomar como referencia de base e integrar en el análisis, las diferentes normas y estándares ya existentes en el ámbito de la medición objetiva de consumos y emisiones.
- Analizar desde una perspectiva metodológica la problemática derivada de la incidencia de la variación de recorridos en el consumo energético.
- Diferenciar el efecto derivado de dos tipos de factores, complementarios entre sí, pero distintos en la capacidad real existente para actuar sobre ellos: las variaciones debidas a la longitud de los caminos y las variaciones inducidas por factores de operación o gestión en cada modo.
- Analizar diferencias relativas al tipo de movilidad (interurbana, metropolitana y urbana), generando un sistema de coeficientes relativos basados en una muestra piloto.
- Analizar la influencia de la altitud de la operación y la existencia de vacíos comerciales.
- Aproximar una serie de indicadores y coeficientes necesarios para la posterior modelización de un amplio abanico de desplazamientos-tipo, tanto en el transporte de viajeros como de mercancías.

Homogenización de los consumos y emisiones por capacidad

En el ámbito del transporte, para expresar los consumos por unidad de referencia, se emplea habitualmente la unidad de demanda, como por ejemplo, el consumo por viajero.km.

Sin embargo, el empleo de unidades de capacidad (plazas equivalentes o plazas reales) permite abstraer el resultado de factores que no son inherentes al modo de transporte, como es el factor de utilización.

Por ello, en este documento, se definen las unidades de capacidad que se van a emplear como unidad de referencia a lo largo del Proyecto Enertrans.

- En el ámbito del transporte de viajeros, se define como unidad de referencia, la *plaza equivalente*. Será diferente en función de si el vehículo lleva o no viajeros de pie.

- En el ámbito del transporte de mercancías, se define como unidad de referencia, la *capacidad equivalente*, que tiene en cuenta, el volumen y la carga útil del modo de transporte.

Definición de plaza equivalente en el transporte de viajeros

En función de la política comercial que se lleve a cabo, un mismo modo o vehículo puede tener diferente número de plazas. Si la comparación de los consumos y emisiones se realiza por plaza.km sin corrección alguna, se está penalizando a los modos de transporte que, en el mismo espacio, ofrecen menos plazas (menos densidad de plazas supone más comodidad).

Por ello es preciso definir una “plaza equivalente”, para no discriminar a los modos u operadores por la diferente densidad de plazas.

La “plaza equivalente” se define de dos formas diferentes según el tipo de servicio de transporte de viajeros:

- Para servicios urbanos y de cercanías, en función de la superficie disponible para los viajeros de pie.
- Para los servicios de media y larga distancia, en función de los asientos que se pueden disponer con una anchura mínima y una distancia estándar entre las filas de asientos. Es importante definir un estándar diferente para los vehículos que, como el automóvil, no necesitan pasillos, y requieren, por tanto menor espacio para el mismo número de pasajeros, con igual comodidad.

Plazas equivalentes de vehículos con viajeros de pie

Cada vehículo de servicio urbano o de cercanías puede tener diferente número de plazas sentadas, y por ello, mayor o menor superficie disponible para viajeros de pie, en función de la política comercial aplicada al mismo.

Por ello, y dado que es necesario definir una “plaza equivalente” homogénea para todos los vehículos, la definiremos en función de la superficie disponible para viajeros, considerando que todos los viajeros van de pie.

Así, el número de plazas equivalentes se define como:

$$N_{plazas-eq} = S_v \cdot C \quad [1]$$

Donde:

S_v es la superficie total disponible para viajeros (m^2). Con el objetivo de evitar la penalización de los modos de transporte que ofrecen mayor comodidad, la superficie disponible para viajeros.

C es el coeficiente de capacidad máxima de viajeros de pie por superficie (viajeros/ m^2).

Partiendo de los estándares de capacidad ya analizados, y teniendo en cuenta que cuanto mayor sea el trayecto, cada viajero necesita más espacio libre a su alrededor, se ha definido un coeficiente C diferente para cada categoría de vehículo en función de la distancia recorrida:

Tabla 1. Coeficientes de capacidad máxima (C) de viajeros de pie por m².

		VIAJEROS DE PIE				
		Urbano 1	Urbano 2	Metropolit. 1	Metropolit. 2	Metropolit. 3
Dimensión	Categoría	0 - 4 km	4 - 8 km	8 - 15 km	15 - 30 km	30 - 45 km
	Viajeros de pie por superficie (viajeros/m ²)	6	5,3	4,7	4	-

El intervalo de distancias de cada una de las categorías se miden en km en línea recta.

Fuente: Elaboración propia

Plazas equivalentes de vehículos con viajeros sentados

La definición de plaza equivalente de los vehículos que no transportan viajeros de pie, coincide con el transporte colectivo de medio y largo recorrido, así como los automóviles.

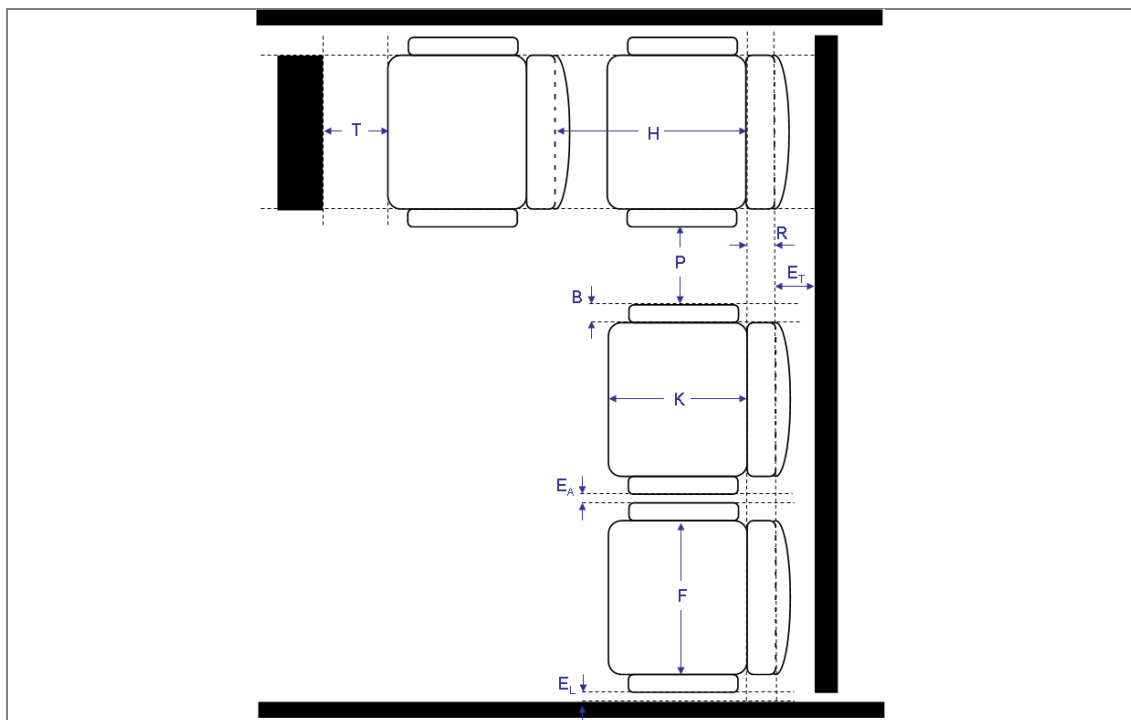
Cada vehículo de servicio de media o larga distancia puede tener, como ya hemos dicho anteriormente, diferente número de plazas sentadas en función de la política comercial aplicada al mismo. Por ello, y dado que es necesario definir una “plaza equivalente” homogénea a todos los vehículos, la definiremos en función de los asientos que se pueden disponer con una anchura mínima y una distancia estándar entre las filas de asientos.

Por lo tanto, el “número de plazas equivalentes de un vehículo que no transporta viajeros de pie” se define como el número de “asientos estándar” que se podrían colocar en la superficie disponible para viajeros (S_v).

Al igual que para los vehículos que transportan viajeros de pie, la **superficie disponible para viajeros (S_v)** en los vehículos de transporte colectivo será la resultante de sumar la superficie de la zona de asientos y la superficie que se emplea para aseos, plataformas, cafeterías y demás zonas comunes.

Es necesario, por lo tanto, definir qué se entiende por un “asiento estándar” a los efectos de la presente investigación. Para su definición se han tenido en cuenta las siguientes hipótesis:

- Todos los asientos están dispuestos en el mismo sentido, en filas de 1, 2 ó 3 asientos a cada lado de un pasillo central con una anchura mínima de P. Los automóviles no dispondrán de pasillo.
- El cojín de los asientos tiene como mínimo una anchura F y una profundidad K. Los brazos de los asientos tienen una anchura B cada uno, y el respaldo un espesor R.
- Entre el respaldo de un asiento, en su parte más baja, y la parte de atrás del respaldo del asiento de delante debe haber como mínimo una distancia H. Entre el cojín de un asiento y un tabique rígido situado enfrente del mismo debe haber una distancia mínima de T.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Diagrama un “asiento estándar” para el cálculo del número de plazas equivalentes.

Partiendo de los estándares ya analizados, y teniendo en cuenta, al igual que antes, que cuanto más largo sea el trayecto, cada viajero requiere más espacio, se ha definido un “asiento estándar” diferente para cada categoría de vehículo (o en función de la distancia recorrida), que se deduce de las siguientes dimensiones:

Tabla 2. Dimensiones de un “asiento estándar” para el cálculo del número de plazas equivalentes por tipo de categoría

Dimensión	Categoría	VIAJEROS SENTADOS					
		Metropolit. 3	Interurb. 1	Interurb. 2	Interurb. 3	Interurb. 4	Interurb. 5
		30 - 45 km	45 - 190 km	190 - 350 km	350 - 460 km	460 - 930 km	Más 930 km
(K) Profundidad del cojín (cm)		35	36	37	38	39	40
(F) Anchura de cojín (cm)		40	41	42	43	44	45
(B) Anchura de los brazos (cm)		3	3,4	3,8	4,2	4,6	5
(R) Espesor del respaldo (cm)		4	4,4	4,8	5,2	5,6	6
(T) Distancia a un tabique rígido, desde el cojín (cm)		28	28	28	28	28	28
(H) Distancia entre puntos homólogos de asientos en el mismo sentido (cm)		65	65,6	66,2	66,8	67,4	68
(P) Anchura del pasillo central, desde brazos de los asientos (cm)		30	31	32	33	34	35
(E _A) Espacio entre asientos, desde brazos de los asientos (cm)		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
(E _L) Espacio entre brazo y pared lateral (cm)		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
(E _T) Espacio entre respaldo y pared trasera o tabique (cm)		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2

Todos los asientos están dispuestos en el mismo sentido, en filas de 1, 2 ó 3 asientos a cada lado de un pasillo central. El intervalo de distancias de cada una de las categorías se miden en km en línea recta.

Fuente: Elaboración propia

Definidas estas dimensiones, el número de plazas equivalentes se calcula como el número de plazas con unas dimensiones de “asiento estándar” que se pueden ubicar en la superficie disponible para viajeros.

En el caso de los automóviles, no se tendrá en cuenta esta definición, ya que sólo se pueden disponer un número determinado de asientos. Para los cálculos realizados en el presente Proyecto, se fijará para todos los vehículos automóviles un número de plazas equivalentes igual a 5, ya que en este caso el conductor es una plaza más.

Capacidad equivalente en el transporte de mercancías

Un tipo de vehículo de transporte de mercancías puede transportar hasta un máximo limitado de toneladas que vienen definidas por su carga neta (normalmente calculada en base a parámetros de seguridad). Al mismo tiempo, puede transportar hasta un volumen máximo, que viene determinado por el tamaño de la bodega, de los contenedores, etc.

Para tener en cuenta ambos factores, hemos definido como unidad de referencia para el consumo y emisiones, dos capacidades equivalentes diferentes:

Capacidad equivalente de carga neta de mercancías es la carga máxima que puede transportar un vehículo, en función de su MMA.

$$\text{Capacidad}_{eq_{CARGA}} = MMA \quad [2]$$

M_{neta} es la carga neta o la carga máxima que puede transportar un vehículo (t), se calcula como:

$$M_{neta} = MMA - Tara - M_p \quad [3]$$

Siendo:

MMA es la mayor masa en carga (peso efectivo del vehículo y de su carga, incluido el peso del conductor, personal de servicio y de los pasajeros, en su caso) con que se permite la circulación normal de un vehículo (t).

Tara es la masa del vehículo, con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros, ni carga, y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios reglamentarios (t).

M_p es la masa del conductor, del personal de servicio y pasajeros así como su equipaje. La masa estándar del conductor se considera 75 kg (0,075t).

Capacidad equivalente de espacio neto es el espacio máximo disponible para la mercancía:

$$\text{Capacidad}_{eq_{ESPACIO}} \quad [4]$$

El espacio neto se definirá en función del tipo de mercancías transportadas, a partir del máximo volumen, superficie o el número de metros lineales de mercancías que puede transportar.

Transporte de mercancías que puedan ser apiladas y agrupadas

Analizaremos en primer lugar el transporte de mercancías a granel, cajas, líquidos, gases, etc. Es decir, cualquier mercancía que pueda ser apilada y agrupada, como es el caso de productos químicos, paquetería, textil, papel, etc.

Para este tipo de mercancías, la Capacidad equivalente de espacio neto se define como Capacidad equivalente de Volumen:

$$\text{Capacidad}_{eq_V} = V_{neto} \quad [5]$$

Siendo:

Capacidad_{eq_V} es la capacidad equivalente de volumen para transportar mercancías apiladas y agrupadas, es decir, la carga máxima que puede transportar ocupando ésta el volumen máximo disponible para la mercancía (m³).

V_{neto} es el volumen máximo de carga del vehículo (m³).

Para este tipo de mercancías, se calculará el consumo y las emisiones en función de su capacidad equivalente de carga neta y en función de su capacidad equivalente de volumen.

Transporte de mercancías que no pueden ser apiladas

En segundo lugar, se analiza el transporte de mercancías que no pueden ser apiladas unas sobre otras. Este es el caso de determinada paquetería, como por ejemplo el transporte de determinados electrodomésticos.

En estos casos en lugar del volumen (m³) se emplea el metro cuadrado (m²), ya que la mercancía se dispone únicamente sobre una superficie.

Para este tipo de mercancías, la Capacidad equivalente de espacio neto se define como Capacidad equivalente de Superficie:

$$\text{Capacidad}_{eq_S} = S_{neta} \quad [6]$$

Siendo:

Capacidad_{eq_S} es la capacidad equivalente de superficie para transportar mercancías que no pueden ser apiladas, es decir, la carga máxima que puede transportar ocupando ésta la superficie máxima disponible para la mercancía (m²).

S_{neta} es la superficie máxima de carga del vehículo disponible para las mercancías (m²).

Para este tipo de mercancías, se calculará el consumo y las emisiones en función de su capacidad equivalente de carga neta y en función de su capacidad equivalente de superficie.

Transporte de mercancías que no pueden ser apiladas ni agrupadas

En último lugar, se analiza el transporte de mercancías que no pueden ser agrupadas con otras ni vertical ni lateralmente. El caso más habitual es el del transporte de vehículos.

En estos caso en lugar del volumen (m³) se emplea el metro lineal (m), ya que la mercancía se dispone únicamente a lo largo de una o varias filas.

Para este tipo de mercancías, la Capacidad equivalente de espacio neto se define como Capacidad equivalente Lineal:

$$\text{Capacidad}_{eq_L} = L_{neta} \quad [7]$$

Siendo:

Capacidad_{eq_L} es la capacidad equivalente lineal para transportar mercancías que no pueden ser apiladas ni agrupadas, es decir, la carga máxima que puede transportar ocupando ésta la longitud máxima disponible para la mercancía (m).

L_{neta} es la longitud máxima de carga del vehículo disponible para las mercancías (m).

Para este tipo de mercancías, se calculará el consumo y las emisiones en función de su capacidad equivalente de carga neta y en función de su capacidad equivalente lineal.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto

El objeto principal de este documento es definir una metodología homogénea para la evaluación y normalización de los consumos de energía y emisiones en el transporte, de forma que se pueda comparar de forma objetiva los diferentes modos de transporte.

En particular, se buscan los siguientes objetivos:

- Establecer unos procesos y una terminología estandarizada y horizontal: Válida para el transporte de viajeros y mercancías, válida para los diferentes modos de transporte y también válida para los diferentes tipos de consumos: eléctrico y carburantes.
- Permitir comparaciones y efectuar equivalencias sin sesgos en los consumos y emisiones.
- Tomar como referencia de base e integrar en el análisis, las diferentes normas y estándares ya existentes en el ámbito de la medición objetiva de consumos y emisiones.
- Analizar desde una perspectiva metodológica la problemática derivada de la incidencia de la variación de recorridos en el consumo energético.
- Diferenciar el efecto derivado de dos tipos de factores, complementarios entre sí, pero distintos en la capacidad real existente para actuar sobre ellos: las variaciones debidas a la longitud de los caminos y las variaciones inducidas por factores de operación o gestión en cada modo.
- Analizar diferencias relativas al tipo de movilidad (interurbana, metropolitana y urbana), generando un sistema de coeficientes relativos basados en una muestra piloto.
- Analizar la influencia de la altitud de la operación y la existencia de vacíos comerciales.
- Aproximar una serie de indicadores y coeficientes necesarios para la posterior modelización de un amplio abanico de desplazamientos-tipo, tanto en el transporte de viajeros como de mercancías.

1.2. Metodología

La métrica y estandarización de los consumos y emisiones en el transporte se ha estructurado en los siguientes apartados:

- En primer lugar, se concretan los modos de transporte que se van a analizar, atendiendo a las necesidades de movilidad y a las características de los servicios ofertados.
- En segundo lugar, se definen los efectos negativos del transporte que se van a estudiar, así como los indicadores y unidades que se van a emplear para su medición.

- En tercer lugar, se realiza la homogenización de los consumos y emisiones atendiendo en esta Monografía concreta a la diferente oferta o capacidad de los modos de transporte, diferenciando entre transporte de viajeros y transporte de mercancías.

Además, será preciso llevar a cabo una aproximación a la homogenización de los consumos y emisiones atendiendo a la incidencia de los diferentes recorridos realizados por los modos de transporte. Esta segunda aproximación, dada su entidad y relevancia como tal, se lleva a cabo en una Monografía específicamente dedicada a ello.¹

Finalmente, y dentro de esta Monografía, se realizan otras correcciones, como la incidencia de la altitud o la existencia de vacíos comerciales.

1.3. Terminología

La estandarización de los consumos y emisiones en el transporte sugiere la definición de unos términos científicamente correctos, entendibles y homogéneos, válidos para los procesos energéticos como para todos los modos de transporte; así como de unas unidades y de las equivalencias entre ellas.

