

PRODUCTOS

E53 El aerogenerador ENERCON E-53, desarrollado para emplazamientos con velocidades de viento medias, garantiza los mejores valores de producción gracias a un mayor diámetro de rotor y un concepto de pala de rotor eficiente.



E70 Con el E-70, ENERCON continúa con su larga y exitosa carrera dentro del campo de los 2 MW. Concebido especialmente para emplazamientos con velocidades de viento elevadas, el E-70, con 2,3 MW de potencia nominal y numerosas variantes de torre de acero o de hormigón, alcanza la máxima producción dentro de su rango de potencia.



E82 Concebido especialmente para velocidades de viento medias, el ENERCON E-82, con su gran diámetro de rotor y con sus diferentes variantes de torre hasta 138 m de altura de buje, garantiza, también en zonas de interior, valores de producción óptimos dentro de la clase de 2 MW.



ENERCON GmbH · Spain
València Parc Tecnològic
Av. Juan de la Cierva, 27
46980 Paterna (València) · SPAIN
Phone +34 961 36 64 61 · Fax +34 961 36 64 69

ENERCON GmbH · Dreekamp 5 · 26605 Aurich · Germany · Phone +49 4941 92 70 · Fax +49 4941 92 71 09 · www.enercon.de

Nos reservamos el derecho de realizar modificaciones técnicas, Estado 03/07.



AEROGENERADORES ENERCON
TECNOLOGÍA Y SERVICE





A LA VANGUARDIA GRACIAS A LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

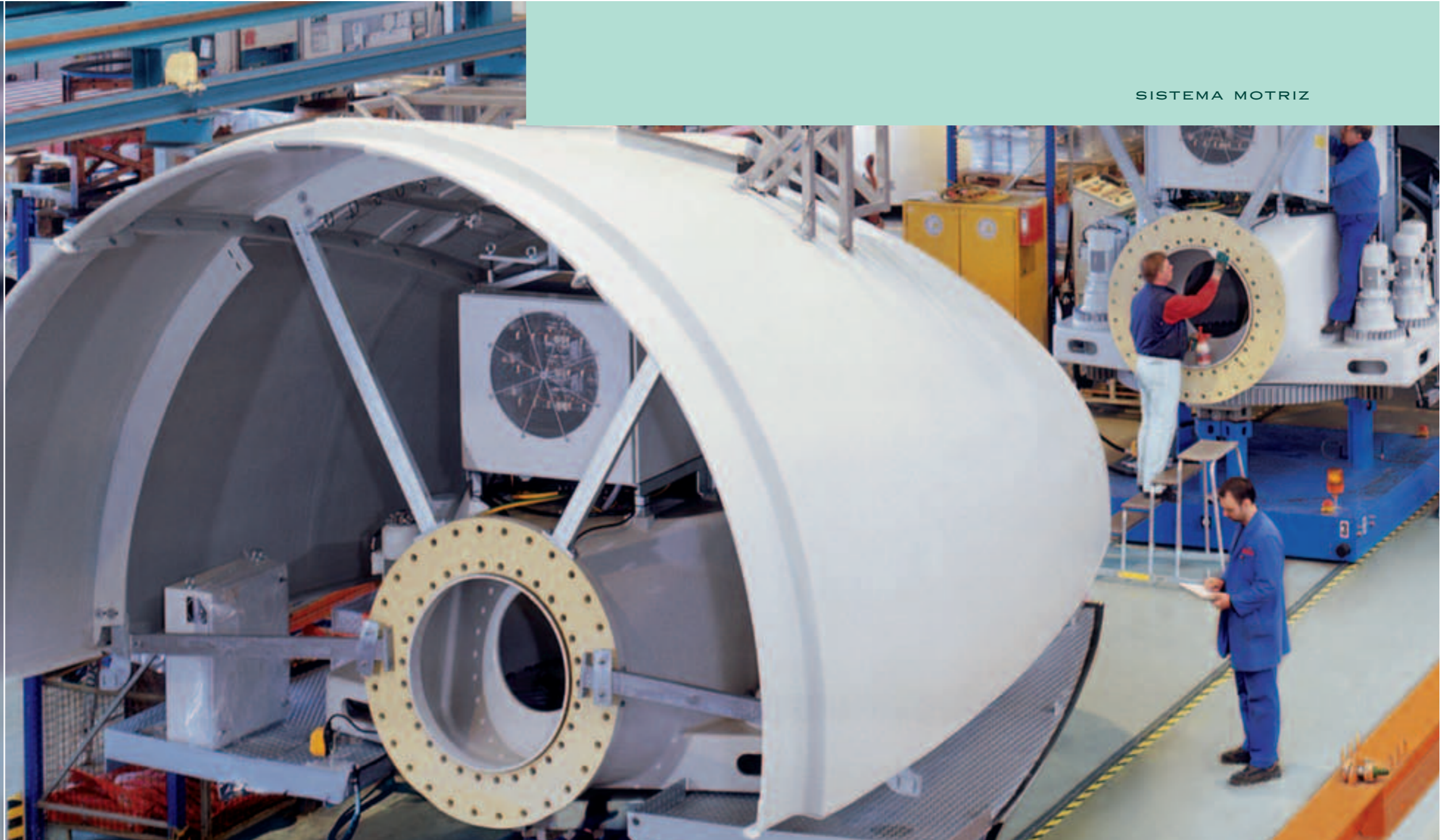
Al fundar la compañía en 1984, el ingeniero Aloys Wobben ponía en marcha lo que sería el éxito tanto económico como ecológico de ENERCON. Todo empezó cuando un pequeño equipo de ingenieros desarrolló el primer E-15/16 con 55 kW de potencia nominal. Durante los primeros años se utilizaron sistemas con multiplicadora; pero fue en el año 1992 y con el ENERCON E-40/500 kW cuando se dio el salto a la tecnología sin multiplicadora. El innovador sistema motriz formado por pocos componentes rotatorios permite obtener un flujo de energía sin apenas rozamientos. La potencia y la fiabilidad de este sistema son modélicas. Las cargas mecánicas, los costes y los mantenimientos preventivos se ven reducidos, mientras que la vida útil del aerogenerador aumenta.

Esta concepción del aerogenerador se ha vuelto característica para todos los aerogeneradores ENERCON. Nuevas generaciones de aerogeneradores surgen del continuo desarrollo de todos los componentes y se ofrecen al cliente como un producto tecnológicamente bien perfeccionado. La nueva geometría de la pala de rotor introducida en el 2004 es un ejemplo de la innovación tecnológica más novedosa ya que aumenta los valores de producción de manera significativa, disminuye las emisiones de ruido y reduce las cargas que afectan al aerogenerador.

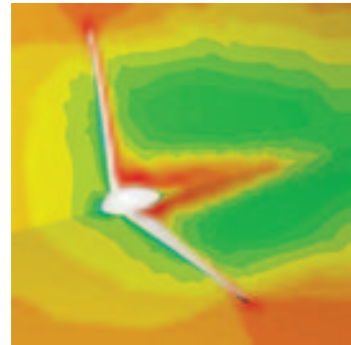
Todos los aerogeneradores ENERCON disponen de un sistema de alimentación de red que cumple con los requisitos de conexión a red más novedosos y que puede integrarse sin problemas en todas las estructuras de suministro y distribución. El concepto ENERCON ofrece diferentes posibilidades, no sólo para situaciones críticas debidas a cortocircuitos de red o cuellos de botella, sino también para el funcionamiento normal de la máquina como el control de la potencia reactiva y de la tensión.

Gracias a sus innovaciones tecnológicas, ENERCON lleva sentando precedentes desde hace más de 20 años. Como una de las primeras empresas a nivel mundial dentro del campo de la energía eólica y líder del mercado alemán desde hace años, ENERCON cuenta con más de 8.000 puestos de trabajo directos e indirectos en todo el mundo.

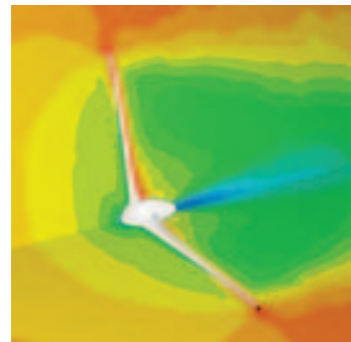
Los más de 9.000 aerogeneradores instalados en 30 países diferentes, hacen de ENERCON uno de los primeros fabricantes a nivel mundial. Campos como el diseño y desarrollo, la producción y la distribución se encuentran en continua expansión. En 2006, ENERCON cuenta con un porcentaje de exportación de más del 45% y espera un incremento sucesivo en los años venideros.



SISTEMA MOTRIZ



Anterior diseño de la pala de rotor



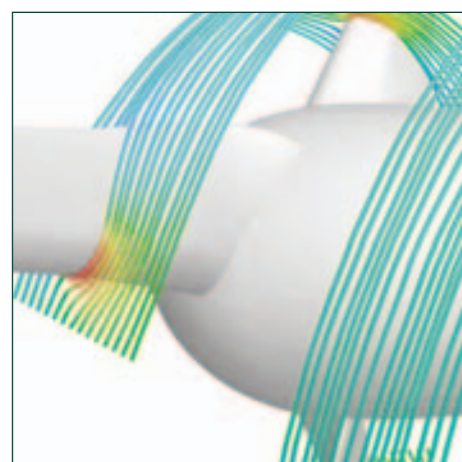
Nuevo diseño de la pala de rotor

La nueva geometría de la pala ENERCON también aprovecha la parte interior de la superficie del rotor

CONCEPTO DE LA PALA

La pala de los aerogeneradores ENERCON rompe barreras en cuanto a producción, emisiones acústicas y disminución de cargas. Gracias a la modificación de su geometría, ahora también se saca partido de la parte interna de la pala, lo cual aumenta considerablemente la producción energética. Por ello, la pala es menos susceptible a las turbulencias y ofrece un flujo uniforme a lo largo de todo su perfil.

La punta de la pala (llamada también "tip") se ha rediseñado con el fin de reducir las emisiones acústicas y optimizar la producción de energía. Las turbulencias originadas por las altas y las bajas presiones en la punta de la pala dejan de afectar a la superficie del rotor, con lo que se aprovecha toda la longitud de la pala, sin que se pierda energía por dichas turbulencias.



El diseño de la góndola logra un flujo regular que permite una mayor producción de energía



Las palas ENERCON crean nuevos precedentes en cuanto a producción, emisiones sonoras y minimización de cargas

VENTAJAS DE LAS PALAS ENERCON

- ~ Mayor eficacia gracias a la nueva geometría de la pala
- ~ Reducción de emisiones acústicas debido a la optimización de la punta de la pala
- ~ Mayor vida útil gracias a la disminución de las cargas
- ~ Transporte más sencillo gracias a la esbelta geometría de la pala

Las palas ENERCON se fabrican por medio del método de infusión al vacío en estructura tipo "sandwich". Las láminas de fibra de vidrio que se colocan en el molde se empapan con resina mediante un sistema formado por tubos y una bomba de vacío. La existencia de burbujas de aire en el laminado queda descartada.



