

Jornadas de innovación BMW i 2013. Índice.



1. Jornadas de innovación BMW i 2013.	
(Versión resumida)	2
2. Jornadas de innovación BMW i 2013.	
(Versión completa)	
2.1 El inicio de una nueva era: fabricación de automóviles con fibra de carbono.	5
2.2 Sostenibilidad consecuente: la fabricación del BMW i3 en Leipzig, recurriendo a corriente eléctrica totalmente exenta de CO ₂	13
2.3 Movilidad eléctrica: el camino está despejado.	16
2.4 Fibra de carbono: seguridad y reparación.	24

1. Jornadas de innovación BMW i 2013. (Versión resumida)



BMW Group lanzará al mercado el BMW i3 en el transcurso de este año. Se trata de un coche eléctrico fabricado en serie que representa una nueva y sostenible forma de la movilidad urbana. El BMW i3 es el primer coche eléctrico de carácter selecto que se enfrenta a los retos sociales, ecológicos y económicos de nuestros tiempos. Este concepto automovilístico, dotado de una estructura que aún no tiene parangón en el sector, no solamente exige el uso de materiales ligeros modernos, sino también implica la aplicación de procesos de fabricación innovadores. Para BMW Group, el criterio de la sostenibilidad también es prioritario durante la fase de producción. El BMW i3 fue el primer proyecto automovilístico en el que las metas de sostenibilidad tuvieron la misma importancia que las metas relacionadas con los costes, el peso y la calidad. En ese sentido, uno de los objetivos consiste en mantener en niveles mínimos la contaminación ocasionada durante los procesos de producción. Por lo tanto, se presta especial atención a aspectos como el abastecimiento de energía, el consumo del agua, las emisiones causadas por disolventes y el tratamiento de desechos.

Producción de fibra de carbono con energía eólica y electrohidráulica.

BMW también le concede especial importancia al cuidado del medio ambiente y al uso eficiente de los recursos durante la producción de polímeros reforzados con fibra de carbono, así como al consumo de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables. BMW Group controla todos los procesos de producción, empezando por la fabricación de la fibra de carbono, y llegando hasta su reciclaje y el de los correspondientes materiales compuestos. Concretamente, así sucede en el caso de la cadena de producción ultramoderna de productos reforzados con fibra de carbono, que empieza en la planta estadounidense de Moses Lake, continúa en las de Wackersdorf y Landshut, y concluye en la de Leipzig. En Moses Lake, por ejemplo, la corriente eléctrica necesaria se obtiene únicamente de plantas electrohidráulicas respetuosas con el medio ambiente, mientras que en la planta de Leipzig solamente se consume corriente generada mediante energía eólica.

La planta de BMW de Leipzig: corriente eléctrica generada únicamente con energía eólica.

La planta de BMW de Leipzig es única en varios sentidos. Por ejemplo, toda la corriente eléctrica necesaria para los procesos de producción se genera en plantas eólicas locales. Las cuatro plantas eólicas instaladas en el recinto de la

fábrica de Leipzig generan más corriente de la que es necesaria para la fabricación de los modelos BMW i. Además de la generación de corriente eléctrica sin emisiones de CO₂, la planta establece adicionalmente otros listones de referencia: en comparación con la eficiencia promedio de los sistemas de producción de BMW, de por sí muy satisfactoria, en la planta de BMW i fue posible reducir el consumo de energía a la mitad, y disminuir en un 70 por ciento el consumo de agua.

Producción de polímeros reforzados con fibra de carbono: procesos muy seguros y cortos ciclos de producción.

En la planta de BMW de Leipzig, la fabricación en serie del BMW i3 no solamente es ejemplar en relación con el cuidado del medio ambiente. El uso de componentes reforzados con fibra de carbono en sistemas de fabricación de grandes series de automóviles es único. Hasta la actualidad, el uso generalizado de productos reforzados con fibra de carbono fue considerado muy costoso, su fabricación demasiado complicada y los procesos carentes de la versatilidad necesaria. Pero tras más de diez años de intenso trabajo de investigación y optimización de los procesos, materiales, equipos y herramientas, BMW Group es ahora el único fabricante del sector que dispone de los conocimientos técnicos necesarios para aprovechar la fibra de carbono en automóviles fabricados en grandes series. El proceso aplicado es único, y los ciclos de producción son extraordinariamente cortos, incluso si se trata de componentes reforzados con fibra de carbono de características complejas. Lo mismo sucede con el método de unión de piezas mediante pegamento, también producto del propio trabajo de desarrollo. El procedimiento permite unir partes de la carrocería de manera completamente automática.

Sistema de reciclaje único en el mundo.

Durante el trabajo de desarrollo realizado por BMW i, BMW Group logró obtener un sistema sin igual en el mundo entero de reciclaje de piezas reforzadas con fibra de carbono, de componentes de carrocerías y de clasificación de desechos obtenidos durante la producción. El método de reciclaje puede ahora utilizarse en los procesos de fabricación en serie. Los materiales valiosos se someten a diversos métodos de procesamiento para su reutilización, ya sea para aprovecharlos nuevamente en los procesos de producción de la planta, o para destinarlos a otras aplicaciones. De esta manera se logra cuidar de los valiosos recursos. Además, BMW también ha previsto un aprovechamiento apropiado de los acumuladores de energía al final de la vida útil de los automóviles.

Movilidad eléctrica: el camino está despejado.

Gracias a su autonomía de hasta 160 kilómetros, el BMW i3 satisface en un 99 por ciento los criterios de movilidad urbana de sus usuarios. La recarga es

muy sencilla y puede realizarse en casa, en el lugar de trabajo o en surtidores públicos. Además, BMW i ofrece una amplia gama de productos y servicios bajo la denominación 360° ELECTRIC, para atender diversas exigencias específicas de sus clientes. Adicionalmente, BMW i ha entablado una cooperación con diversos socios con el fin de ampliar lo más pronto posible la infraestructura de centros de recarga públicos, incluyendo cómodos sistemas de reserva y pago.

eDrive: fiabilidad, seguridad y larga vida útil.

Se sobreentiende que la fiabilidad y la seguridad de los componentes eléctricos son de gran importancia para BMW Group. Es bueno saber que las baterías de ión-litio del BMW i3 funcionan, como mínimo, durante toda la vida útil del coche. Ello es posible, entre otros, gracias a un sistema inteligente de gestión de las baterías y, además, se debe a un eficiente sistema de refrigeración y calefacción, especialmente desarrollado con ese fin. Adicionalmente, todos los modelos de BMW y, por lo tanto, también el BMW i3, cumplen los estrictos criterios de la empresa, que suelen superar los requisitos planteados en las normas vigentes.

Trabajos de mantenimiento y reparación sencillos, tal como es usual en coches de la marca.

