

**Certification  
Technological Center**

Campus de la UAB  
Apt. Correos 18  
08193 Bellaterra (Barcelona)  
T 93 567 2000  
F 93 567 2001  
ctc@appluscorp.com  
www.applusctc.com  
www.appluscorp.com

**Applus<sup>+</sup>**

**Bellaterra :** 16 de Septiembre de 2005

**Expediente número :** 5029391

**Referencia del Peticionario :** **DESLI-BLOC, S.L.**

Polígono Industrial "Les Fonts"  
Av. Tarragona, 177  
08720 VILAFRANCA DEL PENEDÈS  
(Barcelona)

A la atención del Sr Eduardo Pascual Barberà

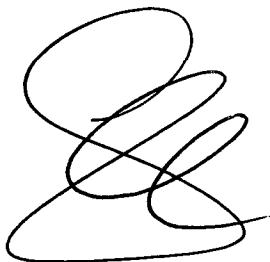
**ASUNTO SOLICITADO**

Comentarios técnicos en referencia a la cuestión planteada por el Peticionario en cuanto a "la combinación óptima de materiales para un sistema de rodadura (constituido por un rail de acero F-114 y ruedas de acero o bien de fundición) en vistas a obtener una mejor resistencia al desgaste y a la rotura".

**ANTECEDENTES**

De forma previa al desarrollo de los comentarios que siguen a continuación, debemos recordar que, como es bien sabido, la resistencia al desgaste no es una propiedad intrínseca de los materiales. El desgaste de un material implica un daño por deformación y/o remoción del material debido al movimiento relativo entre su superficie y una o más sustancias en contacto. Por lo tanto, existe una gran cantidad de mecanismos de desgaste posibles, combinados o no, así como las más diversas formas de daño resultantes para un determinado sistema de materiales y unas determinadas condiciones de trabajo.

De este modo, también en el caso que nos ocupa (sistema rueda-riel), no sería admisible limitarse a una clase de desgaste metal contra metal por rodadura, puesto que, por ejemplo, el desgaste por deslizamiento también tiene una gran influencia en el desempeño de estos sistemas, sobre todo, por el deslizamiento en pistas curvas.



La reproducción del presente documento sólo está autorizada si se realiza en su totalidad.  
Sólo tienen validez legal los informes con firma original o sus copias compulsadas.  
Este documento consta de 3 páginas de las cuales 0 son anexos.

En este sentido, debemos señalar claramente que, los comentarios siguientes han sido elaborados en base a las consideraciones generales de resistencia al desgaste vía mecanismos de adhesión y/o abrasión. Sin embargo, también debemos indicar que, para la mayoría de estos sistemas, la relación y/o proporción deslizamiento/rodadura puede desembocar, principalmente, en un mecanismo de fallo por fatiga de contacto por rodadura y bajo aquellas condiciones concretas de servicio que así lo favorezcan.

### COMENTARIOS TÉCNICOS

Las condiciones de rodadura y deslizamiento para un sistema rueda-riel están directa y principalmente influenciadas por las propiedades de los materiales, las propiedades de diseño y las condiciones de operación y/o trabajo. Así, las características más relevantes en cuanto a los materiales se refiere son sus propiedades y/o pseudopropiedades mecánicas (resistencia mecánica, dureza y ductilidad) y su microestructura (considerando tanto su estado de tratamiento térmico como su grado de limpieza en base a su contenido en microinclusiones no metálicas).

La dureza de los metales es uno de los parámetros más importantes a considerar en cuanto a la selección de los mismos para una óptima resistencia al desgaste. En este sentido, a priori, la comparación de los valores de dureza indicará un comportamiento relativo al desgaste entre los diferentes metales, especialmente en los casos de deslizamiento metal contra metal.

Sin embargo, si bien la resistencia al desgaste tiende a incrementarse con la dureza, también tiende a decrecer a medida que la tenacidad del material aumenta siendo ésta una relación a tener en cuenta para aplicaciones que requieren tanto una buena resistencia al desgaste como una buena resistencia al impacto.

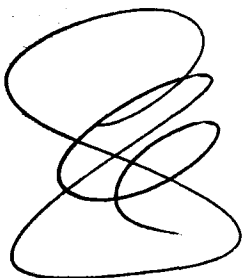
Por lo tanto, la dureza por si sola no permite determinar una selección óptima de material para una determinada aplicación y puesto que, tal como ya ha sido mencionado, existen otros factores a considerar en cuanto a la resistencia al desgaste siendo la microestructura uno de los más importantes.

