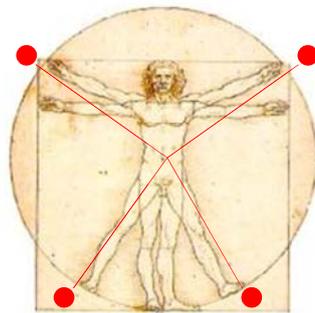


# TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

*Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*

VOLUMEN XII. AÑO 2014

SEPARATA



## **HUELLA DE CARBONO DE VEHÍCULOS DE NUEVAS ENERGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD**

**Vidal Martínez Mateo, Esther Guervós Sánchez**



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO

Escuela Politécnica Superior  
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Vidal Martínez Mateo(a), Esther Guervós Sánchez. Octubre, 2014.

<http://www.uax.es/publicacion/huella-de-carbono-de-vehiculos-de-nuevas-energias-para-el-analisis-de-la.pdf>

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*

Escuela Politécnica Superior.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8085

Editor: Javier Morales Pérez – [tecnologia@uax.es](mailto:tecnologia@uax.es)

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

# HUELLA DE CARBONO DE VEHÍCULOS DE NUEVAS ENERGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD

**Vidal Martínez Mateo<sup>(a)</sup>, Esther Guervós Sánchez<sup>(b)</sup>**

(a) Máster en Ingeniería Ambiental, Máster en Ingeniería Vehículos. Ingeniero Mecánico. Chief Operating Officer (COO), Foton Europa Motor Tf: 948 703 902. email: [vmartinez@fotoneuropamotor.com](mailto:vmartinez@fotoneuropamotor.com)

(b) Doctora en Ingeniería Industrial. Licenciada en Ciencias Físicas. Área de Matemáticas y Física Aplicadas. Universidad Alfonso X el Sabio Tf: 918109150, email: [guervosr@uax.es](mailto:guervosr@uax.es)

**RESUMEN:** El concepto de Desarrollo Sostenible ha supuesto desde su establecimiento una evolución y adaptación de los vehículos a los objetivos globales de emisión (gases contaminantes y efecto invernadero: CO<sub>2</sub>), y es importante entender como se articula y aplica a la Unión Europea (UE), donde conlleva una serie de cumplimientos y obligaciones en el sector del transporte. A través de un exhaustivo análisis en este trabajo se han analizado las configuraciones de los vehículos que buscan mejorar la eficiencia energética, en base a consumir menos combustibles fósiles y a reducir las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero. De forma que con ello se ha llegado a establecer las tipologías básicas de vehículos mediante un método de caracterización que aporta como novedad este estudio, y que permite finalmente evaluar respecto de las emisiones la Huella de Carbono.

**PALABRAS CLAVE:** Desarrollo Sostenible, Emisiones, Tipología Vehículos.

**ABSTRACT:**

The concept of Sustainable Development has supposed from its establishment an evolution and adjustment of the vehicles to the global aims of emission (Pollutant Gases and Greenhouse Gas: CO<sub>2</sub>), and it is important to deal since it is articulated and applied to the European Union (EU), where he carries a series of fulfillments and obligations in the sector of the transport. Across an exhaustive analysis in this work there have been analyzed the configurations of the vehicles that seek to improve the energy efficiency, on the basis of consuming fewer fossil fuels and to reducing the emission of Pollutant Gases and Greenhouse Gases. So that with it it has managed to establish the basic typologies of vehicles by means of a method of characterization that contributes as innovation this study.

**KEY-WORDS:** Sustainable Development, Emission, Vehicle Typology

**SUMARIO:** 1. Introducción, 2. Planteamiento del Trabajo, 3. Hipótesis y Base del Estudio, 4. Delimitaciones, 5. Desarrollo Sostenible, 6. Límites de Emisión, 7. Tipología de Vehículos, 8. Caracterización de Vehículos, 9. Evaluación de las Tipologías de Vehículos, 10. Conclusiones y Línea de Investigación, 11. Bibliografía, 12. Nomenclatura

**SUMMARY:** 1. Introduction, 2. Work Definition, 3. Base and Work Hypothesis, 4. Constraint, 5. Sustainable Development, 6. Emission Limits, 7. Vehicle Typology, 8. Vehicle Characterization, 9. Vehicle Typology Evaluation, 10. Conclusions, 11. Bibliography, 12. Terminology

## 1. Introducción

En este trabajo se analizan las diferentes configuraciones tipológicas de vehículos para la evaluación ecológica desde el punto de referencia de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), caso concreto del CO<sub>2</sub>. Con este estudio se ha tratado de despejar las dudas en sostenibilidad que representaría iniciar la investigación de una tipología de vehículo y de un sistema concreto, sin saber a priori si es o no sostenible y si se está en el camino hacia la sostenibilidad. Actualmente se cuenta con una amplia comercialización de diferentes configuraciones de vehículos pero es necesario entender cómo es cada tipología. Es precisamente para este análisis donde se aporta y propone un método de caracterización por sistemas, que permite y consigue describir claramente los vehículos y agruparlos en sus tipologías.

## 2. Planteamiento del Trabajo

Teniendo en cuenta el problema expuesto anteriormente se nos formulan las siguientes preguntas que serán objeto de análisis:

¿Cuántas tipologías de vehículos hay?

¿Qué parámetros clave se pueden emplear para elegir una tipología?

¿Cuál o cuáles de las configuraciones que se analicen representa una mejor huella ecológica en emisiones y representan más sostenibilidad?