A continuación se definen los términos empleados en este documento:

- **Capacidad equivalente de carga neta** de mercancías es la carga máxima que puede transportar un vehículo, en función de su MMA.
- **Capacidad equivalente de espacio neto** es el espacio máximo disponible para la mercancía, en volumen, superficie o lineal, en función del tipo de carga.
- **Capacidad equivalente de mercancías:** es la carga máxima que puede transportar un vehículo.
- **Coefficiente de Corrección por Altitud (CCA):** Coeficiente de corrección que penaliza la emisión de contaminantes a diferente altitud de la superficie terrestre al ser mayor efecto negativo sobre la capa de ozono.
- **Coefficiente de Corrección por Variación de Recorrido (VR):** cociente entre la longitud total del recorrido (distancia real recorrida) y el desplazamiento (distancia en línea recta).
- **CO₂ equivalente (CO₂eq):** Medida aceptada internacionalmente que expresa la cantidad de un GEI en términos de cantidad de CO₂ que tendría el mismo efecto global de calentamiento que dicho GEI.
- **Constante de Accesibilidad y Dispersión Modal (AD):** coeficiente de corrección que incluye tanto el consumo debido al transporte desde el origen de los viajeros hasta las estaciones de origen, como el consumo debido al

¹ Monografía 7: “Incremento de recorrido en el transporte por longitud de caminos, operación y gestión” elaborada por el Grupo de investigación de ALSA y el Grupo de Investigación de la Fundación de Ferrocarriles Españoles, en el marco del proyecto Enertrans.

transporte desde las estaciones de destino hasta el destino final de los viajeros.

- **Constante de Corrección por Estacionamiento (CCE)**, coeficiente de corrección que tiene en cuenta el consumo de los vehículos privados a la hora de buscar estacionamiento.
- **Factor de incremento de recorrido por vacío comercial (F_{vcL})**: corrige el consumo por la realización de un mayor número de kilómetros recorridos por los vacíos comerciales.
- **GEIs**: Gases de efecto invernadero. Los considerados en el Protocolo de Kioto son seis, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆)
- **Índice de comodidad**: Relación entre la densidad de plazas reales en una superficie determinada y las plazas equivalentes.
- **Plaza equivalente**: Para los servicios de media y larga distancia, asientos que se pueden disponer con una anchura mínima y una distancia estándar entre las filas de asientos. Para servicios urbanos y de cercanías, superficie disponible para los viajeros de pie.
- **Plaza.km**: Suma de los km recorridos por las plazas en la prestación del servicio.
- **Trayecto**: Cada una de las diferentes etapas en las que se puede descomponer un viaje en uno o diferentes modos.
- **Viaje**: Relación de transporte entre el origen y destino final que realiza la unidad de transporte.
- **Viajero.km**: Suma de los km que recorren todos los viajeros que van a bordo de un servicio de transporte.

1.4. Estado del arte

A la hora de homogenizar y establecer unos estándares para los consumos y emisiones, es imprescindible analizar el estado del arte en esta ámbito.

En este capítulo se analizan las normas y estándares más relevantes en el ámbito de la estandarización de consumos y emisiones en el transporte por carretera.

Asimismo, en el *ANEXO I: Normas y estándares de consumos y emisiones* puede consultarse un resumen detallado de cada una de ellas.

1.4.1. Normas y estándares

Estándares de consumo y emisiones en el transporte por carretera

En marzo de 1970 se promulgó la “Directiva 70/220/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de medidas contra la contaminación atmosférica causada por las emisiones de los vehículos de motor (últimas modificaciones, Directivas 2003/76/CE y 2006/96/CE)”, define una *metodología para la determinación de los gases contaminantes emitidos* por los vehículos a motor para su homologación.

Se definen una serie de pruebas de homologación, en la que todos los vehículos deben ser evaluados bajo las mismas condiciones y supuestos, por lo que las mediciones se hacen en un banco de ensayos en un local cerrado en el que se simulan las condiciones reales. Esta directiva describe detalladamente los seis *ensayos* tipo para una homologación.

La “Directiva 80/1268/CEE del Consejo, de 16 de diciembre de 1980, relativa a las emisiones de dióxido de carbono y al consumo de combustible de los vehículos de motor (última modificación por la Directivas 2004/3/CE)” establece un *método comunitario de medición del consumo de carburante, así como de emisiones de dióxido de carbono* (a partir de ahora CO₂) de los vehículos a motor.

Esta Directiva es únicamente de aplicación para los vehículos a motor de la categoría M1 (Vehículos de ocho plazas como máximo -excluida la del conductor- diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros) y N1 (vehículos cuya masa máxima no supere las 3,5 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros) (Ver Anexo I). Para otras categorías de vehículos a motor todavía no se ha establecido un método de comunitario de medición del consumo.

La “Directiva 1999/94/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 1999, relativa a la información sobre el consumo de combustible y sobre las emisiones de CO₂ facilitada al consumidor al comercializar turismos nuevos”, tiene por objeto garantizar que se proporcione a los consumidores información sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ de los turismos nuevos, de forma que los futuros compradores consideren la adquisición de los coches más eficientes energéticamente. Se define, además, el “*consumo oficial de combustible*”.

En agosto de 2002 se promulgó el “Real Decreto 837/2002, que incorpora la Directiva 1999/94/CE sobre etiquetado energético al ordenamiento jurídico español.

Siguiendo las pautas de dicha Directiva, establece en su Anexo I.1 que el valor del consumo oficial de carburante deberá expresarse en litros por cada 100 kilómetros (l/100 km), debiendo redondearse la cifra correspondiente a un decimal. Las emisiones específicas oficiales de CO₂ deberán expresarse redondeándolas a la unidad más próxima en gramos por kilómetro (g/km). El redondeo de los decimales de 5 se realizará por exceso.

El “Reglamento n°83” de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), publicado en 2001, establece unas disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en los que respecta a la emisión de contaminantes según las necesidades del motor en materia de combustible.

El procedimiento de ensayo definido en este reglamento es el establecido en la Directiva 70/220/CEE, aunque adaptado a los avances tecnológicos, incluyéndose, por ejemplo, el procedimiento de ensayo de vehículos eléctricos híbridos.

En el 2004 se publica el Reglamento 101 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE/ONU), que establece unas prescripciones uniformes relativas a la homologación de los vehículos particulares de pasajeros equipados con un motor de combustión interna en lo que concierne a la medida de la emisión de CO₂ y del consumo de carburante y de los vehículos de las categorías M1 y N1 equipados con un grupo motopropulsor eléctrico en lo que concierne a la medida del consumo de energía eléctrica y de la autonomía.

Este reglamento aglutina los procedimientos de ensayo descritos hasta ahora, pero con la particularidad de que, mientras para los vehículos con motor de combustión interna sigue empleando el ensayo Tipo I descrito en el Reglamento n° 83 (y por lo tanto, también en la Directiva 70/220/CEE), se define un método de ensayo

diferente para la medición del consumo de energía eléctrica de los vehículos exclusivamente eléctricos.

Por último, es de interés mencionar que, en el 2005, la Comisión europea presentó una Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones y sobre el acceso a la información relativa a la reparación de los vehículos, y por la que se modifican las Directivas 72/306/CEE y .../.../CE. (COM(2005) 683 final).

Dado que la legislación comunitaria sobre emisiones y consumo de carburante se ha desarrollado a lo largo de más de treinta y cinco años y está repartida en más de veinticuatro directivas, la Comisión propone sustituirlas por un nuevo Reglamento y una serie de medidas de aplicación.

La aprobación de dicha propuesta conllevaría la derogación de veinticinco Directivas, entre las que se encuentran, la Directiva 70/220/CEE y la Directiva 80/1268/CEE, analizadas con anterioridad en este capítulo.

Estándares de consumo y emisiones en el transporte ferroviario, aéreo y marítimo

No se han desarrollado normativas ni estándares de normalización de consumos energéticos y emisiones para los modos ferroviarios, aéreos o marítimos, ni a nivel nacional ni europeo.

Sin embargo, sí existen diferentes estudios y proyectos (ya analizados en la monografía del Estado del Arte¹) que podrían ser utilizados como referencia de base para la estandarización de los consumos y emisiones para estos modos.

1.4.2. Estudios y proyectos

Como ya se ha mencionado en la monografía “Estado del arte”, existen numerosos estudios y proyectos que han tenido como objeto principal la obtención de los consumos y emisiones en el transporte (por ejemplo, el MEET).

Sin embargo, cabe recordar, que en ninguno de los estudios y proyectos analizados en la monografía “Estado del arte” se ha realizado una estandarización y homogenización de los consumos, teniendo en cuenta, además de la diferente capacidad de los vehículos, los diferentes recorridos realizados por los mismos.

En el ámbito específico de la estandarización de la Capacidad, no obstante, se considera relevante hacer una mención destacada al documento “Transit capacity and quality of Service manual” (TCRP Report 100 - Transportation Research Board, 2003). Esta investigación constituye una interesante aproximación realizada en Norteamérica para analizar y determinar la capacidad de los modos ferroviarios en ese país. En la misma se tienen en cuenta los diferentes aspectos que contribuyen a definir la capacidad (real y potencial) de un sistema ferroviario, considerando no sólo los que afectan a la capacidad del propio vehículo, sino además otro tipo de factores directa o indirectamente relacionados con la capacidad como el diseño y ubicación

¹ Monografía 3 “Modelos de consumos y emisiones: Estado del Arte” elaborada por el Grupo de Investigación de la Universidad de Castilla la Mancha, en el marco del proyecto EnerTrans.

de las puertas de acceso, la configuración del tren, las condiciones de circulación de la línea, diseño de andenes, etc. De esta investigación, resulta especialmente relevante, a los efectos de este Proyecto, el capítulo específico que dedica a estandarizar los *niveles de carga de pasajeros* por tipo de vehículo.

1.5. Unidades habituales de consumo y emisiones

Un punto esencial en la estandarización de consumos y emisiones es la definición de las unidades a emplear, que, en lo posible serán los mismos para todos los modos.

Por ello, en este apartado, se analizarán las unidades de consumos y emisiones empleadas en los diferentes estándares, estudios y estadísticas¹ en el ámbito del transporte, ya que nos podrán servir de referencia para la definición de unidades del próximo capítulo.

1.5.1. Unidades de consumo de energía

En cuanto a las unidades de consumo empleadas, se observa que la mayoría de los estudios utilizan “litros de combustible” como unidad de consumo para los modos con motores de combustión, o bien “kWh” para los modos eléctricos.

En cuanto a las unidades de referencia empleadas, en el transporte de viajeros, las estadísticas analizadas ofrecen, en su mayoría, los datos de consumo o emisiones, por “kilómetro”, “vehículo”, “viajero” o bien por “viajero-kilómetro”. Sólo una pequeña parte de los estudios ofrecen datos por “plaza” o “plaza-kilómetro”.

En el transporte de mercancías existe más uniformidad, ofreciendo, la mayoría de las estadísticas, datos de consumo o emisiones por “tonelada” o “tonelada-kilómetro”. Sin embargo, también se encuentran estadísticas que ofrecen datos por “*toneladas de carga útil*” en el caso del transporte de mercancías por carretera o por “TEU” en el caso del transporte de contenedores marítimos, por carretera y por ferrocarril.

Cuando se trata de datos agregados, el Ministerio de Fomento en su Anuario Estadístico, así como, el Ministerio de Medio Ambiente en el Inventario GEI y el Centro de Estudios de la Energía, utilizan como unidad equivalente de consumo el “TJ” (Terajulio). Sin embargo, la Comisión Europea, en las estadísticas de consumos en el transporte del Eurostat, utiliza como unidad el “TOE” (toneladas de petróleo equivalente).

¹ En las monografías “Estado del Arte” y “Análisis de las estadísticas existentes”, elaboradas en el marco del Proyecto Enertrans, pueden consultarse los estudios y estadísticas existentes, respectivamente, en el ámbito del transporte.

1.5.2. Unidades de emisiones

En cuanto a las unidades empleadas en las emisiones, la mayoría de las estadísticas ofrecen datos por “gramos de contaminante” o sus múltiplos como unidad de emisión.

Las unidades de referencia empleadas para la cuantificación de las emisiones son similares a las empleadas en el consumo.

En el caso de datos agregados, prácticamente todas las estadísticas ofrecen los datos en “gramos de CO₂-equivalente”.

1.6. Concreción de modos de transporte

En este capítulo, se concretan, en primer lugar, cuáles van a ser los modos y tipos de vehículos que se van a analizar. A continuación, se clasifican los diferentes modos en función de la demanda o necesidad de movilidad de los viajeros para, finalmente, definir los tipos de movimientos para los que se calcularán los consumos y emisiones.

1.7. Modos de transporte

En el ámbito del transporte de viajeros, en este proyecto se analizarán los siguientes modos:

- Transporte por carretera: automóvil, autobús y autocar.
- Transporte por ferrocarril: metro ligero, metro pesado, tranvía, cercanías, tren convencional y tren alta velocidad.
- Transporte marítimo: ferry convencional y ferry rápido o de alta velocidad.
- Transporte aéreo: avión.

Una vez desarrollado el modelo para el transporte de viajeros, se singularizará para el transporte de Mercancías, que incluirá:

- Transporte por carretera: furgoneta, camión ligero y camión pesado
 - Transporte por ferrocarril: tren de mercancías
 - Transporte marítimo: buque de carga
 - Transporte aéreo: avión
 - Transporte por tubería: tubería
-

1.8. Necesidades de movilidad

En este apartado se realizará una clasificación y agrupación de los vehículos y servicios para el transporte de viajeros y de mercancías, atendiendo a las necesidades de movilidad de los viajeros: distancia a recorrer y tiempo disponible para realizar dicho trayecto.

1.8.1. Transporte de viajeros

Los diferentes modos de transporte se pueden agrupar y clasificar en función de varios parámetros:

En primer lugar, la demanda de movilidad se puede clasificar en función de la distancia en línea recta que es necesario recorrer entre los puntos de origen y destino.

Partiendo del posible cambio de elección modal de los usuarios en función de la distancia que vayan a recorrer, y de las clasificaciones entre corto, medio y largo recorrido de los diferentes modos de transporte, se definen 10 segmentos kilométricos diferentes. Como no todos los modos de transporte realizan el mismo trayecto entre dos puntos, es necesario emplear kilómetros en línea recta, permitiendo así una comparación real entre los mismos (ver la Monografía específica dedicada a la “Homogenización por variación de recorrido”¹).

Los rangos de distancias se podrían agrupar, a su vez, de forma tentativa, en cuatro tipos de movilidad:

- **Movilidad Urbana.** Este rango se sitúa entre los 0 y 10 km reales recorridos por un vehículo de superficie en ciudad, que equivalen en línea recta a:
 - Entre 0 y 4 km
 - Entre 4 y 8 km
- **Movilidad Metropolitana.** Este rango se sitúa entre los 10 y 60 km reales recorridos por un vehículo de superficie en área metropolitana, que equivalen en línea recta a:
 - Entre 8 y 15 km
 - Entre 15 y 30 km
 - Entre 30 y 45 km
- **Movilidad Interurbana de media distancia.** Este rango se sitúa entre los 60 y 300 km reales recorridos por un vehículo de superficie en área interurbana, que equivalen en línea recta a:
 - Entre 45 y 190 km
- **Movilidad Interurbana de larga distancia.** Este rango comienza en los 300 km reales recorridos por un vehículo de superficie en área interurbana, pasando por los 1.200 km (distancia más larga entre dos puntos de la Península, por ejemplo entre Girona y Huelva) y hasta los 2.300 km (distancia más larga entre dos puntos de España, por ejemplo entre Barcelona y Tenerife). Estas distancias equivalen en línea recta a:
 - Entre 190 y 350 km
 - Entre 350 y 460 km
 - Entre 460 y 930 km
 - Más de 930 km

¹ Monografía 7 “Homogenización por variación de recorrido” elaborada por el Grupo ALSA y la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, en el marco del proyecto Enertrans.

En segundo lugar, la demanda de movilidad también se puede agrupar en función del tiempo disponible para la realización del viaje.

A estos efectos, en esta Monografía se definen siete segmentos temporales en función del tiempo disponible para la realización del viaje. Para su definición se han tenido en cuenta horquillas de tiempos que a priori podrían constituir “tipologías” de viaje diferentes (en cuanto a motivaciones y factores causales de la elección modal). Los segmentos definidos de forma tentativa a estos efectos son:

- Entre 0 y 30 minutos.
- Entre 30 minutos y una hora.
- Entre 1 hora y 1h 30 minutos.
- Entre 1h 30min y 2 horas.
- Entre 2 y 4 horas.
- Entre 4 y 6 horas.
- Más de 6 horas

Por último, la demanda de movilidad también se puede clasificar en función del tipo de superficie o espacio existente entre los dos puntos a recorrer.

Se han tenido en cuenta tres posibles situaciones:

- Ciudad/Metropolitano: El trayecto recorre una zona urbana, caracterizada por la existencia de congestión y limitaciones físicas de velocidad propias del ámbito urbano (semáforos, cruces, etc).
- Mar: Cuando entre los dos puntos no existe tierra firme.
- Interior: Se trata de un trayecto interurbano, recorriendo zonas rurales o de interior, fuera del ámbito metropolitano de las ciudades.

Para realizar la clasificación de los modos en función de tiempos de viaje y distancias recorridas, se han tenido en cuenta las siguientes velocidades medias:

Tabla 1. Velocidades medias (en línea recta) de los diferentes medios de transporte

	Modos	v medias (km/h)
Urbano	Peatón	5
	Bicicleta	10
	Automóvil ciudad	18
	Autobús ciudad	12
	Metro pesado	30
	Tranvía	17
Metropolitano	Automóvil metrop.	50
	Autobús metrop.	40
	Cercanías	53
	Metro ligero	30
	Ferry convencional	33
	Ferry rápido	70
Interurbano	Automóvil interurb.	78
	Autocar interub.	59
	Tren convencional	62
	Tren alta velocidad regional	100
	Tren alta velocidad larga distancia	140
	Avión	445
	Ferry convencional	33
	Ferry rápido	70

Nota: Las velocidades medias se han calculado a partir de las distancias en líneas recta (inferiores a las distancias reales recorridas), por ello las velocidades medias son inferiores a las velocidades calculadas con distancias recorridas.

Fuente: Elaboración propia

Es posible que el recorrido a realizar circule por más de un tipo de superficie, en cuyo caso, el trayecto se fragmentaría en varios tramos.

A continuación se presenta la tabla resultante de la clasificación de los vehículos atendiendo a los parámetros definidos.

Tabla 2. Clasificación de vehículos en categorías por distancia, tiempo y tipo de superficie.