En nuestro caso, a tenor de la información facilitada por el Peticionario, los materiales involucrados en el sistema son un raíl de acero de matriz perlítica de bajo-medio contenido en carbono que debe trabajar bajo condiciones de rodadura/deslizamiento frente a una rueda de acero o bien una rueda fundición. Ambas opciones de selección incluyen una inmensidad de posibilidades, por lo tanto, sólo es posible practicar comentarios generales como son los que siguen a continuación:

- ⇒ Las fundiciones han sido y son los materiales empleados por excelencia para aplicaciones que requieren un bajo coste y, entre otras, una excelente resistencia al desgaste. Además, entre la gran variedad de familias posibles, las fundiciones dúctiles y/o nodulares de matriz perlítica presentan una excelente resistencia al desgaste por deslizamiento para la mayoría de aplicaciones tribológicas, así como una gran resistencia mecánica, ductilidad, resistencia al impacto y resistencia a la fatiga. Éstas fundiciones son las que presentan propiedades más próximas a los aceros.
- ⇒ En el caso de los aceros, entendiéndose que la opción mencionada por el Peticionario es el posible uso de un acero no aleado de bajo/medio contenido en carbono (descartando así el posible uso de acero aleados y/o tratados y/o especiales), los aceros perlíticos son también materiales baratos que exhiben una razonable resistencia al desgaste bajo ciertos niveles de dureza.

En este sentido, los ensayos de desgaste por deslizamiento indican que, la resistencia al desgaste abrasivo aumenta considerablemente por encima de valores de dureza de 250 unidades HV30. Por otro lado, en cuanto a la microestructura del acero, los ensayos por deslizamiento indican que la mayor resistencia al desgaste adhesivo se obtienen para microestructuras de perlita fina.

... / ...



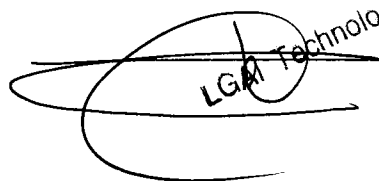
### CONCLUSIONES

En referencia a la cuestión planteada por el Peticionario en cuanto a "la combinación óptima de materiales para un sistema de rodadura (constituido por un raíl de acero F-114 y ruedas de acero o bien de fundición) en vistas a obtener una mejor resistencia al desgaste y a la rotura", a tenor de la bibliografía disponible y consultada, no nos es posible discernir de forma absoluta entre las dos opciones planteadas y puesto que, dentro de la amplia gama de materiales disponibles en ambos casos, la cual hemos intentado acotar bajo las recomendaciones expresadas en el apartado anterior, **consideramos que, ambas opciones se presentan, a priori y de forma cualitativa, igualmente válidas.**

Además, los datos publicados en cuanto a ensayos de desgaste de los materiales son prácticamente imposibles de comparar y/o correlacionar con el sistema que nos ocupa y debido al hecho que tanto las condiciones experimentales como los tipos de ensayo existentes son significativamente distintos. Además, entre los datos publicados disponibles, en ningún caso hemos podido cotejar resultados de ensayos comparativos para fundiciones nodulares de matriz perlítica y aceros de bajo/medio contenido en carbono.

En este sentido, creemos oportuno indicar que, aunque para la mayoría de los sistemas que trabajan en condiciones de desgaste la selección de los materiales se lleva a cabo, principalmente, en base a la experiencia adquirida, si bien los ensayos de desgaste en laboratorio sólo proveen de una solución parcial, dichos ensayos realizados bajo las condiciones experimentales adecuadas permiten obtener unos resultados que son comparativos y, en general, correlacionables con las condiciones de operación.

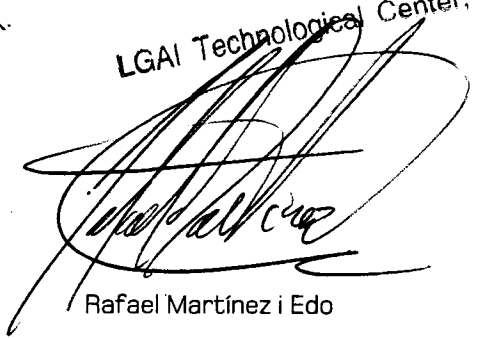
Finalmente, en cuanto a la resistencia a la rotura de los materiales indicados, el mismo Peticionario expresa que "[bajo la opción de rueda de acero] conseguimos una resistencia por rueda de 1250 Kg" mientras que "[bajo la opción de rueda de fundición] no supera los 600 kg por rueda". En este sentido, entendiendo que dichos resultados han sido obtenidos, presumiblemente, mediante ensayos de carga del producto final (con las implicaciones de diseño, es decir, geometría, forma y acabado que se derivan), en lo que se refiere únicamente a la resistencia mecánica del material, debemos señalar que, entre los aceros de matriz perlítica y las fundiciones nodulares de matriz perlítica,, partiendo de durezas más o menos equivalentes, en general, se consigue una mayor resistencia en el caso de los aceros (en un intervalo aproximado de 700 a 900 MPa) con respecto al caso de las fundiciones (entre 600 y 800 MPa).

  
LGA Technological Center, S.A.

Antoni Solà i Lorente

Responsable Área Industria/Transporte  
División Materiales y Procesos Industriales

LGA Technological Center, S.A.

  
LGA Technological Center, S.A.

Rafael Martínez i Edo

Project Manager Actividad de Mecánica  
División Materiales y Procesos Industriales

LGA Technological Center, S.A.

Los resultados se refieren a la muestra, producto o material enviados al Laboratorio, tal como se indica en el apartado correspondiente a la descripción del material ensayado y ensayado en las condiciones indicadas en este documento.