Incluso en el caso muy poco probable de un fallo, es posible localizar los componentes defectuosos y sustituir módulos individuales o la batería completa. Pero también los daños que puede sufrir la carrocería a raíz de un accidente, pueden repararse fácilmente. Porque desde el inicio del trabajo de desarrollo del BMW i3, uno de los criterios prioritarios incluidos en el pliego de condiciones fue, precisamente, la sencilla reparación del coche. Concretamente, BMW ha definido métodos para reparar las placas del recubrimiento exterior de material sintético y las piezas reforzadas con fibra de carbono del BMW i3. Estos métodos de reparación requieren de relativamente poco tiempo. Gracias a este conjunto de soluciones, los costes generados por reparaciones tras un accidente son iguales a los de las reparaciones que se llevan a cabo en un BMW Serie 1.



2. Jornadas de innovación BMW i 2013. (Versión completa)

2.1 El inicio de una nueva era: fabricación de automóviles con fibra de carbono.

El uso consecuente de materiales ligeros es de especial importancia en el caso de los coches eléctricos, porque la autonomía también depende del peso del coche, además de la capacidad de la batería. Cuanto más liviano es el coche, tanto mayor su autonomía. Simplemente porque al acelerar, el motor eléctrico debe poner en movimiento una masa menor. Y precisamente en el tráfico urbano se alternan con frecuencia las fases de frenado y aceleración. Pero el menor peso del coche, además de desembocar en una autonomía mayor, también permite consumir menos energía y disponer de un automóvil de comportamiento más dinámico. Adicionalmente, si el coche es liviano, la batería puede ser más pequeña.

Industrialización de la producción de polímeros reforzados con fibra de carbono.

Con el fin de compensar el peso mayor de los componentes eléctricos, BMW i apuesta de manera consecuente por el uso de materiales ligeros e innovadores. Tanto el concepto del coche como su producción fueron redefinidos completamente desde el inicio del trabajo de desarrollo. El módulo Life, es decir la jaula del habitáculo del futuro BMW i3, está compuesto principalmente por polímeros reforzados con fibra de carbono o CRFP, según sus siglas en inglés. El uso de este material de avanzada tecnología, ligero y extremadamente resistente, es único en automóviles fabricados en grandes series. Hasta hace muy poco, el uso generalizado de productos reforzados con fibra de carbono fue considerado muy costoso, su fabricación demasiado complicada y los procesos carentes de la versatilidad necesaria. Pero BMW reconoció muy pronto el potencial que alberga este material. Tras más de diez años de intenso trabajo de investigación y optimización de los procesos, materiales, equipos y herramientas, BMW Group es ahora el único fabricante de automóviles que dispone de los conocimientos técnicos necesarios para aprovechar la fibra de carbono en productos fabricados en grandes series. La madurez que entretanto alcanzó el proceso de producción se manifiesta especialmente a través de la fiabilidad de los procesos, los cortos ciclos de producción y la gran calidad de las piezas de polímeros reforzados con fibra de carbono.

Sin embargo, la producción de materiales ligeros como el aluminio y la fibra de carbono consume más energía que, por ejemplo, la producción de acero. Por esta razón, BMW le confiere especial atención al cuidado de los recursos disponibles durante las fases de fabricación y de procesamiento de esos

materiales, así como también considera prioritario recurrir a un abastecimiento de corriente eléctrica con mínimas emisiones de CO₂. Los temas prioritarios en este sentido son el consumo de energía y de agua, el tratamiento de aguas industriales servidas, así como las emisiones de disolventes y los desechos. El ahorro conseguido es consecuencia directa del nuevo sistema de producción. BMW Group y SGL Automotive Carbon Fibers (ACF) han creado un joint venture y desarrollaron un método que cubre desde la producción de las fibras hasta el reciclamiento de las fibras y de los materiales compuestos (consultar capítulo 2.4), por lo que son «propietarios» de todos los pasos del proceso, lo que significa que asumen una posición privilegiada en este sector industrial.

Moses Lake: fabricación de fibras de carbono recurriendo a la energía de plantas electrohidráulicas.

SGL ACF obtiene la fibra de carbono en la planta de Moses Lake en los Estados Unidos utilizando un así denominado «precursor», una fibra textil termoplástica de poliacrilonitrilo. Todos los componentes de la fibra se disocian mediante un complejo proceso de varias fases, eliminándose los gases hasta que al final se obtiene fibra de carbono casi pura, con estable estructura de grafito. Estas fibras tienen apenas siete micrómetros (0,007 milímetros), un grosor ínfimo comparado, por ejemplo, con los aproximadamente 50 micrómetros de un cabello humano. Para el uso en el sector automovilístico, más o menos 50.000 de estos filamentos individuales se unen para obtener los «rovings» o «heavy tows» que, a continuación, se enrollan para su uso posterior. Estos compuestos de fibra, además de utilizarse en piezas de automóviles, también se emplean, por ejemplo, en las grandes hélices de aerogeneradores instalados en parques eólicos.

Los sistemas de producción de fibra de carbono de la planta de Moses Lake únicamente consumen energía eléctrica obtenida localmente en plantas hidroeléctricas, por lo que se trata de fuentes energéticas completamente exentas de CO₂. Pero la planta que se encuentra en el estado de Washington de los EE.UU. también marca un listón de referencia en materia de eficiencia energética. En comparación con los métodos convencionales de producción de fibra de carbono, el sistema utilizado en esa planta reduce las emisiones de CO_{2e} (potencial de efecto invernadero) a más o menos la mitad. Las fibras ultraligeras de avanzada tecnología se empezaron a producir a finales del año 2011 con el fin de garantizar que el primer BMW i3 pueda salir puntualmente de la fábrica de Leipzig a finales del año 2013. El abastecimiento de la fibra está garantizado mediante dos líneas de fabricación que actualmente tienen una capacidad de producción de 1.500 toneladas anuales. Esta cantidad significa que la capacidad de esas dos líneas equivale en la actualidad al diez por ciento de la producción anual mundial de polímeros de fibra de carbono.

Las dos empresas que integran el joint venture, es decir BMW Group y SGL ACF, han invertido hasta el presente alrededor de 100 millones de dólares estadounidenses en las instalaciones fabriles de Moses Lake, creando 80 puestos de trabajo nuevos.

Wackersdorf: procesamiento para obtener láminas de fibras.

En el parque industrial de productos innovadores de Wackersdorf, que también pertenece al joint venture de las dos empresas, los haces fibrados producidos en Moses Lake se convierten en láminas de fibras a escala industrial. A diferencia de los tejidos textiles, en los que los hilos están entrelazados o entretejidos, las fibras de carbono se disponen en paralelo y en un mismo plano. Si se las entretejería o entrelazara, las fibras se arquearían y perderían parte de sus excelentes cualidades. Precisamente la orientación de las fibras en las láminas garantiza las cualidades óptimas de las piezas que con ellas se obtienen.