¿Qué sistema de las tipologías sostenibles se debe elegir para seguir investigando en el desarrollo de la tecnología, sabiendo que el camino elegido está en la senda para el desarrollo sostenible?

Por tanto para poder responder a estas preguntas el trabajo aporta un método sencillo y novedoso de análisis de vehículos por sistemas que permite presentar síntesis claras y combinadas de los criterios para poder llegar a las conclusiones.

## 3. Hipótesis y Bases del Estudio

Derivadas de las preguntas de investigación expuestas, el método de análisis para los vehículos se realiza por sistemas (cantidad de sistemas y reciclado), y analizando el resultado funcional de los sistemas en emisiones, autonomía e infraestructura de carga y seguridad básica de los sistemas que componen la tipología.

Los datos para la evaluación de sostenibilidad por Huella de Carbono (emisiones de CO<sub>2</sub>), se realiza en categoría de vehículos M1 (Turismos), y según la base de datos de

coches del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), de acuerdo al Real Decreto 837/2002 referente al objetivo de informar sobre el consumo y las emisiones de CO<sub>2</sub> (Real Decreto como medida del artículo 175.1 de la Directiva 1999/94/CE, de 13 de diciembre, relativa a la información sobre el consumo de combustible y sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>).

#### 4. Delimitaciones

Los sistemas que componen los vehículos para caracterizar cada tipología son los relacionados con la obtención del movimiento, es decir, son aquellos que contienen los componentes electromecánicos que generan el movimiento desde la fuente de energía hasta la emisión de gases. La metodología de evaluación definidos en la hipótesis se aplica según la importancia y afección de emisiones (Tabla 4.1), de acuerdo al nivel de importancia: Orden 1 (Más Importante), Orden 2 (Importante), y Orden 3 (Igual).

Matriz de Criterios	Matriz de Pares						Resultado Comparación		
	Por Sistemas		Por Funciones				TOTAL		
	Por Sistemas	Por Reciclado	Por Emisiones	Por Autonomía	Por Infraestructura	Por Seguridad	Suma	Factor de Ponderación (FP) por Grupo de Criterios	Factor de Ponderación (FP) Total Criterios
<b>Grupo Criterios: Por Sistemas</b>									
<i>Por Sistemas</i>		3	3	3	3	1	13	0,72	<b>0,21</b>
<i>Por Reciclado</i>	1		1	1	1	1	5	0,28	<b>0,08</b>
<i>Subtotal por Sistemas</i>							18		
<b>Grupo Criterios: Por Funciones</b>									
<i>Por Emisiones</i>	3	3		3	3	3	15	0,35	<b>0,25</b>
<i>Por Autonomía</i>	3	3	1		2	3	12	0,28	<b>0,20</b>
<i>Por Infraestructura</i>	2	3	2	2		2	11	0,26	<b>0,18</b>
<i>Por Seguridad</i>	1	1	1	1	1		5	0,12	<b>0,08</b>
<i>Subtotal por Funciones</i>							43		
<b>Total Final</b>									
<b>TOTAL Criterios</b>							<b>61</b>		

Juzgar cada Criterio por Importancia:	Factor de Importancia (FP):
1 → Igual	Suma
2 → Importante	FP = $\frac{\text{Suma}}{\text{Total}}$
3 → Mas Importante	Total

Tabla 4.1. Matriz de Criterios

## 5. Desarrollo Sostenible

El concepto de “Desarrollo Sostenible” como modelo de crecimiento surgió de las conferencias sobre el desarrollo y el medio ambiente impulsadas por la ONU y que en 1987 estableció la Comisión Brundtland. Este concepto está integrado por “Desarrollo” en el tiempo por tanto perdurable, y por “Sostenible”, referido al proceso y por tanto a la “Conservación”. Con éstas definiciones el concepto perfila la línea de trabajo del presente estudio que a través de las diferentes tipologías de vehículos se extraerán las conclusiones que permitan seleccionar aquellas tipologías de vehículos que manteniendo el desarrollo tecnológico empleen con mayor eficiencia los recursos naturales y ayuden a conservarlos, tomando como medida de referencia el análisis de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Para evaluar las emisiones de CO<sub>2</sub> necesitan indicadores y de los indicadores medioambientales más utilizados se pueden aplicar dos caminos: el enfoque complejo y exhaustivo mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), y el enfoque práctico y rápido a través de la Evaluación de la Huella Ecológica. (Figura 5.1).

El Modelo de Huella Ecológica, W. E. Rees y M. Wackermagel, se estableció en 1996 como sistema de carácter integrador del impacto ambiental que ejerce la actividad humana a nivel local, ciudad, regional, o país respecto de su entorno y es el modelo más extendido y aplicado para la valoración de las emisiones de CO<sub>2</sub> a través de la denominada “Huella de Carbono”.