Tipología de movilidad	Distancia en línea recta (km)	Tiempos de viaje (h)							Tipo de superficie
		0 - 0,5	0,5 - 1	1 - 1,5	1,5 - 2	2 - 4	4 - 6	más de 6	
Urbano 1	0 - 4	Peatón Bicicleta Autobús ciudad Autobús pesado Metro pesado Tranvía	Peatón Bicicleta						Ciudad
Urbano 2	4 - 8	Autobús ciudad Autobús pesado Metro pesado Tranvía	Bicicleta Autobús ciudad Autobús pesado Tranvía	Peatón Bicicleta	Peatón (*)				Ciudad
Metropolitano 1	8 - 15	Autobús metrop. Autobús metrop. Cercanías Metro ligero	Metro ligero						Ciudad e Interior
		Ferry convenc. Ferry rápido	Ferry convenc.						Mar
Metropolitano 2	15 - 30	Autobús metrop. Cercanías	Autobús metrop. Cercanías Metro ligero	Metro ligero					Ciudad e Interior
		Ferry rápido	Ferry convenc. Ferry rápido	Ferry convenc.					Mar
Metropolitano 3	30 - 45		Autobús metrop. Autobús metrop. Cercanías	Autobús metrop. Autobús metrop. Cercanías	Autobús metrop. Autobús metrop.				Ciudad e Interior
			Ferry rápido	Ferry convenc. Ferry rápido	Ferry convenc.	Ferry convenc.			Mar
Interurbano 1 (Media distancia)	45 - 190	Tren AV regional Avión	Autobús interurb. Tren convenc. Tren AV regional	Autobús interurb. Autocar interurb. Regional Tren convenc. Tren AV regional	Autobús interurb. Autocar interurb. Regional Tren convenc.	Autobús interurb. Autocar interurb. Regional Tren convenc.			Interior
		Avión		Ferry rápido	Ferry rápido	Ferry convenc. Ferry rápido	Ferry convenc.	Ferry convencional	Mar
Interurbano 2 (Larga distancia)	190 - 350	Avión	Avión	Tren AV largo	Tren AV largo	Autobús interurb. Autocar interurb. Tren convenc. Tren AV	Autobús interurb. Autocar interurb. Tren convenc.		Interior
		Avión	Avión			Ferry rápido	Ferry rápido	Ferry convenc. Ferry rápido	Mar
Interurbano 3	350 - 460		Avión	Avión		Tren AV largo	Autobús interurb. Autocar interurb. Tren convenc.	Autobús interurb. Autocar interurb. Tren convenc.	Interior
			Avión	Avión				Ferry convenc. (*) Ferry rápido	Mar
Interurbano 4	460 - 930 (*)			Avión	Avión	Tren AV largo Avión	Tren AV largo	Autobús interurb. Autocar interurb. Tren convenc.	Interior
				Avión	Avión	Avión		Ferry convenc. (*) Ferry rápido	Mar
Interurbano 5	Más de 930 (*)					Avión	Avión Tren AV largo	Autobús interurb. (*) Autocar interurb. (*) Tren convenc. (*) Tren AV largo (*)	Interior
						Avión	Avión	Ferry convenc. (*) Ferry rápido	Mar

(*) 1.200 km es la distancia entre Huelva y Girona (por carretera), aproximadamente la distancia más larga entre dos puntos de la Península.

(**) Se han considerado distancias entre 1.200 y 2.300 km. Siendo ésta última la distancia entre Barcelona y Tenerife (en línea recta), aproximadamente la distancia más larga entre dos puntos de España.

(***) Aunque es posible emplear este modo para este trayecto, debido al excesivo tiempo de viaje, es poco probable su realización.

(****) Aunque estos modos son válidos para estas distancias, su empleo en España no es realista, porque superan las distancias máximas entre dos puntos de la Península.

Fuente: Elaboración propia

Esta clasificación de los vehículos en Urbano 1 y 2, Metropolitano 1, 2 y 3 e Interurbano 1, 2, 3, 4 y 5, es la que se empleará en el Proyecto para diferenciar las categorías de vehículos en función de la distancia recorrida (objeto de una Monografía específica).

1.8.2. Transporte de mercancías

En el caso del transporte de mercancías, el tiempo disponible para el viaje o la distancia recorrida no son factores tan relevantes como el tipo de carga a transportar.

Por ello, la clasificación de los vehículos de transporte de mercancías se realizará en base a este último factor, el tipo de carga.

Tipos de carga en función de sus características para ser transportadas

Se definen tres tipos de carga diferenciados, en función de si sus propiedades y características técnicas permiten que las mercancías puedan ser agrupadas y apiladas a la hora de ser transportadas. Es decir, de su capacidad para aprovechar el espacio disponible dentro del vehículo en *superficie* o en *volumen*.

Así la clasificación resulta en:

Mercancía que pueda ser agrupada y apilada

Este grupo incluye cualquier tipo de mercancía que pueda ser apilada y agrupada, tales como mercancías a granel, cajas, líquidos, gases, contenedores, etc. Por ejemplo, es el caso de productos químicos, paquetería, textil, papel, etc.

Mercancía que pueda ser agrupada pero no apilada

Este segundo grupo incluye mercancías que no pueden ser apiladas unas sobre otras pero sí agrupadas lateralmente. Se puede incluir aquí el transporte de electrodomésticos o cualquier mercancía de cierta fragilidad.

Mercancía que no pueda ser apilada ni agrupada

En último lugar, se analiza el transporte de mercancías que no pueden ser agrupadas con otras ni vertical ni lateralmente. El caso más habitual es el del transporte de vehículos.

Esta agrupación será la que se emplee en el presente Proyecto para clasificar los vehículos de mercancías en función del tipo de carga que transporten, algo especialmente relevante en la homogenización de los consumos y emisiones atendiendo a la capacidad de los vehículos.

Tipos de carga en función de su tipo de agrupación

A su vez, las mercancías (en particular, las clasificadas en el punto anterior, como Transportadas en volumen) pueden ser clasificadas en función de su tipo de agrupación en:

A. Carga General

Es aquella que se presenta en estado sólido, líquido o gaseoso, y que estando embalada o sin embalar, puede ser tratada como unidad. La carga general se transporta en embalajes cuya forma, peso y dimensiones, se ajustan a las características propias de éstas.

A su vez, la Carga General puede clasificarse en:

- Carga General Fraccionada. La constituye la carga embalada en cajas, cajones, bultos, sacos, barriles, bidones, fardos, etc., y que además, forma pequeños lotes para distintos destinatarios. Generalmente su manipulación se realiza mediante redes.

- Carga General Unitarizada. Es aquella que utiliza el mismo embalaje, ésta puede ser uniforme o heterogénea, y que al juntarse dan un aspecto de unidad. Se utilizan para su manejo, sacos, bultos, cajones, cajas, etc., de tal manera que se forme un elemento unitivo (por ejemplo en un contenedor), a efecto de agilizar las maniobras.
- Cuando diversas cargas sueltas son unitarizadas, reciben el nombre del objeto que las une, por tal motivo en el puerto son conocidas como:
 - Cargas contenerizadas: cuando se encuentran en contenedores.
 - Cargas preeslingadas: porque se transportan en eslingas.
 - Cargas paletizadas: cuando se manejan en palets.
 - Cargas en barcazas.

B. Carga a Granel

Se entiende por carga a granel, aquélla que no está contenida en envase alguno. Suelen poseer en común un volumen, peso y tamaño determinado y son transportadas de forma suelta (por ejemplo en la bodega de un buque), sin orden y unas encima de otras.

- Granel Sólido. En esta clasificación entran los minerales, el carbón, los granos, los fertilizantes, etc.
- Granel Líquido. Es la carga que se encuentra en estado líquido o gaseoso. Las tuberías o los buques tanques son ejemplos de modos que transportan este tipo de mercancías.

1.9. Clasificación de las fases de movimiento de los vehículos

Un determinado vehículo, que transporta viajeros o mercancías, realiza diferentes etapas a lo largo de una misma operación.

Cada una de estas etapas o “movimientos”, se caracterizan por una determinada velocidad media, potencia, empleo o no de auxiliares, etc. que influyen en los consumos de energía y en las emisiones de contaminantes.

Por ello, a la hora de analizar el consumo y las emisiones de un vehículo determinado, es imprescindible realizar un análisis diferenciado para cada uno de los diferentes movimientos realizados por los vehículos.

Para una misma operación de transporte, se han definido las siguientes fases del movimiento del vehículo, agrupadas en función de si el vehículo se encuentra en servicio o fuera de servicio, y en el caso de estar en servicio, en función de si el vehículo está transportando viajeros o no.

Tabla 3. Fases del movimiento del vehículo

FASES DEL MOVIMIENTO DEL VEHICULO	
A. EN SERVICIO	
Con viajeros	
1	Operación de carga o subida de pasajeros al inicio de la ruta
2	Fase fija al comienzo del viaje
3	Movimiento comercial - Infraestructura ámbito Urbano
4	Movimiento comercial - Infraestructura ámbito Metropolitano
5	Movimiento comercial - Infraestructura ámbito Interurbano Velocidad Baja
6	Movimiento comercial - Infraestructura ámbito Interurbano Velocidad Media
7	Movimiento comercial - Infraestructura ámbito Interurbano Velocidad Alta
8	Operaciones de Parada Comercial intermedia
9	Operación de Parada Técnica (descansos, etc.)
10	Operación de descarga o bajada de pasajeros al final de la ruta
11	Fase fija al final del viaje
Sin viajeros pero asociado al servicio	
12	Maniobras de formación y posicionamiento
B. FUERA DE SERVICIO y no imputables a un servicio concreto	
13	Movimientos en vacío (no se incluyen pruebas)
14	Operación de mantenimiento (sin movimiento, pero con consumo de energía)
15	Operación de mantenimiento con movimiento

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describen cada una de estas fases:

A. Fases en servicio

I. Con viajeros

1. Operación de carga o subida de pasajeros al inicio de la ruta: Fase de subida de viajeros o de carga de mercancías al inicio de la operación.

2. Fase fija al comienzo del viaje: Maniobras de desatraque en el caso de un barco, taxi de salida en el caso del avión, etc.
3. Movimiento comercial - Infraestructura de ámbito urbano: Fase del movimiento comercial en el cual el vehículo circula a velocidades bajas, como, por ejemplo, la ascensión inicial del avión, la aceleración inicial del barco o el recorrido urbano de un autobús de largo recorrido.
4. Movimiento comercial - Infraestructura ámbito Metropolitano: Fase del movimiento comercial en el cual el vehículo circula a velocidades medias, como por ejemplo, el recorrido de un turismo por un área metropolitana.
5. Movimiento comercial - Infraestructura ámbito Interurbano Velocidad Baja: Fase del movimiento comercial en la cual el vehículo circula a velocidades medio-altas, ya que la infraestructura o alguna limitación inherente al modo, no permite que el vehículo circule a más velocidad. Este sería el caso de un autocar circulando por una carretera interurbana limitada a una velocidad máxima de 70 km/h o por un tramo de tráfico denso, o bien, de un tren de alta velocidad circulando por una vía convencional.
6. Movimiento comercial - Infraestructura ámbito Interurbano Velocidad Media: Fase del movimiento comercial en la cual el vehículo circula a velocidades altas, pero no a las máximas que puede alcanzar el modo. Sería el caso, por ejemplo, de un turismo circulando por una autovía con muchas curvas, lo que impide que circule a más de 100km/h.
7. Movimiento comercial - Infraestructura ámbito Interurbano Velocidad Alta: Fase del movimiento comercial en la cual el vehículo puede circular a su velocidad máxima.
8. Operaciones de Parada Comercial intermedia: Fases de subida y bajada de pasajeros, o de carga y descarga de mercancías en paradas intermedias del viaje.
9. Operación de Parada Técnica: como, por ejemplo, los descansos obligatorios de los conductores profesionales.
10. Operación de descarga o bajada de pasajeros al final de la ruta: Fase de bajada de viajeros o de descarga de mercancías al final de la operación.
11. Fase fija al final del viaje: Maniobras de atraque al muelle en el caso del barco, taxi de llegada en el caso del avión, etc.

II. Sin viajeros

1. Maniobras de formación y posicionamiento: como por ejemplo en el tren.

B. Fases fuera de servicio

1. Movimientos en vacío: Movimientos de los vehículos en vacío comercial, como, por ejemplo, petrolero de vuelta al país de origen una vez descargada la mercancía. No se incluyen los movimientos de pruebas.
2. Operación de mantenimiento, sin movimiento, pero con consumo de energía: Por ejemplo, limpieza del vehículo con las luces encendidas.
3. Operación de mantenimiento con movimiento: Por ejemplo, movimientos dentro del taller.

4. Estas fases se han definido de forma que puedan ser aplicables a todos los modos de transporte, si bien, puede ocurrir que, para un determinado modo de transporte o para un determinado tipo de servicio de un modo de transporte, alguna de las fases no sea de aplicación.

Ésta será la clasificación¹ de movimientos que se empleará a la hora de construir el modelo de consumos y emisiones de este Proyecto.

¹ En monografías posteriores, específicas de cada modo de transporte, se realizará una clasificación y definición más detallada de los movimientos de cada modo.

2. INDICADORES DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DEL TRANSPORTE

Si bien son muy conocidos los innumerables beneficios del transporte para la sociedad, es imprescindible no sólo conocer, sino cuantificar, cuáles son los efectos negativos del mismo. En una monografía del proyecto Enertrans están descritos estos efectos negativos y la seguiremos para su descripción.¹

2.1. Los efectos negativos del transporte

En el sector transporte se produce un consumo de energía especialmente intensivo, creciente y singularmente perjudicial para el medio ambiente. Y ello agravado por el hecho de que el modelo de transporte dominante actualmente sólo es accesible a una pequeña parte de la población mundial.

Los efectos perjudiciales del consumo de energía inducido por el sector transporte proceden fundamentalmente de tres ámbitos:

- La contribución del transporte al agotamiento de los combustibles fósiles
- La contribución al cambio climático, como consecuencia de los procesos de combustión.
- Y la contribución a la contaminación local, tanto en lo que se refiere a la calidad del aire como al ruido.

2.1.1. Contribución al agotamiento de los combustibles fósiles

Como ya se ha mencionado, el sistema actual de transporte depende fundamentalmente de los combustibles fósiles.

El transporte aéreo, marítimo y por carretera obtiene la mayor parte de la energía que necesita de productor obtenidos del refino del petróleo (gasolina, gasóleo, fuel óleo y queroseno fundamentalmente). Además, aunque los modos ferroviarios de tracción eléctrica y el transporte por cable y tubería emplean la energía eléctrica como vector eléctrico, la mayor parte de esta energía es producida en centrales eléctricas que emplean los combustibles fósiles como materia prima (carbón, gas y petróleo).

Sin embargo, los combustibles fósiles son no renovables, siendo, por tanto, su provisión limitada. Si no se reduce el consumo de tales recursos, que en las últimas

¹ Monografía 2 “Usos de energía en el transporte” elaborada por la Fundación de Ferrocarriles Españoles, en el marco del proyecto Enertrans.

décadas ha sufrido un crecimiento exponencial debido al desarrollo industrial y al crecimiento demográfico, los combustibles fósiles se agotarán en pocos años.

Como se ha comentado en otras Monografías de Enertrans, para una misma cantidad de energía final consumida por un determinado vehículo, puede ser diferente la energía primaria consumida en función del vector energético y el tipo de motor o generador de energía.

Por ello, para la energía final consumida por cada uno de los modos de transporte, se distinguirá el tipo de motor empleado. Las unidades empleadas serán los kwh (ver: “Definición de unidades” del siguiente capítulo) pero indicando una “f” de energía final y la tipología del motor:

- Motor eléctrico: kWh_feléctrico
- Motor gasolina: kWh_fgasolina
- Motor diésel: kWh_fdiésel
- Turbina de gas: kWh_fqueroseno

Además, la energía primaria no sólo difiere en cantidad de energía, si no también en “calidad” de la misma, entendiéndose por “calidad” el menor o mayor impacto ambiental de la misma. El impacto ambiental de un tren de tracción eléctrica cuya energía primaria procede de una estación hidroeléctrica es muy inferior al de uno cuya energía primaria proceda de una central térmica de carbón.

Por ello, se calculará la energía primaria consumida por cada uno de los modos de transportes tipificando dicha energía en función de la materia prima o recurso de la que proceda. Las unidades empleadas serán también los kwh pero indicando una “p” de energía primaria y la tipología de energía como subíndice:

- Combustibles fósiles: kWh_ppetróleo, kwh_pcarbón, kwh_pgasnatural
- Energía nuclear: kWh_pnuclear
- Energías renovables: kWh_phidráulica, kwh_peólica, kwh_pbiodiésel, etc.

2.1.2. Contribución al cambio climático

La utilización, directa o indirecta, de combustibles fósiles en el transporte es responsable de la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI). Estas emisiones son de efecto global, siendo indiferente el lugar donde se generen.

Los GEI, contribuyen al efecto invernadero, y por ello al calentamiento global, al capturar y repeler las radiaciones infrarrojas. Los GEIs considerados en el Protocolo de Kioto son seis, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) aunque son los tres primeros los de mayor relevancia.

Uno de los principales GEI es el CO₂, que se produce en grandes cantidades como producto de la combustión de los combustibles fósiles. De forma aproximada las emisiones de CO₂ de las diferentes fuentes de energía se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Kg de CO₂ por cada kWh producido por fuente de energía

	Kg de CO ₂ por cada kwh producido
Carbón	0,75 (valor poco exacto, y dependiente del tipo de carbón)
Fuel o gasoil	0,60
Gas natural, central convencional	0,37
Gas natural, central de ciclo combinado	0,26
Energía nuclear	Poco, pero no despreciable (minería de uranio, transportes, etc.)
Hidráulica	Despreciable
Eólica	Despreciable

Fuente: Grup l'Alzina.

En este proyecto calcularemos las emisiones de CO₂ de cada uno de los modos de transporte en base a la energía primaria y final empleadas en el mismo, empleando las unidades de: kg de CO₂

Sin embargo, como se ha comentado con anterioridad, existen otros gases de efecto invernadero, además del dióxido de carbono, que también afectan al calentamiento global. Para medir el impacto de todos los gases de efecto invernadero emitidos por el transporte, se empleará el CO₂ equivalente (CO₂eq).

El CO₂ equivalente (CO₂eq) es una medida aceptada internacionalmente que expresa la cantidad de un GEI en términos de cantidad de CO₂ que tendría el mismo efecto global de calentamiento que dicho GEI.

Para ello se utiliza el Potencial Calentamiento Global (PCG), que es un índice que expresa la contribución relativa de cada GEI al calentamiento atmosférico. Se le asigna el valor de 1 al PCG del CO₂ y se compara el resto de GEIs con ese valor.

El CO₂eq de un determinado gas se calcula multiplicando la masa del gas por el PCG asociado.

$$g \text{ CO}_2\text{eq} = g_{\text{gas}} \cdot \text{PCG}_{\text{gas}} \quad [9]$$

Por ejemplo, si consideramos que el PCG del CH₄ es 21 y del N₂O es 310, las emisiones de 1 millón de toneladas métricas de metano y óxido nitroso respectivamente es equivalente a 21 y 310 millones de toneladas de CO₂.

A continuación se presenta una tabla con los valores del PCG a 100 años de dos estimaciones realizadas en el 1996 y en el 2001:

Tabla 5. Comparación de las estimaciones de PCG a 100 años entre el IPCC's Second (1996) y del Third Assessment Reports (2001)

Gas	1996 IPCC GWP ^a	2001 IPCC GWP ^b
Dióxido de carbono	1	1
Metano	21	23
Óxido de Nitrógeno	310	296
HFC-23	11,700	12,000
HFC-125	2,800	3,400
HFC-134a	1,300	1,300
HFC-143a	3,800	4,300
HFC-152a	140	120
HFC-227ea	2,900	3,500
HFC-236fa	6,300	9,400
Perfluoromethane (CF ₄)	6,500	5,700
Perfluoroethane (C ₂ F ₆)	9,200	11,900
Sulfur Hexafluoride (SF ₆)	23,900	22,200

^a Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996).

^b Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2001: The Scientific Basis* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001).

