
Paneles para puertas de automóviles

*Claes Fredriksson and Charlie Bream; Translated by Jone Muñoz (Universidad del País Vasco, Spain) Sept 2017
Granta Design, 300 Rustat House, 62 Clifton Rd, Cambridge, CB1 7EG UK*

*First published October 2015
© 2017 Granta Design Limited*



Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos.....	1
Resumen	1
1. ¿Cuál es el objetivo?	2
2. Cómo abordar el problema.....	2
3. El uso de CES EduPack para llevar a cabo la selección de materiales	2
4. Superficie de soluciones de compromiso y evaluación por comparación.....	5
5. Análisis y evaluación del estado real.....	6
6. ¿Cómo ayuda CES EduPack a entender el problema?	7
Referencias.....	7

Resumen

CES EduPack ofrece un enfoque racional y sistemático para la selección de materiales, el cual es esencial en ingeniería y diseño. Además, con el fin de fomentar la enseñanza y la formación, proporciona de forma clara los pasos que se deben seguir para realizar una buena selección de materiales. Cuanto más realista sea el caso práctico, más interesante será para los estudiantes. En este proyecto nos centramos en un ejemplo de selección de materiales y su posterior evaluación comparativa o *benchmarking* para fabricar paneles de puertas para automóviles utilizando polímeros con el propósito de reemplazar los paneles de acero existentes en los coches modernos.

Dentro del marco actual, la combinación de la ligereza y la reducción del impacto ambiental están obligando a muchas empresas a considerar nuevos materiales. La identificación de alternativas rentables con un rendimiento mecánico suficiente puede ser difícil, ya que la mayoría de los modelos de costos requieren información detallada sobre el componente que no está disponible en las primeras etapas del diseño.

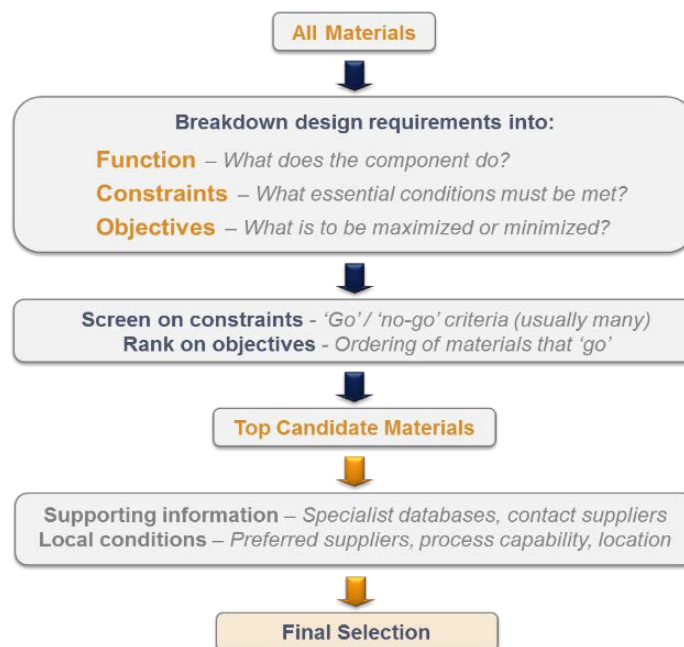
En este caso práctico, hemos investigado la reducción de peso o ligereza de un panel de puerta exterior automotriz. Inspirado por los paneles de plástico del coche *Smart ForTwo*, hemos estudiado la idoneidad de esta clase de material como sustituto del acero. El procedimiento de selección se describe en detalle y el resultado se compara con el material real utilizado en el coche.

1. ¿Cuál es el objetivo?

En la industria del automóvil, el uso de poliolefinas termoplásticas (TPO), como el polipropileno, ha aumentado significativamente en los últimos 10 años. Debido a sus atractivas propiedades, éstas están sustituyendo cada vez más a otros plásticos. En 1995, por ejemplo, sólo el 9% de los parachoques se fabricaban con TPO, sin embargo, en 2005 la cifra aumentó al 67%. Durante este mismo período, el consumo de policarbonatos y tereftalatos de polibutileno para esta misma aplicación disminuyó del 18% al 4%. ¿Son estos materiales adecuados para fabricar paneles de puertas para automóviles? Si no, ¿cuáles lo son? ¿Y cómo se comportan frente a otras alternativas? Trataremos de dar respuesta a estas preguntas en este caso práctico industrial avanzado utilizando CES EduPack.