Fig. 5.1. Mapa del Estudio de Sostenibilidad

De acuerdo al modelo de huella ecológica, el valor en emisiones de CO<sub>2</sub> (Huella de Carbono), debe compararse con la biocapacidad, esto es en base ecológica las hectáreas de bosque sumidero que son necesarias para hacer sostenible el emisor de CO<sub>2</sub>, que en

el presente estudio son cada tipología de vehículos. Este trabajo planteado es el que permite extraer la conclusión sobre la mejor sostenibilidad de cada tipología de vehículos en función de sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

## 6. Límites de Emisión

En el ámbito de la Unión Europea y para todos los modelos de vehículo los límites de emisión de gases contaminantes (CO, HC, HC+NO<sub>x</sub>, PM) y de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>), están definidas por normas y leyes que deben ser superadas. Para los gases contaminantes y partiendo de los límites de emisiones marcados por la Directiva 2001/81/CE, la Comisión Europea ha definido una norma específica para vehículos sobre emisiones contaminantes denominada “Norma EURO” y regulada actualmente de acuerdo al Reglamento R (CE) 715/2007. (Tabla 6.1).

Los gases contaminantes para la homologación en la Unión Europea están identificados en la Directiva 2007/46/CE que desde abril de 2009 introduce la “Homologación de Tipo” que obliga al fabricante a verificar mediante un Laboratorio Acreditado que un determinado modelo de vehículo cumple con lo estipulado en las directivas europeas entre las que están las relativas la emisión de gases contaminantes. (Tabla 6.2).

Etapa Normativa Europea de Emisiones (Normas EURO XX)	
Turismos y Vehículos Ligeros	Vehículos Pesados
Categorías M1, M2 y N1 y N2	Categorías M3 y N3
Euro 1	Euro I
Euro 2	Euro II
Euro 3	Euro III
Euro 4	Euro IV
Euro 5	Euro V
Euro 6	Euro VI

Tabla 6.1. Normas Euro de Emisiones

HOMOLOGACION VEHICULOS		
Vehiculos	Comisión Europea	CEPE/ONU
Elemento	Directiva/Reglamento	Reglamento Tecnico Mundial (RTM)
Potencia Motor	R (CE) 595/2009	85R00
Emisiones	R (CE) 595/2009	49R05 (Diesel Pesados)
	R (CE) 715/2007	83R06
Humos Diesel	R (CE) 715/2007	24R03
Nivel Sonoro	2007/34/CE (Emision)	51R02
	2009/76/CE (En oido conductor)	

Obligatorio Homologacion

Tabla 6.2. Marco de Homologación en Emisiones

En lo relativo al gas efecto invernadero según el Reglamento 443/2009/CE la Comisión Europea establece y delimita las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos nuevos para un límite fijado de 130g de CO<sub>2</sub>/km para 2015 y donde a partir de 2020 este nivel deberá reducirse a 95g de CO<sub>2</sub>. De acuerdo a estos límites definidos por Europa su trasposición para España queda recogida en el Real Decreto 837/2002 por el que se regula la información de consumo y emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos nuevos y que es el aplicado para la creación de la base de datos de coches del IDAE a la que ya nos referimos en el inicio del trabajo.

## 7. Tipología de Vehículos

Los vehículos por la fuente de energía pueden ser: dependientes de combustibles fósiles, pueden emplear combustibles sustitutos, como el gas o pueden ser independientes del petróleo con son los vehículos de nuevas energías (eléctrico, Pila de Combustible). Respecto de la tecnología que transforma la fuente de energía se podrían clasificar por aquellos que disponen de Motores de Combustión (SMC: sistema de Motor Combustión), o Motor Eléctrico (SME: Sistema Motor Eléctrico).

La combinación de estos sistemas (Tablas 7.1 y 7.2), permite extraer las 3 tipologías base de vehículos.

MOVILIDAD ELÉCTRICA	VEHICULOS			Fuentes de Energía (FE)			Tipo Energía (TE)		Sistema Motor (SM)		Tracción (STR)					
				VDP	VSP	VIP	QUI	ELE	SMC	SME	MEC	ELEC				
	Grado de Electrificación	TIPO VEHICULO	DESCRIPCION Y DENOMINACION	CASOS DE VEHICULOS	Dependent e del	Sustitutivo Petroleo	Independiente del	Quimica	Electrica	Combustion	Electrico	Mecanica (STM)	Electrica (STE)			
Grupo 1	0	Vehículo Estandar	100% Diesel/Gasolina	Caso 1	Gasolina, Diesel			Gasolina, Diesel		Combustion	Electrico					
	25	Hibrido Ligero	Mild Hybrid	Caso 2					Condensadores				Mecanica			
	50	Hibrido Paralelo	Parallel Hybrid (PHV)	Caso 3												
	75	Hibrido Serie	Series Hybrid (SHV)	Caso 4					Gasolina, Diesel, Baterias						Electrica	
	100	Hibrido Serie	Pulg-In Hybrid (Enchufable)	Caso 5												
Grupo 2	0	Vehículo Estandar	100% Diesel/Gasolina/Biocombustible	Caso 6	Gasolina, Diesel	Biocombustible		Gasolina, Diesel, Biocombustible		Combustion	Electrico	Mecanica				
	25	Hibrido Ligero	Mild Hybrid	Caso 7								Condensadores				
	50	Hibrido Paralelo	Parallel Hybrid (PHV)	Caso 8												Electrica
	75	Hibrido Serie	Series Hybrid (SHV)	Caso 9								Gasolina, Diesel, Biocombustible, Baterias				
	100	Hibrido Serie	Pulg-In Hybrid (Enchufable)	Caso 10												
Grupo 3	0	Vehículo Estandar	100% Gas (GNC, GLP) / Biogas / H <sub>2</sub>	Caso 11				Gas GNC, GLP, Biogas, Hidrogeno		Combustion	Electrico	Mecanica				
	25	Hibrido Ligero	Mild Hybrid	Caso 12		Gas GNC, GLP, Biogas, Hidrogeno por Combustion			Condensadores							
	50	Hibrido Paralelo	Parallel Hybrid (PHV)	Caso 13				Gas GNC, GLP, Biogas, Hidrogeno, Baterias								
	75	Hibrido Serie	Series Hybrid (SHV)	Caso 14												
	100	Hibrido Serie	Pulg-In Hybrid (Enchufable)	Caso 15												
Grupo 4	100	Vehículo Alternativo	100% Conversion Pila Combustible	Caso 16			Hidrogeno (Conversion en Pila)	Hidrogeno					Electrica			
	100	Vehículo Alternativo	100% Electrico Carga Rapida / Lenta	Caso 17				Baterias								