Fuente: IPCC Global Warming Potencial (www.eia.doe.gov/oiaf/1605/gwp.html)

Para cada uno de los modos de transporte, además de la cantidad de CO₂ emitido, se calculará el total de CO₂eq¹: kg CO₂eq

2.1.3. Contribución a la contaminación local

El tercer efecto negativo del transporte, de los citados con anterioridad, es la contribución a la contaminación local, tanto en lo que se refiere a la calidad del aire como al ruido.

La emisión de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas sólidas (PM₁₀, PM_{2,5}), hidrocarburos (HC), dióxido de azufre (SO₂) y plomo, debido a la utilización de los combustibles fósiles en el transporte, tiene un fuerte impacto

¹ La cantidad de Metano y otros gases de efecto invernadero emitidos por la combustión de combustibles fósiles en los motores (gasolina, gasoil, etc.) para el movimiento de los vehículos es prácticamente despreciable, por lo que podría asumirse que, en esta etapa, la cantidad de la cantidad de CO₂eq emitida es igual a la cantidad de CO₂.

negativo en la calidad del aire local. Se denominan emisiones con impacto en la calidad del aire (EICA).

Estas emisiones crean problemas de salud y elevan la mortalidad de las personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas.

Al ser su efecto local, estas emisiones tienen especial importancia y efectos negativos en el ámbito del transporte urbano, ya que en este caso se emiten en entornos muy poblados y con una fuerte incidencia sobre la salud de muchas personas. Por ejemplo, las emisiones de gases tóxicos por un autobús urbano en el centro de Madrid producen más daño que la emisión de los mismos gases en una central termoeléctrica que quema fuelóleo en una zona apenas poblada y que genera la electricidad que se emplea en el Metro de Madrid. Es por esta razón que, en muchos casos, en el transporte urbano se pasa a emplear autobuses propulsados por gas natural (con menos emisiones) aún cuando el rendimiento térmico sea menos favorable que el de los motores diesel.

Sin embargo, dado que el presente Proyecto está encaminado a analizar los efectos negativos del transporte a nivel global y no local, sólo se analizarán la contribución al agotamiento de los combustibles fósiles y la contribución al calentamiento global, y no la contribución a la contaminación local.

2.2. Magnitudes y unidades a emplear

Una vez descritos los efectos negativos del transporte, es necesario definir cuáles serán las magnitudes y unidades empleadas para su cuantificación.

2.2.1. Indicadores absolutos vs relativos

Una primera cuestión importante a decidir es si, la función de consumo que se va a desarrollar, obtendrá los consumos (y emisiones) en valores absolutos o relativos.

Los Indicadores absolutos de consumo expresan el consumo de un determinado recurso, en unidades netas de consumo (litros de gasoil, kWh electricidad, etc.) o en unidades de consumo por kilómetro recorrido (litros gasoil/km, kWh/km, etc.), sin relación con ninguna otra magnitud.

Al mismo tiempo, *los Indicadores absolutos de emisiones* expresan las emisiones de CO₂ en unidades netas de emisiones (gramos de CO₂) o en unidades de emisiones por kilómetro recorrido (gramos de CO₂/km).

Los indicadores absolutos no dan una medida de la eficiencia real del vehículo, puesto que, la capacidad de los diferentes modos de transporte, o incluso la capacidad de los vehículos dentro de un mismo modo de transporte puede ser muy diversa. Surgen así, los indicadores relativos.

Los *Indicadores relativos de consumo* expresan el consumo de un determinado recurso respecto a otra magnitud de interés, normalmente relacionada con la capacidad del vehículo (kWh/viajero, litros de gasoil/plaza, litros de gasolina/plaza.km, etc.).

Los indicadores relativos ofrecen más información y son más útiles a la hora de comparar y analizar. Además, conociendo los indicadores relativos, y multiplicando por la unidad de capacidad utilizada, se obtiene el indicador absoluto. Por lo tanto, con la función de consumo que se va a desarrollar se obtendrán valores relativos.

Por otra parte, se pueden llegar a establecer tres indicadores relativos de consumo “en cadena”, en función de los actores responsables de la toma de decisiones:

- El *Consumo por Plaza_Equivalente.km* (C_{pe}), es consecuencia directa de la arquitectura del tren, de su rendimiento y de su concepción, por lo que la mayor responsabilidad de este indicador se sitúa en los diseñadores técnicos del tren (el fabricante o tecnólogo del tren). Las plazas equivalentes se calculan a partir de la superficie útil del vehículo (explicado con detalle en el punto siguiente).
- El *Consumo por Plaza_Real.km* (C_{pr}) se obtiene al multiplicar el consumo por plaza_equivalente por el cociente entre las plazas_equivalentes.km y las plazas_reales.km. Este cociente es responsabilidad de quien decide sobre el diseño comercial del tren (normalmente el operador del servicio si tiene decisión sobre el tipo de vehículo a emplear), ya que se ve afectado por decisiones como el número de clases, la distancia entre asientos, si hay o no cafetería, número y dimensión de los aseos, etc.
- El *Consumo por viajero.km* (C_{vk}) se obtiene al dividir el consumo por plaza real por el aprovechamiento total (medido éste como viajeros.km/plazas.km). El aprovechamiento es consecuencia de decisiones de programación operativa del servicio (decisión adoptada entre frecuencia y aprovechamiento, la decisión de reforzar o no reforzar los servicios en día punta, de programar más o menos paradas, etc.) y por ello tiene poco que ver con el diseño del tren.

A - Consumo por Plaza Equivalente (C_{pe})

B - Consumo por Plaza Real (C_{pr})

$$C_{pr} = C_{pe} \cdot \frac{P_e}{P_r}$$

C - Consumo por Viajero.km (C_{vk})

$$C_{vk} = \frac{C_{pr}}{\text{Aprovechamiento}_{total}} = C_{pr} \cdot \frac{\text{plazas.km}}{\text{viajeros.km}} \quad [10]$$

A partir del primero de los indicadores se pueden obtener los demás con sólo conocer la relación entre plaza real y plaza equivalente y el aprovechamiento total del vehículo.

Aunque habitualmente se emplean como unidad de referencia, las unidades de demanda (como es el caso del Consumo por viajero.km), el empleo de unidades de capacidad (plazas equivalentes o plazas reales) permite abstraer el resultado de factores que no son inherentes al modo de transporte, como es el factor de utilización. Además, en general, el valor absoluto del consumo de un mismo vehículo es poco sensible a las variaciones en el factor de utilización (un autobús consumo prácticamente lo mismo si va a media carga o si va lleno).

Por otro lado, en un mismo espacio útil es posible situar un número muy variable de plazas, ofreciendo índices de comodidad diversos. La eficiencia energética del modo de transporte no se ve alterada por las decisiones que, en orden de la configuración, pueda adoptar el operador. Además, si la comparación de los consumos de dos vehículos o modos se realiza por plaza real en vez de por plaza estándar, se pueden estar penalizando los modos que en el mismo espacio ofrecen menos plazas (tienen menos densidad) y por ello más comodidad.

Por todo ello, en el presente proyecto se empleará el primero de los indicadores relativos definidos, el *Consumo por plaza equivalente* (En el Capítulo 5 se definirán las plazas equivalentes).

Dentro de éstas, el índice “*plaza_equivalente.km*” parece preferible al de “*plaza_equivalente*”, pues es una mejor medida del transporte realizado al tener en cuenta la distancia a la que se ha realizado el transporte.

Por lo tanto, como *indicador de consumo* para el transporte de viajeros se empleará:

$$\text{Consumo} / (\text{Plazas_equivalentes} \cdot \text{kilómetros}) \quad [11]$$

Se pueden establecer los mismos tipos de indicadores que los vistos para el consumo, y con idéntico razonamiento llegaríamos al *indicador de emisiones* para el transporte de viajeros:

$$\text{Emisiones} / (\text{Plazas_equivalentes} \cdot \text{kilómetros}) \quad [12]$$

2.2.2. Indicadores para el transporte de mercancías

Mientras que las unidades de consumo y emisiones son válidas en términos generales tanto para el transporte de viajeros como para el de mercancías, es necesario no obstante adaptar las unidades de referencia a efectos de relativizar en este último tipo de transporte.

En la mayoría de los estudios de consumos y emisiones en el transporte de mercancías se emplea como unidad de referencia de la actividad la “tonelada” de mercancía transportada. Sin embargo, ésta es una unidad de *demanda*, y en el transporte de viajeros se ha empleado una unidad de *oferta*, las plazas equivalentes.

Con el objeto de mantener una coherencia a efectos de esta metodología, se tratará de emplear ahora también una unidad de referencia en términos de *oferta* equivalente de cada modo.

Las plazas equivalentes se definieron en función de la superficie, por lo que, como primera aproximación, podría pensarse en el empleo del *volumen* como unidad de capacidad en el transporte de mercancías.

Sin embargo, mientras que en el transporte de viajeros ni el consumo energético ni las emisiones varían de forma notable en función de la capacidad de carga transportada (son otros los factores que más inciden); en el transporte de mercancías la carga del vehículo sí tiene una gran influencia en el consumo de energía y las emisiones, ya que contribuye significativamente al peso total del vehículo. Un vehículo vacío tiene un consumo (y emisiones asociadas) muy inferior a un vehículo cargado.

Por otro lado, si sólo tenemos en cuenta la carga útil del modo, y no el volumen transportable, estamos penalizando a los modos que transportan mercancías con un alto coeficiente de estiba, es decir, cargas de elevado volumen aunque poco peso (por ejemplo, se penalizaría al barco frente al avión).

Por todo ello, en el ámbito del transporte de mercancías, se definirá para el presente Proyecto, una unidad de referencia, la capacidad equivalente¹, que tiene en cuenta, a la vez, el *volumen* y la *carga útil* del modo de transporte.

Éste es el mismo razonamiento empleado por los operadores de transporte a la hora de cotizar el transporte de una determinada mercancía, al calcular con el coeficiente de estiba el peso-volumen de la mercancía y compararlo con su peso real⁽²⁾.

Por lo tanto, como indicador de consumo para el transporte de mercancías se empleará:

$$\text{Consumo} / (\text{Capacidad}_{\text{equivalente}} \cdot \text{kilómetros}) \quad [13]$$

De igual forma, como indicador de emisiones para el transporte de mercancías se empleará:

$$\text{Emisiones} / (\text{Capacidad}_{\text{equivalente}} \cdot \text{kilómetros}) \quad [14]$$

¹ En el capítulo 4 se define la “Capacidad equivalente”.

² En el Anexo II se analizan los estándares en el transporte de mercancías y en particular el coeficiente de estiba.

3. HOMOGENIZACIÓN DE LA OFERTA

En este capítulo se definen las unidades de referencia de los indicadores definidos en el capítulo anterior: las *plazas equivalentes* en el transporte de viajeros, y la *capacidad equivalente* en el transporte de mercancías.

3.1. Transporte de viajeros

Como se ha detallado con anterioridad, los consumos y emisiones en el transporte de viajeros se van a analizar en función de las plazas equivalentes.

3.1.1. Definición de plaza equivalente

En función de la política comercial que se lleve a cabo, un mismo modo o vehículo puede tener diferente número de plazas.

Si la comparación de los consumos y emisiones se realiza por plaza.km sin corrección alguna, se está penalizando a los modos de transporte que, en el mismo espacio, ofrecen menos plazas (menos densidad de plazas supone más comodidad).

Por ello es preciso definir una “plaza equivalente”, para no discriminar a los modos u operadores por la diferente densidad de plazas. De esta forma la energía consumida y las emisiones podrían medirse por plaza_estándar.km.

Las plazas equivalentes de un vehículo se pueden definir de la siguiente forma:

$$P_{eq} = S_u \cdot Dps \quad [15]$$

Donde:

P_{eq} es el número de plazas equivalentes.

S_u es la superficie útil bruta del vehículo (m²)

Dps es el índice de Densidad de Plazas y Servicios (plazas_equivalentes/m²). Este índice es específico para cada tipo de vehículo.

La densidad de plazas reales en una superficie determinada y su relación con las plazas equivalentes da lugar a un “Índice de comodidad” del vehículo:

$$I_c = \frac{P_{eq}}{P_r} \quad [16]$$

Donde:

P_{eq} es el número de plazas equivalentes.

P_r es el número de plazas reales.

I_c es el índice de comodidad.

A partir de la definición de plaza equivalente, se pueden definir tres indicadores de consumo, válidos respectivamente para el diseño del vehículo, la política comercial o la gestión de operaciones.

La “plaza equivalente” la definiremos de dos formas diferentes según el tipo de servicio de transporte de viajeros:

- Para servicios urbanos y de cercanías, en función de la superficie disponible para los viajeros de pie.
- Para los servicios de media y larga distancia, en función de los asientos que se pueden disponer con una anchura mínima y una distancia estándar entre las filas de asientos. Es importante definir un estándar diferente para los vehículos que, como el automóvil, no necesitan pasillos, y requieren, por tanto menor espacio para el mismo número de pasajeros, con igual comodidad.

En ambos casos, incluida dentro de la superficie o longitud, se tendrá en cuenta la que se emplea para aseos, plataformas, cafeterías y demás zonas comunes. Las plazas reales sólo afectarán a la masa de los viajeros (y a los sumandos del consumo dependientes de ella) y a la resistencia de entrada de aire en el vehículo, ya que el caudal de aire renovado para el confort de los viajeros variará dependiendo de su número.

3.1.2. Análisis de los estándares de capacidad existentes

Con el objetivo de poder definir las plazas equivalentes, es necesario, en primer lugar, analizar los diferentes estándares ya existentes en los diferentes modos de transporte, para poder posteriormente tomarlos como referencia (Ver Anexo II: Análisis de los estándares de capacidad)

En la siguiente Tabla se presenta un resumen de estándares de capacidad de los vehículos que pueden transportar viajeros de pie. Estos estándares se refieren al número de viajeros de pie que pueden transportarse por unidad de superficie.

Tabla 6. Principales parámetros de los estándares de capacidad existentes en los diferentes modos de transporte¹

Estándar	VIAJEROS DE PIE							
	Reglamento 36		Alstom				Renfe	VDV
	Autobuses y Autocares		Metro				Cercanías	Tranvía
	Clase I (urbano)	Clase II (metrop.)	Carga de confort	Carga normal	Carga máxima	Carga excepcional	General	General
Viajeros de pie por superficie (viajeros/m ²)	8	6,7	4	6	8	9	6	4

Fuente: Elaboración propia

A continuación se detalla un resumen de las dimensiones más relevantes para la definición de una *plaza estándar* o *equivalente*, en el caso de vehículos que transporten viajeros sentados.

¹ En el Anexo II se analizan en detalle cada uno de los estándares de capacidad existentes.

Tabla 7. Principales parámetros de los estándares de capacidad de viajeros sentados

Dimensión	Estándar	VIAJEROS SENTADOS									
		Reglamento 36			IRU				UIC 567		AN64
		Autobuses y Autocares			Autocares interurbanos				Ferrocarril		Avión
		Clase I (urbano)	Clase II (metrop.)	Clase III (Interurb.)	1 estrella	2 estrellas	3 estrellas	4 estrellas	1ª clase	2ª clase	General
(H) Distancia entre puntos homólogos de asientos en el mismo sentido (cm)	65	68	68	68	72	77	83	101	94	66	
(K) Profundidad del cojín (cm)	35	40	40	-	-	-	-	58	58	-	
(F) Anchura de cojín (cm)	40	40	45	-	-	-	-	50	45 (recom. 48)	-	
Anchura de los brazos (cm)	-	-	-	-	-	-	-	8	5 (recom. 6)	-	
(G1) Espacio disponible a la altura del respaldo, asiento individual (cm)	50	50	50	-	-	-	-	-	-	-	
(G2) Espacio disponible a la altura del respaldo, banqueta (cm)	45	45	45	-	-	-	-	-	-	-	
(T) Distancia a un tabique rígido, desde el cojín (cm)	28	28	28	-	-	-	-	-	-	-	
Anchura mínima del pasillo central, entre brazos de los asientos (cm)	45	35	30	-	-	-	-	52	52	-	
Anchura mínima del pasillo lateral (cm)	45	35	30	-	-	-	-	68	68	-	

Fuente: Elaboración propia

En este capítulo específico dedicado a analizar estándares de capacidad existentes se considera necesario efectuar una mención específica al documento “Transit capacity and quality of Service manual” (TCRP Report 100 - Transportation Research Board, 2003), ya reseñada en el Estado del Arte.

Dentro de ese estudio se lleva a cabo una revisión de estándares de carga aceptados en diferentes ferrocarriles de viajeros norteamericanos, concluyendo una recomendación propia de estándares aplicables a determinadas tipologías de viaje.

En este sentido, efectúa la siguiente revisión de estándares existentes de capacidad máxima en la actualidad en ese país, en términos de *viajeros máximos admitidos por metro cuadrado de superficie útil dentro del vehículo*, en el momento de máximo tráfico (15 minutos de más tráfico en la hora punta):

- NYCT (New York): 2,6 p/m².
- CTA (Chicago): 1,5 p/m².
- SEPTA (Philadelphia): 1,3 p/m².
- MBTA (Boston): 2,0 p/m².
- BART (San Francisco): 1,2-1,9 p/m².
- WMATA (Washington): 0,9-2,0 p/m².
- MARTA (Atlanta): 1,4-1,6 p/m².
- TTC (Toronto): 1,8-2,4 p/m².
- STCUM (Montréal): 2,6-3,2 p/m².

Esta investigación profundiza en el concepto de *hora punta* (generalmente es el momento horario considerado por todas las especificaciones a efectos de determinar la capacidad máxima de un sistema de transporte). En este sentido, es interesante la distinción que lleva a cabo al considerar el “momento punta” dentro de la “hora punta”, considerando como tal a aquel periodo de 15 minutos o menos en el que se produce la mayor punta de carga dentro del vehículo, en la hora de mayor tráfico.

Se hace mención, además, al periodo de tiempo máximo que puede considerarse admisible para transportar viajeros de pie dentro de los vehículos. Se concluye en este sentido un tiempo-objetivo máximo de 20 minutos para los viajeros que permanezcan de pie a bordo durante el viaje.

De la diversidad de casos estudiados en Norteamérica y en otros países, esta investigación concluye que no resulta conveniente establecer una recomendación detallada y unitaria de capacidad de personas a bordo de los vehículos. Se considera que la diversidad de situaciones de demanda en hora punta que se pueden afrontar es excesivamente amplia y variada de unos casos a otros, así como los propios estándares de calidad aceptada por los usuarios (que pueden variar notablemente debiéndose incluso a factores de tipo social o cultural). No obstante, la investigación aporta una interesante metodología para la estandarización, que puede adaptarse a cada caso personalizando los *factores de diseño del servicio* que introduce en el cálculo.

Dada su relevancia y semejanzas con los efectos que persigue este Proyecto, a efectos de estandarizar la Capacidad de vehículos de transporte de diversa naturaleza y que pueden emplearse en situaciones de demanda bien distintas, es interesante tener en cuenta sus recomendaciones, así como el método de cálculo que plantea.