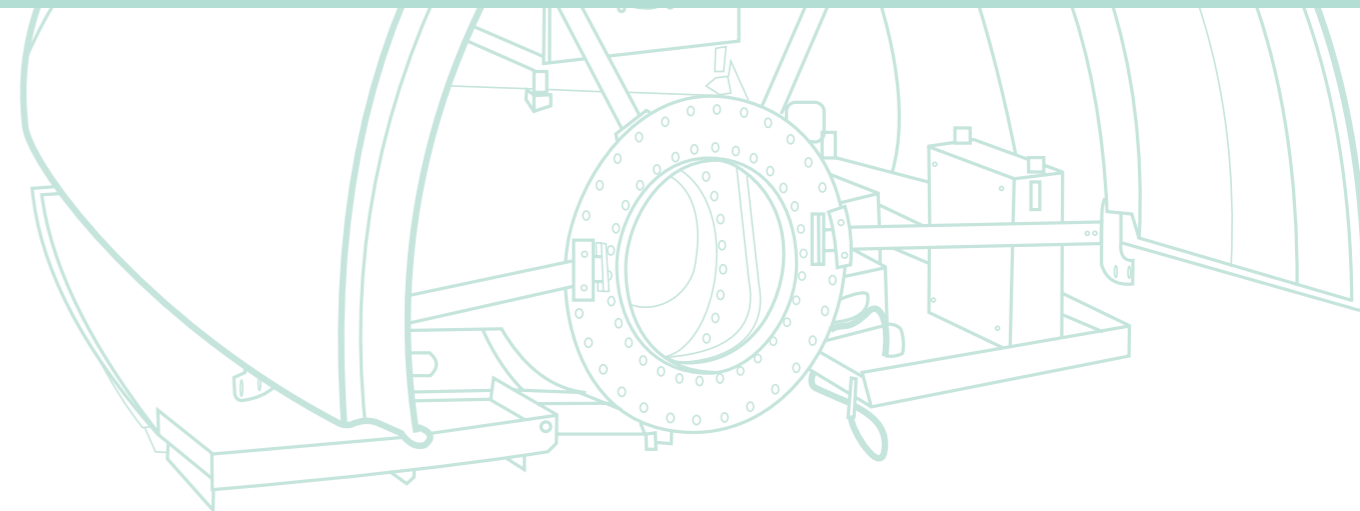
Un robot de pintura trabaja una pala de hasta 35 m de longitud en un solo paso y cuida de que su superficie reciba una protección perfecta contra las inclemencias del tiempo y la radiación UV, además de los factores como la erosión y la deformación

Para proteger correctamente la superficie de las palas de las influencias meteorológicas como el viento y el agua, las radiaciones ultravioleta o las agresiones causadas por la erosión o los esfuerzos de flexión, en el proceso de acabado de la pala ENERCON se aplica un sistema de protección a base de Gelcoat, barniz tapaporos, protecciones para bordes y laca protectora. Este sistema se compone en general de un compuesto de poliuretano de dos componentes libre de disolventes.

Las palas ENERCON E-70 con una unión atornillada de dos filas de pernos concede una seguridad extra mediante una distribución de cargas homogénea



Con el fin de soportar las tensiones provocadas por el viento durante la vida útil del aerogenerador, las palas ENERCON disponen de unas bridas con un diámetro de grandes dimensiones. A su vez, la conexión por medio de doble hilera de pernos especialmente diseñada por ENERCON para aerogeneradores grandes proporciona una distribución de cargas equilibrada para ofrecer una seguridad extra. Este sistema constituye un factor decisivo en emplazamientos con vientos extremos y fuertes cargas.

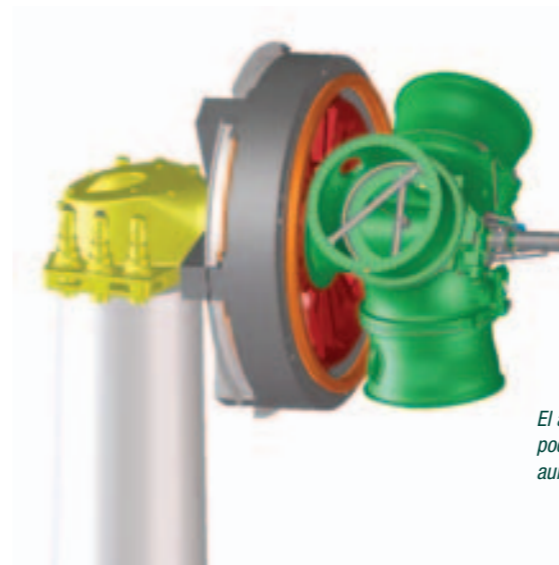


ACCIONAMIENTO DIRECTO

El sistema motriz de los aerogeneradores ENERCON tiene su lógica: al reducir el número de componentes rotatorios, se minimizan las sobrecargas mecánicas y aumenta la vida útil de la máquina.

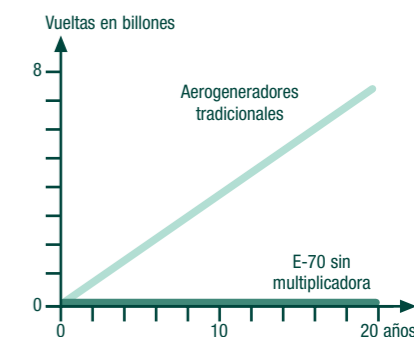
Las inversiones en el servicio de mantenimiento disminuyen (por ejemplo, hay un menor desgaste de piezas y, al no existir multiplicadora, no se requiere cambio de aceite) y se reducen los gastos de explotación.

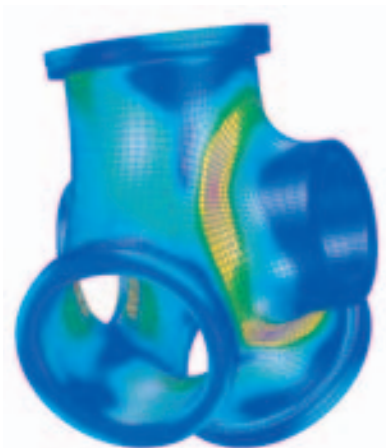
El buje del rotor y el generador en anilla se acoplan directamente y sin necesidad de mecanismos accesorios a modo de unidad compacta. Gracias a los rodamientos, el rotor se asienta sobre un eje fijo, denominado eje principal. A diferencia de los sistemas convencionales con multiplicadora, que disponen de un enorme número de puntos de contacto en un mismo tren de transmisión, el sistema motriz de ENERCON se compone sencillamente de dos rodamientos que giran con suavidad. Todo ello gracias a la moderada velocidad del sistema motriz.



El accionamiento directo ENERCON: pocos componentes rotatorios que aumentan la vida útil

El generador en anilla de un aerogenerador ENERCON E-70 gira tantas veces en 20 años como uno convencional en tres meses





Con ayuda del método del elemento finito se comprueban las tensiones de los componentes de fundición

A pesar de que hace unos años sólo se utilizaba acero fundido para fabricar el buje, hoy en día, la nueva versión con grafito esferoidal permite su empleo en otros componentes principales tales como: adaptador de la pala, eje y soporte principales.

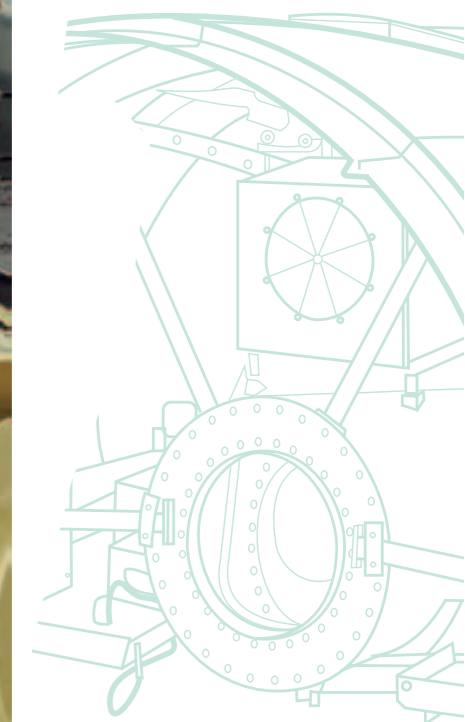
ENERCON, en estrecha colaboración con las empresas de fundición, continua perfeccionando sus componentes. Con el programa CAD todas las piezas son plasmadas en tres dimensiones y procesadas siguiendo el método del elemento finito para analizar las tensiones en los puntos críticos. Las mediciones ayudan al diseñador a comprobar y optimizar la funcionalidad durante toda la fase de creación del prototipo. Para garantizar la identificación y la trazabilidad de cada pieza de fundición, ENERCON dota a cada componente de un código de barras con el que pueden identificarse en el caso de un eventual problema de calidad. Las piezas de fundición no pasan al proceso de fabricación hasta haber superado numerosos controles de calidad. Esto garantiza que las piezas de fundición de los proveedores alcancen el nivel de calidad exigido por ENERCON.

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD EN LOS COMPONENTES DE FUNDICIÓN ENERCON

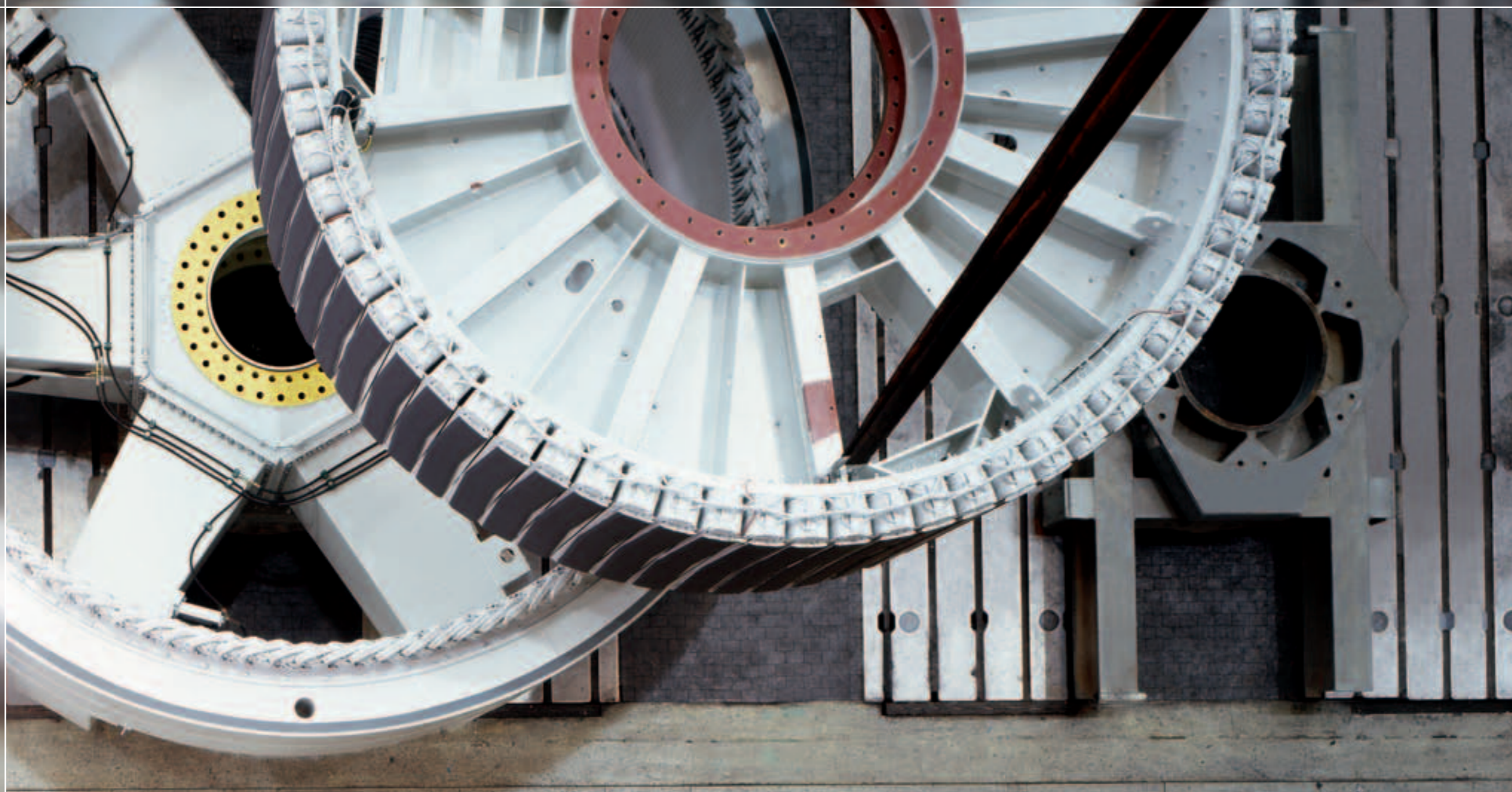
- Análisis estructural del componente
- Test de ultrasonido
- Rayos X