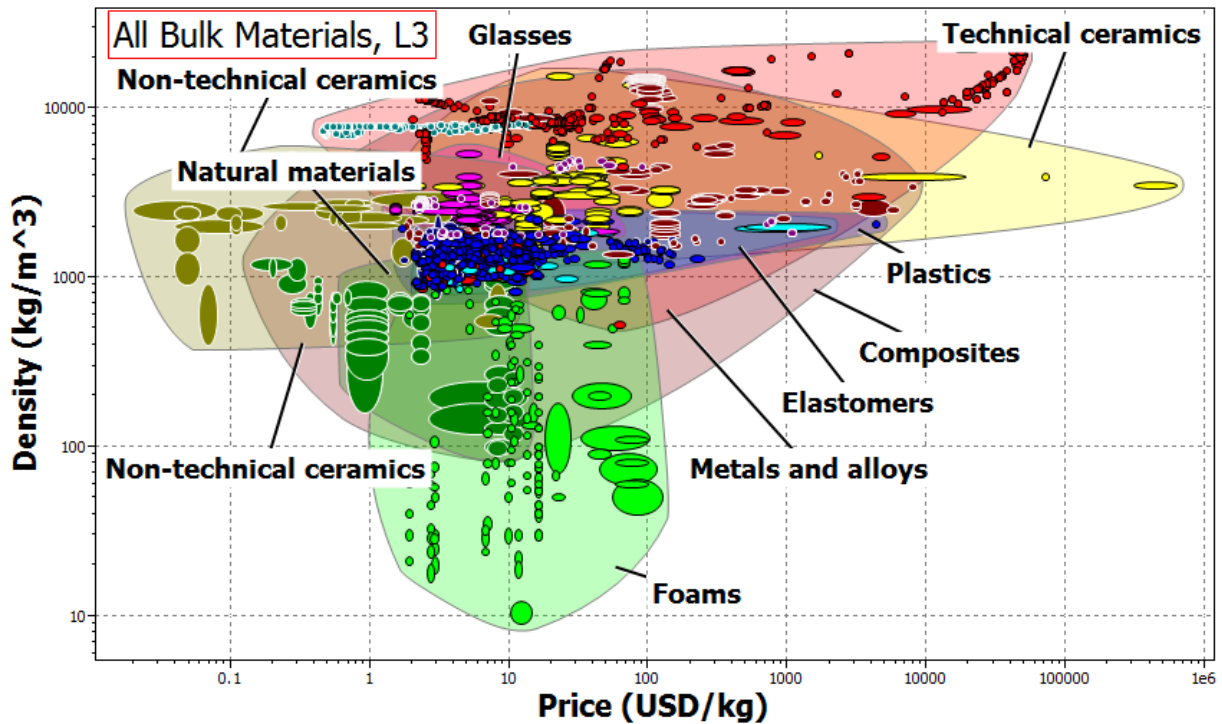
2. Cómo abordar el problema

CES EduPack ofrece un enfoque sistemático basado en el trabajo del Profesor Mike Ashby¹. Permite identificar materiales que cumplan los requisitos deseados y estudiar el compromiso entre diferentes objetivos. Esto permite que la elección de los materiales dentro de una amplia gama de información disponible se realice con conocimiento de causa, mientras se mantiene la trazabilidad para facilitar un debate crítico sobre las decisiones tomadas. A continuación, se muestra una descripción esquemática de un proceso típico de selección.



3. El uso de CES EduPack para llevar a cabo la selección de materiales

Para la selección partimos de la base de datos disponible en el Nivel 3 de CES EduPack, que contiene registros de casi 4000 materiales ingenieriles. No todos los materiales de este nivel son aptos para el panel de la puerta de un automóvil, por ejemplo, los materiales cerámicos son demasiado frágiles mientras que las espumas, las fibras y las partículas son estructuralmente inadecuadas. Un mejor punto de partida para la selección si queremos considerar una investigación realista e inicialmente abierta, sería trabajar con las carpetas que incluyan solo las aleaciones de metales férreos (aceros) y no férreos (metales ligeros), así como polímeros termoplásticos y compuestos. Éstos se podrían incluir en un subgrupo definido por el usuario (*define your own subset*) y así evitar trabajar con datos de materiales inadecuados durante el proceso de selección, ya que en este nivel se disponen de una gran variedad de materiales como se muestran en la siguiente figura. Esta figura muestra un gráfico con todos los materiales disponibles, **All Bulk materials**, en el Nivel 3.