Tabla 7.1. Combinación por Energías y Tecnologías

Por tanto del análisis de la Tabla 7.1 se extraen las tipologías de vehículos (Tabla 7.2): Tipología Base 1 referente a los vehículos convencionales donde el movimiento es 100% debido al motor de combustión interna que cuenta con variantes Tipo 1.1 para combustibles fósiles Diésel/Gasolina y Tipo 1.2 para Combustible Gas. La Tipología Base 2 es aquella que emplea motor de combustión interna y almacenamiento de energía eléctrica por batería capaz de transferir energía para mover el vehículo y creando un conjunto mixto cuyas variantes son el Tipo 2.1 de modelo de hibridación paralelo y el Tipo 2.2 de sistema de hibridación serie.

Finalmente se establece la Tipología Base 3 donde no existe motor de combustión y donde la tracción es 100% realizada por motor eléctrico y donde sus variantes son el Tipo 3.1 para el vehículo de pila de combustible y los Tipos 3.2 y 3.3 que determinan los Vehículos Eléctricos de uso con varias cargas diarias y rápidas de batería o aquellos que su modelo de funcionamiento está basado en realizar una única carga de batería denominados respectivamente como Opportunity Electric Vehicle y Overnight Electric Vehicle.

	MOVILIDAD ELECTRICA	VEHICULOS				
	Grado de Electrificación	TIPO VEHICULO	DESCRIPCION Y DENOMINACION	Vehiculos Base	PowerTrain Study Focus	CASOS DE VEHICULOS
<b>Grupo 1</b>	↓ 0	Vehiculo Estandar	100% Diesel/Gasolina	<b>Base 1</b>	MCI_PowerTrain_Standard	Caso 1
	↘ 25	Hibrido Ligero	Mild Hybrid	<b>Base 2</b>	ParallelHybrid PowerTrain	Caso 2
	↘ 50	Hibrido Paralelo	Parallel Hybrid (PHV)			Caso 3
	↑ 75	Hibrido Serie	Series Hybrid (SHV)		SerialHybrid PowerTrain	Caso 4
	↑ 100	Hibrido Serie	Pulg-In Hybrid (Enchufable)			Caso 5
<b>Grupo 2</b>	↓ 0	Vehiculo Estandar	100% Diesel/Gasolina/Biocombustib	<b>Base 1</b>	MCI_PowerTrain_Bio	Caso 6
	↘ 25	Hibrido Ligero	Mild Hybrid	<b>Base 2</b>	ParallelHybrid PowerTrain	Caso 7
	↘ 50	Hibrido Paralelo	Parallel Hybrid (PHV)			Caso 8
	↑ 75	Hibrido Serie	Series Hybrid (SHV)		SerialHybrid PowerTrain	Caso 9
	↑ 100	Hibrido Serie	Pulg-In Hybrid (Enchufable)			Caso 10
<b>Grupo 3</b>	↓ 0	Vehiculo Estandar	100% Gas (GNC, GLP) / Biogas / H2	<b>Base 1</b>	MCI_PowerTrain_Gas	Caso 11
	↘ 25	Hibrido Ligero	Mild Hybrid	<b>Base 2</b>	ParallelHybrid PowerTrain	Caso 12
	↘ 50	Hibrido Paralelo	Parallel Hybrid (PHV)			Caso 13
	↑ 75	Hibrido Serie	Series Hybrid (SHV)		SerialHybrid PowerTrain	Caso 14
	↑ 100	Hibrido Serie	Pulg-In Hybrid (Enchufable)			Caso 15
<b>Grupo 4</b>	↑ 100	Vehiculo Alternativo	100% Conversion Pila Combustible	<b>Base 3</b>	FuelCell_PowerTrain	Caso 16
	↑ 100	Vehiculo Alternativo	100% Electrico Carga Rapida / Lenta		Opportunity/Overnight PowerTrain	Caso 17

Tabla 7.2. Tipologías Base

### 8. Caracterización de Vehículos

Para caracterizar las Tipologías Base definidas: Tipo 1, 2 y 3, se han seleccionado para el análisis comparativo los sistemas de la cadena cinemática que determinan el movimiento (Figura 8.1).