Todos los componentes principales como el buje, el adaptador de las palas, eje y soporte principales se fabrican en fundición de grafito esferolítico y, a continuación, se moldean



GENERADOR EN ANILLA



ENERCON fabrica su generador en anilla exclusivamente dentro de sus plantas de producción para asegurar que las altas exigencias en materia calidad se cumplan



GENERADOR EN ANILLA

El generador en anilla juega un papel primordial dentro del sistema sin multiplicadora de los aerogeneradores ENERCON. En combinación con el buje, el generador ofrece un flujo de energía casi exento de fricción. El delicado funcionamiento de los pocos componentes móviles garantiza el mínimo rozamiento. A diferencia de los generadores asíncronos convencionales, el generador en anilla ENERCON apenas se somete a desgastes mecánicos, lo cual lo convierte en ideal para producciones de gran magnitud y le dota de una larga vida útil.

El generador en anilla ENERCON es multipolar, síncrono y sin conexión directa a la red. La tensión y frecuencia de salida se modifican con la velocidad del rotor y se entregan a la red a través de un circuito de corriente continua y convertidores. Con ello se posibilita la velocidad variable.

GENERADOR EN ANILLA

VENTAJAS DEL GENERADOR EN ANILLA ENERCON

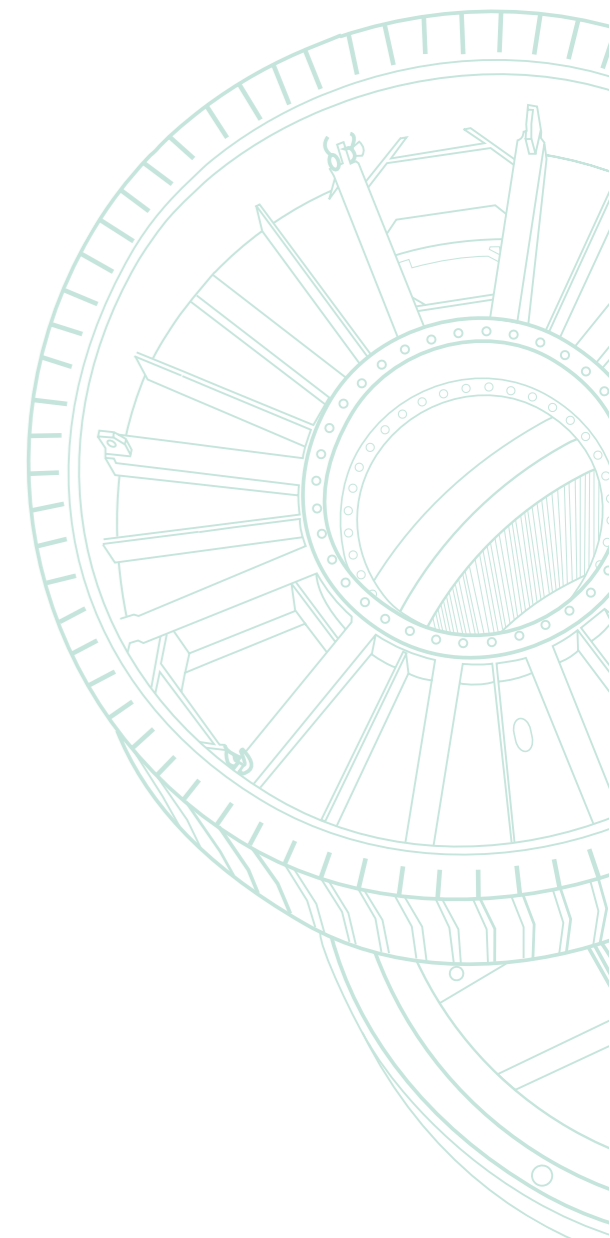
- ~ Sin multiplicadora
- ~ Desgaste mecánico mínimo gracias a la suave rotación
- ~ Reducción de tensiones debido a su velocidad variable
- ~ Control optimizado en cuanto al rendimiento
- ~ Alto nivel de compatibilidad de red

ESTATOR Y ROTOR

Para cumplir los requisitos de ENERCON y conseguir una larga vida útil, los devanados de cobre del estator -parte estática del generador- se fabrican con un aislamiento del tipo F (155°C). Debido a su semejanza con el entrelazado de una cesta, el devanado de cobre se podría calificar como el de una cesta cerrada de una sólo capa. Éste se compone de espiras arrolladas de hilos barnizados y aislados. En ENERCON los devanados se hacen a mano. A pesar de la creciente automatización existente en otras áreas de fabricación, en este caso, se ha optado por un trabajo artesanal. Esta artesanía asegura un control completo de los materiales que se han utilizado. Además de ello, un procedimiento de elaboración especial permite la aplicación de un devanado continuo que se inserta de principio a fin del conductor sin interrupciones.

VENTAJAS DEL DEVANADO CONTINUO

- ~ Evita los defectos de fabricación en la elaboración de conexiones eléctricas
- ~ Conservación de la alta calidad del sistema aislante de los devanados de cobre
- ~ No hay resistencia de contacto
- ~ Se evitan los puntos susceptibles de corrosión y desgaste



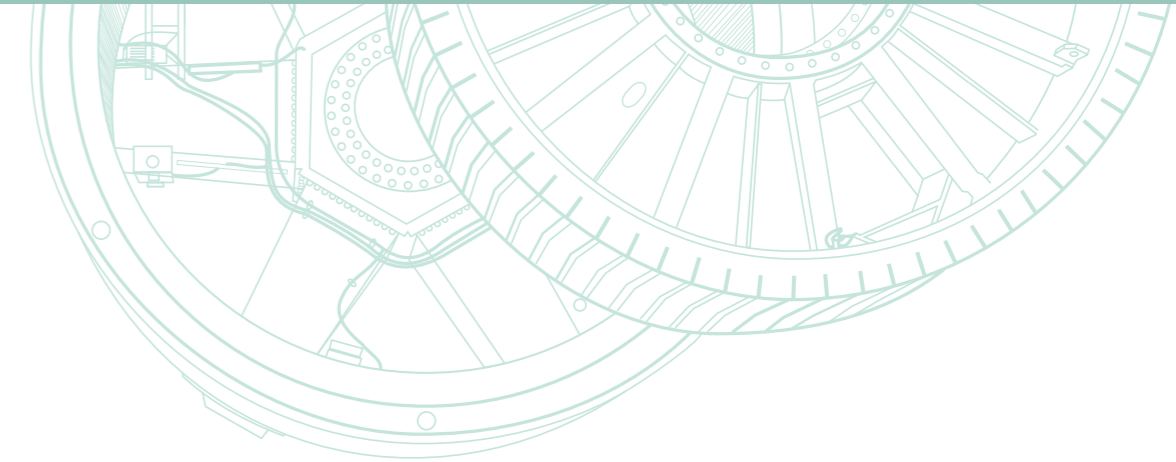
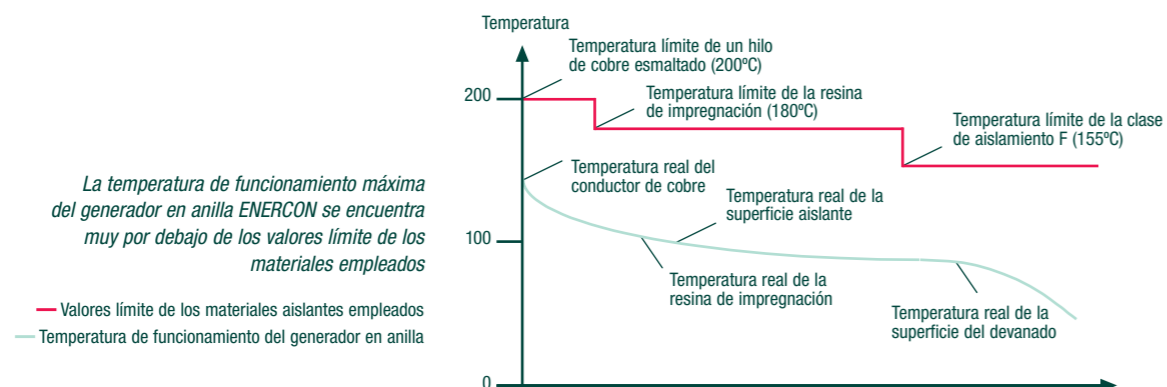
Estator (parte fija) de un generador en anilla ENERCON E-33



El campo magnético del devanado del estator se excita por medio de los polos magnéticos. Éstos se encuentran en el rotor, parte móvil del generador en anilla ENERCON. El departamento de I + D de ENERCON ha prestado especial atención a la forma y posición de los polos magnéticos, dada su gran influencia en el nivel de emisiones acústicas del generador en anilla. El resultado: la óptima adaptabilidad de los polos magnéticos al funcionamiento rotatorio suave del generador en anilla evita los ruidos.

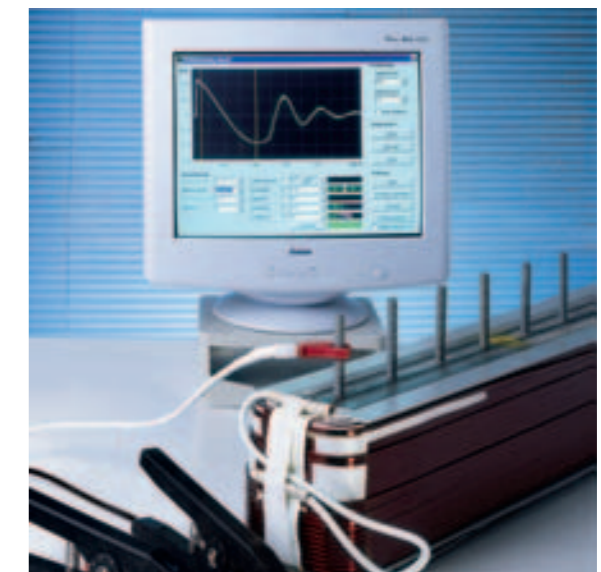
COMPORTAMIENTO DE LAS TEMPERATURAS

El generador en anilla ENERCON destaca por un control optimizado de las temperaturas. Mediante el empleo de un gran número de sensores, las zonas con mayor tendencia al precalentamiento son constantemente monitorizadas. La temperatura que activa los sensores se encuentra muy por debajo de la temperatura media de resistencia de los materiales aislantes del generador en anilla. De este modo se evitan las sobrecargas debidas a temperaturas extremas.