Este método se resume en una ecuación de capacidad máxima admisible por un vehículo de transporte en su momento de carga punta (considerando los 15 minutos de mayor tráfico dentro de la hora punta de la explotación), teniendo en cuenta Viajeros admitidos tanto de pie como sentados según la configuración final interior adoptada en cada vehículo:

$$Vc = \left[\left[\left[Lc - (0,5 \times La) \right] \times Wc \right] - (0,5 \times Dn \times Ws \times Dw) \right] / Ssp + \left[N \times \left[1 - (Sa / Sp) \right] \times \left[Lc - La - Dn \times (Dw + 2 \times Sb) \right] / Sw \right] \quad [17]$$

Donde:

Vc = Capacidad total del vehículo de transporte, considerando tanto viajeros sentados como de pie, en el momento de mayor carga de viajeros (15 minutos) dentro de la hora punta.

Lc = Longitud interior útil del vehículo (en metros).

La = Longitud interior de la articulación, únicamente en el caso de vehículos articulados (por ejemplo determinados tipos de autobuses y tranvías) (en metros).

Ws = Ancho interior ocupado por los peldaños de acceso (en metros), únicamente en determinados tipos de vehículos.

Wc = Ancho interior útil del vehículo (en metro).

Ssp = Espacio ocupado por viajero transportado de pie (en metros cuadrados).

Considerando los siguientes niveles de confort:

Máximo admisible: 0,2 m².

Confort medio: 0,3 m².

Confort adecuado: 0,4 m².

N = Disposición transversal de los asientos: 2, en el caso de 2 asientos por fila; 3, en el caso de disposición de asientos "2+1"; 4, en el caso de disposición de asientos "2+2"; 5, en el caso de disposición de asientos "3+2";

Sa = Área ocupada por asiento individual: Considerando 0,5 m² de ancho y 0,4 m² de largo por cada asiento dispuesto en el interior.

Dn = Número de puertas de acceso exterior lateral del vehículo por cada lado, ubicadas dentro de la sala dedicada a viajeros.

Dw = Ancho ocupado por cada puerta (en metros).

Sb = Distancia libre interior entre el peldaño de acceso y el límite físico a partir del cual pueden situarse los viajeros (de pie o sentados) (en metros) en el entorno de la puerta de acceso.

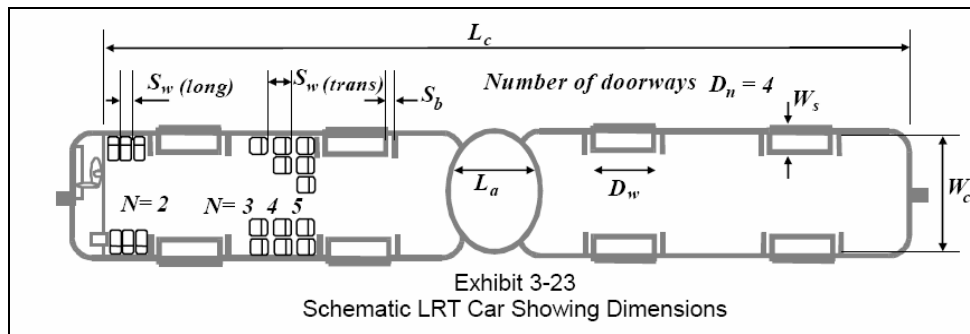
0,2 metros o menos.

S_w = Distancia entre filas de asientos.

Distancia transversal, entre filas de asientos, de 0,69 m.

Distancia longitudinal, en el caso de asientos dispuestos transversalmente, de 0,43 m.

Representación gráfica de distancias empleadas por el documento “Transit Capacity and Quality of Service Manual” a la hora de estandarizar la capacidad:



3.1.3. Plazas equivalentes de vehículos con viajeros de pie

Una vez analizados los estándares existentes en materia de capacidad de vehículos de transporte, ya se puede iniciar la definición de *plaza equivalente* que se lleva a cabo a efectos de esta investigación.

Como se ha mencionado en el apartado 4.1, las plazas equivalentes se definirán de dos formas diferentes en función de si el vehículo lleva o no viajeros de pie.

Se definirán en primer lugar las “plazas equivalentes” de los vehículos que pueden transportar viajeros de pie, que son normalmente los servicios urbanos y metropolitanos o de cercanías.

Los vehículos que se tendrán en cuenta para esta definición son los incluidos en las categorías definidas con anterioridad como:

- Urbano 1 (entre 0 y 4 km¹)
- Urbano 2 (entre 4 y 8 km)
- Metropolitano 1 (entre 8 y 15 km)
- Metropolitano 2 (entre 15 y 30 km)

Aunque en la categoría Metropolitano 3 (entre 30 y 45 km), el tren de cercanías (y determinados servicios de autobús metropolitano) sí tiene permitido transportar viajeros de pie, el tiempo de viaje (entre 1h y 1h30min) se considera excesivo para

¹ Distancia en línea recta entre dos puntos.

que el viajero permanezca de pie todo el viaje. Por lo tanto, esta categoría se incluirá en la definición de plazas equivalentes de vehículos con viajeros sentados.

Cada vehículo de servicio urbano o de cercanías puede tener, como ya hemos dicho anteriormente, diferente número de plazas sentadas, y por ello, mayor o menor superficie disponible para viajeros de pie, en función de la política comercial aplicada al mismo. Por ello, y dado que es necesario definir una “plaza equivalente” homogénea para todos los vehículos, la definiremos en función de la superficie disponible para viajeros, considerando que todos los viajeros van de pie.

Así, el número de plazas equivalentes se definen como:

$$N_{plazas-eg} = S_v \cdot C \quad [18]$$

Donde:

S_v es la superficie total disponible para viajeros (m^2). Con el objetivo de evitar la penalización de los modos de transporte que ofrecen mayor comodidad, la superficie disponible para viajeros será la resultante de sumar la superficie disponible para viajeros de pie real, la superficie de la zona de asientos y la superficie que se emplea para aseos, plataformas, cafeterías y demás zonas comunes.

C es el coeficiente de capacidad máxima de viajeros de pie por superficie (viajeros/ m^2).

Partiendo de los estándares de capacidad ya analizados, y teniendo en cuenta que cuanto mayor sea el trayecto, cada viajero necesita más espacio libre a su alrededor, se ha definido un coeficiente C diferente para cada categoría de vehículo en función de la distancia recorrida:

Tabla 8. Coeficientes de capacidad máxima (C) de viajeros de pie por metro cuadrado

		VIAJEROS DE PIE				
		Urbano 1	Urbano 2	Metropolit. 1	Metropolit. 2	Metropolit. 3
Dimensión	Categoría	0 - 4 km	4 - 8 km	8 - 15 km	15 - 30 km	30 - 45 km
Viajeros de pie por superficie (viajeros/ m^2)		6	5,3	4,7	4	-

El intervalo de distancias de cada una de las categorías se miden en km en línea recta.

Fuente: Elaboración propia

De esta forma las *plazas equivalentes* de un vehículo de la categoría Urbano 1 (Autobús ciudad, Metro pesado y Tranvía que recorren entre 0 y 4 km) se calculan como:

$$N_{plazas-eg} = 6 \cdot S_v \quad [19]$$

Las *plazas equivalentes* de un vehículo de la categoría Urbano 2 (Autobús ciudad, Metro pesado y Tranvía que recorren entre 4 y 18 km) se calculan como:

$$N_{plazas-eg} = 5,3 \cdot S_v \quad [20]$$

Nota: Se han excluido, por razones obvias, el peatón y la bicicleta de las categorías Urbano 1 y Urbano 2. Además se excluye el automóvil, para el que se definirán sus plazas equivalentes en el capítulo siguiente.

Las plazas equivalentes de un vehículo de la categoría Metropolitano 1 (Autobús metropolitano, Cercanías, Metro ligero, Ferry convencional y Ferry rápido que recorren entre 8 y 15 km) se calculan como:

$$N_{plazas-eg} = 4,7 \cdot S_v \quad [21]$$

Las plazas equivalentes de un vehículo de la categoría Metropolitano 2 (Autobús metropolitano, Cercanías, Metro ligero, Ferry convencional y Ferry rápido que recorren entre 15 y 30 km) se calculan como:

$$N_{plazas-eg} = 4 \cdot S_v \quad [22]$$

Nota: Las plazas equivalentes del automóvil metropolitano se definirán en el capítulo siguiente.

3.1.4. Plazas equivalentes de vehículos con viajeros sentados

A continuación, se procede a la definición de plaza equivalente de los vehículos que no transportan viajeros de pie, que coincide con el transporte colectivo de medio y largo recorrido, así como los automóviles.

Los vehículos que se tendrán en cuenta para esta definición son los incluidos en las categorías definidas con anterioridad como:

- Metropolitano 3 (entre 30 y 45 km)
- Interurbano 1 (entre 45 y 190 km)
- Interurbano 2 (entre 190 y 350 km)
- Interurbano 3 (entre 350 y 460 km)
- Interurbano 4 (entre 460 y 930 km)
- Interurbano 5 (más de 930 km)

Se incluirán además los vehículos automóviles de las categorías Urbano 1 y 2 y Metropolitano 1 y 2.

Cada vehículo de servicio de media o larga distancia puede tener, como ya hemos dicho anteriormente, diferente número de plazas sentadas en función de la política comercial aplicada al mismo. Por ello, y dado que es necesario definir una “plaza equivalente” homogénea a todos los vehículos, la definiremos en función de los asientos que se pueden disponer con una anchura mínima y una distancia estándar entre las final de asientos.

Por lo tanto, el “número de plazas equivalentes de un vehículo que no transportan viajeros de pie” se define como el número de “asientos estándar” que se podrían colocar en la superficie disponible para viajeros (S_v).

Al igual que para los vehículos que transportan viajeros de pie, la superficie disponible para viajeros (S_v) en los vehículos de transporte colectivo será la resultante de sumar la superficie de la zona de asientos y la superficie que se emplea para aseos, plataformas, cafeterías y demás zonas comunes.

Es necesario, por lo tanto, definir qué se entiende por un “asiento estándar” a los efectos de la presente investigación. Para su definición se han tenido en cuenta las siguientes hipótesis:

Todos los asientos están dispuestos en el mismo sentido, en filas de 1, 2 ó 3 asientos a cada lado de un pasillo central con una anchura mínima de P. Los automóviles no dispondrán de pasillo.

El cojín de los asientos tiene como mínimo una anchura F y una profundidad K .

Los brazos de los asientos tienen una anchura B cada uno, y el respaldo un espesor R .

Entre el respaldo de un asiento, en su parte más baja, y la parte de atrás del respaldo del asiento de delante debe haber como mínimo una distancia H .

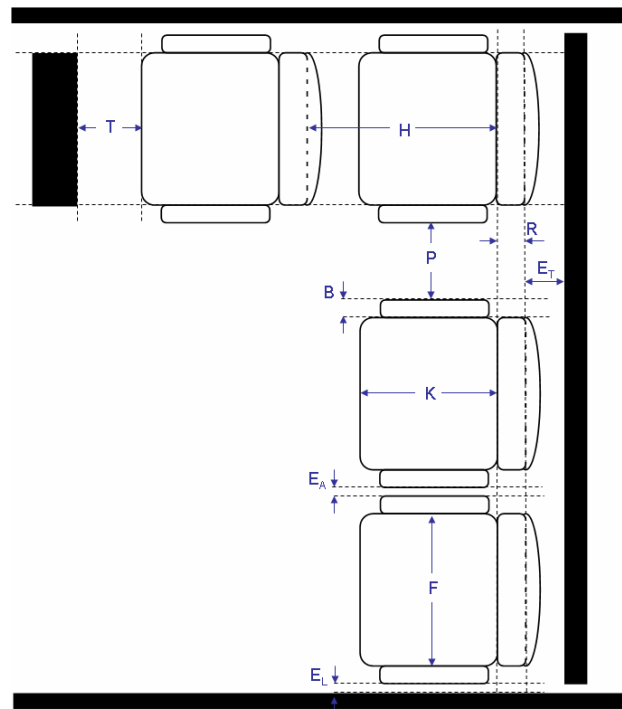
Entre el cojín de un asiento y un tabique rígido situado enfrente del mismo debe haber una distancia mínima de T .

Entre el respaldo, en su parte más baja, y un tabique trasero debe haber como mínimo una distancia E_T .

Los brazos de los asientos continuos deben estar separados una distancia mínima de E_A .

Desde los brazos de los asientos a un tabique lateral debe haber como mínimo una distancia E_L .

Figura 1. Diagrama un “asiento estándar” para el cálculo del número de plazas equivalentes.



Fuente: Elaboración propia

Partiendo de los estándares ya analizados, y teniendo en cuenta, al igual que antes, que cuanto más largo sea el trayecto, cada viajero requiere más espacio, se ha definido un “asiento estándar” diferente para cada categoría de vehículo (o en función de la distancia recorrida), que se deduce de las siguientes dimensiones:

Tabla 9. Dimensiones de un “asiento estándar” para el cálculo del número de plazas equivalentes por tipo de categoría

Dimensión	Categoría	VIAJEROS SENTADOS					
		Metropolit. 3	Interurb. 1	Interurb. 2	Interurb. 3	Interurb. 4	Interurb. 5
		30 - 45 km	45 - 190 km	190 - 350 km	350 - 460 km	460 - 930 km	Más 930 km
(K) Profundidad del cojín (cm)		35	36	37	38	39	40
(F) Anchura de cojín (cm)		40	41	42	43	44	45
(B) Anchura de los brazos (cm)		3	3,4	3,8	4,2	4,6	5
(R) Espesor del respaldo (cm)		4	4,4	4,8	5,2	5,6	6
(T) Distancia a un tabique rígido, desde el cojín (cm)		28	28	28	28	28	28
(H) Distancia entre puntos homólogos de asientos en el mismo sentido (cm)		65	65,6	66,2	66,8	67,4	68
(P) Anchura del pasillo central, desde brazos de los asientos (cm)		30	31	32	33	34	35
(E _A) Espacio entre asientos, desde brazos de los asientos (cm)		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
(E _L) Espacio entre brazo y pared lateral (cm)		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
(E _T) Espacio entre respaldo y pared trasera o tabique (cm)		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2

Todos los asientos están dispuestos en el mismo sentido, en filas de 1, 2 ó 3 asientos a cada lado de un pasillo central. El intervalo de distancias de cada una de las categorías se miden en km en línea recta.

Fuente: Elaboración propia

Definidas estas dimensiones, el número de plazas equivalentes se calculan como el número de plazas con unas dimensiones de “asiento estándar” que se pueden ubicar en la superficie disponible para viajeros.

En el caso de los automóviles, no se tendrá en cuenta esta definición, ya que sólo se pueden disponer un número determinado de asientos. Para los cálculos realizados en el presente Proyecto, se fijará para todos los vehículos automóviles un número de plazas equivalentes igual a 5, ya que en este caso el conductor es una plaza más.

3.2. Transporte de mercancías

Como se ha detallado en el Capítulo 4, los consumos y emisiones en el transporte de mercancías se van a analizar en función de la capacidad equivalente.

3.2.1. Definición de capacidad equivalente

Un tipo de vehículo de transporte de mercancías puede transportar hasta un máximo limitado de toneladas que vienen definidas por su carga neta (normalmente calculada en base a parámetros de seguridad). Al mismo tiempo, puede transportar hasta un volumen máximo, que viene determinado por el tamaño de la bodega, de los contenedores, etc.

Para tener en cuenta ambos factores, hemos definido como unidad de referencia para el consumo y emisiones, dos capacidades equivalentes diferentes

Capacidad equivalente de carga neta de mercancías es la carga máxima que puede transportar un vehículo, en función de su MMA.

$$Capacidad_{eq\ CARGA} = M_{neta} \quad [23]$$

M_{neta} es la carga neta o la carga máxima que puede transportar un vehículo (t), se calcula como:

$$M_{\text{neto}} = MMA - Tara - M_p \quad [24]$$

Siendo:

MMA es la mayor masa en carga (peso efectivo del vehículo y de su carga, incluido el peso del conductor, personal de servicio y de los pasajeros, en su caso) con que se permite la circulación normal de un vehículo (t).

Tara es la masa del vehículo, con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros, ni carga, y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios reglamentarios (t).

M_p es la masa del conductor, del personal de servicio así como su equipaje. La masa estándar del conductor se considera 75 kg (0,075t).

Capacidad equivalente de espacio neto es el espacio máximo disponible para la mercancía:

$$\text{Capacidad}_{eq_{\text{ESPACIO}}}$$

El espacio neto se definirá en función del tipo de mercancías transportadas, a partir del máximo volumen, superficie o el número de metros lineales de mercancías que puede transportar. Se detalla a continuación.

Transporte de mercancías que puedan ser apiladas y agrupadas

Analizaremos en primer lugar el transporte de mercancías a granel, cajas, líquidos, gases, etc. Es decir, cualquier mercancía que pueda ser apilada y agrupada, como es el caso de productos químicos, paquetería, textil, papel, etc.

Para este tipo de mercancías, la *Capacidad equivalente de espacio neto* se define como Capacidad equivalente de Volumen:

$$\text{Capacidad}_{eq_V} = V_{\text{neto}} \quad [25]$$

Siendo:

Capacidad_{eq_V} es la capacidad equivalente de volumen para transportar mercancías apiladas y agrupadas, es decir, la carga máxima que puede transportar ocupando ésta el volumen máximo disponible para la mercancía (m³).

V_{neto} es el volumen máximo de carga del vehículo (m³).

Para este tipo de mercancías, se calculará el consumo y las emisiones en función de su capacidad equivalente de carga neta y en función de su capacidad equivalente de volumen.

Transporte de mercancías que no pueden ser apiladas

En segundo lugar, se analiza el transporte de mercancías que no pueden ser apiladas unas sobre otras. Este es el caso de determinada paquetería, como por ejemplo el transporte de determinados electrodomésticos.

En estos casos en lugar del volumen (m³) se emplea el metro cuadrado (m²), ya que la mercancía se dispone únicamente sobre una superficie.

Para este tipo de mercancías, la *Capacidad equivalente de espacio neto* se define como Capacidad equivalente de Superficie:

$$\text{Capacidad}_{eq_S} = S_{\text{neto}} \quad [26]$$

Siendo:

$Capacidad_{eq_s}$ es la capacidad equivalente de superficie para transportar mercancías que no pueden ser apiladas, es decir, la carga máxima que puede transportar ocupando ésta la superficie máxima disponible para la mercancía (m^2).

S_{neta} es la superficie máxima de carga del vehículo disponible para las mercancías (m^2).

Para este tipo de mercancías, se calculará el consumo y las emisiones en función de su capacidad equivalente de carga neta y en función de su capacidad equivalente de superficie.

Transporte de mercancías que no pueden ser apiladas ni agrupadas

En último lugar, se analiza el transporte de mercancías que no pueden ser agrupadas con otras ni vertical ni lateralmente. El caso más habitual es el del transporte de vehículos.

En estos caso en lugar del volumen (m^3) se emplea el metro lineal (m), ya que la mercancía se dispone únicamente a lo largo de una o varias filas.

Para este tipo de mercancías, la *Capacidad equivalente de espacio neto* se define como Capacidad equivalente Lineal:

$$Capacidad_{eq_L} = L_{neta} \quad [27]$$

Siendo:

$Capacidad_{eq_L}$ es la capacidad equivalente lineal para transportar mercancías que no pueden ser apiladas ni agrupadas, es decir, la carga máxima que puede transportar ocupando ésta la longitud máxima disponible para la mercancía (m).

