

Reportaje especial

Carrera por la innovación: captación de posición digital para Land Rover BAR en la Copa América

Los yates de competición de la clase Copa América (America's Cup Class) utilizan un innovador tipo de vela denominada ala-vela. Funciona como el ala de un avión y genera una 'elevación' que hace avanzar el barco. El ala utilizada en el yate de competición 'Rita' de Land Rover BAR (nombre en clave R1) tiene una superficie de navegación de 103 m² y una altura de 23,5 m, equivalente al ala de un avión A320. Obviamente, existen diversos y variados retos de ingeniería en el diseño y la fabricación de un ala gigante funcional con varias partes móviles que, además, garantice la potencia necesaria con el mínimo peso. El R1 es un catamarán de la más avanzada tecnología, que literalmente vuela sobre el agua sobre un par de patines hidrodinámicos. Este diseño de navegación ha elevado este deporte a unos niveles espectaculares.

Renishaw, la empresa tecnológica internacional de ingeniería, forma parte del Grupo de innovación tecnológica de Land Rover BAR. El objetivo del grupo es reunir la mejor tecnología británica para conseguir la victoria y llevarse a casa la Copa América. Es un reto enorme, distinto a cualquier otro en el mundo de la vela.

En el R1, todas las superficies de control se accionan mediante activadores hidráulicos. La presión hidráulica es generada por el sudor y el esfuerzo de los 'grinder' de la tripulación, que giran las manivelas especiales. Cuando Land Rover BAR observó que la precisión del control podría verse afectada por el complicado recorrido de carga entre el activador y la superficie de control, pensaron en medir los movimientos de la superficie de control directamente y, entonces, solicitaron la asistencia de Renishaw.

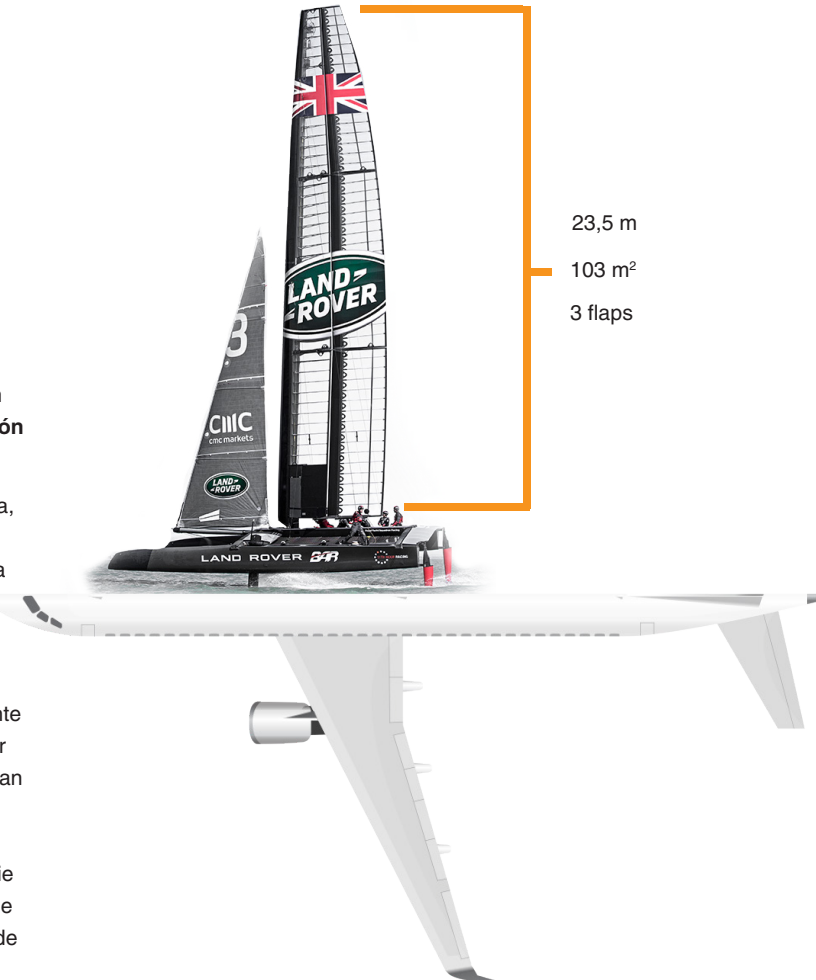
El director técnico Dr. Finlay Evans y su equipo han diseñado un sensor de posición especial (encóder) para las superficies de control de los 'flaps' del ala, que facilita una captación de posición directa mucho más precisa. De este modo, el timonel y los regatistas pueden tripular el velero con más precisión, mientras capturan datos de rendimiento de alta precisión durante los entrenamientos y la competición.