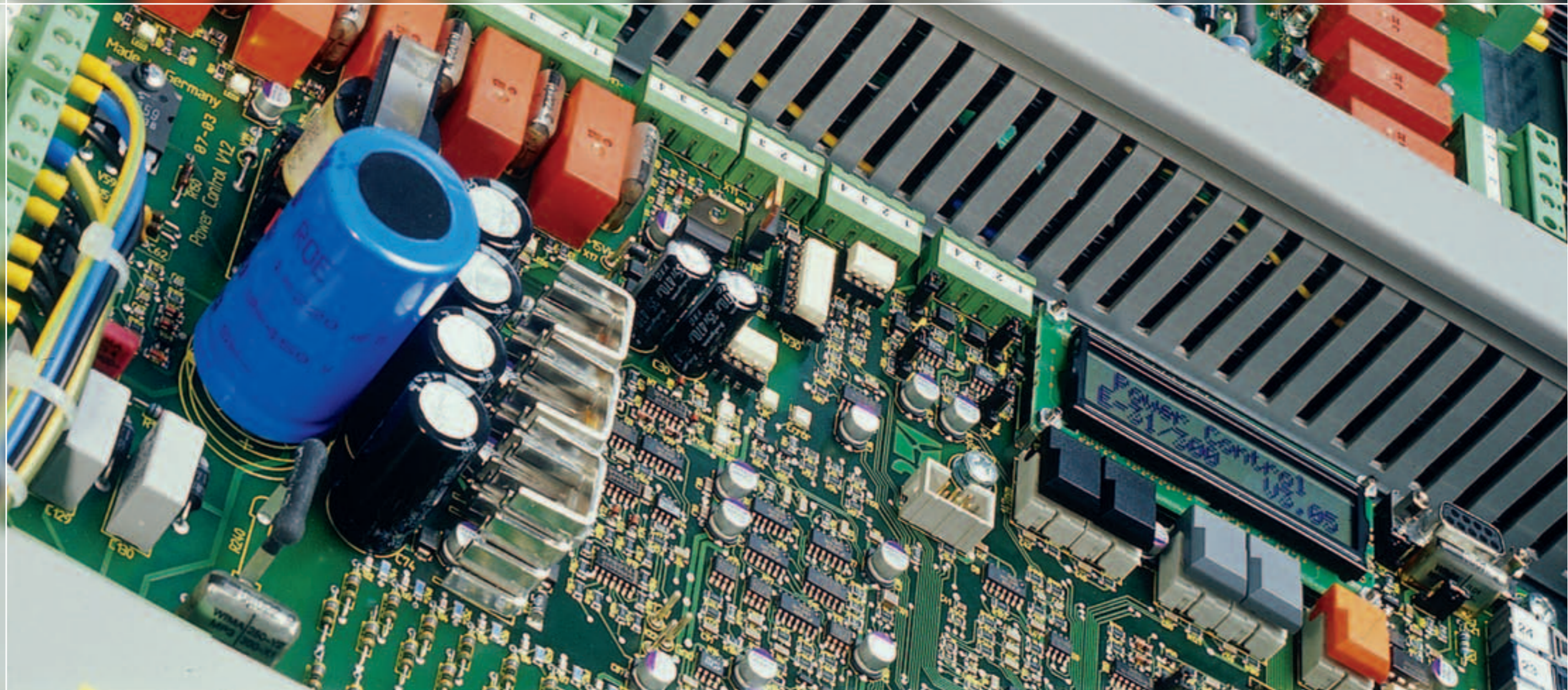
CALIDAD GARANTIZADA

Para garantizar la excepcional calidad de ENERCON, los generadores en anilla se fabrican exclusivamente en las propias instalaciones de la empresa. De este modo, el material empleado es siempre de la mejor calidad. La estrecha colaboración con nuestros proveedores ha demostrado ser la mejor manera de asegurar que la calidad del material empleado se mantenga en el más alto nivel. Éste es el caso de los hilos de cobre esmaltados, sometidos a más pruebas de las establecidas por la normativa, o de los polos magnéticos y las bobinas de inducción, sometidos a pruebas de tensión de choque. Los datos recogidos son posteriormente archivados como muestras en el sistema.



Sistema de calidad ENERCON – Test de impulsos de tensión en polos y bobinas

SISTEMA DE CONTROL





SISTEMA DE CONTROL

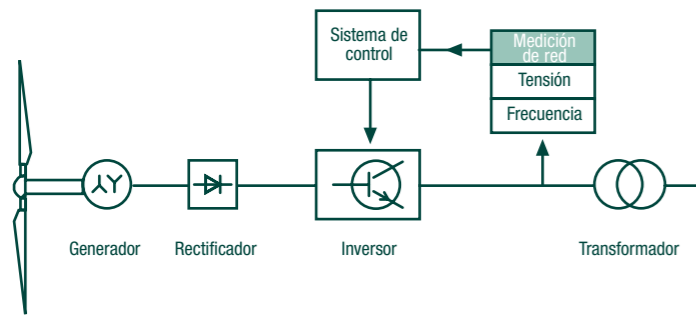
Los aerogeneradores ENERCON están equipados con lo último en tecnología microelectrónica de potencia desarrollada por la propia empresa. El componente principal del sistema de control, la MPU (unidad de procesamiento principal), está en constante comunicación con los elementos de control periféricos tales como el sistema de orientación o el sistema independiente de control de ángulo de paso. Su función consiste en ajustar los parámetros de forma que el aerogenerador ENERCON genere la máxima producción bajo todo tipo de condiciones meteorológicas.

TÉCNICA DEL SISTEMA DE CONTROL ENERCON

- ~ Control de orientación de la góndola ajustable gracias a la constante evaluación de las mediciones obtenidas con el sensor de viento
- ~ Velocidad variable para obtener un grado de efectividad óptimo del aerogenerador con cualquier fuerza de viento y regulación de puntas de potencia o cargas no deseadas
- ~ Sistema de control activo del ángulo de paso que logra el mejor ángulo para la pala para así poder asegurar la máxima producción y la reducción de cargas en todo el aerogenerador
- ~ El sistema de frenado de ENERCON vela por la más alta seguridad gracias a tres sistemas independientes con control de ángulo de paso y suministro de energía de emergencia en caso de caídas de red
- ~ Monitorización de torre y generador por medio de sensores de vibración y aceleración que controlan las oscilaciones de los mismos
- ~ Sensores de temperatura y entrehierro entre el rotor y el estator que cuidan de la seguridad operativa del generador



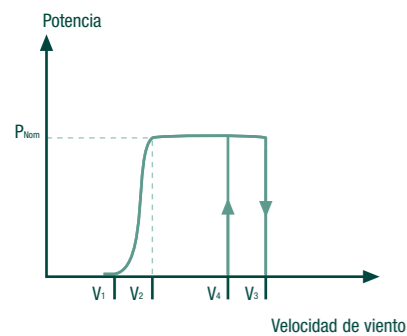
Anemómetro de un aerogenerador ENERCON



Monitorización de la producción de energía en los aerogeneradores ENERCON

MONITORIZACIÓN DE LA CONEXIÓN A RED

Para garantizar la correcta transmisión de energía a la red de los aerogeneradores ENERCON se precisa una buena monitorización de las condiciones de red en el punto de conexión. Para ello se toman los valores de los parámetros de red tales como tensión, corriente y frecuencia de la línea de baja tensión entre el convertidor ENERCON y el transformador. Dichas medidas se transmiten sistemáticamente al sistema de control, lo que posibilita una reacción inmediata ante los cambios de tensión o frecuencia en la red. En caso de superar los valores límites establecidos del sistema de protección del aerogenerador o la red, el aerogenerador se desconecta e informa automáticamente al centro de mantenimiento de Service. El aerogenerador se conectará de nuevo en cuanto los valores de tensión y frecuencia se encuentren dentro de las tolerancias permitidas. De este modo se evitan los periodos de inactividad.



Curva de potencia sin el sistema de control de ráfagas ENERCON – El aerogenerador se desconecta cuando alcanza una velocidad de viento máxima determinada

CONTROL DE RÁFAGAS DE VIENTO ENERCON

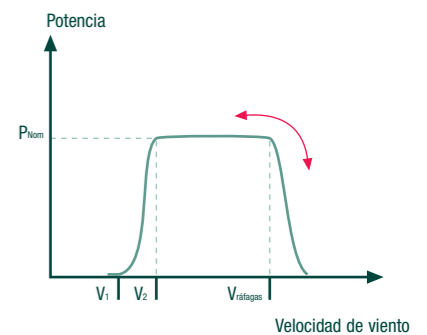
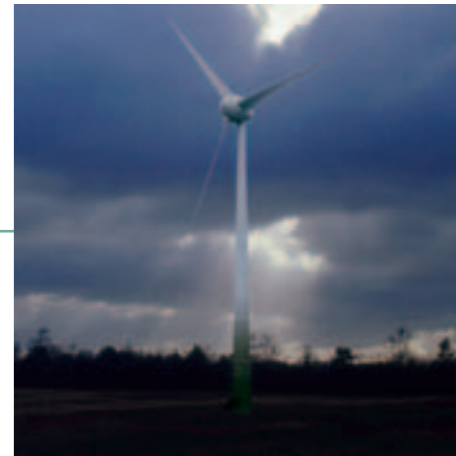
Los aerogeneradores ENERCON cuentan con un sistema especial de control de ráfagas de viento. Este sistema permite un funcionamiento controlado del aerogenerador en casos de viento extremadamente fuerte sin que se llegue a los típicos parones y las consiguientes pérdidas de producción.

En el gráfico se aprecia como el aerogenerador se detiene al alcanzar una velocidad de desconexión determinada (V_3). Esto ocurre cuando se rebasa una velocidad de viento establecida como máxima. En aerogeneradores sin sistema de control de ráfagas, esto sucede, por ejemplo, al superar los 25 m/s en una media de 20 segundos.

El aerogenerador sólo se vuelve a conectar cuando la velocidad media del viento está por debajo de la velocidad de desconexión o, en su caso, de la velocidad de reconexión (en el gráfico V_4 , la llamada “histéresis por viento alto”). En vientos racheados dicho proceso requiere su tiempo, lo cual se traduce en pérdidas de producción considerables.

Los aerogeneradores ENERCON, equipados con un software especial de control de ráfagas, que evita los parones repentinos, se comportan bajo otro principio al enfrentarse a fuertes vientos.

El gráfico de la curva de potencia con el sistema de control de ráfagas ENERCON muestra claramente que el aerogenerador no se desconecta automáticamente al superar una cierta velocidad ($V_{ráfagas}$) sino que tan sólo se reduce la producción mediante la disminución de la velocidad de giro. Para ello, se giran ligeramente las palas alejándolas al máximo de la influencia directa del viento. Una vez la velocidad del viento ha disminuido, las palas recuperan su posición inicial y el aerogenerador produce de inmediato a plena potencia. Los procesos de conexión y desconexión que causan pérdidas de producción desaparecen.



Curva de potencia de un aerogenerador ENERCON con sistema de control de ráfagas – El aerogenerador reduce la potencia sin llegar a desconectarse cuando alcanza una velocidad determinada

Pérdidas de producción de un aerogenerador ENERCON E-70 sin sistema de control de ráfagas de viento en dos días de temporal al año

2 días x 2.300 kW = 110.400 kWh

Del 2 al 4% de la producción anual



CONEXIÓN A RED



SISTEMA DE CONEXIÓN A RED ENERCON

Los aerogeneradores ENERCON disponen de un sistema de alimentación de red que cumple con los requisitos de conexión a red más novedosos y que puede integrarse sin problemas en todas las estructuras de suministro y distribución. El concepto de ENERCON ofrece posibilidades no sólo para el funcionamiento de red con control de la potencia reactiva y contribución opcional al mantenimiento de la tensión, sino también para situaciones críticas originadas por cortocircuitos o cuellos de botella. El comportamiento de los aerogeneradores es, en los puntos claves, comparable al de una central eléctrica convencional. Como primer fabricante mundial, ENERCON posee la certificación que prueba tales características en sus aerogeneradores.