Gracias a la inversión de 20 millones de euros y a la creación de unos 100 nuevos puestos de trabajo, actualmente ya se producen en la planta de Wackersdorf varios miles de toneladas de láminas de fibra de carbono. Estas láminas son el material que se utiliza para la producción de piezas de polímeros reforzados con fibra de carbono en las plantas de BMW de Landshut y Leipzig.

Landshut: procesamiento de las láminas para la obtención de componentes de polímeros reforzados con fibra de carbono.

Las láminas de fibra de carbono provenientes de Wackersdorf se procesan en las secciones de prensas de las plantas de Landshut y Leipzig para obtener piezas de carrocería de polímeros reforzados con fibras de carbono. En el transcurso de los últimos diez años, los especialistas de BMW Group que trabajan en la planta de Landshut lograron desarrollar y automatizar el proceso de producción de componentes de polímeros reforzados con fibra de carbono, de tal modo que hoy en día es posible fabricar fiablemente estos productos en grandes series de manera económicamente eficiente, obteniéndose productos de gran calidad. Los techos de los modelos M3 y M6 de BMW, así como los soportes de los paragolpes del M6 son de polímeros reforzados con fibra de carbono. Estas piezas ya se fabrican desde hace algún tiempo en Landshut, aplicando métodos industriales de producción en serie.

La planta de Landshut es el centro de innovación y producción más importante para la obtención de productos de polímeros reforzados con fibra de carbono. En esta planta se invirtieron 40 millones de euros y la producción de componentes de material sintético reforzado se inició con 100 trabajadores en el mes de marzo de 2012. Con el fin de mantener el alto nivel técnico alcanzado en el procesamiento de innovadores materiales

ligeros, en la planta de Landshut se apuesta por la capacitación de especialistas jóvenes. Por esta razón se aumentó la cantidad de aprendices, logrando que cada año se incorporen 40 jóvenes al sistema de formación profesional.

Leipzig: producción propia de materiales compuestos de configuración variable.

La nueva sección de prensas de la planta de Leipzig dispone de sistemas muy modernos de prensado de piezas de fibra de carbono en la industria automovilística. En estas instalaciones concebidas para la fabricación industrial de productos en grandes series, BMW produce sus propios materiales compuestos, reforzados con fibra de carbono. La receta, es decir, la composición, rigidez y geometría de las piezas de polímeros reforzados con fibra de carbono, puede modificarse o adaptarse en cualquier momento durante el proceso de fabricación, dependiendo de las características de cada pieza. Las láminas de fibra de carbono provenientes de la planta de Wackersdorf primero se someten a un proceso de primer moldeo, antes de adquirir su forma definitiva. Una herramienta térmica le confiere al conjunto de láminas su forma estable y tridimensional. Varias de estas piezas moldeadas pueden unirse para formar una pieza de mayor tamaño. De esta manera se obtienen, por ejemplo, piezas de carrocería de grandes superficies, de formas y características que difícilmente pueden obtenerse con chapas de aluminio o de acero. Una vez concluida la fase de confección y moldeo, se procede al siguiente paso que consiste en la aplicación de resina bajo alta presión, según el procedimiento RTM (**R**esin **T**ransfer **M**oulding). Aplicando este método RTM de inyección de resina, usual en la industria aeronáutica y de lanchas deportivas, se inyecta resina líquida a gran presión en las láminas en bruto ya moldeadas. El material obtiene su gran rigidez y, por lo tanto, sus extraordinarias cualidades, gracias al compuesto que forman las fibras y la resina, y al posterior proceso de endurecimiento.

La producción industrial de polímeros reforzados con fibra de carbono ya empezó.

Las prensas aplican una fuerza de hasta 4.500 toneladas, de acuerdo con parámetros claramente definidos (tiempo, presión y temperatura). Estos parámetros fueron obtenidos por el propio trabajo de desarrollo. La presión se aplica hasta que la resina y el agente de endurecimiento se unieron completamente y la pieza adquirió su rigidez definitiva. Con este método de fabricación especial, desarrollado por BMW, el proceso de producción es más rápido, pues se prescinde de un horno adicional para el proceso de endurecimiento, utilizado normalmente en otras plantas de producción de polímeros reforzados con fibra de carbono.

La nueva sección de prensas, especialmente concebida para la fabricación de polímeros reforzados con fibra de carbono, es muy diferente a la sección de

prensas convencionales de fabricación de piezas de chapas de acero. Las inversiones realizadas en el contexto de esta nueva tecnología son bastante menos abultadas que las inversiones que requieren sistemas convencionales. Por ejemplo, prescindiendo de las clásicas cabinas de pintura y del baño de aplicación de laca por inmersión catódica, fue posible reducir considerablemente el coste de las obras de construcción.

El método de producción está orientado hacia el futuro, permite ahorrar mucho tiempo y hace posible que sea rentable la fabricación de piezas compuestas de polímeros reforzados con fibra de carbono en grandes series. Únicamente así es posible obtener piezas moldeadas en apenas unos pocos minutos en las prensas.

Incluso módulos complejos como, por ejemplo, el marco completo de una de las puertas del BMW i3, que a su vez es parte del módulo Life, salen de las prensas con numerosos elementos estructurales integrados. Y el producto tiene una excelente calidad, su funcionamiento es perfecto y la precisión de su acabado permite un montaje con mínimas tolerancias. Los únicos trabajos que restan por hacer consisten en repasar los perfiles y taladrar los orificios que la pieza no tiene cuando sale de la prensa. Con ese fin se utiliza una máquina especial de corte por chorro de agua. A continuación se aplica un chorro de arena y finalmente se tratan las superficies en las que se aplicará pegamento, dejándolas algo más ásperas.

En el caso de un marco de puerta convencional de chapa de acero tienen que unirse paso a paso varias piezas interiores y exteriores. Es decir, se trata de un procedimiento que se diferencia claramente de aquél aplicado en relación con las piezas de polímeros reforzados con fibra de carbono. En resumen, una carrocería normal con estructura de chapas de acero tendría una cantidad mucho mayor de piezas, por lo que sería más pesada que el módulo LifeDrive del BMW i3.

Nuevas herramientas de precisión para una revolución en el sector de fabricación de carrocerías.