Función:

La aplicación real de este caso es simplemente un **panel en flexión** limitado por la **rigidez** (no queremos que el panel se deflexione demasiado). Podemos generar un gráfico rápidamente que muestre la relación entre la masa y el coste. Para evitar el uso de materiales inadecuados mencionados en el apartado anterior, crearemos el gráfico utilizando el subconjunto **Custom** del conjunto de datos *MaterialUniverse*, utilizando "Create your own subset".

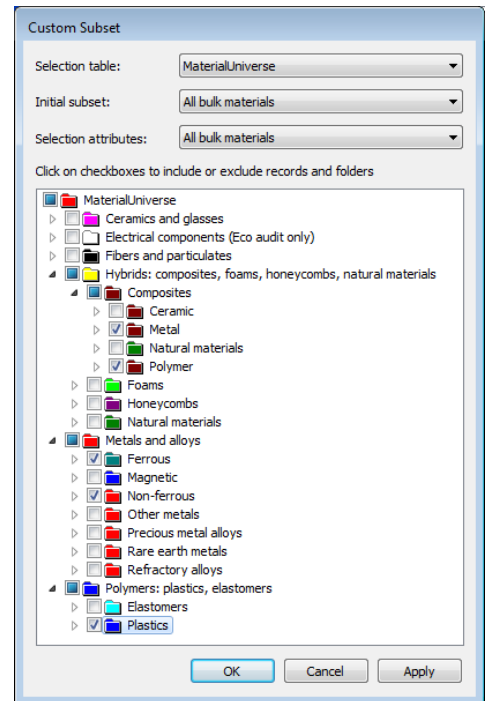
Restricciones:

Utilizando el programa CES EduPack comenzamos a filtrar los composites, metales y plásticos que cumplan algunos de los requisitos clave para diseñar el panel (resistencia, máxima temperatura de servicio, resistencia al agua etc.). Los materiales que superen las restricciones, resumidas a continuación, aparecerán interactivamente en el gráfico de propiedades de los materiales, haciendo que la elección no sea tan tediosa.

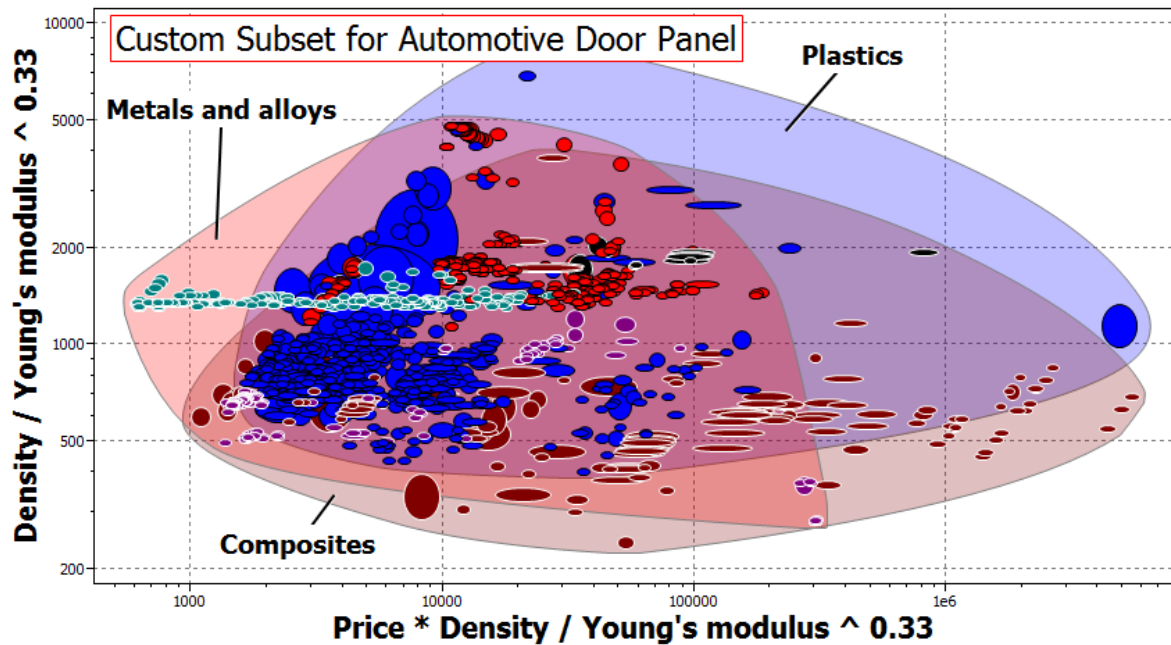
Las restricciones consideradas para el panel de la puerta del automóvil son:

Lista de restricciones

- Resistencia a la Temperatura (-15°C a +90°C)
- Adecuada resistencia a la fluencia o límite elástico > 22.4MPa
- Tenacidad a la fractura > 1.17MPam^{0.5}
- Resistencia al agua, gasolina (disolventes orgánicos) > (aceptable/excelente)
- Fabricado por procesos de conformado de composites, chapa plana o moldeo.