La potencia producida por el generador en anilla ENERCON pasa al convertidor a través de un rectificador y, el llamado, circuito de corriente continua. Con ello se garantiza que la potencia de salida esté regulada según la normativa de red. Aquí, los requisitos exigidos a cada aerogenerador de un parque se transforman en tensión, frecuencia y potencia reactiva. Mediante el transformador, los 400 V se convertirán en la tensión de red apropiada.

COMPATIBILIDAD DE RED ELÉCTRICA

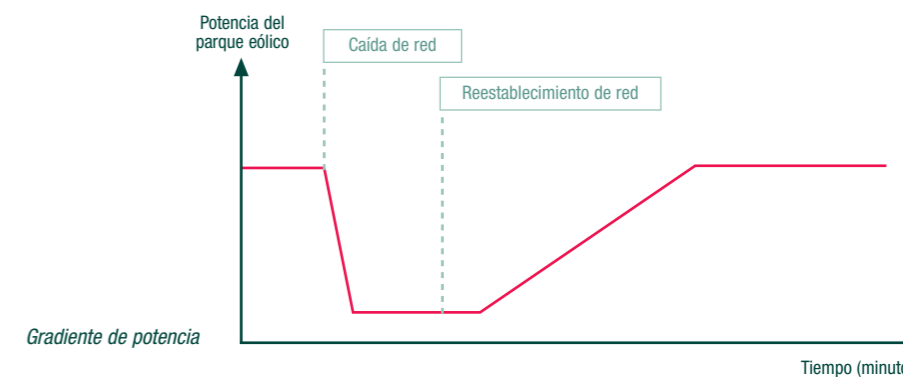
Los aerogeneradores ofrecen una compatibilidad de red óptima gracias a su sistema de control y funcionamiento. Los picos de potencia desaparecen al aplicar el concepto de control y ajuste de ENERCON. En un funcionamiento normal prácticamente no existe la necesidad de potencia reactiva.

UNA MAYOR GAMA DE TENSIONES Y DE FRECUENCIAS

El sistema de alimentación de red ENERCON permite al aerogenerador operar más ampliamente para poder asegurar un funcionamiento más seguro en redes débiles. De este modo, los aerogeneradores ENERCON contribuyen al suministro de red en emplazamientos difíciles.

ALIMENTACIÓN REGULABLE EN CONEXIÓN

Para disponer de una operación de red rentable y eficiente debe poderse regular el tiempo de la alimentación de potencia. Con este fin y por medio del sistema de alimentación de red ENERCON pueden definirse los valores nominales para los gradientes de potencia máximos. Por ejemplo, al arrancar el aerogenerador o el parque eólico, la alimentación de potencia puede crecer de manera controlada de acuerdo con las normativas aplicables. Esta característica permite al operador de red configurar el flujo de cargas y el mantenimiento de la tensión en la red, así como la interacción entre generadores y consumidores.



Regulación de la alimentación de potencia para lograr un funcionamiento de la red seguro y rentable



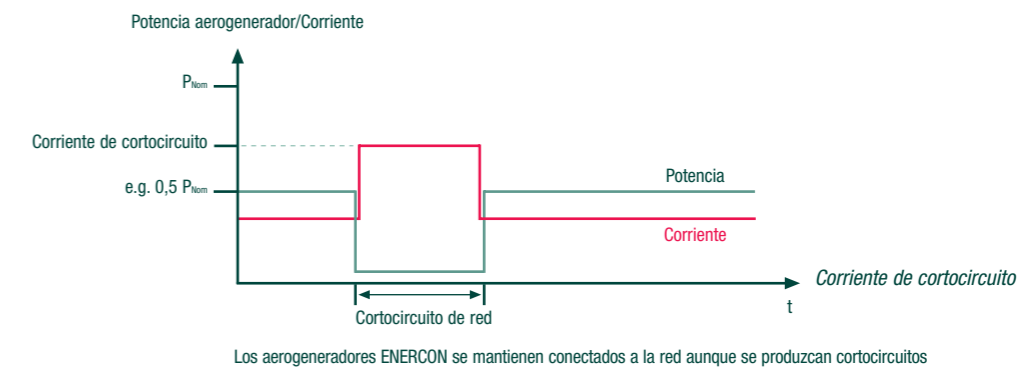
DISTRIBUCIÓN DE LA POTENCIA REACTIVA

El control de la potencia reactiva es indispensable para operar redes de transporte y distribución. Este control es necesario tanto para la compensación de equipos de transmisión, tales como líneas de cableado y transformadores, como para mantener la estabilidad de la tensión. Los aerogeneradores ENERCON cuentan con un amplio abanico de posibilidades en cuanto al intercambio de energía reactiva, la cual puede abastecer a la red a modo de sistema de emergencia.

En algunas regiones del mundo, no se puede atender a las complejas demandas de un funcionamiento de red estable con centrales eléctricas convencionales. En estos casos, la red debe proveerse con fuentes dinámicas de potencia reactiva como las llamadas SVC o STATCOM (Static Compensator) para ofrecer al cliente una calidad de alimentación aceptable. Los aerogeneradores ENERCON pueden, si se desea, dotar a la red de las mismas características de un STATCOM. El operador tiene a su disposición toda la gama de potencia reactiva como sistema de emergencia incluso cuando la red no recibe potencia activa. Las características STATCOM son imprescindibles para poder realizar una conexión a redes débiles y altamente solicitadas que son operadas con una estabilidad muy limitada.



Diagrama de la potencia límite de un ENERCON E-70 con características STATCOM



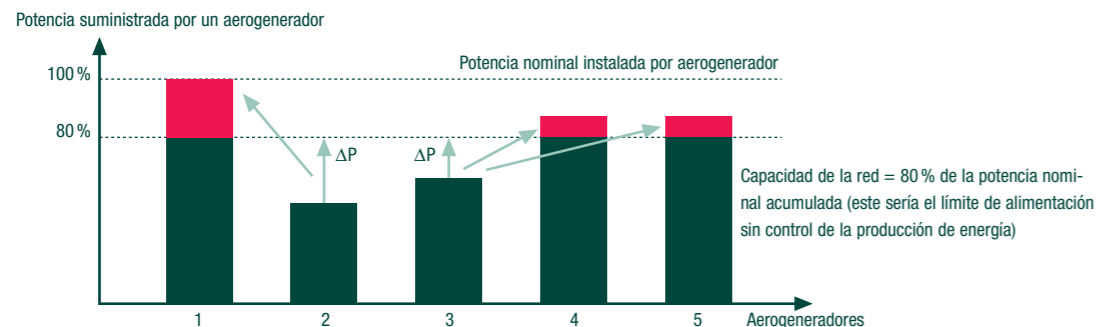
Los aerogeneradores ENERCON se mantienen conectados a la red aunque se produzcan cortocircuitos

PERMANENCIA EN LA RED PESE A LAS DIFICULTADES

En redes de transporte, y al igual que sucede en las centrales eléctricas, los aerogeneradores no deberían desconectarse de la red tan rápidamente cuando tiene lugar un hueco de tensión. Es más, deben contar con la posibilidad de mantenerse conectados a la red en caso de caídas de tensión debidas a problemas en la misma. Los aerogeneradores ENERCON cumplen, si se desea, con estos requisitos. Si es necesario y en caso de problemas, los aerogeneradores contribuyen incluso a la estabilidad de la tensión de red mediante el almacenamiento de tensión reactiva. Una vez solventado el problema y restablecida la tensión de red, el aerogenerador vuelve de inmediato a alimentar la red.

ENERCON SCADA

El ENERCON SCADA es, desde hace años, un sistema probado para la monitorización y el control remotos de los aerogeneradores, además de un componente clave del concepto de Servicio y Mantenimiento ENERCON. Lanzado en 1998, el sistema se usa eficazmente en 6.500 aerogeneradores en todo el mundo. El SCADA ofrece un gran número de funciones e interfaces opcionales para la integración técnica a la red del parque eólico ENERCON y el mantenimiento de las directivas de conexión a red. El sistema ENERCON SCADA es modular y puede adaptarse o ampliarse de manera fácil y flexible con respecto las aplicaciones específicas del cliente. Mediante la óptima adaptación a los requisitos técnicos y económicos del parque, el sistema ENERCON SCADA asegura los valores de producción máximos.



En este caso, una alimentación a la red sin un control de la producción de energía no permite aprovechar la capacidad de la red en un 100%

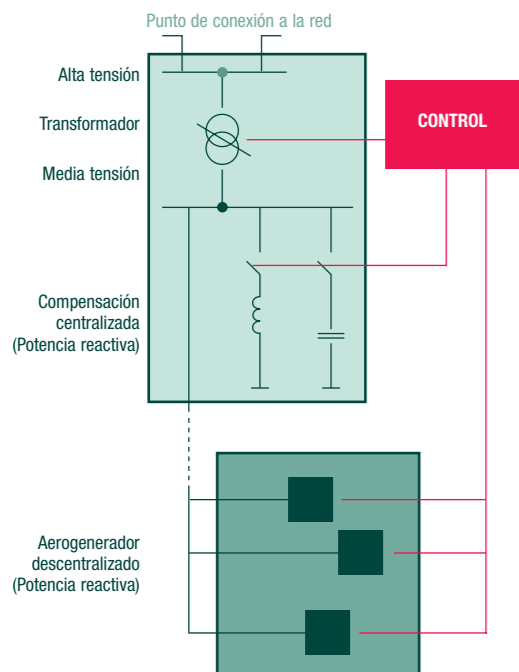
Control de la producción de energía

**CONTROL DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA –
REGULACIÓN DE LA POTENCIA PARA UNA PRODUCCIÓN ÓPTIMA**

En caso de que la potencia nominal de los aerogeneradores de un parque ENERCON supere la capacidad de la conexión de red en el punto de conexión, un sistema de regulación de potencia especial se ocupa de aprovechar meticulosamente dicha capacidad de red existente. Si un aerogenerador del parque produce poca potencia, los aerogeneradores restantes estarán preparados para funcionar con una potencia más alta. Esto ocurre, si se desea, de manera automática mediante el control de la generación de energía del sistema ENERCON SCADA.

REGULACIÓN DE LA TENSIÓN

Mediante una ampliación opcional del sistema ENERCON SCADA, los parques de ENERCON pueden equiparse con un sistema de regulación de la tensión. En algunos países, los operadores de red solicitan la integración de grandes parques en redes relativamente débiles. Como respuesta, se utiliza la gama de ajustes de la potencia reactiva de los aerogeneradores ENERCON para poder regular la tensión en el punto de conexión de red. Esta aplicación se puede realizar según unos datos fijos o mediante interfaces adicionales proporcionados por el operador de red.