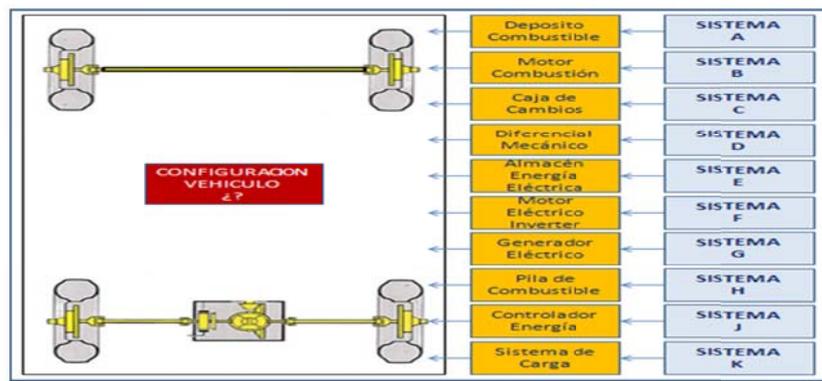


Fig. 8.1. Sistema de Caracterización Tipologías Base de Vehículos

Aplicando este método de caracterización a las 3 tipologías planteadas (Base 1, Base 2, Base-3), se obtiene la síntesis de sistemas (Figuras 8.2 a 8.7).

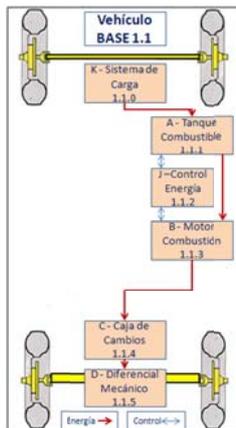


Fig. 8.2. Tipología 1 Base 1.1

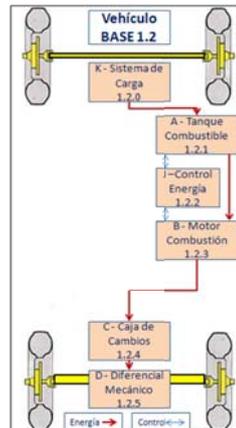


Fig. 8.3. Tipología 1 Base 1.2

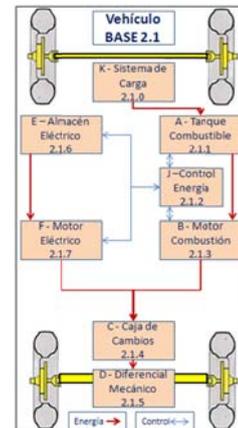


Fig. 8.4. Tipología 2 Base 2.1

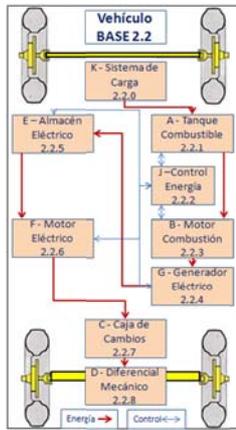


Fig. 8.5. Tipología 2 Base 2.2

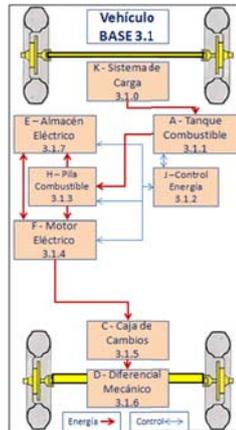


Fig. 8.6. Tipología 3 Base 3.1

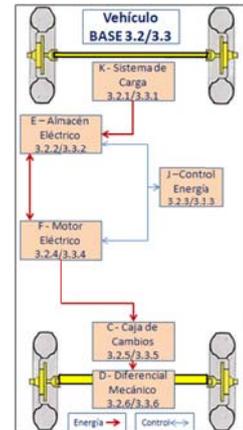


Fig. 8.7. Tipología 3 Base 3.2

### 9. Evaluación de las Tipologías de Vehículos

La síntesis por Sistemas y por Funciones de los criterios planteados anteriormente de acuerdo a las hipótesis y bases del trabajo descritas, demuestra una convergencia en lo que respecta a la suma total (Tabla 9.1).

Síntesis General	Tipología Vehículo (Sistema)					
	BASE 1		BASE 2		BASE 3	
	Gasolina	Gas	Híbrido Paralelo	Híbrido Serie	Pila de Combustible	Eléctrico
	Base 1.1	Base 1.2	Base 2.1	Base 2.2	Base 3.1	Base 3.2 / 3.3
<b>Síntesis de Sistemas</b>						
<i>Por Sistemas</i>	3	3	2	1	2	3
<i>Por Reciclado</i>	2	2	1	1	1	3
<i>Subtotal por Sistemas</i>	5	5	3	2	3	6
<b>Síntesis por Funciones</b>						
<i>Por Emisiones</i>	1	1	2	2	3	3
<i>Por Autonomía</i>	1	1	3	3	2	1
<i>Por Infraestructura</i>	3	2	3	3	1	1
<i>Por Seguridad</i>	3	3	2	2	2	2
<i>Subtotal por Funciones</i>	8	7	10	10	8	7
<b>Síntesis Final</b>						
<b>TOTAL Síntesis</b>	13	12	13	12	11	13

Tabla 9.1. Síntesis Tipología Vehículos

Si se visualiza la síntesis de tipologías (Tabla 9.1), mediante la representación por parámetros se puede analizar el resultado de la combinación de criterios empleados (Figuras 9.1 a 9.6), se pueden ver de manera concreta, clara y grafica los resultados donde a partir de los cuales se podrán extraer conclusiones del estudio.