El montaje de las piezas de material compuesto de polímeros reforzados con fibra de carbono, provenientes de la nueva sección de prensas de la planta de Leipzig, así como de las piezas de polímero reforzado con fibra de carbono prensadas en la planta de Landshut, se lleva a cabo en la nueva nave de fabricación de carrocerías. La estructura básica del módulo Life del BMW i3 se compone de aproximadamente 150 piezas, un tercio menos que las de un coche similar con carrocería de chapa de acero. En la sección de montaje no hay ruidos molestos provocados por operaciones de atornillamiento o remachado, y no se ven chispas de soldadura. Únicamente se recurre a las más modernas técnicas de unión por pegamento, y los procesos correspondientes están completamente automatizados. Esta es una tecnología que únicamente BMW domina a la perfección. Aplicando un

método único, desarrollado por BMW, las piezas se acercan entre sí hasta una distancia de 1,5 milímetros, de manera que una vez concluido el proceso de unión mediante pegamento, el conjunto adquiere una rigidez óptima. Gracias al nuevo sistema de fabricación, todos los componentes del módulo Life que deben unirse tienen exactamente la misma distancia entre sí, por lo que en todas las superficies de unión se aplica la misma cantidad de pegamento. Únicamente esa precisión garantiza una transmisión homogénea de las fuerzas en todos los componentes reforzados con fibra de carbono, por lo que se obtiene un máximo nivel de calidad en todas las piezas fabricadas en grandes series. En cada automóvil se aplican cordones de pegamento de 20 milímetros de ancho que, en total, suman exactamente 160 metros.

Ahorrar tiempo con pegamentos de fraguado rápido.

En términos generales, hoy en día sólo vehículos especiales, coches de carreras y extravagantes coches deportivos tienen una jaula del habitáculo compuesta por piezas reforzadas con fibra de carbono. En esos casos, el coste de fabricación de esas piezas en pequeñas cantidades es más bien irrelevante. Por lo tanto, no importa que el pegamento tarde un día en secar. BMW ha reducido drásticamente el tiempo necesario para el proceso de endurecimiento del pegamento con el fin de acelerar la fabricación en serie del BMW i3.

El nuevo pegamento apenas deja un margen de 90 segundos para cualquier manipulación que resulte necesaria, hasta que empiezan a adherirse las piezas. Transcurrida una hora y media, el pegamento endureció por completo. Lo dicho significa que pudo reducirse a la décima parte el tiempo que transcurre durante un proceso convencional de unión de piezas mediante pegamento. Y para reducir aún más el tiempo de endurecimiento de tal modo que concluya en menos de diez minutos, BMW ha desarrollado un tratamiento térmico adicional. Con ese método se calientan determinadas zonas de contacto de las piezas de polímeros reforzados por fibra de carbono, de manera que el proceso de endurecimiento demora 32 veces menos.

Posibilidad de elegir colores hasta seis días antes del montaje final.

La jaula del habitáculo (módulo Life) extremadamente rígida de material reforzado con fibra de carbono, fabricada en Leipzig, a continuación pasa a la sección de montaje, en la que se produce el «casamiento» con el módulo Drive de aluminio. Este módulo básico (módulo Drive) proveniente de la planta de Dingolfing se completa en Leipzig, antes de unirlo definitivamente al módulo Life mediante pernos y pegamento. Sólo entonces se agrega el revestimiento exterior final de material sintético al módulo Life de material reforzado con fibra de carbono. Este revestimiento exterior de varias partes y en el que ya se aplicó la pintura, es principalmente de material termoplástico moldeado por inyección, que también se usa en los procesos convencionales de fabricación de automóviles (faldones frontal y posterior, faldones laterales,

etc.). Estas piezas de color de plástico moldeado se acercan a la carrocería sujetas por elementos de fijación y se atornillan al módulo Life sin entorpecer las demás operaciones de montaje.

Reciclaje de piezas reforzadas con fibra de carbono en BMW i: creación de un circuito cerrado.

Durante el trabajo de desarrollo realizado por BMW i, BMW Group logró obtener un sistema de reciclaje sin igual en el mundo entero de piezas reforzadas con fibra de carbono, componentes de carrocerías y materiales de desecho debidamente clasificados, obtenidos durante la producción. Este método de reciclaje puede ahora utilizarse en los procesos de fabricación en serie. Mediante diversos procedimientos es posible reutilizar los valiosos materiales obtenidos durante la producción, pero también de coches usados o accidentados, ya sea para volver a aprovecharlos en los procesos de producción, o para destinarlos a otras aplicaciones.

Estos procesos se diferencian según el estado de las piezas, que pueden ser piezas de fibra de carbono «secas», es decir sin resina, o piezas «húmedas», es decir, las piezas de material compuesto reforzado con fibra de carbono que sí contienen resina. Los restos de material seco de fibra de carbono que se obtienen durante la producción pueden volver a utilizarse para producir láminas sin trama de alta calidad, que se reinsertan en el proceso de fabricación. Aproximadamente el diez por ciento de las fibras de carbono utilizadas en el BMW i3 provienen actualmente de material reciclado. Este proceso no tiene parangón en la industria automovilística.

En lo que se refiere al reciclaje de los materiales compuestos reforzados con fibra de carbono, es decir, de aquellas piezas que ya contienen resina, primero debe aplicarse un proceso de separación para eliminar mecánicamente los demás materiales sintéticos y, a continuación, el material restante que contiene las fibras puede alimentarse a un equipo de pirólisis para su depuración ulterior. El efecto térmico de la separación de la resina se aprovecha para separar las fibras de carbono intactas. Estas fibras pueden utilizarse para fabricar diversos componentes, contribuyendo así a reducir la demanda de nuevas fibras de carbono. Por ejemplo, las butacas de los asientos posteriores se fabrican de las fibras de carbono obtenidas de esta manera. Este material cumple completamente los estándares de calidad de BMW, y pesa un 30 por ciento menos que las láminas convencionales hechas de láminas reforzadas con fibra de vidrio. Una vez molidas o cortadas, las piezas de material reforzado con fibras de carbono y las propias fibras de carbono recicladas pueden utilizarse en numerosos sectores industriales ajenos a la industria automovilística. Por ejemplo, pueden aprovecharse en la industria textil o en la industria electrónica (como material para carcasas de unidades de control). La utilización de «fibras secundarias de carbono» es

parte de un circuito sostenible de materiales industriales. De esta manera se cuida de los recursos naturales, asegurándose así su disponibilidad en el futuro.



2.2 Sostenibilidad consecuente: la fabricación del BMW i3 en Leipzig, recurriendo a corriente eléctrica totalmente exenta de CO₂.

La ampliación de la planta de BMW de Leipzig se está llevando a cabo cumpliendo los plazos previstos. La fabricación del BMW i3 eléctrico se iniciará en otoño de 2013, recurriendo a energía eléctrica generada sin emisiones de CO₂. A principios del año 2014 le seguirá el BMW i8, un coche deportivo híbrido tipo plug-in, que estará equipado de un motor eléctrico y de un motor de combustión.

La producción de los modelos de BMW i logrará establecer nuevos listones de referencia en relación con la protección del medio ambiente, pues reducirá el consumo de energía a más o menos la mitad y, además, consumirá un 70 por ciento menos de agua en comparación con el promedio de las demás plantas de BMW, de por sí altamente eficientes. La corriente eléctrica que se consume en la planta de Leipzig para producir los modelos de BMW i proviene exclusivamente de plantas eólicas, es decir, únicamente de fuentes energéticas regenerativas.