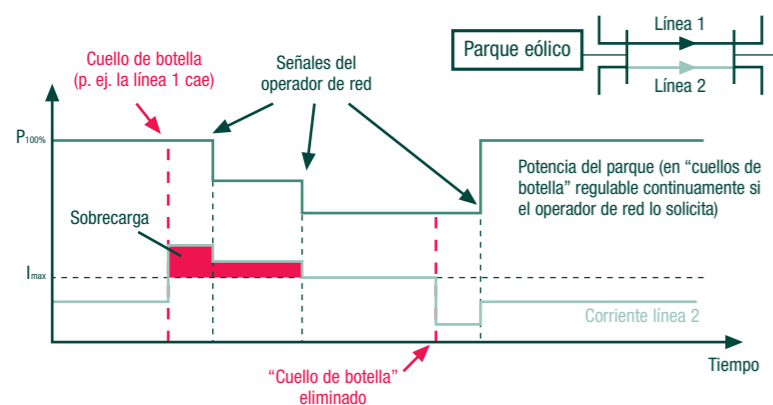
Regulación de la tensión

Los requisitos para la regulación de la tensión de parques eólicos son muy diversos. En caso de que un parque esté conectado a una subestación transformadora, se podrá, por ejemplo y según necesidad, conectar los reguladores de tensión existentes al sistema de regulación. En el caso de parques eólicos grandes con grandes líneas de cableado, la demanda de potencia reactiva para los puntos de conexión a red con instalaciones de compensación centralizadas y para los aerogeneradores descentralizados se puede compensar perfectamente mediante un sistema de control. ENERCON ofrece en este caso un gran abanico de soluciones.

INTERFACES

La integración de los parques eólicos en la técnica de control de red y la conexión a las salas de control de red es hoy en día un requerimiento standard en muchos países. El sistema ENERCON SCADA ofrece varios módulos opcionales que actúan como interfaces entre los diferentes sistemas. De este modo, el ENERCON SCADA mantiene la comunicación gracias a los muchos interfaces analógicos o digitales. Así se puede dotar al parque con valores nominales determinados, al igual que se pueden enviar mensajes de estado o valores de mediciones desde el parque al operador de red. Si se desea, todo ello puede integrarse dentro de la transferencia de datos permanente junto con el programa ENERCON METEO y mástiles de medición de viento en el parque.





Sistema "cuello de botella"

CONTROL DEL SISTEMA DE CUELLO DE BOTELLA – ALIMENTACIÓN EN REDES DÉBILES

La capacidad de transmisión de una red en determinados lugares puede resultar insuficiente frente a situaciones de cargas ligeras y fuertes vientos. Sin embargo, también pueden conectarse parques eólicos en regiones de esta naturaleza por medio del sistema "cuello de botella" ENERCON. Un intercambio de datos permanentes entre el parque eólico y el operador de red se ocupa de adaptar de manera óptima la capacidad de transmisión a la máxima potencia admisible del parque.

PARQUES EÓLICOS CON SUBESTACIONES TRANSFORMADORAS

Los parques eólicos alimentan progresivamente a la red con la corriente generada por medio de unas subestaciones transformadoras propias erigidas para tal fin. El control y manejo remoto de estas subestaciones es un requisito solicitado frecuentemente para poder recibir información actualizada sobre las celdas y realizar conexiones si fuese necesario. El sistema ENERCON SCADA dispone, si se desea, de módulos especiales para el control y el manejo remotos de las celdas de conexión y de toda la subestación transformadora. La presentación y el manejo de tales módulos se encuentran en el programa de control remoto llamado ENERCON SCADA REMOTE.



UNIDAD DE CONTROL PRINCIPAL ENERCON (MCU) – PARA CENTRALES EÓLICAS

Los parques eólicos de ENERCON, cuya clase de potencia se corresponde con la de las centrales eléctricas convencionales, funcionan con éxito desde hace años y se encuentran perfectamente integrados en las estructuras de red existentes. Cada vez hay más parques eólicos que se unen en un punto de conexión de red central formando una central eólica. Debido a la alta potencia instalada, la alimentación a las redes de transmisión de alta potencia es predominantemente directa. La unidad de control principal ENERCON (MCU) se ocupa del control central y la regulación de una central eólica. Esta unidad se encarga de las tareas de intercambio de comunicación y de datos con los sistemas de control de red y los distribuidores de carga del operador de red, y garantiza el cumplimiento de las complejas directivas técnicas de conexión a red para centrales eólicas.

La unidad de control principal ENERCON (MCU) es modular, se configura de manera individual para cada uso y se optimiza mediante aplicaciones específicas para el proyecto. Si se solicita, la unidad ENERCON MCU dispone de diferentes interfaces para la conexión a los sistemas de control de red. El control de los cuellos de botella para centrales eólicas también queda englobado en la unidad, al igual que el control de la potencia reactiva o la integración de las celdas o de subestaciones transformadoras en la central eólica.

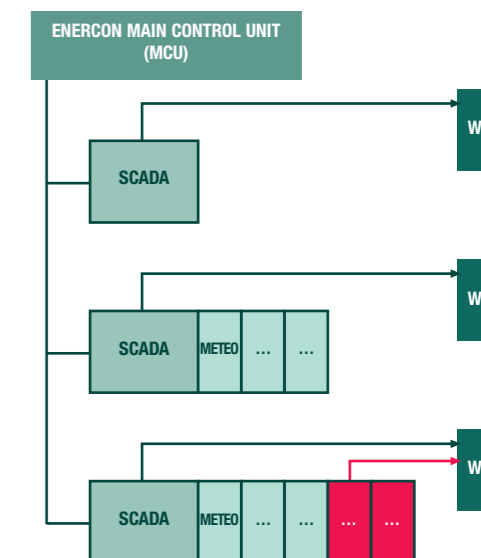




REQUISITOS TÍPICOS DE LAS REDES DE TRANSPORTE A LAS CENTRALES EÓLICAS

- ~ El aerogenerador debe mantenerse conectado a la red sin reducir su potencia incluso en el caso de considerables variaciones en tensión y frecuencia
- ~ A pesar de posibles bajadas de tensión provocadas por problemas en la red, los aerogeneradores deben mantenerse conectados a la misma durante un tiempo determinado
- ~ Alimentación de la corriente de cortocircuito ante un fallo en la red
- ~ Recuperado del fallo, el parque debe volver a producir potencia nominal lo antes posible y dentro de los límites temporales establecidos
- ~ Los parques deben contar con la posibilidad de operar con potencia reducida sin limitación de tiempo
- ~ Para conseguir una distribución de cargas equilibrada en la red, como es el caso del arranque de un parque eólico, ha de ser posible limitar la producción (gradiente de potencia) cumpliendo los requisitos del operador de red
- ~ Los parques eólicos también han de contribuir a la potencia de reserva de la red. Al aumentar la frecuencia de red debe reducirse el suministro de potencia del aerogenerador
- ~ Si fuera necesario, el parque debe estar capacitado para colaborar en la estabilidad de la tensión de red suministrando o consumiendo energía reactiva
- ~ Los parques eólicos deben integrarse en el centro de control de red para permitir la monitorización y el control remoto de todos los sistemas integrados en la misma

Conexión a la red de las centrales eólicas ENERCON (concentración de varios parques)



TORRE Y CIMENTACIÓN



CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE

Las torres de ENERCON ofrecen las mejores condiciones en cuanto a transporte, instalación y aplicación gracias al diseño estructural que distribuye las cargas dinámicas. ENERCON no se conforma con superar las normativas sobre construcción de torres aplicables a nivel nacional e internacional (tales como DIN y Eurocode), sino que crea sus propios estándares de calidad y seguridad.

Ya en la fase de desarrollo, se crean modelos virtuales de las torres en 3D por medio del método del elemento finito (FEM), a los que se aplica una simulación de las cargas que soporta el aerogenerador en la realidad. De este modo, y antes de la construcción de un prototipo, se garantiza la estabilidad y vida útil de las torres. Los datos obtenidos mediante frecuentes mediciones, que ENERCON realiza de manera continuada en los aerogeneradores ya montados, corroboran los resultados inicialmente calculados. Los cálculos realizados previamente por ENERCON son avalados por organismos de certificación, institutos de investigación y despachos de ingeniería.

El hecho de que la estética en el proceso de desarrollo de las torres ENERCON también es importante se puede apreciar en el resultado. Torres esbeltas, construidas siguiendo diferentes ángulos de inclinación, ofrecen una visión que se separa de las construcciones cilíndricas tradicionales, pesadas y masivas.

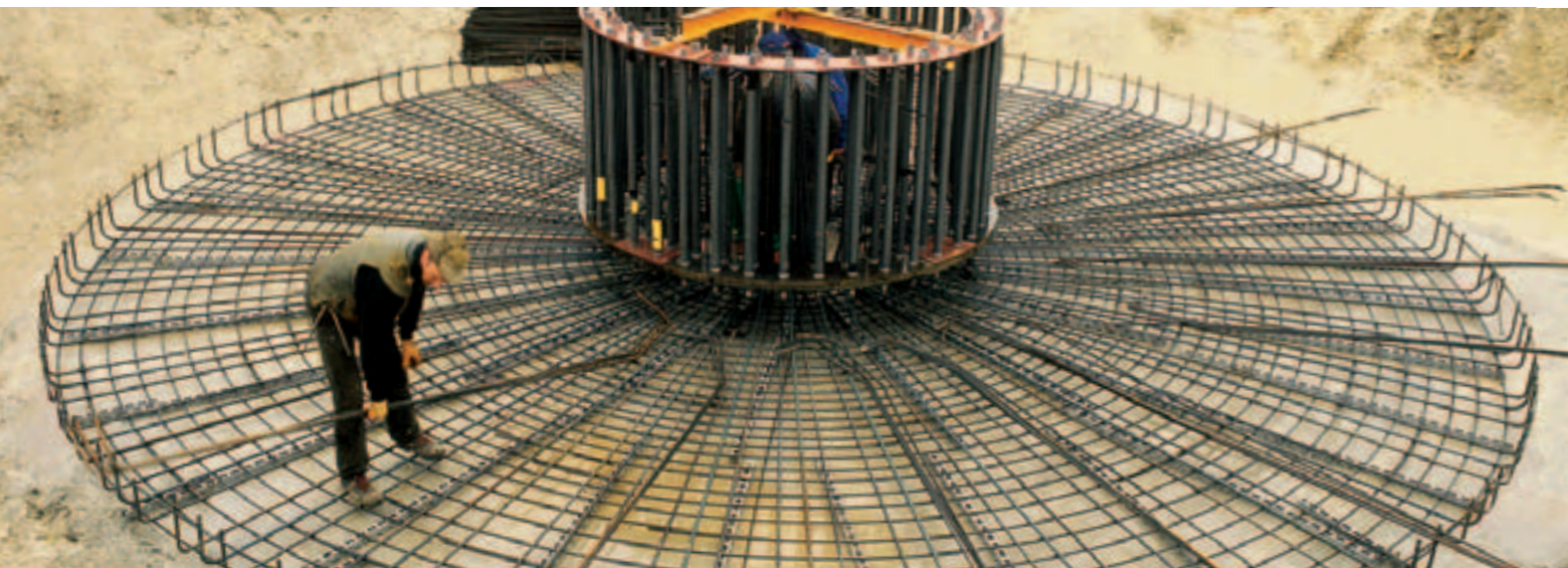
TORRE TUBULAR DE ACERO

Las torres tubulares de acero ENERCON se fabrican en varios tramos independientes. Como técnica de unión se utilizan bridas especiales en forma de L. En comparación con las uniones convencionales mediante bridas (como las empleadas en la construcción de chimeneas de acero), en la brida en L el cordón de soldadura se encuentra fuera de la zona de tensiones.