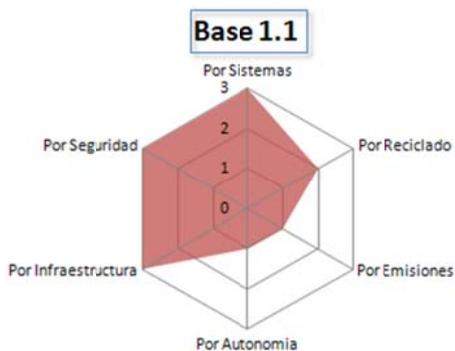


Fig. 9.1. Tipología 1 Base 1.1

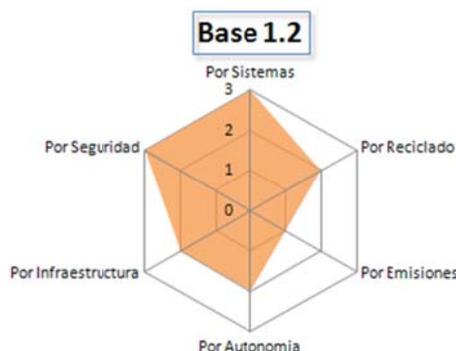


Fig. 9.2. Tipología 1 Base 1.2

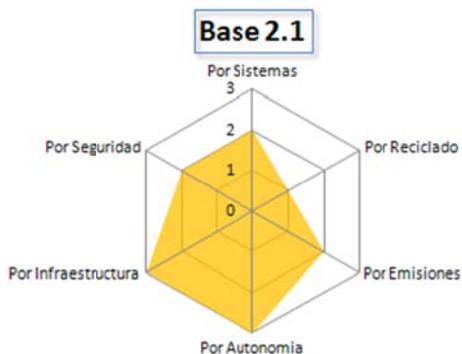


Fig. 9.3. Tipología 2 Base 2.1

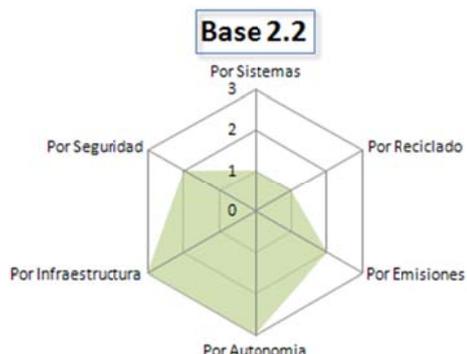


Fig. 9.4. Tipología 2 Base 2.2

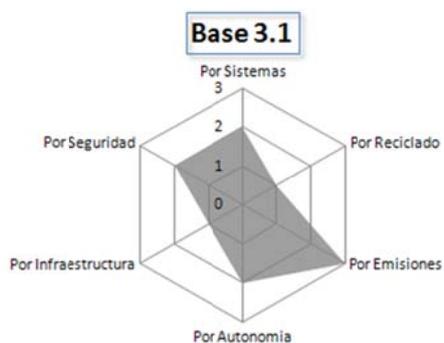


Fig. 9.5 Tipología 3 Base 3.1

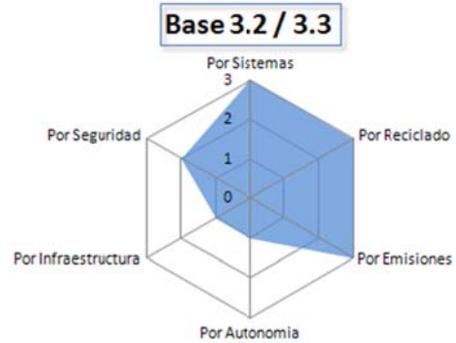


Fig. 9.6 Tipología 3 Base 3.2/3.3

El análisis de la combinación de parámetros presenta la información de cómo cada tipología se posiciona alrededor del que es parámetro principal y por tanto mejor ventaja respecto de cada tipología. Ahora bien, para el caso de la emisiones y tomando los datos de consumo de la base de datos del IDAE (rango de vehículos para 100cv  $\Leftrightarrow$  73kW), se obtienen los siguientes valores medios para los datos de consumo y emisiones (Tabla 9.2).

Elemento	Fuente	Descripción	Tipología Vehículo (Sistema)						
			BASE 1		BASE 2		BASE 3		
			Gasolina	Diesel	Gas	Hibrido Paralelo	Hibrido Serie	Pila de Combustible	Electrico
			Base 1.1	Base 1.2	Base 2.1	Base 2.2	Base 3.1	Base 3.2 / 3.3	
<b>Consumo</b>									
Gasolina/Diesel									
		litros/100km	5,37	4,16		4,10	3,75		
Gas (GNC)									
		kg/100km			3,78				
Hidrogeno									
		kg/100km					0,73		
Electricidad									
		kWh/100km						12,14	
<b>Emisiones</b>									
Efecto Invernadero									
		g CO <sub>2</sub> /km	124,34	109,05	112,04	94,50	86,82	0,00	

NOTA: Fuente Base de Datos Automoviles IDAE. Datos tomados y extrapolados a base 100CV-73KW

Tabla 9.2. Síntesis Vehículos por Consumo y Emisiones

Se puede concluir de la Tabla 9.1 respecto del Reglamento CE 443/2009 que regula el límite de emisiones en 95 gr CO<sub>2</sub>/km lo siguiente:

Tipología Base 1 está fuera del objetivo de emisiones de CO<sub>2</sub>

Tipologías Base 2 están en el objetivo de emisiones de CO<sub>2</sub>

Tipologías Base 3 no presentan en sí mismas emisiones de CO<sub>2</sub>

Por tanto para el cálculo de la Huella de Carbono si se toman como referencia el valor de árboles por hectárea (Tabla 9.3. Red Foresta), se puede evaluar el impacto de cada tipología de vehículo.