L_{neta} es la longitud máxima de carga del vehículo disponible para las mercancías (m).

Para este tipo de mercancías, se calculará el consumo y las emisiones en función de su capacidad equivalente de carga neta y en función de su capacidad equivalente lineal.

3.3. Transporte simultáneo de viajeros y mercancías

Se analizan, en último lugar, los vehículos que pueden transportar simultáneamente viajeros y mercancías; como por ejemplo, el avión de pasajeros que suele transportar paquetería.

Cuando el mismo vehículo pueda transportar viajeros y mercancías, se analizará la capacidad para el transporte de viajeros y la capacidad para el transporte de mercancías de forma separada.

- La capacidad para el transporte de viajeros será la definida en el punto 3.1 de este capítulo.
- La capacidad para el transporte de mercancías será la capacidad sobrante teniendo en cuenta que el equipaje de los viajeros transportados se considera como parte del transporte de pasajeros.

A. Capacidad equivalente de carga neta

El estándar de masa por viajero empleado habitualmente es el de 80 kg/pasajero, que equivaldría a un peso del viajero de 75 kg más 5 kg de equipaje por término medio.

Sin embargo, a la hora de comparar modos de diferentes ámbitos no parece adecuado emplear la misma masa por viajero para el ámbito urbano, metropolitano e interurbano, ya que el peso del equipaje varía en función del viaje que se vaya a realizar. Así, el “equipaje” para un trayecto urbano (por ejemplo, un bolso, maletín pequeño, etc.) es muy inferior al del equipaje para un viaje interurbano (por ejemplo una maleta de unos 20 kg).

Por ello, se definen, para el presente Proyecto, la masa estándar para el conjunto “viajero+equipaje” en función del ámbito del modo de transporte:

- Ámbito urbano: 75 + 0 kg= 75 kg/(pasajero+equipaje)
- Ámbito metropolitano: 75 + 5 kg= 80 kg/(pasajero+equipaje)
- Ámbito interurbano: 75 + 15 kg= 90 kg/(pasajero+equipaje)

B. Capacidad equivalente de espacio neto

En el caso de que la limitación de capacidad del vehículo sea por espacio (volumen, superficie o metro lineal), dado que el equipaje puede ser apilado y agrupado, se calculará la capacidad sobrante empleando unidades de volumen.

Partiendo de las dimensiones máximas del equipaje de mano permitido en los aviones, que es habitualmente 50cm x 40 cm x 25 cm, es decir, 0,05 m³ para un equipaje de 10kg. Se define el volumen estándar del equipaje de los viajeros para cada ámbito es, respectivamente:

- Ámbito urbano: 0 m³ equipaje/pasajero
- Ámbito metropolitano: 0,025 m³ equipaje/pasajero
- Ámbito interurbano: 0,075 m³ equipaje/pasajero

Teniendo en cuenta estos valores, se calcula, a continuación, la capacidad equivalente de transporte de mercancías (en masa y en volumen) para cada uno de los ámbitos.

Nota: Es necesario tener en cuenta, que estas capacidades equivalentes se calculan en función de las plazas equivalentes de los vehículos, sin tener en cuenta las ocupaciones medias. Si la ocupación de los vehículos es baja, la capacidad real de transporte de mercancías sería mayor, ya que disminuiría el volumen y la masa del equipaje transportado.

3.3.1. Ámbito urbano

En el ámbito urbano, para un vehículo que transporte viajeros y mercancías a la vez, la capacidad equivalente de carga neta de mercancías (la carga máxima que puede transportar un vehículo, en función de su MMA) es de:

$$\text{Capacidad}_{eq_CARGA} = M_{neta} = MMA - Tara - (N_p \cdot 0,075) \quad [28]$$

Siendo:

MMA es la mayor masa en carga (peso efectivo del vehículo y de su carga, incluido el peso del conductor, personal de servicio y de los pasajeros, en su caso) con que se permite la circulación normal de un vehículo (t).

Tara es la masa del vehículo, con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros, ni carga, y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios reglamentarios (t).

N_p es el número de plazas equivalentes más el conductor y el personal de servicio en su caso. La masa estándar de los pasajeros, conductor u personal de servicio con su equipaje se considera que es de 75 kg/persona (0,075t/persona).

En el caso de que la limitación de capacidad del vehículo sea por espacio, la Capacidad equivalente de volumen (volumen máximo disponible para la mercancía) es de:

$$Capacidad_{eqV} = V_{neto} - (N_p \cdot 0) \quad [29]$$

Siendo:

Capacidad_{eqV} es la capacidad equivalente de volumen para transportar mercancías apiladas y agrupadas, es decir, la carga máxima que puede transportar ocupando ésta el volumen máximo disponible para la mercancía (m³).

V_{neto} es el volumen máximo de carga del vehículo (m³).

N_p es el número de plazas equivalentes, más el conductor y el personal de servicio en su caso. El volumen estándar para el equipaje de los pasajeros, personal de servicio y conductor es de 0 m³/persona.

3.3.2. **Ámbito metropolitano**

En el ámbito metropolitano, para un vehículo que transporte viajeros y mercancías a la vez, la **capacidad equivalente de carga neta de mercancías** (la carga máxima que puede transportar un vehículo, en función de su MMA) es de:

$$Capacidad_{eqCARGA} = M_{neta} = MMA - Tara - (N_p \cdot 0,08) \quad [30]$$

Siendo:

MMA es la mayor masa en carga (peso efectivo del vehículo y de su carga, incluido el peso del conductor, personal de servicio y de los pasajeros, en su caso) con que se permite la circulación normal de un vehículo (t).

Tara es la masa del vehículo, con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros, ni carga, y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios reglamentarios (t).

N_p es el número de plazas equivalentes más el conductor y el personal de servicio en su caso. La masa estándar de los pasajeros, conductor u personal de servicio con su equipaje se considera que es de 80 kg/persona (0,08t/persona).

En el caso de que la limitación de capacidad del vehículo sea por espacio, la Capacidad equivalente de volumen (volumen máximo disponible para la mercancía) es de:

$$Capacidad_{eqV} = V_{neto} - (N_p \cdot 0,025) \quad [31]$$

Siendo:

Capacidad_{eqV} es la capacidad equivalente de volumen para transportar mercancías apiladas y agrupadas, es decir, la carga máxima que puede transportar ocupando ésta el volumen máximo disponible para la mercancía (m³).

V_{neto} es el volumen máximo de carga del vehículo (m^3).

N_p es el número de plazas equivalentes, más el conductor y el personal de servicio en su caso. El volumen estándar para el equipaje de los pasajeros, personal de servicio y conductor es de $0,025 m^3/persona$.

3.3.3. **Ámbito interurbano**

En el ámbito interurbano, para un vehículo que transporte viajeros y mercancías a la vez, la **capacidad equivalente de carga neta de mercancías** (la carga máxima que puede transportar un vehículo, en función de su MMA) es de:

$$Capacidad_{eq_{CARGA}} = M_{neta} = MMA - Tara - (N_p \cdot 0,09) \quad [32]$$

Siendo:

MMA es la mayor masa en carga (peso efectivo del vehículo y de su carga, incluido el peso del conductor, personal de servicio y de los pasajeros, en su caso) con que se permite la circulación normal de un vehículo (t).

Tara es la masa del vehículo, con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros, ni carga, y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios reglamentarios (t).

N_p es el número de plazas equivalentes más el conductor y el personal de servicio en su caso. La masa estándar de los pasajeros, conductor u personal de servicio con su equipaje se considera que es de 90 kg/persona (0,09t/persona).

En el caso de que la limitación de capacidad del vehículo sea por espacio, la Capacidad equivalente de volumen (volumen máximo disponible para la mercancía) es de:

$$Capacidad_{eq_V} = V_{neto} - (N_p \cdot 0,075) \quad [33]$$

Siendo:

Capacidad_{eq_V} es la capacidad equivalente de volumen para transportar mercancías apiladas y agrupadas, es decir, la carga máxima que puede transportar ocupando ésta el volumen máximo disponible para la mercancía (m³).

V_{neto} es el volumen máximo de carga del vehículo (m³).

N_p es el número de plazas equivalentes, más el conductor y el personal de servicio en su caso. El volumen estándar para el equipaje de los pasajeros, personal de servicio y conductor es de 0,075 m³/persona.

4. OTRAS CORRECCIONES

A continuación se describen otras correcciones que serán necesarias realizar para hacer posible una comparativa homogénea de consumos y emisiones por modos y en situaciones particulares. Además, como se comentó al comienzo de este documento, se dedica una Monografía específica a la estandarización del factor *distancia recorrida*.

4.1. Corrección por existencia de vacíos comerciales

En primer lugar, es necesario tener en cuenta la existencia de vacíos comerciales, especialmente en el transporte de mercancías.

La existencia de estos vacíos genera que los kilómetros recorridos realmente por el vehículo sean prácticamente el doble, porque es necesario tener en cuenta la ida de viaje comercial y la vuelta con el vehículo vacío.

Para corregir la existencia de los vacíos comerciales se definen dos coeficientes:

- Factor de incremento de recorrido por vacío comercial (F_{VCL})

Este factor corrige el consumo por la realización de un mayor número de kilómetros recorridos.

Como se ha comentado, la existencia de los vacíos comerciales genera que los kilómetros recorridos realmente por el vehículo sean prácticamente el doble, por ello se asume que: $F_{VCL} \cong 2$

- Factor minorador por menor peso (F_{VCP})

Sin embargo es necesario tener en cuenta, que el consumo y las emisiones en el trayecto de ida son superiores al consumo y emisiones en el trayecto de vuelta, ya que el peso del vehículo es un factor que afecta directamente en el consumo.

Por ello, es necesario multiplicar por otro factor que tenga en cuenta esta reducción: $F_{VCP} \cong 0 - 1$

4.2. Corrección por estacionamiento

Otro factor de corrección a tener en cuenta, es el recorrido adicional realizado por un vehículo particular a la hora de ser estacionado. Una vez que el viajero llegue a su destino, debe recorrer una distancia añadida para encontrar una plaza de estacionamiento en la calle o en un parking público o privado. Incluso cuando el vehículo se deja estacionado en un garaje privado, muchas veces se encuentra a varias manzanas del destino final.

Por todo ello, es necesario incluir un factor corrector, que tenga en cuenta el consumo o las emisiones adicionales realizadas por el vehículo a la hora de buscar un estacionamiento.

Se define así, la Constante de Corrección por Estacionamiento (CCE), similar a la Constante Modal de Accesibilidad y Dispersión definida para el resto de modos de transporte:

$$CCE = C_{turismo} \cdot DE \quad [34]$$

Donde:

CCE es la Constante de Corrección por estacionamiento (kWh)

C_{turismo} es el consumo por kilómetro del turismo u otro vehículo particular analizado (kWh/km_{recorridos})

DE es la distancia recorrida por el vehículo hasta ser estacionado (km)

El tiempo necesario y, por lo tanto, la distancia recorrida para estacionar un vehículo suele variar en función del tamaño de la ciudad, recorriéndose, como media, mucha más distancia en una ciudad grande que en una más pequeña.

Suponiendo, por ejemplo, que en una ciudad pequeña se recorren, como media, unos 300 m para poder estacionar, en una ciudad mediana unos 500 m y en una ciudad grande unos 800 m, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 10. Distancias de Estacionamiento en función del tamaño de la ciudad (DE)

	DE _{supuesta} (m)
Pequeña	300
Media	500
Grande	800

Estos valores son supuestos, posteriormente se realizará un estudio en profundidad para estimar estas distancias basándose en datos reales

Fuente: Elaboración propia

Suponiendo que el vehículo particular es un turismo de gasóleo de tamaño medio (el consumo medio en ciudad estaría entorno a los 7 litros/100km) y que 1 litro de gasóleo equivale a 10 kWh, la Constante de Corrección por Estacionamiento sería la siguiente:

Tabla 11. Ejemplo de cálculo de la Constante de Corrección por Estacionamiento (CCE)

Ciudad	CCE (kWh*)
Pequeña	0,21
Media	0,35
Grande	0,56

Estos kWh son de energía final consumida en el estacionamiento, realizándose éste en un turismo medio de gasóleo con un consumo de 7l/100km (suponiendo que 1l/gasóleo equivale a 10 kWh).

Fuente: Elaboración propia

4.3. Corrección por altitud de las emisiones de GEI

El efecto de las emisiones de CO₂ y otros contaminantes a nivel de superficie terrestre no es el mismo que a 10 km de altitud, donde su efecto negativo sobre la capa de ozono es mucho mayor. Por lo tanto, será necesario emplear un coeficiente que penalice las emisiones de los aviones en mayor medida que la de los otros modos, el Coeficiente de Corrección por Altitud (CCA)

El IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ha estimado que el impacto total de la aviación es entre 2 y 4 veces más elevado que el efecto de las emisiones de CO₂ por sí solas¹.

Sin embargo, los resultados de investigaciones más recientes en Europa, indican que este ratio puede ser algo inferior (cerca de 2 veces)². Por lo tanto el consumo real se calculará como: Emisión_{real} = Emisión_{teórica} · CCA

Si, por ejemplo, asumimos que el efecto de las emisiones de los aviones a 10 km de altitud es 2,5 veces peor que al nivel de la superficie³: CCA = 2,5 para los aviones

CCA = 1 para el resto de los modos de transporte.

¹ <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/06/506&format=HTML&aged=1&language=EN&guiLanguage=fr>

² Ninguna de estas investigaciones tiene en cuenta el incierto pero muy posiblemente significativo efecto de “nube cirros”. Las estelas de condensación de los aviones pueden no parecer importantes, pero algunas persisten durante horas y se comportan de la misma manera que las nubes cirros de gran altura, atrapando el calor en la atmósfera y exacerbando el recalentamiento global.

³ Spaven, D. 2006

BIBLIOGRAFÍA

DOCUMENTOS ENERTRANS

Grupo de Investigación de la Universidad de Castilla La Mancha, en el marco del proyecto EnerTrans. **Monografía 1. Modelos de consumos y emisiones: Estado del Arte.**

LIBROS

C. Hass-Klau, G. Crampton, M Weidauer y V. Deutsch. **Bus or Light Rail: Making the Right Choice.** Bergische Universitat. 2000.

J. M. Ruiz. **Transporte por carretera.** Biblioteca de Logística. 2006

ESTUDIOS Y TRABAJOS EN REVISTAS

Ryo Takagi. Development of Low-energy-Consumption Trains in Japan: a Literature Survey. 2005.

Roger Kemp. Environmental impact of high-speed rail. 2004.

David Spaven. Are high-speed railways good for the environment?. 2006

IPCC Global Warming Potencial. www.eia.doe.gov

DOCUMENTOS E INFORMES

Proposal for Draft Amendements to Regulation n° 36. Comisión Económica Europea. 1999

Review of AN64. Antropometric Study to Update Minimum Aircraft Seating Standards. Joint Aviation Authorities. Julio 2001

EMT. Empresa Municipal de Transportes de Madrid. **Informe Anual 2005**

Transportation Research Board. **Transit Capacity and Quality of Service Manual.** Washington, 2003.

ESTÁNDARES Y NORMATIVAS

Reglamento número 36 de 6 de Abril de 1983. Ministerio de Asuntos Exteriores. BOE n° 82.

Adendas al Reglamento número 36

IRU

UIC CODE 567. General Provisions for Coaches. International Union of Railways. Segunda Edición Noviembre 2004.

ANUARIOS, MEMORIAS Y ESTADÍSTICAS

Ministerio de Fomento. Los transportes y los servicios postales, Informe 2005. Madrid, 2006

Ministerio de Fomento: **Anuario estadístico 2005.** Madrid, 2006

Ministerio de Medio Ambiente. Inventario de Gases de Efecto Invernadero.

Comisión Europea. Eurostat.

www.munimadrid.es. Series estadísticas del Ayuntamiento de Madrid.

ANEXOS

I. Normas y estándares de consumo y emisiones

Transporte por carretera

A continuación se detallan, para el transporte por carretera, las normas y estándares más relevantes en el ámbito de la estandarización de consumos y emisiones.

Directiva 80/1268/CEE

La “Directiva 80/1268/CEE del Consejo, de 16 de diciembre de 1980, relativa a las emisiones de dióxido de carbono y al consumo de combustible de los vehículos de motor (última modificación por la Directivas 2004/3/CE)” establece un **método comunitario de medición del consumo de carburante, así como de emisiones de dióxido de carbono** (a partir de ahora CO₂) de los vehículos a motor.

Esta Directiva es únicamente de aplicación para los vehículos a motor de la categoría M1 (Vehículos de ocho plazas como máximo -excluida la del conductor- diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros) y N1 (vehículos cuya masa máxima no supere las 3,5 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros) (Ver Anexo I). Para otras categorías de vehículos a motor todavía no se ha establecido un método de comunitario de medición del consumo.

A continuación se resumen los principales puntos de dicha Directiva (incluyendo las últimas modificaciones):

Se especifican las características el combustible de ensayo.

El vehículo de ensayo:

Deberá haber rodado por lo menos 3.000 km y menos de 15.000 km antes del ensayo.

El ajuste del motor, los lubricantes y los neumáticos serán los recomendados por el fabricante.

Antes del ensayo se mantendrá a temperatura constante.

Únicamente estará en marcha el equipo necesario para el funcionamiento del vehículo.

El ciclo de ensayo se describe en el apéndice 1 del anexo III de la **Directiva 70/220/CEE**: ciclo de funcionamiento para el ensayo del tipo I - Control de la media de gases contaminantes emitidos después de un arranque en frío.

CÁLCULO DE EMISIONES

Las emisiones de contaminantes gaseosos se calcularán mediante la siguiente fórmula:

$$M_i = \frac{V_{mix} \cdot Q_i \cdot C_i \cdot 10^{-6}}{d}$$

donde:

M_i masa del contaminante i emitida en gramos por kilómetro.

V_{mix} volumen del gas de escape diluido expresado en litros por ensayo y corregido en condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa).

Q_i densidad del contaminante i en gramos por litro a temperatura y presión normales (273,2 K y 101,33 kPa).

C_i concentración del contaminante i en los gases de escape diluidos, expresada en ppm y corregida por la cantidad de contaminante i existente en el aire de dilución. Si C_i está expresado en % de volumen, se sustituirá el factor 10^{-6} por 10^{-2} .

d distancia en km recorrida durante el ciclo de funcionamiento.

En la directiva se detallan cada uno de los pasos para el cálculo de los parámetros anteriores.

CÁLCULO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El consumo de combustible se calculará a partir de las emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono y dióxido de carbono con arreglo al punto anterior.