OTRAS VENTAJAS DE ESTE SISTEMA DE UNIÓN

- Eliminación de los complejos y costosos trabajos de soldadura en el propio emplazamiento
- Montaje rápido y seguro según las más altas medidas de calidad
- Total protección anticorrosión gracias a la mejor técnica de producción





*Sistema de unión a la cimentación
de las torres de acero tubulares
ENERCON de poca altura*

En las torres tubulares de acero ENERCON de poca altura se instala un sistema de anclaje como medio de unión con la cimentación, debido al reducido perímetro de la torre. Este sistema se compone de numerosos pernos roscados que se disponen en doble fila en dos círculos concéntricos. La correcta posición de cada perno se asegura mediante una plantilla circular que tiene exactamente las mismas medidas de la brida de la torre. Una vez la cimentación está lista, el tramo inferior de la torre se coloca sobre los pernos que sobresalen del sistema de anclaje y se atornillan con tuercas de unión.

La unión de la cimentación a las torres tubulares de acero ENERCON de mayor altura se realiza mediante una virola especialmente diseñada. Esta pieza estructural se coloca sobre la llamada "capa de limpieza" antes de hormigonar y se nivela milimétricamente mediante el uso de pernos de ajuste. La unión entre la torre y la virola se lleva a cabo usando una unión a brida después de que la cimentación esté lista.

Las torres tubulares de acero no son una excepción a la hora de cumplir los estrictos requisitos en cuanto a calidad impuestos por ENERCON. Ya en la fase de diseño, se tiene presente la calidad para el desarrollo de nuevos tipos de torres. Antes de pasar a producir en serie, se comprueba si el prototipo cumple las expectativas.

TORRE DE HORMIGÓN PREFABRICADA

Las torres de hormigón prefabricadas siguen una técnica especialmente desarrollada con cable de acero para tensado. Las diversas secciones de la torre se unen firmemente a la cimentación por medio de tensores que, dentro de tubos envolventes, recorren la pared de la torre de hormigón. Las torres se fabrican por completo en las propias instalaciones. Gracias a un encofrado de acero especialmente diseñado para ellas, las secciones de la torre se fabrican con la mayor precisión. Este proceso de fabricación minimiza las tolerancias y garantiza un perfecto ajuste durante el montaje. También en este ámbito se imponen las estrictas normas de calidad de ENERCON. Cada área de producción dispone de detalladas instrucciones y procedimientos de trabajo. De este modo se asegura una perfecta trazabilidad de cada fase de trabajo al igual que de los materiales empleados.



*Producción de torres de hormigón prefabricadas
ENERCON*





Acero de armadura en una cimentación circular ENERCON con virola para torres de acero tubulares de gran altura

CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

El peso y las fuerzas del viento que actúan sobre el aerogenerador se transmiten a través de la cimentación hacia el terreno. La cimentación ENERCON es siempre circular.

VENTAJAS DE LA CIMENTACIÓN CIRCULAR DE ENERCON

- ~ Los efectos de las fuerzas son iguales en todas las direcciones del viento, mientras que en las cimentaciones con base cuadrada o en forma de cruz pueden producirse presiones asimétricas
- ~ Se ha demostrado que el diseño circular reduce considerablemente la cantidad de armadura y de hormigón, además de necesitar encofrados de menor tamaño
- ~ En los cálculos estáticos se cuenta con hacer uso de la tierra extraída de la excavación para cubrir la cimentación. Así se emplea menos hormigón reforzado para conseguir una cimentación estable

Cada terreno puede soportar una tensión de compresión limitada, por tanto, la cimentación ha de adaptarse a la misma. Sobre este sencillo principio se basa el diseño de las cimentaciones circulares de ENERCON, que suelen ser superficiales. Si es necesario, como en el caso de terrenos blandos, se realiza una cimentación profunda especial que distribuye las fuerzas hasta los estratos más profundos del terreno. Los pilotes tienen una distribución simétrica y ligeramente inclinada para que la prolongación de la línea imaginaria de los mismos se encuentre en un punto por encima del centro de la cimentación. Esta disposición distribuye el flujo de cargas y fuerzas de manera óptima por toda la superficie.

SERVICE, MANTENIMIENTO Y MONTAJE





Más de 1.300 técnicos de Service ENERCON en todo el mundo garantizan una alta disponibilidad técnica de los aerogeneradores

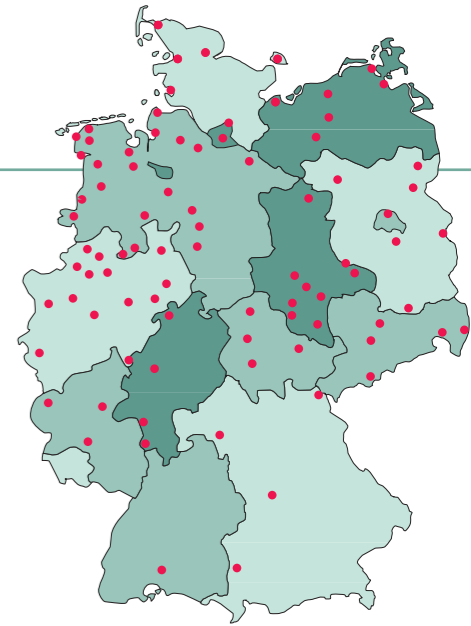
SERVICE, MANTENIMIENTO Y MONTAJE

El departamento ENERCON Service vela por garantizar y mantener la disponibilidad operativa de todos los aerogeneradores ENERCON. Según la máxima "Service, muy cerca de Usted" más de 1.300 empleados se ocupan en todo el mundo de ofrecer el mejor mantenimiento y cuidado. Este sistema ahorra largos desplazamientos a los técnicos que trabajan en Service y garantiza un alta disponibilidad técnica (con una media del 98,5% en los últimos años).

Para ofrecer una asistencia eficiente en el emplazamiento debe contactarse con un equipo de profesionales perfectamente compenetrados en la oficina. Son más de 100 empleados los que se ocupan de gestionar Service en todo el mundo, en los ámbitos técnico y comercial. Cada cliente recibe una atención personalizada desde la central de Service que se le ha asignado. De esta manera, se fomenta la confianza entre ENERCON y el cliente y se garantiza el conocimiento detallado de las condiciones locales del aerogenerador.

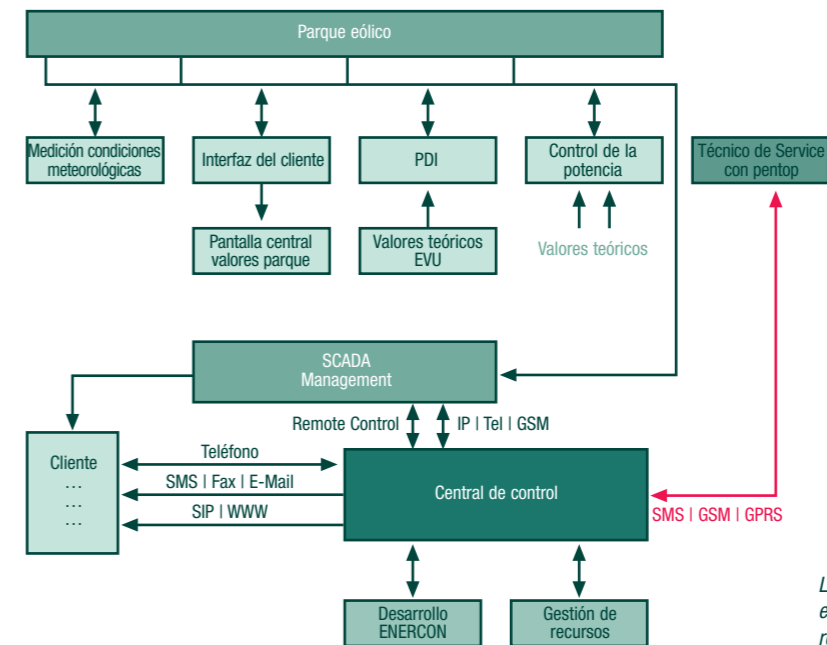
PRESTACIONES OFRECIDAS POR ENERCON SERVICE

- ~ Servicio y mantenimiento de todos los aerogeneradores instalados por ENERCON
- ~ Monitorización del aerogenerador gracias a la transmisión de datos por control remoto
- ~ Disponibilidad técnica constante para los aerogeneradores asistidos por ENERCON
- ~ Atención personalizada, tanto técnica como comercial.
- ~ Cursos de formación para el operador



"Service, muy cerca de Usted" – Estructura descentralizada de ENERCON Service en Alemania

Cada aerogenerador ENERCON se conecta por medio de un módem al centro de transmisión de datos. Cuando el aerogenerador detecta un fallo, el centro de Service y el correspondiente responsable son informados inmediatamente por medio del sistema de control remoto SCADA. La señal es enviada automáticamente al software que se ocupa del plan de acción y visualizada de inmediato en la pantalla del compañero en oficina. El sistema de localización GIS (o Geoinformation System) creado a tales efectos permite que el software seleccione el centro de Service más cercano al aerogenerador. Los equipos de Service tienen acceso desde el emplazamiento a toda la documentación referente a los aerogeneradores por medio de los llamados "pentops" (ordenadores portátiles muy robustos conectados a la central de Service). Todo ello garantiza un mantenimiento ágil y eficaz. Nuevos estándares en la gestión de Service, montaje y mantenimiento.



La gestión de ENERCON Service establece nuevos puntos de referencia



**SERVICE
INFO PORTAL**



Con el programa SIP se puede acceder a toda la información sobre su aerogenerador vía internet

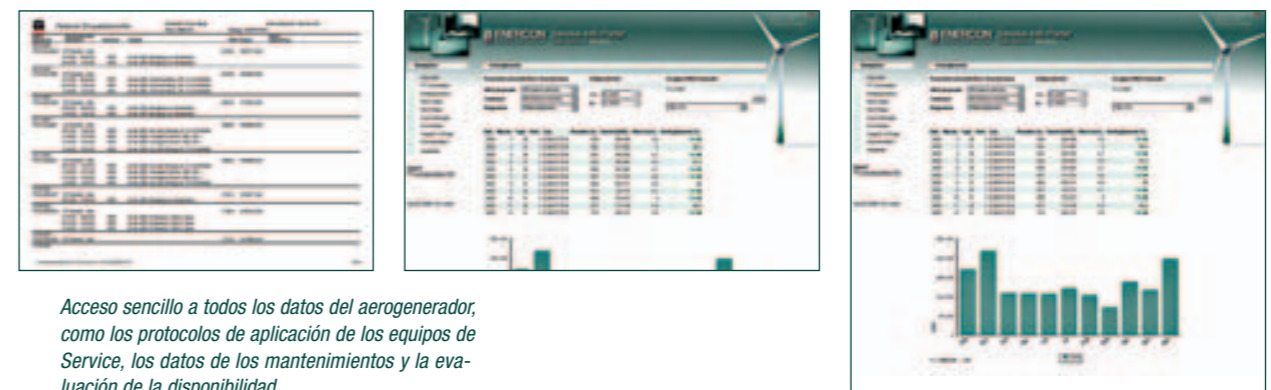
SERVICE INFO PORTAL

El portal de información de Service (SIP) ofrece a los clientes de ENERCON un rápido y sencillo acceso a toda información relativa a sus aerogeneradores vía internet desde cualquier lugar del mundo. Para ello sólo se necesita un ordenador con un navegador (como Internet Explorer de Microsoft) y una conexión a internet. Y todo ello bajo la mayor seguridad gracias a la triple protección de un pin que va modificándose, una contraseña secreta y vías de transmisión codificadas.