Dr. Evans explica:

¿Cuál es su experiencia en Renishaw?

Soy director técnico y llevo 17 años en Renishaw. Mi formación es sobre dinámica: ingeniería mecánica. Gran parte de mi trabajo anterior ha transcurrido en I+D, en busca de nuevas ideas y tecnologías, uno de los motivos que me atraen de este proyecto.



Land Rover BAR regata comparado con un Airbus A320

¿Qué representa Renishaw para usted?

Renishaw es única: con un historial de cuarenta años y una posición de liderazgo entre las firmas de ingeniería del Reino Unido. Es un excelente lugar de trabajo, sinceramente, y simboliza el diseño y la fabricación de alta tecnología por los que Land Rover BAR confía en nuestra capacidad para lograr sus objetivos.

¿Qué encóderes lleva el yate de competición R1 y que función desempeñan?

Hay cuatro encóderes instalados, que se encuentran en el ala principal. Uno en la parte superior, dos en el centro del ala y uno en la parte inferior. Un quinto encóder está montado en el casco, en la base del mástil. Los encóderes del ala miden el giro del flap de abajo arriba, y el del mástil, determina el ángulo de ataque del conjunto completo del ala. Además, hay otros dos en el casco encargados de medir las posiciones de los timones de babor y estribor.

En la actualidad, estos barcos pueden alcanzar los 96 km por hora, y generan nubes de agua de gran impacto. Las condiciones en agua salada y el contacto continuo con el agua del mar exigen un robusto sellado del sensor y los circuitos electrónicos del encóder, principalmente en los más próximos a la línea del agua.

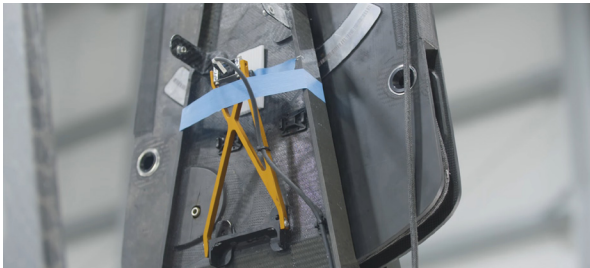
¿Podría describir cómo funcionan los flaps del ala-vela?

Una vela tradicional es una hoja curvada de material con un mástil sobre el que fluye el aire. El ala tiene una aerodinámica muy parecida a la de un aeroplano, con un flap que pivota en ambas direcciones, dependiendo del ángulo del viento relativo a la dirección prevista. Para activar los flaps, hay tres principales, se tira de las placas de control de flap, denominadas 'hammerhead' (cabeza de martillo), a la izquierda y a la derecha mediante líneas de control internas. En cuanto al encóder, se monta una regla de arco parcial en la parte móvil del flap, mientras que la cabeza del sensor se monta en el nervio del ala. En el timón utilizamos la misma tecnología – los mismos bloques de construcción – que hemos creado para fines similares.

¿Por qué se colocan encóderes de posición en las superficies de control?

Los activadores ya se emplean para mover las superficies de control, pero no se colocan necesariamente en el mismo lugar, ya que las superficies de control y las cuerdas (líneas) se usan para transferir las fuerzas de activación. Las mediciones de posición se realizaban inicialmente en los activadores, aislados, con muchos requisitos de conformidad entre el mecanismo de activación y la superficie de control.

Al colocar los encóderes directamente en la superficie de control, o lo más cerca posible, se consigue una lectura mucho más precisa de su posición angular.