El consumo de combustible expresado en litros por 100 km (en el caso de la gasolina, el GLP o el gasóleo) o en m³ por 100 km (en el caso del GN), se calculará utilizando la siguiente fórmula (1):

a) En el caso de los vehículos de encendido por chispa con motor de gasolina:

$$FC = \left(0,1154 / D\right) \cdot ((0,866 \cdot THC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2))$$

b) En el caso de los vehículos con motor de GLP:

$$FC_{norm} = \left(0,1212 / 0,538\right) \cdot ((0,825 \cdot THC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2))$$

Si la composición del combustible utilizado en los ensayos es distinta de la utilizada para el cálculo del consumo normalizado, se podrá aplicar a petición del fabricante el factor de corrección c_f siguiente:

$$FC_{norm} = \left(0,1212 / 0,538\right) \cdot c_f \cdot ((0,825 \cdot THC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2))$$

El factor de corrección (c_f) que podrá aplicarse se determinará como sigue:

$$c_f = 0,825 + 0,0693 \cdot n_{real}$$

Siendo n_{real} = la relación real H/C del combustible usado.

c) en el caso de los vehículos de encendido por chispa con motor de GN:

$$FC_{norm} = \left(0,1336 / 0,654\right) \cdot ((0,749 \cdot THC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2))$$

d) en el caso de los vehículos con motor de encendido por compresión:

$$FC = \left(0,1155 / D\right) \cdot ((0,866 \cdot THC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2))$$

En estas fórmulas:

FC = consumo de combustible en litros por 100 km (en el caso de la gasolina, el GLP o el gasóleo) o en m³ por 100 km (en el caso del GN)

THC = emisiones registradas de hidrocarburos totales en g/km

CO = emisiones registradas de monóxido de carbono en g/km

CO₂ = emisiones registradas de dióxido de carbono en g/km,

D = densidad del combustible del ensayo a 15 °C.

(1) Cuando se trate de un vehículo que utiliza tanto gasolina como combustible gaseoso, indíquese el consumo con ambos combustibles. Los vehículos que utilicen tanto gasolina

como combustible gaseoso cuyo sistema de gasolina está destinado exclusivamente a fines de emergencia o de arranque y que cuenten con un depósito de gasolina con una capacidad de hasta 15 litros serán considerados a efectos de ensayo como vehículos de combustible gaseoso.

Directiva 70/220/CEE

La “Directiva 70/220/CEE de 20 de marzo de 1970 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de medidas contra la contaminación atmosférica causada por las emisiones de los vehículos de motor (últimas modificaciones, Directivas 2003/76/CE y 2006/96/CE)”, define una **metodología para la determinación de los gases contaminantes emitidos** por los vehículos a motor para su homologación.

El ámbito de aplicación de la Directiva es la homologación de:

- emisiones del tubo de escape, emisiones evaporantes, emisiones de los gases del cárter, durabilidad de los sistemas anticontaminantes y sistemas de diagnóstico a bordo (DAB) de los vehículos de motor equipados con motor de explosión, y
- emisiones del tubo de escape, durabilidad de los sistemas anticontaminantes y sistemas de diagnóstico a bordo (DAB) de los vehículos de las categorías M1 y N1 equipados con motor de combustión interna.

Se definen una serie de pruebas de homologación, en la que todos los vehículos deben ser evaluados bajo las mismas condiciones y supuestos, por lo que las mediciones se hacen en un banco de ensayos en un local cerrado en el que se simulan las condiciones reales.

Esta directiva describe detalladamente los seis **ensayos** tipo para la homologación:

- **Tipo I:** control de la media de gases contaminantes emitidos después de un arranque en frío.
- **Tipo II:** control de la emisión de monóxido de carbono con el motor al ralentí.
- **Tipo III:** control de las emisiones de gas del cárter.
- **Tipo IV:** determinación de las emisiones evaporantes de los vehículos con motor de explosión.
- **Tipo V:** ensayo de envejecimiento para verificar la durabilidad de los sistemas anticontaminantes.
- **Tipo VI:** Prueba de emisiones a baja temperatura ambiente.

En el cuadro siguiente se ilustran, en función del tipo de vehículo, las diferentes posibilidades de homologación:

Tabla 30. Diferentes vías de homologación y extensiones

Ensayo de homologación	Vehículos con motor de encendido por chispa de las categorías M y N			Vehículos con motor de encendido por compresión de las categorías M ₁ y N ₁
	Vehículos de gasolina	Vehículos bicomcombustible	Vehículos monocombustible	
Tipo I	Sí (masa máxima ≤ 3,5 t)	Sí (ensayo con los dos tipos de combustible) (masa máxima ≤ 3,5 t)	Sí (masa máxima ≤ 3,5 t)	Sí (masa máxima ≤ 3,5 t)
Tipo II	Sí	Sí (ensayo con los dos tipos de combustible)	Sí	-
Tipo III	Sí	Sí (ensayo sólo con gasolina)	Sí	-
Tipo IV	Sí (masa máxima ≤ 3,5 t)	Sí (ensayo sólo con gasolina) (masa máxima ≤ 3,5 t)	-	-
Tipo V	Sí (masa máxima ≤ 3,5 t)	Sí (ensayo sólo con gasolina) (masa máxima ≤ 3,5 t)	Sí (masa máxima ≤ 3,5 t)	Sí (masa máxima ≤ 3,5 t)
Tipo VI	Sí (masa máxima ≤ 3,5 t)	Sí (masa máxima ≤ 3,5 t) (ensayo sólo con gasolina)	-	-
Extensión	Apartado 7	Apartado 7	Apartado 7	Apartado 7 M ₂ y N ₂ con una masa de referencia ≤ 2,840 kg
Diagnóstico a bordo	Sí, de conformidad con el punto 11.1.5.1.1 u 11.1.5.3	Sí, de conformidad con el punto 11.1.5.1.2 u 11.1.5.3	Sí, de conformidad con el punto 11.1.5.1.2 u 11.1.5.3	Sí, de conformidad con el punto 11.1.5.2.1, 11.1.5.2.2, 11.1.5.2.3 u 11.1.5.3

Fuente: Directiva 70/220/CEE

En el Apéndice 1 del Anexo III se describe el **Ensayo tipo I**, que es el que se cita en la Directiva 80/1268/CEE. La prueba consta de dos ciclos principales:

- Parte uno: **Ciclo urbano básico**

Cuatro ciclos de 195 segundos

Velocidad media: 19 km/h

Distancia teórica de la prueba (cuatro ciclos): 1,013 km

- Parte dos: **Ciclo no urbano**

Un ciclo de 400 segundos

Velocidad media: 62,6 km/h

Velocidad máxima: 120 km/h

Directiva 1999/94/CE

La “**Directiva 1999/94/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 1999, relativa a la información sobre el consumo de combustible y sobre las emisiones de CO₂ facilitada al consumidor al comercializar turismos nuevos”, tiene por objeto garantizar que se proporcione a los consumidores información sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ de los turismos nuevos, de forma que los futuros compradores consideren la adquisición de los coches más eficientes energéticamente.

Se define el “*consumo oficial de combustible*” como el consumo de combustible homologado, por la autoridad responsable de la homologación según lo dispuesto en la Directiva 80/1268/CEE, y mencionado en el anexo VIII de la Directiva 70/156/CEE, y adjunto al certificado de homologación CE o que figure en el certificado de conformidad.

En caso de que se agrupen en un modelo distintas variantes o versiones, el valor dado al consumo de combustible del modelo se basará en la variante o versión que tenga el consumo oficial de combustible más elevado dentro del grupo.

Por otro lado, también se definen las “emisiones oficiales específicas de CO₂” de un turismo, como las emisiones medidas de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 80/1268/CEE y definidas en el anexo VIII de la Directiva 70/156/CEE, que se adjunten al certificado de homologación CE o figuren en el certificado de conformidad. En caso de que se agrupen en un modelo distintas variantes o versiones, los valores de CO₂ dados para el modelo se basarán en la variante o versión que tenga las emisiones oficiales de CO₂ más elevadas dentro del grupo”.

Así mismo, establece en su Anexo I que el consumo oficial de combustible deberá expresarse en litros por cada 100 kilómetros (l/100 km), kilómetros por litro (km/l) o una combinación adecuada de estos valores, y la cifra se redondeará a un decimal. Las emisiones específicas oficiales de CO₂ deberán expresarse redondeándolas con precisión de una unidad en gramos por kilómetro (g/km). Estos valores podrán expresarse en unidades distintas (galones y millas) siempre que ello sea compatible con lo dispuesto en la Directiva 80/181/CEE.

Directiva 70/156/CEE

La “Directiva 70/156/CEE de 6 de febrero de 1970 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la homologación de vehículos a motor y de sus remolques” establece el procedimiento para la homologación de los vehículos a motor.

En su anexo II establece la definición de categorías y tipos de vehículos a motor. Dicha clasificación es la siguiente:

Categoría M: Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.

Categoría M1: Vehículos de ocho plazas como máximo (excluida la del conductor) diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.

Categoría M2: Vehículos con más de ocho plazas (excluida la del conductor) cuya masa máxima no supere las 5 toneladas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.

Categoría M3: Vehículos con más de ocho plazas (excluida la del conductor) cuya masa máxima supere las 5 toneladas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.

Categoría N: Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.

Categoría N1: Vehículos cuya masa máxima no supere las 3,5 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.

Categoría N2: Vehículos cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas e inferior a 12 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.

Categoría N3: Vehículos cuya masa máxima supere las 12 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.

Categoría O: Remolques (incluidos los semirremolques).

Categoría O1: Remolques con una masa máxima que no supere las 0,75 toneladas.

Categoría O2: Remolques cuya masa máxima sea superior a 0,75 toneladas e inferior a 3,5 toneladas.

Categoría O3: Remolques cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas e inferior a 10 toneladas.

Categoría O4: Remolques cuya masa máxima supere las 10 toneladas.

Real Decreto 837/2002

En agosto de 2002 se promulgó el “Real Decreto 837/2002, que incorpora la Directiva 1999/94/CE sobre etiquetado energético al ordenamiento jurídico español.

Siguiendo las pautas de dicha Directiva, establece en su Anexo I.1 que el valor del consumo oficial de carburante deberá expresarse en litros por cada 100 kilómetros (l/100 km), debiendo redondearse la cifra correspondiente a un decimal. Las emisiones específicas oficiales de CO₂ deberán expresarse redondeándolas a la unidad más próxima en gramos por kilómetro (g/km). El redondeo de los decimales de 5 se realizará por exceso.

IDAE

Por otro lado, el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), publica semestralmente bases de datos sobre consumos y emisiones de vehículos nuevos.

Los datos ofrecidos por el IDAE son calculados, por el mismo procedimiento normalizado descrito en la Directiva 70/220/CEE.

Reglamento nº 83 (CEPE/ONU)

El Reglamento nº 83, de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), establece unas disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en los que respecta a la emisión de contaminantes según las necesidades del motor en materia de combustible.

El procedimiento de ensayo definido en este reglamento es el establecido en la Directiva 70/220/CEE, aunque adaptado a los avances tecnológicos, incluyéndose, por ejemplo, el procedimiento de ensayo de vehículos eléctricos híbridos.

Reglamento nº 101 (CEPE/ONU)

En el 2004 se publica el Reglamento 101 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE/ONU), que establece unas prescripciones uniformes relativas a la homologación de los vehículos particulares de pasajeros equipados con un motor de **combustión interna** en lo que concierne a la medida de la **emisión** de CO₂ y del **consumo** de carburante y de los vehículos de las categorías M1 y N1 equipados con un grupo motopropulsor **eléctrico** en lo que concierne a la medida del consumo de energía eléctrica y de la autonomía.

Este reglamento aglutina los procedimientos de ensayo descritos hasta ahora, pero con la particularidad de que, mientras para los vehículos con motor de combustión interna sigue empleando el ensayo Tipo I descrito en el Reglamento nº 83 (y por lo tanto, también en la Directiva 70/220/CEE), se define un método de ensayo diferente para la **medición del consumo de energía eléctrica** de los vehículos exclusivamente eléctricos.

Dicho método de ensayo para la medición de consumo de energía eléctrica, consta también de dos partes: un ciclo urbano (compuesto por cuatro ciclos elementales) y un ciclo en carretera, aunque con ligeras diferencias en las fases de cada ciclo y en sus características.

Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo

Por último, es de interés mencionar que en el 2005 la Comisión europea presentó una propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones y sobre el acceso a la información relativa a la reparación de los vehículos, y por la que se modifican las Directivas 72/306/CEE y .../.../CE. (COM(2005) 683 final).

Dado que la legislación comunitaria sobre emisiones y consumo de carburante se ha desarrollado a lo largo de más de treinta y cinco años y está repartida en más de veinticuatro directivas, la Comisión propone sustituirlas por un nuevo Reglamento y una serie de medidas de aplicación.

La aprobación de dicha propuesta conllevaría la derogación de veinticinco Directivas, entre las que se encuentran, la Directiva 70/220/CEE y la Directiva 80/1268/CEE, analizadas con anterioridad en este capítulo.

Confederación de Transporte por Carretera

La Confederación de Transporte por Carretera (CTC), como representante en nuestro país de la Unión Internacional de Transportes por Carretera (IRU), establece la clasificación de los vehículos en las mismas cuatro categorías de estrellas de la IRU.

Transporte ferroviario, aéreo y marítimo

No se han desarrollado normativas ni estándares de normalización de consumos energéticos y emisiones para los modos ferroviarios, aéreos o marítimos, ni a nivel nacional ni europeo.

Sin embargo, sí existen diferentes estudios y proyectos (ya analizados en la monografía “Estado del Arte”) que podrían ser utilizados como referencia de base para la estandarización de los consumos y emisiones para estos modos.

II. Estándares de capacidad

En el presente Anexo se realiza un análisis de los diferentes estándares ya existentes en los diferentes modos de transporte, para poder posteriormente tomarlos como referencia, con el objetivo de poder definir las plazas equivalentes en el capítulo 5.

Estándares en el transporte de viajeros

Reglamento 36

El “Reglamento N° 36 anejo al acuerdo de Ginebra de 20 de marzo de 1958 relativo a la adopción de condiciones uniformes de homologación y reconocimiento recíproco de la homologación de piezas y equipos para vehículos automóviles de más de dieciséis plazas” establece prescripciones uniformes relativas a las características de construcción de los vehículos de transporte público de personas.

Para nuestro estudio, es de interés mencionar los siguientes estándares definidos en este Reglamento:

- La **capacidad total** de los vehículos Autobuses y Autocares **Clases I** (Autobús urbano y suburbano con asientos y plazas para viajeros de pie), **Clase II** (Autocar interurbano que puede transportar viajeros de pie en cortos recorridos en el pasillo de circulación) y **Clase III** (Autocar de largo recorrido que no transportan viajeros de pie) es la siguiente:

$$N = A + \frac{S_1}{S_{sp}}$$

Donde:

N es el número total de plazas

A es el número de plazas sentadas

S_1 es la superficie disponible para viajeros de pie (m²)

S_{sp} es el espacio mínimo necesario para un viajero de pie (m²/viajero), siendo:

Tabla 31: Valores del S_{sp}

Clase	S_{sp} (m ²)
I	0,125
II	0,15
III	No admite

Fuente: Reglamento 36

Además, debe cumplirse que:

$$N \leq \frac{MT - MV - 100V - 75SX}{Q}$$

Donde:

Q es el peso de un viajero (kg)

Tabla 32: Valores de Q

Clase	Q (kg)
I	68
II	71
III	71

Fuente: Reglamento 36

MT es el P.M.A. del vehículo (kg)

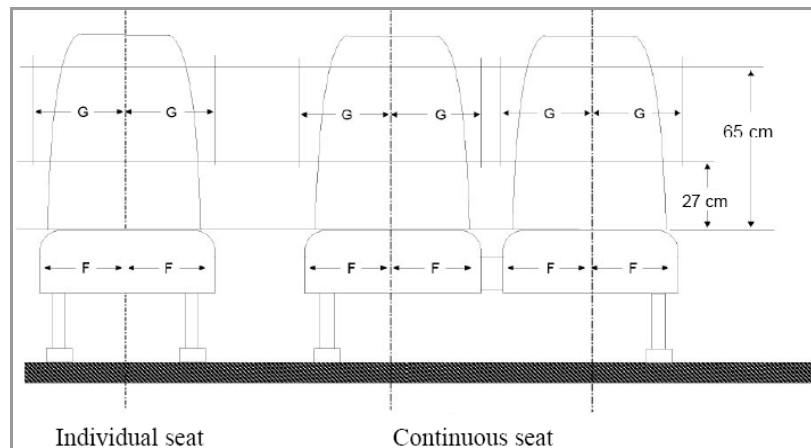
MV es la masa del vehículo en marcha, incluyendo el conductor y la tripulación, combustible, otros suministros al 90% y otros elementos auxiliares (kg)

V es el volumen total del portaequipajes (m³)

SX es la superficie para equipajes en el techo (m²)

- Este mismo Reglamento N° 36, en su punto 5.7.8, establece estándares para las dimensiones mínimas de los asientos y para las distancias mínimas entre ellos (Figuras 1 y 2).

Figura 2: Dimensiones de los asientos de los viajeros según Reglamento 36



Fuente: Reglamento 36

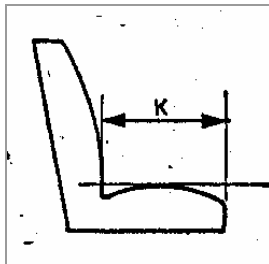
Siendo:

Tabla 32: Valores de F y G

	F (cm)	G (cm)	
		Banqueta	Asiento individual
Clase I	20	22,5	25
Clase II	20	22,5	25
Clase III	22,5	22,5	25

Fuente: Reglamento 36

Figura 3: Profundidad del cojín según Reglamento 36



Fuente: Reglamento 36

Siendo:

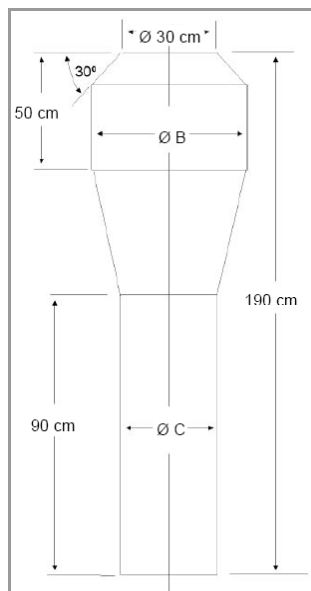
Tabla 33: Valores de K

	K (cm)
Clase I	35
Clase II	40
Clase III	40

Fuente: Reglamento 36

- El pasillo debe permitir un gálbo constituido por dos cilindros coaxiales, entre los cuales se intercala un tronco de cono invertido, que tenga como mínimo las siguientes dimensiones.