Es la primera vez que en una fábrica de automóviles alemana se construyen plantas eólicas destinadas al abastecimiento directo de energía eléctrica para los sistemas de producción. Las obras de construcción de los cuatro aerogeneradores, cada uno de 2,5 MW, concluirán durante la primavera. La corriente proveniente de estas plantas cubrirá holgadamente la totalidad del consumo de corriente eléctrica de los sistemas de producción de los modelos de BMW i en la planta de Leipzig.

Los aerogeneradores de las plantas eólicas producirán más corriente de la que se necesita en la planta.

Las cuatro plantas eólicas del tipo Nordex N100/2500 de aproximadamente 26 GWh/año, incluso entregarán más corriente eléctrica de la que es necesaria para la fabricación de los modelos de BMW i. Se estima que se obtendrá un excedente anual de hasta dos GWh, que podrán aprovecharse con otros fines en la planta de Leipzig.

La empresa titular de las plantas será wpd AG de Bremen, la empresa alemana líder en materia de desarrollo de proyectos de energía eólica. La planta de BMW de Leipzig ha firmado un contrato de largo plazo con wpd para la compra de corriente eléctrica para su utilización directa en la fábrica.

Con el fin de garantizar el lanzamiento puntual del BMW i3 en el año 2013, se construyeron en el recinto de la planta de Leipzig adicionalmente una nueva sección de prensas para piezas reforzadas con fibra de carbono, así como una sección de fabricación de piezas de material sintético y una nave de montaje y logística, al servicio de todos los modelos nuevos. Las inversiones ascienden en total a 400 millones de euros.

Sostenibilidad en la totalidad de la cadena de agregación de valor.

El tema de la sostenibilidad fue prioritario desde el principio para BMW i. El criterio de la sostenibilidad abarca la totalidad de la cadena de agregación de valor. Por lo tanto, el BMW i3 fue el primer proyecto en el que desde la fase inicial se definieron metas de sostenibilidad de carácter vinculante, que abarcan desde las actividades de compra, pasan por los trabajos de desarrollo y de producción, y llegan hasta la fase de ventas. Y esas metas lograron alcanzarse. Además de aspectos relacionados con el efecto invernadero, también se determinaron metas con respecto a otros asuntos de relevancia medioambiental, así como también criterios de sostenibilidad social. La eficiencia de esta estrategia se explica por la aplicación de numerosas medidas individuales de carácter innovador durante los procesos de desarrollo, producción y reciclaje. Además, también se adoptan medidas que incluyen adicionalmente a la red de proveedores. De esta manera, BMW logra definir nuevos hitos en relación con la sostenibilidad.

Ejemplar balance ecológico del BMW i3.

El balance ecológico total del coche depende fundamentalmente de la fase de su utilización. Y precisamente en esa fase salen a relucir las ventajas que los materiales ligeros ofrecen en relación con el ahorro energético. Aunque el balance energético durante la fabricación es desfavorable (batería, materiales ligeros, entre ellos polímeros reforzados con fibra de carbono) en comparación con el uso de materiales convencionales, son precisamente los materiales ligeros los que consiguen que el BMW i3 sea energéticamente más eficiente en el uso diario. El mayor consumo de energía durante la fase de fabricación se compensa rápidamente gracias al ahorro del consumo de energía durante la fase de utilización.

La meta consiste en producir sin generar emisiones de CO₂.

BMW Group se ocupa de controlar desde un principio las emisiones de CO₂, que son el resultado del consumo de energía durante la fase de fabricación. El éxito de este esfuerzo es impresionante en el caso del BMW i3: considerando todo su ciclo de vida, incluidas las fases de producción y de utilización, y, además, teniendo en cuenta la generación de energía eléctrica (según la norma mixta UE 25 de consumo de energía eléctrica en Europa), el coche eléctrico contribuye por lo menos en un tercio menos al efecto invernadero (CO_{2e}) que un automóvil extremadamente eficiente del mismo segmento,

pero equipado con un motor de combustión. Si el coche funciona con corriente eléctrica obtenida de fuentes regenerables como por ejemplo energía eólica o energía hidroeléctrica, ese potencial de aportación al efecto invernadero puede reducirse a menos de la mitad.

BMW i marca un cambio en la industria automovilística.

La producción de la gama de modelos de BMW i establece estándares que no solamente se refieren al uso de materiales innovadores, al cuidado de los recursos y a la industrialización de la movilidad eléctrica. También su sistema de producción es revolucionario. La estructura de los automóviles, compuesta del módulo LifeDrive, permite aplicar métodos de producción prescindiendo de las secciones convencionales de prensas y de aplicación de pintura. Pero también los procesos de fabricación son únicos: en vez de recurrir a los procesos convencionales de unión de piezas, se utilizan pegamentos de avanzada tecnología.

De esta manera también el trabajo de los operarios resulta mucho más cómodo. Gracias a la nueva estructura de los coches, los puestos trabajo son más ergonómicos y los procesos de montaje mucho más silenciosos. Además, el interior de las naves de la fábrica está iluminado con luz solar natural.

«Leed Gold Standard» a la planificación sostenible de edificaciones.

El Green Building Council estadounidense, reconocido internacionalmente, le ha otorgado el «LEED Gold Certificate» (**L**eadership in **E**nergy and **E**nvironmental **D**esign) a las nuevas edificaciones de la planta de Leipzig. Gracias a la adopción de diversas soluciones técnicas, fue posible reducir considerablemente el consumo de energía en las naves de la planta. Mediante un sistema inteligente de ventilación, se logra renovar completamente y varias veces al día el aire contenido en las naves a través de las aperturas superiores y laterales de sus techos. El sistema de ventilación natural logra reducir las molestias ocasionadas por olores y partículas de polvo, usuales en secciones de fabricación de carrocerías y de montaje final. Además, consigue una refrigeración apropiada en la sección de prensas, que por su naturaleza suele ser calurosa. La totalidad del sistema de ventilación funciona sin ventiladores o sistemas de aire acondicionado adicionales. Además, las láminas de color blanco adheridas a las franjas de las ventanas del techo reflejan la luz solar, por lo que fue posible reducir las instalaciones de luz artificial. Las nuevas naves construidas en la planta de Leipzig también establecen nuevos listones de referencia en términos ecológicos en el sector de la industria automovilística.