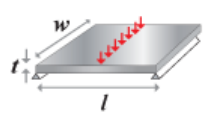
El subconjunto personalizado y objetivos antes de la aplicación de las restricciones:



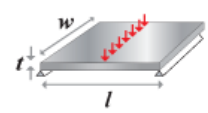
Objetivos:

La tabla de índices de rendimiento comunes se puede encontrar pulsando el botón de ayuda, **CES Help**, que se encuentra en la barra de herramientas principal del programa. Para conseguir un **bajo coste** y **ligereza** en un diseño en la que la rigidez está limitada, debemos minimizar: $M1 = \rho / E^{1/3}$ (masa) y $M2 = C_m \rho / E^{1/3}$ (Coste). Ambos objetivos se representan en el eje-Y y eje-X, respectivamente (véase la gráfica de arriba). Con el fin de buscar los valores más bajos, es conveniente fijarse en los materiales que se sitúan cerca del origen del gráfico de propiedades, por eso elegimos *Minimizar* los índices de rendimiento (véase las tablas de abajo).

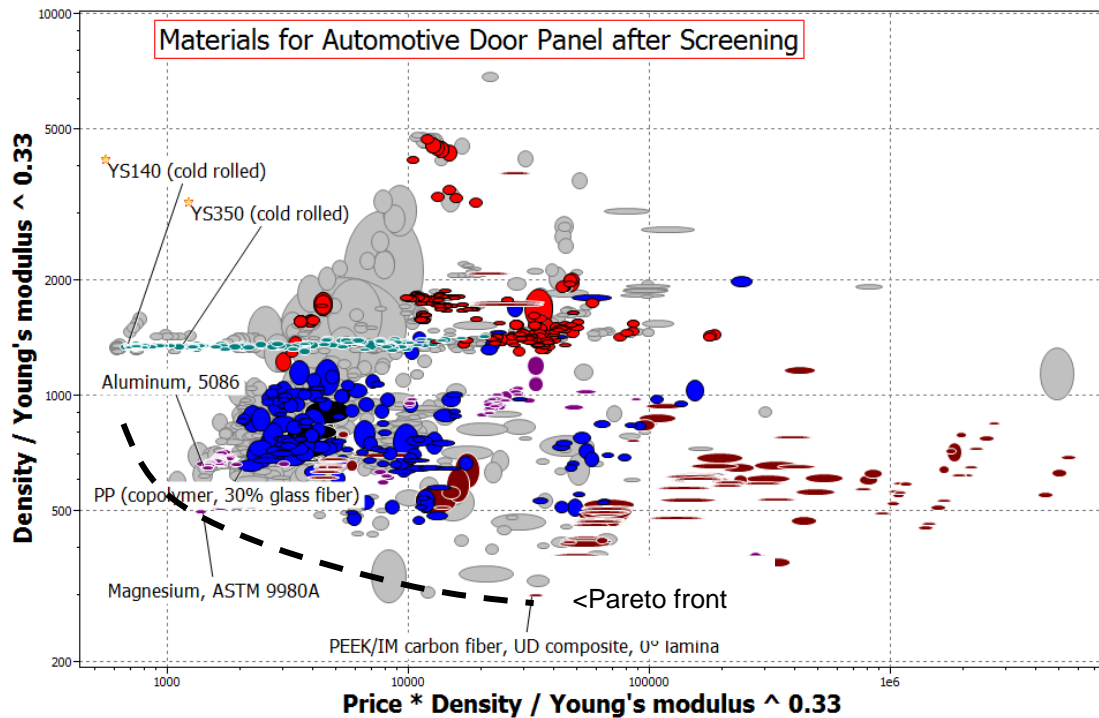
Stiffness-limited design at minimum mass