Elemento	Dato	Unidad
1 ha	10.000	m <sup>2</sup>
Nº Árboles x ha	313	Uds.
CO <sub>2</sub> Árbol/Año	3	kg/Año
CO <sub>2</sub> ha	939	kg/Año

Tabla 9.3. Árboles por Hectárea (ha)

De los datos de las Tablas 9.2 y 9.3 y realizados los cálculos se obtiene finalmente el valor de Huella de Carbono valorado en emisiones de CO<sub>2</sub> (Tabla 9.4).

		TIPOLOGIA VEHICULO						
		TIPOLOGIA BASE 1			TIPOLOGIA BASE 2		TIPOLOGIA BASE 3	
		MCI Gasolina	MCI Diesel	MCI Gas	Hibrido Paralelo	Hibrido Serie	Pila de Combustible	100% Electrico
		Base 1.1	Base 1.2	Base 2.1	Base 2.2	Base 3.1	Base 3.2 / 3.3	
<b>a) Valores de Partida: Emision Gas CO<sub>2</sub> (Efecto Invernadero)</b>								
	<b>g CO<sub>2</sub>/km</b>	124,34	109,05	112,04	94,50	86,82	0,00	0,00
<b>b) Evaluacion g CO<sub>2</sub> en km</b>								
Km's Año	100,00	12.434,48	10.905,19	11.203,70	9.450,00	8.681,82	0,00	0,00
	1.000,00	124.344,83	109.051,95	112.037,04	94.500,00	86.818,18	0,00	0,00
	10.000,00	1.243.448,28	1.090.519,48	1.120.370,37	945.000,00	868.181,82	0,00	0,00
	20.000,00	2.486.896,55	2.181.038,96	2.240.740,74	1.890.000,00	1.736.363,64	0,00	0,00
	30.000,00	3.730.344,83	3.271.558,44	3.361.111,11	2.835.000,00	2.604.545,45	0,00	0,00
<b>b) Evaluacion Kg CO<sub>2</sub> en km</b>								
Km's Año	100,00	12,43	10,91	11,20	9,45	8,68	0,00	0,00
	1.000,00	124,34	109,05	112,04	94,50	86,82	0,00	0,00
	10.000,00	1.243,45	1.090,52	1.120,37	945,00	868,18	0,00	0,00
	20.000,00	2.486,90	2.181,04	2.240,74	1.890,00	1.736,36	0,00	0,00
	30.000,00	3.730,34	3.271,56	3.361,11	2.835,00	2.604,55	0,00	0,00
<b>d) Resultado Final: Hectareas (ha) necesarias para absorber emisiones CO<sub>2</sub> (resaltadas superiores a 0,5ha)</b>								
Km's Año	100,00	0,013	0,012	0,012	0,010	0,009	0,000	0,000
	1.000,00	0,132	0,116	0,119	0,101	0,092	0,000	0,000
	10.000,00	1,324	1,161	1,193	1,006	0,925	0,000	0,000
	20.000,00	2,648	2,323	2,386	2,013	1,849	0,000	0,000
	30.000,00	3,973	3,484	3,579	3,019	2,774	0,000	0,000

Tabla 9.4. Huella de Carbono (CO<sub>2</sub>) por Tipología de Vehículo

## 10. Conclusiones y Líneas de Investigación

A partir de los resultados obtenidos (Tablas 9.2 y 9.4). se puede concluir:

La Tipología Base 3, vehículos eléctricos y de pila de combustible, tienen emisiones cero en CO<sub>2</sub> y por tanto demuestran su mejor Huella de Carbono respecto de las otras tipologías.

La Tipología Base 2, vehículos híbridos, son el camino progresivo de reducción de emisiones y eficiencia en el uso de combustibles fósiles.

Las Tipologías Base 1 y Base 2, vehículos convencionales e híbridos respectivamente, van a mantener todavía su posición de liderazgo debido a su

autonomía, lo que les aporta flexibilidad e independencia respecto las nuevas tecnologías de pila de combustible y puro eléctricas.

Las Tipologías Base 1 y Base 2, vehículos convencionales e híbridos respectivamente, son una realidad y mantendrán también el liderazgo por infraestructura para la recarga gracias a la extensa red de estaciones permitiendo cubrir cuasi toda la red de transporte.

Del estudio emanan dos necesidades clave para hacer del todo viables los vehículos de Tipología 3: El desarrollo de infraestructura para energías alternativas y el desarrollo de almacenamiento de energía eléctrica.

Dicho almacenamiento de energía eléctrica se ha comprobado que es un sistema extendido y aplicado en Tipologías Base 2 (Híbridos), y 3 (Nuevas Energías), y que aporta la ventaja de que se puede recargar de la red eléctrica sin ningún paso intermedio más, al contrario que el vehículo con pila de combustible por conversión de hidrógeno porque al ser esta una forma en la que no está disponible por la naturaleza, se ha de usar energía eléctrica para obtenerlo.

Por tanto la base de la tracción eléctrica con baterías es la mejor tecnología disponible y por tanto la línea de investigación a seguir hacia la sostenibilidad de los vehículos.