2.3 Movilidad eléctrica: el camino está despejado.



La energía que necesita el BMW i3 proviene de una batería de ión-litio de alto rendimiento, especialmente desarrollada para este modelo. Consta de ocho módulos y 96 células, y está montada debajo del piso, donde está óptimamente protegida y no le resta espacio al habitáculo. El acumulador de energía fue perfeccionado constantemente durante el período de desarrollo, con el fin de conseguir un equilibrio ideal entre rendimiento, autonomía, peso y duración. La durabilidad de las células acumuladoras equivale a la vida útil del coche. Si la batería está completamente cargada, el BMW i3 puede recorrer una distancia de hasta 160 kilómetros en condiciones usuales del tráfico urbano, antes de tener que conectarla a una toma de corriente para recargarla. El BMW i3 es un automóvil previsto principalmente para la conducción en la ciudad o para ir diariamente al trabajo y volver a casa. Pero las pruebas realizadas con el MINI E demuestran que también es un coche apropiado para el uso en zonas rurales. Según la evaluación realizada tras más de 20 millones de kilómetros, recorridos por más de 1.000 clientes que realizaron las pruebas a los mandos de modelos MINI E y BMW ActiveE en diez países, los resultados son muy claros: aproximadamente el 90 por ciento de los recorridos diarios son de más o menos 45 kilómetros en promedio, de manera que un BMW i3 con la batería completamente cargada cumple perfectamente las exigencias que los usuarios plantean frente a la movilidad diaria. Si bien es cierto que con baterías más grandes la autonomía de la conducción eléctrica sería mayor. Pero esa ventaja se obtendría al costo de más peso, mayores gastos y menor dinamismo.

Cargar energía: cómodamente en casa, en el lugar de trabajo o estando de viaje.

En la práctica, es muy sencillo recargar la batería del BMW i3. En la actualidad, muchas personas podrían utilizar cómodamente un coche eléctrico todos los días. Conectado a la unidad de recarga en casa, trátase de una toma de corriente convencional o de la BMW i Wallbox, el acumulador del BMW i3 se carga completamente en máximo seis horas. Si se recurre al moderno sistema de carga rápida en lugares públicos, en apenas 30 minutos la batería se carga al 80 por ciento de su capacidad total. En ese caso, el tiempo que se tarda para comer o para ir de compras en la ciudad es más que suficiente para cargar la energía necesaria para recorrer otros 120 kilómetros.

360° ELECTRIC.

Para poder utilizar óptimamente el BMW i3, BMW i ofrece una amplia gama de productos y servicios con los que es posible satisfacer las preferencias que pueden tener los clientes más allá de su automóvil. Con el kit completo

360° ELECTRIC es posible disfrutar de las ventajas de la movilidad eléctrica diaria de manera especialmente fiable, confortable y versátil. El cliente decide qué servicios utilizar. La oferta de 360° ELECTRIC tiene básicamente cuatro columnas: recarga en casa, recarga en estaciones públicas, aseguramiento de la movilidad y, además, integración en sistemas de movilidad innovadores para superar limitaciones de autonomía.

Home Charging: recargar la batería cómodamente en casa.

BMW i ofrece soluciones hechas a medida para los clientes que tienen garaje propio o una plaza de aparcamiento reservada. Con ellas, recargar la batería en casa es una operación segura, confortable y especialmente rápida. Para ofrecer ese servicio, BMW i ha firmado un convenio de cooperación de amplio alcance con Schneider Electric y The Mobility House (TMH) en enero de 2013. Cuando se lance al mercado el BMW i3, el cliente dispondrá de soluciones sencillas y de alto rendimiento para cargar la batería de su coche cómodamente en su propio garaje, gracias a la cooperación entablada con esas empresas. El convenio incluye varios servicios a disposición del cliente, tales como revisión de la instalación en su casa, entrega y montaje de la estación de carga (la BMW i Wallbox), así como trabajos de mantenimiento, asesoramiento y otros.

Además, BMW i promueve el uso de corriente eléctrica proveniente de fuentes energéticas renovables, por lo que junto con socios seleccionados ofrece diversos productos de corriente «verde». Gracias a la cooperación estratégica entre BMW AG y Naturstrom AG, los clientes podrán adquirir en Alemania un kit de corriente ecológica para el funcionamiento de su BMW i3. Considerando que Naturstrom AG suministra corriente eléctrica proveniente exclusivamente de fuentes energéticas renovables, con un elevado porcentaje de corriente proveniente de parques eólicos, con este servicio se garantiza el funcionamiento del coche eléctrico completamente exento de emisiones de CO₂. BMW i también presta su ayuda a los clientes que, por ejemplo, optan por adquirir un cobertizo para el coche, con las partes laterales abiertas y con paneles solares en el techo.

Perspectivas: carga inductiva.

Mientras que el sistema de carga con cable y Wallbox son tecnologías que corresponden a estándares aprovechables de serie, BMW Group ya está pensando en posibles futuras opciones adicionales. Un ejemplo sería la carga inductiva, que funciona sin cable y sin conector. En ese caso, el coche eléctrico se estaciona sobre una placa de recarga integrada en el suelo, y la energía se transmite sin contacto, a través de un campo electromagnético. Esta solución teóricamente podría instalarse en el garaje de casa, pero también en aparcamientos públicos o en las calles, donde las placas de recarga podrían instalarse en el suelo.

Cuando se inició el trabajo de desarrollo del BMW i3, las placas de carga instaladas en el coche eran demasiado grandes y pesadas, por lo que habrían reducido innecesariamente la autonomía del coche. Sin embargo, los científicos de BMW Group entretanto consiguieron reducir a la décima parte las dimensiones y el peso de la placa de carga instalada en el coche. Recurriendo a la avanzada tecnología de resonadores electromagnéticos, es posible obtener sistemas mucho más pequeños, pero muy eficientes y seguros. Pero para que se pueda utilizar el método inductivo para recargar baterías de coches de diversas marcas, es necesario que se establezca un estándar que, de ser posible, tenga validez en todo el mundo. BMW Group ha creado junto con otros fabricantes un grupo de trabajo oficial dentro de la comisión alemana de tecnología eléctrica y electrónica (DKE) del instituto alemán de normalización (DIN) y de la asociación de tecnología eléctrica y electrónica (VDE).

Public Charging: cargar estando de camino.

Quien no pueda recargar la batería de su BMW i3 en casa o en su lugar de trabajo, podrá recurrir a 360° ELECTRIC para solucionar su problema específico. Gracias a su colaboración con empresas de aparcamientos públicos y oferentes de estaciones de recarga públicas, BMW i ofrece a sus clientes un acceso fiable a la infraestructura pública de recarga. BMW i y sus socios están creando una red que incluye teléfonos inteligentes y sistemas de navegación para que los usuarios dispongan de confortables funciones como, por ejemplo, la indicación de las estaciones de recarga disponibles o el pago transparente mediante una tarjeta ChargeNow. La tarjeta ChargeNow permite acceder a cualquier estación de carga pública, y realizar el pago correspondiente sin necesidad de dinero en efectivo. La tarjeta ChargeNow es aceptada por la mayor cantidad posible de oferentes de redes de estaciones de carga en espacios públicos en todos los mercados atendidos por BMW i, de manera que el cliente puede utilizar las estaciones de diversas empresas pagando con la misma tarjeta. La facturación correspondiente se realiza de manera uniforme a través de BMW i.