FUNCTION AND CONSTRAINTS ¹		MAXIMIZE ²	MINIMIZE ²
Panel in bending		$E_t^{1/3} / \rho$	$\rho / E_t^{1/3}$

Stiffness-limited design at minimum cost

FUNCTION AND CONSTRAINTS		MAXIMIZE ¹	MINIMIZE ¹
Panel in bending		$E_t^{1/3} / C_m \rho$	$C_m \rho / E_t^{1/3}$

Resultados:



A continuación, se muestra el gráfico resultante después de haber filtrado los materiales (en color gris):

4. Superficie de soluciones de compromiso y evaluación por comparación

Entre los materiales que superan el filtro, los más “adecuados” son aquellos que se sitúan a lo largo del Frente de Pareto, que es una línea límite imaginaria que se sitúa en el borde inferior izquierdo del gráfico de burbujas (línea discontinua). Esta línea representa la superficie de soluciones de compromiso y en ella podemos diferenciar por colores los diferentes tipos de materiales: termoplásticos, compuestos y aleaciones de metales férreas y no férreas. Los polímeros (en azul) son materiales atractivos comparables al aluminio si la ligereza es importante. Los materiales compuestos (en marrón) son favorables si el peso o ligereza es muy importante y no tanto el coste.

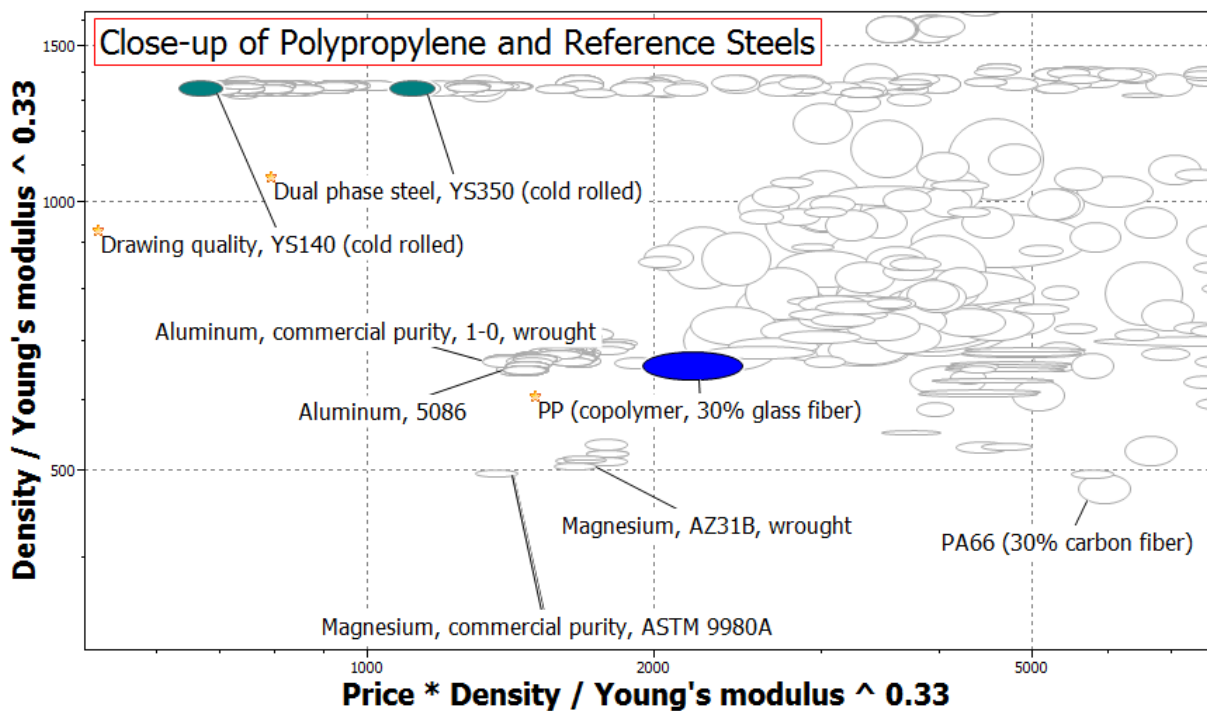
Con el fin de comparar estos resultados con los típicos paneles de acero, se puede realizar una búsqueda de "**paneles de puertas para automóviles**" (*automotive door panels*) utilizando la función de búsqueda de CES EduPack. Esta búsqueda tiene como resultado 18 registros de MaterialUniverse. Entre ellos, el **Acero Embutible, YS140 (laminado en frío)** y **Aceros Dual Phase, YS350 (laminados en frío)** son buenos ejemplos para este caso. Estos están marcados como materiales de referencia con una estrella en el gráfico anterior. Ambos se encuentran en la carpeta de Microaleaciones y Aceros de alta resistencia (*Microalloy and high strength steels*) que a su vez están dentro de la carpeta principal Metales y Aleaciones férreas (*Ferrous Metals and Alloys*).