El estudio presentado deja abierta la investigación que se podría completar con la evaluación energética del tanque a la rueda (WTW: Well to Wheel), de las Tipologías Base 3 para valorar la intensidad energética necesaria en los procesos de trasladar la fuente de energía al tanque, y una segunda ampliación que trate el reciclado para la Tipología Base 3 de Vehículo en sus componentes principales y diferenciales como son la Pila de Combustible y las Baterías al objetivo de extraer sus necesidades y evaluar el impacto y definir, los procesos de gestión, recuperación y reutilización, para analizar cómo pueden ser tratados los componentes si aumenta su implantación.

## 11. Bibliografía

- Bachmeier, Markus (2013): Soluciones del Hidrogeno, Responsable Técnico Linde, Automotive Engineer May 2013, pp. 23. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (2010): Libro Verde del Transporte y Cambio Climático, Ediciones Comisión de Transportes Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, pp. 27.
- DIRECTIVA 443/2009/CE: Límites de emisión CO<sub>2</sub>: Se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de los turismos nuevos como parte del enfoque integrado de la Comunidad para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos ligeros, Diario de las Comunidades Europeas DO L 140 de 5.6.2009, pp. 1/15.
- Domenech, Juan Luis (2009): Huella Ecológica y Desarrollo Sostenible, AENOR Ediciones. pp. 22-25, 27, 50-66, 61-63, 88, 204-207
- Freire López, José Ramón (27 de Octubre de 2012): Jornadas Movilidad Sostenible: El Gas Natural Vehicular: Una solución sostenible, Director de Soluciones de Movilidad. Gas Natural Fenosa, pp. 7, 11, 18-23, 42.
- HAMMOND, Allen (1995): Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development, World Resources Institute Editions, pp. 1.
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Jornada 18 enero 2012: Situación actual de la eficiencia energética y el Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, pp. 2-3.
- Martínez Sánchez-Palencia, Sergio, (25 de Enero de 2011): Resultados del Tercer Inventario Forestal (IFN3) en Castilla-La Mancha, Ingeniero de Montes, Jefe de Servicio Forestal, Dirección General de Política Forestal Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, Red FORESTA. Asociación de Ingeniería Forestal y del Medio Natural, Arboles por hectárea, pp. 37.
- Molero Piñeiro, Eva y Pozo Ruz, Ana (2013): El vehículo eléctrico y su infraestructura de carga, Marcombo Ediciones. pp. 22-25.
- TERRÓN, Juan Ángel (2007): Informe resumen Proyecto CUTE/Cell. Madrid 2007, Director Técnico Equipos e Instalaciones EMT Madrid, Documento H2\_EMT-Madrid\_JuanAngelTerron\_2007.pdf, Proyecto CUTE (Clean Urban Transportation for Europe) del Sexto Programa Marco CE-IDET- UE, Comunicación de la Comisión Europea 29 de noviembre de 2000 [COM (200) 769 final], pp. 24-25.
- REAL DECRETO 837/2002 (2 de agosto de 2002): *Se regula la información relativa al consumo de combustible y a las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos nuevos que se*

- pongan a la venta o se ofrezcan en arrendamiento financiero en territorio español*, Boletín Oficial del Estado BOE núm. 185 de 3 de agosto, pp. 28851-56.
- REGLAMENTO (CE) 715/2007, (20 de junio de 2007): *La homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 5 y Euro 6) y sobre el acceso a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos*, Diario de las Comunidades Europeas DO L 171 de 29.6.2007, pp. 1/16.
- REES, William y WACKERMAGEL, Mathis (1996): *Nuestra huella ecológica: reduciendo el impacto humano sobre la tierra*, LOM Ediciones, pp. 23-30.
- REMAR - Red de Energía y Medio Ambiente. Guía Práctica N°9 (Junio 2009): *Estrategia de Gestión Sostenible*, Editado por Red REMAR, pp. 13-15, 28-30.
- SOCIEDAD DE TÉCNICOS DE AUTOMOCIÓN - STA (2011): *El vehículo eléctrico*, Ediciones Libbooks, pp. 17-19, 29, 82-89, 103, 110-119.
- SPEIGHT, James (2007): *Gas Natural HandBook*, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, Capítulo 1.1. Introducción. pp. 5.

## 12. Nomenclatura

- ACV, Análisis de Ciclo de Vida (LCA: Life Cycle Analysis, en inglés)
- CE, Certificado de Mercado Europeo
- CEPE, Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, en español (UNECE, United Nations Economic Commission for Europe)
- CO<sub>2</sub>, Dióxido de Carbono
- Foresta, Asociación Forestal de Castilla y León. Red Foresta
- GEI, Gases de Efecto Invernadero (GHG: Greenhouse Gas, en inglés)
- Ha, Hectárea
- HC, Hidrocarburos
- IDEA, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- ISO, International Standardization Organization
- KW, Kilovatios
- M1, Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas sentadas como máximo. Directiva 2001/116/CE de la Comisión, de 20 de diciembre de 2001.
- NO<sub>x</sub>, Óxidos de nitrógeno

ONU, Organización de las Naciones Unidas” (UN: United Nations, en inglés)  
PM, Partículas Metálicas en suspensión como resultado de la combustión  
SMC, Sistema Motor Combustión  
SME, Sistema Motor Eléctrico  
STR, Sistema de Tracción  
UE, Unión Europea  
UNE, Norma Española  
VDP, Vehículos Dependientes del Petróleo  
VE, Vehículo Eléctrico  
VH, Vehículos de Hidrogeno  
VIP, Vehículos Independientes del Petróleo  
VLE, Valores Límite de Emisión  
VSP, Vehículos Sustitutivos del Petróleo