Tan sólo en Alemania existen más de 70 oferentes de estaciones de recarga públicas, aunque los métodos de pago todavía varían, y también los servicios ofrecidos son diferentes. Es indispensable que se produzca una armonización en este sector. La tarjeta ChargeNow es un producto de BMW i, que ofrece ya ahora una solución inteligente en beneficio del cliente. El reto consiste en colaborar con todas las empresas interesadas y seguir ampliando la gama de servicios ofrecidos por todas por igual.

Un buen ejemplo de soluciones para el establecimiento de redes de infraestructura de estaciones públicas de carga fue presentado recientemente por Hubject GmbH, un joint venture de BMW Group, Bosch, Daimler, EnBW,

RWE y Siemens. Esta empresa permite a los oferentes de servicios de movilidad eléctrica ampliar su oferta agregando el eRoaming. Con este servicio, los usuarios de coches eléctricos que firman un contrato con una sola empresa tendrían acceso a cualquier punto de recarga de una futura red europea, y los clientes de BMW i podrían hacer uso de esas estaciones de carga con sus tarjetas ChargeNow. De esta manera, recargar la batería de coches eléctricos en el futuro será tan sencillo como ahora sacar dinero de un cajero automático. Para acceder a la estación de carga se tiene previsto utilizar un código QR estandarizado. Así, la operación de carga se iniciaría y finalizaría con la función de escaneo mediante una aplicación para teléfonos inteligentes.

Pronto una realidad: desde Múnich hasta Berlín conduciendo únicamente con energía eléctrica.

A través de un proyecto común, que es apoyado por el gobierno alemán y que cuenta con la participación de BMW Group, ABB, Deutsche Bahn, EIGHT, RWE, la universidad de Bamberg, la universidad de Múnich del ejército alemán y la universidad técnica de Dresde, se está construyendo una estación de recarga rápida de baterías de coches eléctricos junto al Mundo BMW en Múnich. La inauguración de la estación está prevista para mediados del año. Esta estación incluirá dos puntos de carga tipo Combined Charging System CCS (combo), el estándar que acordaron establecer los fabricantes europeos de automóviles. Con CCS, es posible recargar la batería de manera convencional con corriente alterna, pero también de manera ultrarrápida con corriente continua. Estos modos de recarga son compatibles con el nuevo BMW i3, así como con coches eléctricos de otras marcas.

Esta estación, que se encuentra muy cerca de la estación de metro Olympiapark, será un centro de conexión para coches eléctricos, sistemas de transporte público y bicicletas eléctricas.

En otro proyecto con apoyo oficial, un consorcio formado por BMW Group, Siemens y E.ON está instalando estaciones de carga rápida a lo largo de la autopista A9. Esto significa que a partir de principios de 2014 será posible conducir desde Múnich hasta Berlín consumiendo únicamente energía eléctrica, con breves interrupciones para recargar la batería. Y eso no será todo: a través de otro proyecto, en el que participan otras empresas, será posible viajar del mismo modo desde Múnich hasta Bratislava, pasando por Salzburgo y Viena. De esta manera se está colocando la primera piedra de una red internacional de puntos de recarga rápida.

Estos ejemplos demuestran que la infraestructura de recarga en estaciones públicas está creciendo constantemente, ampliando de modo cada vez más eficiente el sistema de recarga en los domicilios y los lugares de trabajo, que

de momento sigue siendo el principal. De este modo, los usuarios de coches eléctricos dispondrán de un sistema más versátil, que les permitirá recorrer largas distancias sin problema alguno. Las amplias pruebas que BMW Group realizó en el campo también han ofrecido resultados muy interesantes en este contexto: gracias a la disponibilidad de puntos de carga propios y públicos de funcionamiento asegurado, los usuarios de los MINI E lograron realizar el 90 por ciento de todos sus desplazamientos con el coche eléctrico. Además, para recorrer esas distancias, en promedio tan sólo recurrieron a estaciones de carga públicas en menos de 10 por ciento de los casos.

Movilidad versátil: aprovechamiento inteligente de alternativas.

Si en alguna ocasión la autonomía de un BMW i3 no fuera suficiente, el cliente puede recurrir a los módulos complementarios de servicios de movilidad para recorrer grandes distancias. Por ejemplo, utilizando temporalmente un BMW con motor de combustión o un modelo híbrido de la marca. Para hacerlo, el cliente puede contratar contingentes anuales personalizados ofrecidos por 360° ELECTRIC. Los clientes de BMW i también pueden recurrir al servicio de compartición de coches DriveNow.

El BMW i3 fue concebido principalmente como coche únicamente eléctrico. Sin embargo, los clientes que regularmente tienen que recorrer distancias de más de 160 kilómetros, puede adquirir opcionalmente un prolongador de autonomía (Range-Extender), con el que el BMW i3 puede cubrir una distancia de 300 kilómetros antes de recargar.

Servicios de asistencia.

Para que el BMW i3 siempre funcione fiablemente día a día, la batería y todos los sistemas eléctricos se someten a un control permanente cuando el coche está en movimiento. En los casos poco probables que se produzca un fallo, los coches de asistencia y los talleres de BMW pueden determinar el fallo de manera sencilla utilizando el sistema de diagnóstico.

Considerando la posibilidad muy poco probable que se produzca un daño en la batería, BMW i es la primera marca del sector automovilístico que optó por incluir en sus coches un acumulador de alto voltaje plenamente modular y que admite reparaciones. Por lo tanto, un posible defecto no implica necesariamente la sustitución de la unidad completa. Más bien pueden sustituirse módulos individuales en determinados talleres seleccionados de BMW i. La estructura del sistema de la batería y la estrategia de oferta de piezas de recambio, contribuyen esencialmente a acrecentar la aceptación del producto, a reducir los costes de utilización y, además, a minimizar los costes originados por servicios de garantía. Lo dicho significa que este concepto contribuirá considerablemente al cuidado de los recursos y al éxito de la estrategia de sostenibilidad.

BMW desarrolló su propia batería.

El acumulador de alto voltaje del BMW i3 se produce en una línea de montaje ultramoderna, instalada en la planta de BMW de Dingolfing. Únicamente las células provienen de un proveedor externo. Por lo demás, las baterías son el resultado de un trabajo de desarrollo propio. Durante ese trabajo pudo recurrirse a la experiencia acumulada durante el desarrollo de baterías anteriores, también propias, que se utilizan en los modelos BMW ActiveHybrid 3 y 5, así como en el BMW ActiveE, agregándose diversas soluciones para su optimización.

La estructura modular de la batería significa que está compuesta por bloques individuales, cada uno de ellos provisto de su propio sistema de seguridad. La decisión a favor de la fabricación propia de los acumuladores no solamente contribuye al aseguramiento del futuro de las plantas en Alemania. También ofrece numerosas ventajas a BMW y a sus clientes. Por un lado, así se tiene la seguridad que se continuará explorando el potencial que alberga la tecnología de acumulación de energía eléctrica. Por otro lado, de esta manera se garantiza que los coches eléctricos de BMW ofrezcan el dinamismo y la seguridad propios de los modelos de la marca. Adicionalmente, siendo BMW el encargado del desarrollo y de la fabricación, puede reaccionar rápidamente a las necesidades y exigencias que se planteen en el futuro.