Encóderes instalados en una cabeza de martillo 'hammerhead' (placa de control de flap)

¿Por qué se han elegido encóderes magnéticos en vez de, por ejemplo, ópticos?

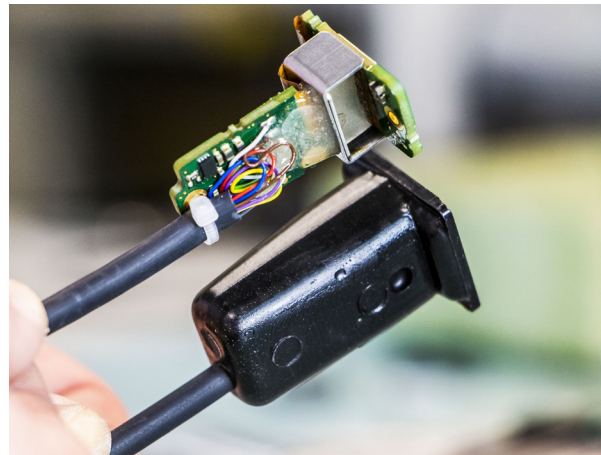
Las condiciones marinas son muy extremas para los encóderes de precisión. Teníamos la posibilidad de elegir la tecnología óptica o magnética.

Teniendo en cuenta la influencia de los fuertes vientos y las nubes de agua salada salpicando por todas partes, los encóderes ópticos abiertos supondrían un gran desafío, ya que es necesario mantener despejada la trayectoria óptica. Por consiguiente, los encóderes magnéticos eran la única alternativa viable. Estos encóderes pueden sellarse



El yate R1 en Bermuda

completamente para ofrecer una resistencia mucho mayor a la contaminación, imprescindible para esta aplicación. La protección frente a este entorno hostil ha sido una de las principales razones para esta elección. Otros motivos han sido las limitaciones de espacio alrededor de los sobrecargados nervios del ala. Con los módulos LinACE™ de nuestra empresa asociada RLS, hemos podido diseñar un nuevo encóder que requiere un orificio más pequeño en el nervio del ala. Hemos superado 3 de las principales limitaciones técnicas de diseño de un encóder encapsulado, tamaño reducido, sellado ambiental y anillo giratorio integrado para mantener la posición de la placa de encóder de arco parcial.



LinACE™, de nuestra empresa asociada RLS, en una carcasa impermeable

¿Cómo funcionan los encóderes magnéticos?

En este caso, se coloca un imán en la parte trasera de una disposición de sensores Hall combinada con una regla ferromagnética, que lleva una serie de líneas (ranuras) grabadas. Las ranuras de la superficie de la regla producen cambios en el campo magnético local, de forma que, cuando el sensor pasa por encima de ella, los sensores Hall detectan un patrón de movimiento, que luego se convierte en una medición de posición. Puesto que el patrón de las ranuras de la regla es único, puede determinarse la posición absoluta en cualquier punto de esta. El conjunto del cabezal del sensor está completamente encapsulado para proteger sus sensibles microcircuitos electrónicos de las inclemencias.

La capa de polímero externa protege la superficie sobre la que la regla hace contacto, para garantizar la altura de paso correcta. Los encóderes magnéticos no se alteran con el encapsulado.

¿Podría describir los pasos principales del proceso de diseño?

El proceso de diseño se basó principalmente en los requisitos del encóder. En la parte alta del ala, una cantidad mínima de masa supone una gran diferencia en el rendimiento y la estabilidad del barco. En primer lugar, se tuvo en cuenta el espacio: las restricciones de espacio eran importantes, ya que las superficies de activación están en pequeños espacios con distancias libres reducidas. Por otra parte, el ala, de aproximadamente 24 m de altura, está diseñada para girar a distintos grados y alturas por motivos aerodinámicos. Nos enfrentamos al hecho de que, cuando la placa de la regla instalada en la cabeza de martillo 'hammerhead' se mueve, también gira desplazada, debido al giro del ala. Nuestros encóderes tradicionales están diseñados para soportar pequeñas alturas de paso moderadas en ejes lineales o rotatorios regulares. En este caso, los requisitos de precisión de medición sobre el arco son más ajustados, ya que este no solo se desplaza axialmente, sino que también se tuerce mientras gira. Había que encontrar la forma de mantener la exactitud de la medición en todo el movimiento de torsión y ladeo desplazado. Podría decirse que los sensores magnéticos son la mejor tecnología en cuanto a resistencia a la contaminación, aunque la tolerancia de altura de paso es muy estrecha, teniendo en cuenta el movimiento que debe soportar en un barco con un ala de este tamaño.