En el gráfico, los materiales de referencia se pueden marcar como **Favoritos** haciendo clic con el botón derecho en estos registros. Gracias a la opción de Favoritos (*Favourite*) y Resaltar (*Highlight*) hace que sea fácil comparar las propiedades de los polímeros con los materiales de referencia. Los paneles de acero y aluminio son difíciles de superar cuando hablamos de precio.

5. Análisis y evaluación del estado real

Los enfoques tradicionales para la selección de materiales se basan a menudo en materiales utilizados previamente en la experiencia de un ingeniero o de un compañero o un proveedor. Esto puede funcionar. ¿Pero da un resultado repetible, auditable, o acaso es el mejor para la aplicación? Para aplicaciones con múltiples requisitos y criterios de selección complejos, estas opciones pueden no ser óptimas. La falta de un fundamento sistemático para la decisión también puede causar problemas si el diseño es auditado o cuando necesita ser refinado. Un material adecuado cumplirá las restricciones al mismo tiempo que maximizará o minimizará los objetivos.

Algunos metales ligeros como el aluminio y el magnesio tienen un mejor rendimiento que los aceros en lo que respecta a la ligereza. Entre los plásticos, el polipropileno (PP) reforzado con un 30% de fibra de vidrio parece ser el mejor. Este resultado es muy próximo al polímero real elegido para el coche **Smart** representado en la portada. De hecho, Borealis ha desarrollado un material de PP para paneles de puertas. Se trata de un PP reforzado con un 20% de refuerzo mineral (Talco), se eligió este material porque ofrece un mejor acabado superficial que el PP reforzado con fibra de vidrio. El acabado superficial, por supuesto, es un atributo estético muy importante que puede ser considerado en el proceso de selección.



El **Smart ForTwo** se ha convertido en el primer automóvil fabricado en serie que utiliza paneles de cuerpo enteramente fabricados de polipropileno (PP). Para fabricar las piezas, el proveedor de Smart, **Plastal** (Kungälv, Suecia, www.plastal.com) utiliza el nuevo material desarrollado por **Borealis** (Viena, Austria; www.borealisgroup.com) que consiste en un composite de poliolefina termoplástica (TPO) denominado "Daplen ED230HP". Se está utilizando ya una versión ligeramente diferente del material compuesto en el portón trasero del **Renault Modus** y también en el revestimiento trasero del **Citroën C2**.

6. ¿Cómo ayuda CES EduPack a entender el problema?

CES EduPack produce de forma interactiva resultados cuantitativos y altamente visuales que, combinados con la experiencia en materiales de un docente, pueden ayudar a enseñar el proceso de diseño y cómo tomar buenas decisiones de materiales.

CES EduPack ayuda a sugerir las siguientes conclusiones:

- *Materiales lógicos: Al, Mg, CFRP y PP son favorablemente comparables a los materiales de referencia, en este caso el acero, con respecto al rendimiento de masa.*
- *El copolímero de polipropileno con fibra de vidrio es la mejor opción en cuanto a ligereza y precio entre los polímeros, pero se precisan cálculos de elementos finitos (FEA) para estimar la reducción de peso total.*
- *Se consideraron los composites de PEEK con fibra de carbono (por ejemplo, Endolign). Estos darían como resultado una reducción sustancial de volumen en comparación con PEEK sin cargas. Sin embargo, esta opción parece ser muy costosa.*

La base de datos de MaterialUniverse, utilizada hasta el momento, proporciona datos genéricos de propiedades de los materiales, lo que permite identificar las mejores opciones entre los materiales que forma la gama completa de posibilidades. El siguiente paso puede ser utilizar una base de datos especializada, como CAMPUS Plastics, que proporcione información más detallada sobre el grado de los materiales específico del fabricante.

Referencias

1. For example, in Ashby, M.F. (2005) "Materials Selection in Mechanical Design", 3rd edition, Butterworth Heinemann, Oxford, UK. ISBN 0-7506-6168-2.
2. Press release from polymer manufacturers: <http://www.plasteurope.com/news/detail.asp?id=2095>