Figura 4: Pasillos según Reglamento 36



Fuente: Reglamento 36

Siendo:

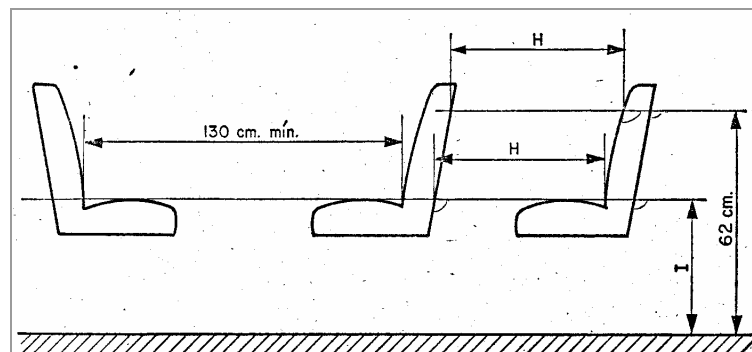
Tabla 34: Valores de K

	B (cm)	C (cm)
Clase I	55	45
Clase II	55	35
Clase III	45	30

Fuente: Reglamento 36

- El espaciamiento entre los asientos debe tener como mínimo las siguientes dimensiones:

Figura 5: Espacio entre asientos (Reglamento 36)



Fuente: Reglamento 36

Siendo:

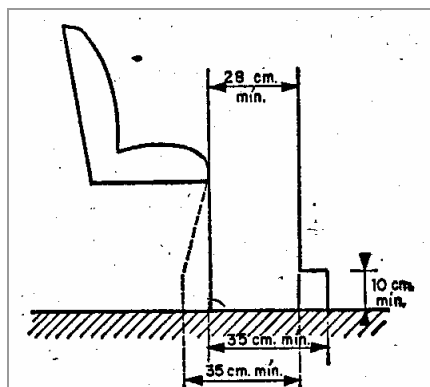
Tabla 35: Valores de H e I

	H (cm)	I (cm)
Clase I	65	4050
Clase II	68	35 en los pasos de rueda
Clase III	68	

Fuente: Reglamento 36

- Por último, se definen las distancias mínimas desde el asiento a tabiques enfrentados a un tabique rígido.

Figura 6: Asientos enfrentados a un tabique rígido



Fuente: Reglamento 36

Clasificación de la IRU

Por otra parte, la Unión Internacional de Transportes por Carretera (IRU) establece una *clasificación de los autocares en cuatro categorías*, desde una a cuatro estrellas, dependiendo de once criterios relativos al confort y acondicionamiento interior y exterior del autobús.

A continuación se presentan las condiciones mínimas del criterio 4, relativo al confort del vehículo, en las que, entre otras, se fijan las distancias mínimas entre los asientos en función de las estrellas del vehículo.

Tabla 36: Criterios de clasificación de la IRU

Criterios de clasificación / condiciones mínimas	Categorías			
	*	**	***	****
4. Confort "en ruta":				
Distancia entre puntos homólogos de asientos en el mismo sentido (cm)	68	72	77	83
Distancia mínima entre respaldos de asientos enfrentados (cm)	130	138	148	160
Longitud del desarrollo del respaldo desde el asiento no deformado hasta el punto más alto del mismo (cm)	52	65	68	68
Regulación de inclinación del respaldo de todos los asientos medido con relación a la vertical			10°	35°
Número de reposabrazos por pareja de asientos	1	1	2	2
Reposabrazos abatibles excepto en pared, que podrán ser fijos			X	X
Reposapiés regulables (solamente para los asientos colocados en el mismo sentido)				X
Asientos desplazables hacia el pasillo (o anchura mínima del asiento de 50 cm)				X
Revestimiento de tela o cuero natural (respaldo y asiento)		X	X	X
Ausencia de salientes en el suelo			X	X
Asientos separados			X	X
Portarrevistas			X	X

Fuente: IRU

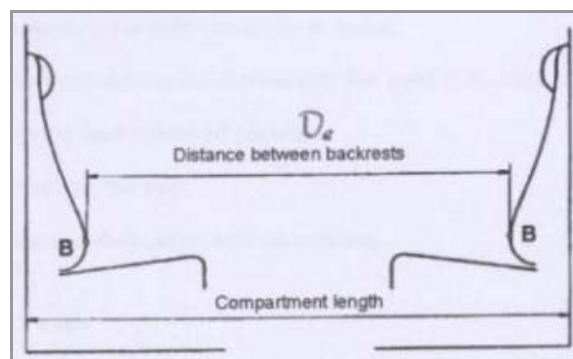
UIC Código 567

La Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) en su ficha número 567 establece las disposiciones generales para la regulación de los coches. A continuación se resumen las principales dimensiones definidas que son de interés para nuestro estudio.

En particular, el apéndice C fija la distribución de los asientos.

- La distancia entre asientos enfrentados (D_e), medida entre los respaldos y en la posición de base de los asientos debe ser como mínimo de 1.450 mm.

Figura 7: Distancia entre asientos enfrentados



Fuente: UIC 567

- La distancia entre los asientos dispuestos en filas (D_f) deber ser como mínimo:

Tabla 37: Valores de D_f

	D_f (mm)
1 ^a clase	1.010
2 ^a clase	940

Fuente: UIC 567

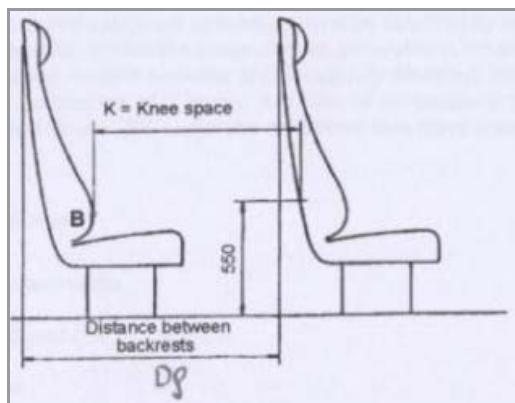
- Además, los asientos deben estar dispuestos de tal forma que, para todas las inclinaciones del respaldo, el espacio libre K del nivel de las rodillas no sea inferior a:

Tabla 38: Valores de F

	K (mm)
1 ^a clase	790
2 ^a clase	700

Fuente: UIC 567

Figura 8: Distancia entre asientos en fila



Fuente: UIC 567

Por su parte, el apéndice D fija las **dimensiones mínimas de los asientos**.

- En cuanto a la anchura de los asientos, el espacio libre entre brazos debe ser, como mínimo:

Tabla 39: Anchura del asiento

	Anchura asiento (mm)
1 ^a clase	500
2 ^a clase	450 (Se recomienda una anchura mínima de 480 mm)

Fuente: UIC 567

- La anchura mínima de los brazos debe ser de:

Tabla 40: Anchura de los brazos del asiento

	Anchura brazos (mm)
1 ^a clase	80
2 ^a clase	50 (Se recomienda una anchura mínima de 60 mm)

Fuente: UIC 567

- Respecto a la profundidad del asiento, debe ser, por lo menos, de 580 mm.

Por último, en el punto 2.10 del documento se detalla la **distribución de los pasillos** laterales y centrales:

- La anchura mínima del pasillo lateral sin estrapontín debe ser 680 mm.
- La anchura mínima del pasillo lateral con estrapontines - en la medida en que los estrapontines estén empotrados en la pared- debe ser 720 mm.
- La anchura mínima de los pasillos centrales -medido entre los brazos de los asientos- debe ser 520 mm.

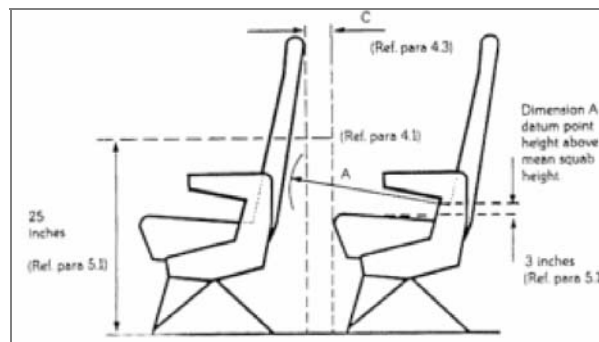
La AN 64

El Reino Unido es el único país de la Joint Aviation Authorities (JAA) que tiene una regulación definiendo el tamaño mínimo de los asientos de los pasajeros y el espacio entre asientos, la AN64.

La UK Civil Aviation Authority Airworthiness Notice 64 (AN64) regula las dimensiones mínimas del espacio de los asientos para todos los aviones registrados en el Reino Unido de más de 5.700kg de MMTA que lleven 20 pasajeros o más.

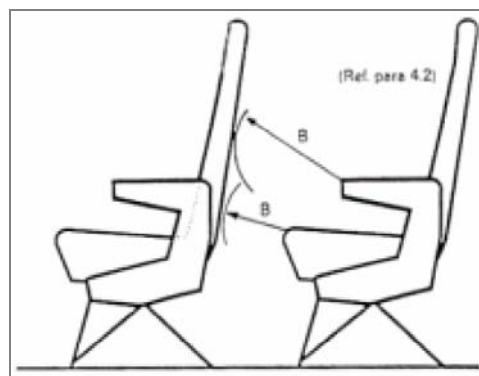
A continuación se describen los principales requerimientos definidos en la AN64:

Figura 9: Dimensiones mínimas de los asientos (1)



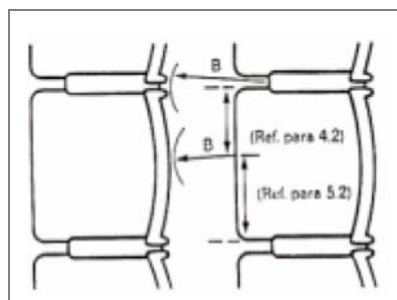
Fuente: AN64

Figura 10: Dimensiones mínimas de los asientos (2)



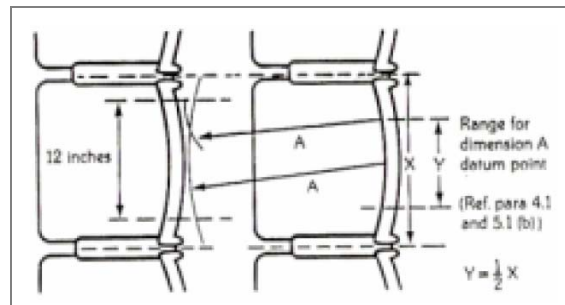
Fuente: AN64

Figura 11: Dimensiones mínimas de los asientos (2)



Fuente: AN64

Figura 12: Dimensiones mínimas de los asientos (2)



Fuente: AN64

Tabla 41: Valores de dimensiones A, B y C

Dimensión	AN64 (mm)
A	660
B	178
C	76

Fuente: AN 64

Recomendaciones de la Joint Aviation Authorities

En el 2001, la Joint Aviation Authorities (JAA) revisó la norma AN 64, comparándola con datos antropométricos de la población europea y mundial. A partir de dicho análisis ha desarrollado una serie de recomendaciones de modificación de algunos de los requerimientos de la norma.

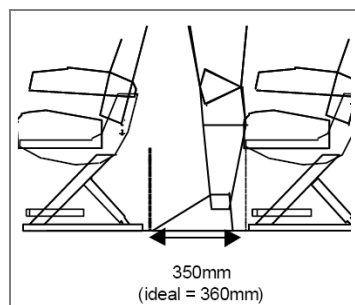
A continuación se presentan las dimensiones iniciales de la AN64, junto con las nuevas dimensiones desarrolladas por la JAA, dimensiones mínimas aceptables y dimensiones ideales.

Tabla 42: Comparación de los estándares de la AN64 con las recomendaciones de la JAA

Dimensión	AN64 (mm)	Recomendado por la JAA	
		Mínimo (mm)	Ideal (mm)
A	660	711	747
Requerimiento vertical para dim. A	635	622	-
B	178	225 (a la altura del apoyabrazos)	
		210 (a la altura del cojín)	
C	76		305
Espacio para los pies	No especificado	Ver figura	Ver figura
Apoya pies	No especificado	350 (por debajo del borde del cojín)	
Longitud del cojín	No especificado	423 (máximo)	379
Anchura cojín	No especificado	497	584
Anchura respaldo	No especificado	536	608

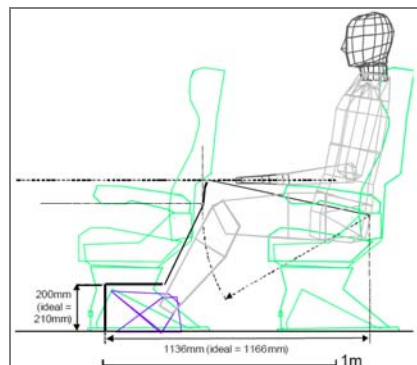
Fuente: Elaboración propia a partir de AN64 y recomendaciones de JAA

Figura 13: Recomendaciones de la JAA para el espacio disponible para los pies (1)



Fuente: Recomendaciones de la JAA

Figura 14: Recomendaciones de la JAA para el espacio disponible para los pies
(1)



Fuente: Recomendaciones de la JAA

Capacidad de viajeros de pie

Los diferentes estudios y trabajos en el ámbito de la planificación del transporte público, asumen un número determinado de pasajeros por m^2 para el cálculo de la capacidad total de los vehículos urbanos.

Así, por ejemplo, RENFE cercanías asume **6 viajeros/ m^2** para el cálculo de las plazas totales de sus trenes Civia. Por otro lado, la VDV (Asociación Alemana de Empresas de Transportes) considera **4 viajeros/ m^2** para el cálculo de la capacidad de los tranvías y metros ligeros.

Así mismo, los fabricantes de vehículos de transporte asumen diferentes capacidades por metro cuadrado en función de la comodidad deseada. Así, por ejemplo, la empresa **Alstom** que, entre otros, suministra los trenes del metro de Barcelona, considera los siguientes estándares de capacidad:

Carga de confort: 4 viajeros/ m^2

Carga normal: 6 viajeros/ m^2

Carga máxima: 8 viajeros/ m^2

Carga excepcional: 9 viajeros/ m^2

Estándares en el transporte de mercancías

En el transporte de mercancías, los estándares de capacidad varían notablemente respecto al transporte de viajeros.

Mientras que la capacidad de un vehículo de viajeros viene determinada por el número de plazas de pie o sentadas de que dispone el mismo (directamente relacionada con la superficie), en el transporte de mercancías, la capacidad del vehículo viene determinada por dos variables, el peso y el volumen.

El coeficiente de estiba

Cuando se solicita un flete a un transportista, éste se cotiza por peso (kg ó t). Sin embargo, sería ilógico que, para un mismo recorrido, un vehículo cargado con textiles (12t) costara sólo la mitad que uno cargado con maquinaria pesada (24t). Por ello se emplea el denominado peso volumen.

El **peso volumen** de una carga es el peso calculado en función de un índice de equivalencia volumen/peso específico para cada modo de transporte, el coeficiente de estiba. Se calcula de la siguiente forma:

$$P_v = \frac{V_h}{C_{estiba}}$$

Donde:

P_v es el peso volumen de una carga (t)

V_h es el volumen hexagonal de la carga (m³).

$$V_h = L \cdot W \cdot H$$

donde:

L es la longitud, W el ancho y H la altura máxima del bulto (m). Aunque lo que se transporten sean bultos cilíndricos, el volumen de carga es el calculado a partir del mínimo hexaedro que contiene dicho bulto.

C_{estiba} es el coeficiente de estiba del modo de transporte (m³/t)

El coeficiente de estiba surge de la capacidad de carga y es diferente para cada modo de transporte. A continuación se detallan los coeficientes de estiba empleados en transporte internacional para cada modo de transporte:

Tabla 43: Coeficientes de estiba por modo de transporte

	Coeficientes de estiba
Transporte internacional por carretera	3 m ³ /t
Transporte aéreo	6 m ³ /t
Transporte por ferrocarril	3 m ³ /t
Transporte marítimo	1 m ³ /t ⁽¹⁾

Fuente: Elaboración propia a partir de Ruiz J. M. 2006

Para facturar una carga, se compara el peso real de la misma con su peso volumen. El más elevado de los dos será el “peso tarifable” y es el que se emplea en su facturación.

¹ En transporte marítimo a esta relación también se le denomina “unidad de flete”, que corresponde al peso de agua destilada en condiciones normales.

El TEU

En el transporte de contenedores, se emplea como unidad de demanda el TEU.

El TEU es una unidad normalizada basada en un contenedor ISO de 20 pies. Existen diferentes tipos de contenedores de 20 pies, pero el más habitual tiene las siguientes dimensiones y capacidades:

Tabla 44: Dimensiones comunes de un contenedor ISO de 20 pies.

20' container		Sistema	
		Inglés	Métrico
Dimensiones exteriores	Longitud	20' 4"	6,058 m
	Ancho	8' 0"	2,438 m
	Alto	8' 6"	2,591 m
Dimensiones interiores	Longitud	19' 4 13/16"	5,898 m
	Ancho	7' 8 19/32"	2,352 m
	Alto	7' 9 57/64"	2,385 m
Volumen		1.169 ft ³	33,1 m ³
P.M.A.		52.910 lb	24.000 kg
Tara		5.140 lb	2.330 kg

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Velocidades medias (en línea recta) de los diferentes medios de transporte	22
Tabla 2. Clasificación de vehículos en categorías por distancia, tiempo y tipo de superficie.	23
Tabla 3. Fases del movimiento del vehículo	26
Tabla 4. Kg de CO ₂ por cada kWh producido por fuente de energía	31
Tabla 5. Comparación de las estimaciones de PCG a 100 años entre el IPCC's Second (1996) y del Third Assessment Reports (2001).....	32
Tabla 6. Principales parámetros de los estándares de capacidad existentes en los diferentes modos de transporte	38
Tabla 7. Principales parámetros de los estándares de capacidad de viajeros sentados	39
Representación gráfica de distancias empleadas por el documento “Transit Capacity and Quality of Service Manual” a la hora de estandarizar la capacidad:	41
Tabla 8. Coeficientes de capacidad máxima (C) de viajeros de pie por m ²	42
Figura 1. Diagrama un “asiento estándar” para el cálculo del número de plazas equivalentes.	44
Tabla 9. Dimensiones de un “asiento estándar” para el cálculo del número de plazas equivalentes por tipo de categoría.....	45
Tabla 10. Distancias de Estacionamiento en función del tamaño de la ciudad (DE) ..	48
Tabla 11. Ejemplo de cálculo de la Constante de Corrección por Estacionamiento (CCE)	48
Tabla 30. Diferentes vías de homologación y extensiones	48
Tabla 31: Valores del S _{SP}	48
Tabla 32: Valores de Q.....	48
Figura 2: Dimensiones de los asientos de los viajeros según Reglamento 36.....	48
Tabla 32: Valores de F y G.....	48
Figura 3: Profundidad del cojín según Reglamento 36	48
Tabla 33: Valores de K	48
Figura 4: Pasillos según Reglamento 36	48
Tabla 34: Valores de K	48
Figura 5: Espacio entre asientos (Reglamento 36).....	48
Tabla 35: Valores de H e I	48
Figura 6: Asientos enfrentados a un tabique rígido	48
Tabla 36: Criterios de clasificación de la IRU	48
Figura 7: Distancia entre asientos enfrentados	48

Tabla 37: Valores de D_f	48
Tabla 38: Valores de F	48
Figura 8: Distancia entre asientos en fila	48
Tabla 39: Anchura del asiento	48
Tabla 40: Anchura de los brazos del asiento.....	48
Figura 9: Dimensiones mínimas de los asientos (1)	48
Figura 10: Dimensiones mínimas de los asientos (2).....	48
Figura 11: Dimensiones mínimas de los asientos (2).....	48
Figura 12: Dimensiones mínimas de los asientos (2).....	48
Tabla 41: Valores de dimensiones A, B y C	48
Tabla 42: Comparación de los estándares de la AN64 con las recomendaciones de la JAA	48
Figura 13: Recomendaciones de la JAA para el espacio disponible para los pies (1) .	48
Figura 14: Recomendaciones de la JAA para el espacio disponible para los pies (1) .	48
Tabla 43: Coeficientes de estiba por modo de transporte	48
Tabla 44: Dimensiones comunes de un contenedor ISO de 20 pies.	48