Conscientes de que los requisitos de Land Rover BAR eran el aspecto más importante, pero limitados por la falta de tiempo, tuvimos que elegir la tecnología de los bloques de construcción que ya hemos utilizado en los encóderes comerciales existentes. Los requisitos de espacio y geometría del ala han sido determinantes para el diseño. Cada pieza suponía un verdadero reto; empezamos con un módulo diseñado para un encóder lineal, utilizado sobre un eje cromado de precisión con ranuras cuidadosamente grabadas bajo la superficie. Había que descifrar efectivamente el código e incrustarlo en una superficie plana con ranuras de distintas formas sobre un arco, todo mediante un nuevo proceso y confiando en que el arco plano resultante de la regla funcionara a la primera.

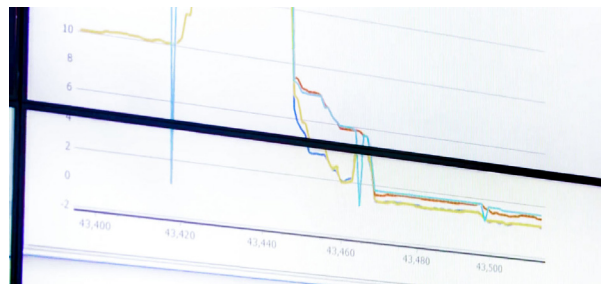


La solución de encóder

Encapsulamos un módulo existente LinACE™ de nuestra empresa asociada RLS en una nueva carcasa impermeable, algo que no se había hecho anteriormente, para que pudiera resistir en el nuevo ambiente de funcionamiento. De este modo, conseguimos una carcasa de encóder con el tamaño mínimo suficiente para funcionar con las exigentes restricciones de espacio en los sobrecargados nervios del ala. También había que buscar una solución que permitiera que la pieza de la regla pudiera girar y moverse sin provocar errores significativos al mover el sensor.

¿Cuál fue la solución?

Creamos un mecanismo de junta cardán para el sensor que permitía que la regla de arco parcial girase fuera de su plano de rotación sin provocar imprecisiones. Diseñamos una horquilla de aluminio especial con un montaje de yugo para sujetar la cabeza lectora con gran precisión, que permitía movimientos de ladeo y cabeceo. La horquilla se sujeta en la estructura estática del ala. Este montaje de encóder completo proporciona una lectura mucho más exacta de la posición de cada flap que al intervenir en los movimientos del activador.



El análisis de rendimiento

¿Cuál es el principal reto al que se ha enfrentado y de qué se siente más orgulloso?

Todos los aspectos de diseño [el nuevo proceso de fabricación de la regla, encapsular un alojamiento de plástico del encóder, la junta cardán del soporte, el anillo giratorio y la resistencia a las inclemencias del tiempo] han sido cruciales para el éxito del sistema de encóder completo. Un fallo en cualquiera de estos elementos habría impedido entregar el encóder dentro de los plazos exigidos. Estos bloques de fabricación son en realidad mini-proyectos individuales y el principal reto ha sido conseguir que cada uno de ellos funcionase correctamente a la primera. Para encontrar la forma de agrupar todos estos elementos correctamente dentro de unos plazos de entrega tan cortos, hemos contado con la rápida respuesta de nuestros colegas de RLS en Eslovenia y nuestras propias instalaciones de fabricación. Me siento orgulloso de lo que hemos logrado.

¿Cómo se usa la retroalimentación de posición?

La retroalimentación de posición de los encóderes se utiliza en tiempo real, pero además se realizan gran cantidad de análisis y es ahí donde las eficiencias y precisiones generales se analizan y mejoran.

Para más información, visite www.renishaw.es/racetoinnovate