Con SIP y su sencillo menú, se garantiza un acceso rápido y privado a todos los datos de los aerogeneradores. Procesos, que podrían llevar horas, tales como la evaluación del estado del aerogenerador, la comprobación de los protocolos de mantenimiento o la elaboración de tablas de producción actualizadas se realizan en cuestión de minutos. Este paso hacia una mayor eficiencia implica una mayor satisfacción del cliente y mejora el intercambio de información (entre los socios de un mismo parque, por ejemplo).

El Service Information Portal se encuentra a disposición de los clientes de ENERCON en las versiones Basic, Standard y Premium. La versión Basic es gratuita para el operador del aerogenerador aunque no se haya contratado el EPK (contrato de mantenimiento ENERCON Partner Konzept). Los clientes que han contratado el EPK pueden, en cambio, usar la versión Standard sin coste alguno. Por último, los clientes con contrato EPK pueden acceder a la versión Premium, abonando una cantidad, lo que les ofrece la posibilidad de realizar evaluaciones técnicas y comerciales más amplias.

PRESTACIONES	SIP-Basic	SIP-Standard	SIP-Premium
Datos en servicio de ENERCON Service	●	●	●
Datos de mantenimiento	●	●	●
Evaluación de la disponibilidad		●	●
Comparaciones entre valores de producción			●
Evaluación de las actividades realizadas			●
Datos técnicos permanentes			●
Evaluación de los datos de SCADA			●
Informe de bonificación/socios			●
Gestión de recursos ENERCON/ Control de los mensajes de fallo			●



Acceso sencillo a todos los datos del aerogenerador, como los protocolos de aplicación de los equipos de Service, los datos de los mantenimientos y la evaluación de la disponibilidad



ENERCON PARTNERKONZEPT

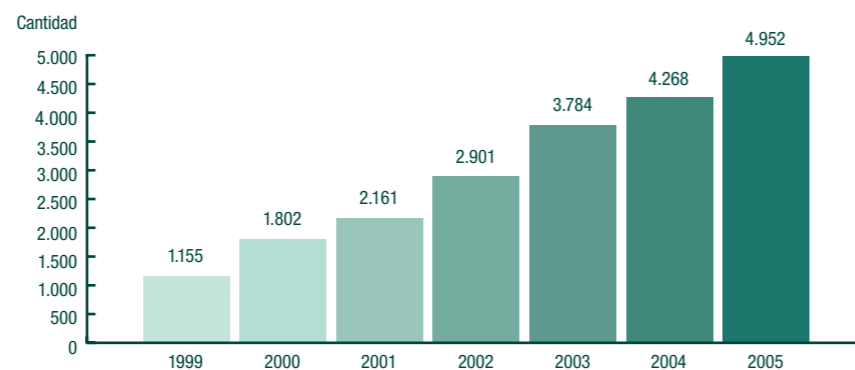


El contrato ENERCON PartnerKonzept (EPK) garantiza en todo el mundo la seguridad de un servicio y mantenimiento rentable

ENERCON PARTNERKONZEPT (EPK)

Con el contrato ENERCON PartnerKonzept (EPK), el cliente obtiene la garantía de una alta disponibilidad durante los primeros doce años de vida útil del aerogenerador. Dentro de un mismo contrato queda reflejada cualquier eventualidad, desde el mantenimiento con todas las garantías de seguridad hasta las reparaciones. El EPK se ha convertido en una característica reconocida de la calidad ENERCON por su gran fiabilidad a la par que rentabilidad. Más del 85 % de los clientes nacionales e internacionales contratan los servicios ofrecidos dentro del marco del ENERCON PartnerKonzept.

Además, para cubrir otra serie de imprevistos como desastres naturales o vandalismo existe un seguro adicional al EPK. Además de ser indudablemente más asequible que los seguros convencionales para maquinarias, este seguro puede contratarse en las compañías aseguradoras más prestigiosas.



Aerogeneradores ENERCON cubiertos por el EPK en Alemania



ESTRUCTURACIÓN DE COSTES ORIENTADA DE CARA A LA PRODUCCIÓN

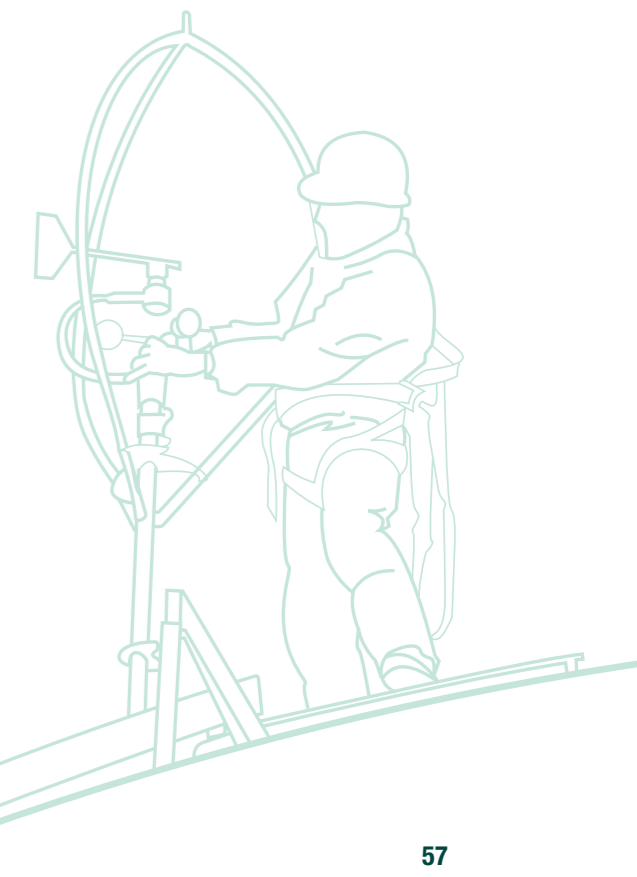
Los costes del contrato ENERCON PartnerKonzept se refieren a la producción anual del aerogenerador. El cliente abona una cantidad mínima según el tipo de aerogenerador, además de un suplemento dependiente de la producción. De este modo, en años con buen viento y buena producción los costes para el cliente serán más altos y en años con mal viento y producciones bajas, los costes se verán reducidos de manera consecuente. La estructuración de costes del EPK, orientada de cara a la producción, estabiliza de esta manera el rendimiento anual del aerogenerador.

Para mantener baja la carga económica en los primeros cinco años de operación, ENERCON asume la mitad de la cantidad pagadera del EPK para ese periodo de tiempo. Sólo a partir del sexto año, satisface el cliente el importe completo. Esto supone una clara ventaja en cuanto a liquidez para el operador.

Fórmula para el cálculo

$$\text{Costes} = \text{kWh producido} \times \text{Precio por kWh (sistema SCADA)}$$

- 1) El importe se calcula a parte para cada aerogenerador/año
- 2) El importe se mide según los kWh producidos durante un año de operación transcurrido dentro del año natural correspondiente





GARANTÍA SERVICE EN TODO EL MUNDO

El tratamiento de la logística para las piezas de repuesto es muy diferente según los emplazamientos. Al tratarse de una compañía que trabaja en todo el mundo, ENERCON diferencia entre dos variantes de su contrato EPK. En Europa (EPK I), ENERCON asume la totalidad de los costes del servicio y de los mantenimientos preventivo y correctivo. Fuera de Europa (EPK II), ENERCON comparte con el cliente el riesgo de que aparezca un defecto en uno de los componentes principales. ENERCON asume los costes del material y del cambio en el emplazamiento; el cliente asume los gastos del transporte y de la grúa al igual que los gastos que se originan de alguna falta de producción. En contrapartida, el importe anual del EPK II se encuentra muy por debajo del importe del EPK I.

PRESTACIONES	EPK I	EPK II
Disponibilidad técnica garantizada de hasta el 97 %*	●	●
Estructuración de costes orientada de cara a la producción	●	●
Contrato de 12 años (con posibilidad de ampliación)	●	●
Mantenimiento preventivo		
4 mantenimientos preventivos por año	●	●
Suministro de todos los materiales necesarios	●	●
Transporte de los materiales hasta el emplazamiento	●	●
Servicio y mantenimiento en general**		
Aplicación de toda la normativa referente al servicio y mantenimiento	●	●
Suministro de todos los materiales necesarios	●	●
Transporte de los materiales hasta el emplazamiento	●	●
Mantenimiento correctivo		
Realización de todas las reparaciones	●	●
Suministro de todos los materiales necesarios y componentes principales (torre, palas, buje, góndola, generador, etc.)	●	●
Transporte de los componentes principales hasta el emplazamiento	●	
Provisión de grúas para el cambio de componentes principales	●	
Control remoto (24 horas) mediante el programa ENERCON SCADA	●	●

*El porcentaje se fija en el contrato EPK de manera individual y, en el caso del EPK II, no se aplicará durante el tiempo que dure la avería de un componente principal

**Excepto daños causados por el cliente o terceros



GAMA DE PRODUCTOS



E33 El aerogenerador ENERCON E-33 convierte emplazamientos de difícil acceso en altamente rentables en todo el mundo. Su construcción modular posibilita su transporte en contenedores, ya sea por tierra o por mar, y un montaje eficiente con la ayuda de una grúa de tamaño convencional.



E44 El E-44, concebido de cara al mercado internacional para soportar vientos fuertes, establece precedentes dentro del campo de la media tensión. Como todos los aerogeneradores ENERCON, el E-44 también incorpora el eficiente concepto de la pala de rotor ENERCON. Con 900 kW de potencia nominal, el viento se aprovecha de manera óptima en aquellos emplazamientos con vientos fuertes.









E48 Con el E-48, ENERCON no deja de cosechar éxitos dentro del campo de la media tensión en todo el mundo. Con sus 800 kW de potencia nominal y la eficiente geometría de sus palas, el E-48 se impone como el aerogenerador más económico de su clase. En combinación con sus diferentes variantes de torre de hasta 76 metros de altura de buje, emplazamientos de todo el mundo, hasta ahora poco rentables, pueden ya ser explotados.



CONTENIDO

TECNOLOGÍA	6	SERVICE	46
SISTEMA MOTRIZ	6	SERVICE, MANTENIMIENTO Y MONTAJE	46
GENERADOR EN ANILLA	14	SERVICE INFO PORTAL	50
SISTEMA DE CONTROL	20	ENERCON PARTNERKONZEPT	54
CONEXIÓN A RED	26	GAMA DE PRODUCTOS	60
TORRE Y CIMENTACIÓN	38		

DATOS TÉCNICOS

	Potencia nominal	Diámetro del rotor	Área barrida	Altura de buje	Velocidad	Velocidad de corte	Clase de viento (IEC)
 E33	330 kW	33,4 m	876 m ²	44–50 m	variable, 18–45 rpm	28–34 m/s	IEC/NVN I y IEC/NVN II
 E44	900 kW	44 m	1.521 m ²	55 m	variable, 12–34 rpm	28–34 m/s	IEC/NVN I A
 E48	800 kW	48 m	1.810 m ²	50–76 m	variable, 16–30 rpm	28–34 m/s	IEC/NVN II
 E53	800 kW	52,9 m	2.198 m ²	73 m	variable, 12–29 rpm	28–34 m/s	IEC/NVN S (V _{av} = 7,5 m/s, V _{ext} = 57 m/s)
 E70	2.300 kW	71 m	3.959 m ²	58–113 m	variable, 6–21,5 rpm	28–34 m/s	IEC/NVN I
 E82	2.000 kW	82 m	5.281 m ²	70–138 m	variable, 6–19,5 rpm	28–34 m/s	IEC/NVN II