Duración de la batería durante toda la vida útil del coche.

La duración de un acumulador de ión-litio depende de numerosos factores. Concretamente, el envejecimiento de la batería se produce por dos razones: en primer lugar, por el factor tiempo. Es decir, en la medida en que pasa el tiempo, disminuye la potencia y la capacidad de acumular energía. Este factor depende fundamentalmente de la temperatura de la batería. En segundo lugar, las operaciones de carga y descarga inciden en el envejecimiento. Las amplias pruebas realizadas por los especialistas a cargo del desarrollo de baterías demuestran que las células que se utilizan en el BMW i3 tienen una duración que abarca toda la vida útil del coche, tanto considerando el factor tiempo, como los ciclos de carga y descarga. Por lo tanto, satisfacen plenamente los estrictos criterios aplicados por BMW. Este resultado es posible gracias a la selección apropiada de los componentes químicos de las células y, además, al sistema inteligente de gestión de energía, con el que el acumulador se utiliza dentro del margen óptimo de utilización (por ejemplo, regulando la temperatura mediante funciones de refrigeración o calefacción).

Refrigeración con agente refrigerante.

Para la refrigeración del acumulador de alto voltaje, BMW i aprovecha directamente el agente refrigerante utilizado en el climatizador. Este agente refrigerante es más eficiente que, por ejemplo, la refrigeración por agua o aire. Además, así es posible prescindir de la instalación de componentes adicionales, como ventiladores o bombas. De esta manera se ahorra peso y

espacio para el montaje. El sistema de calefacción necesario para el acondicionamiento previo si las temperaturas son muy bajas, aprovecha la corriente eléctrica de la red pública mientras el coche está conectado a la Wallbox.

Así, el rendimiento de la batería es homogéneo durante la mayor parte del tiempo de su utilización y, además, en buena medida es independiente de los cambios que experimenta la temperatura ambiente. Este sistema es beneficioso para el funcionamiento diario del acumulador de energía, su estabilidad en el transcurso del tiempo y su duración total.

En el BMW i3 se puso especial cuidado en que las unidades consumidoras requieran de la menor cantidad posible de energía eléctrica. Por ejemplo, la calefacción del habitáculo funciona según el principio de las bombas térmicas. Por lo tanto, consume hasta un 30 por ciento menos que una calefacción eléctrica convencional. La iluminación interior y exterior está a cargo de diodos luminosos, que consumen menos energía. Las dos medidas juntas contribuyen substancialmente a la considerable autonomía del BMW i3. Y en el caso del BMW i8 se utilizan por primera vez fuentes de luz de rayos láser, lo que significa que se alcanza un nivel superior de eficiencia energética.

Sobre todo, fiabilidad.

Siempre que se presentan nuevas soluciones tecnológicas, se expresan dudas y reservas. Pero cuando se lance al mercado el BMW i3 aún este año, los conductores, sus acompañantes y todos los demás que participan en el tráfico vial pueden confiar en que se trata de un coche completamente seguro, que cumple los estrictos estándares de BMW Group. En términos de seguridad, los estándares de la empresa superan las exigencias de todas las normas legales vigentes (al respecto, consulte el capítulo 2.4).

El sistema eléctrico del BMW i3 tiene dos polos, a diferencia de la red de abordo convencional. Esto significa que el polo negativo no está conectado a masa, es decir, a la carrocería, sino que está conectado a un circuito aparte, completamente aislado. Además, la carcasa completamente hermética de la batería evita la penetración de agua. Al seleccionar la composición química de las células de la batería se tuvieron en cuenta criterios de rendimiento y duración, pero por supuesto también se consideró si es apropiada para células que se utilizan en automóviles, principalmente pensando en el aspecto de la seguridad.

Los sofisticados algoritmos de control, la ingeniosa distribución de sensores y el sistema de refrigeración antes descrito, consiguen que la batería no se descargue o cargue demasiado, y que tampoco se sobrecaliente cuando está en funcionamiento. La totalidad del sistema eléctrico está asegurado en tres

niveles, incluyendo los componentes y el software, y una función de desconexión de emergencia.

Sostenibilidad: reutilización con otros fines, al concluir la vida útil del coche.

Al final del ciclo de vida del coche, el acumulador del BMW i3 aún dispone de un buen nivel de rendimiento y de suficiente capacidad de acumulación de energía. Después de 1.000 ciclos de recarga, la batería todavía posee una buena parte de su capacidad nominal. Por lo tanto, las baterías del BMW i se recuperan y se destinan a otros usos. Pensando en la sostenibilidad, estas baterías pueden utilizarse como fuente de energía para numerosas otras aplicaciones.

Por ejemplo, podrían aprovecharse como acumuladores intermedios de energía solar, para que alimenten corriente eléctrica a las redes domésticas de noche o cuando las condiciones meteorológicas son malas, o también para que alimenten corriente verde de producción propia a un BMW i3.

Además, conectando varias baterías entre sí se podrían obtener sistemas de acumulación de energía de uso industrial. Sistemas de esta índole ya se están utilizando en los dos centros de investigación de BMW Group: en el BMW Group Technology Office USA de Mountain View (California), y desde enero de 2013 también en el BMW ConnectedDrive Lab de Shanghái (China). Y en la «Casa de eficiencia energética plus» de Berlín del ministerio alemán de economía se utilizan baterías del MINI E con el fin de optimizar y estabilizar la alimentación local de energía eléctrica.

Y también sería factible utilizar acumuladores grandes de varios megavatios para estabilizar el suministro de corriente eléctrica a través de las redes públicas. BMW i está realizando trabajos de investigación y de aplicación práctica de esta índole. BMW i, siendo un fabricante globalizado de automóviles, aplica una estrategia global de reutilización de baterías para satisfacer la posible demanda en diversos mercados del mundo.

2.4 Fibra de carbono: seguridad y reparación.



La seguridad y la utilización de materiales ligeros no tienen por qué contradecirse. Todo lo contrario. El sistema modular LifeDrive del BMW i3, compuesto por aluminio y polímeros reforzados con fibra de carbono, es incluso superior a las soluciones de chapas de acero. Así lo demostraron las correspondientes pruebas de choque. El uso de materiales sintéticos reforzados con fibra de carbono ofrece la posibilidad de diseñar carrocerías muy ligeras, sin por ello disminuir el confort y la seguridad. Los polímeros reforzados con fibra de carbono tienen cualidades extraordinarias en relación con su capacidad de absorber energía y, además, no se dañan fácilmente. Los polímeros reforzados con fibra de carbono son los materiales más ligeros que se pueden utilizar, sin reducir la seguridad de una carrocería.

El módulo LifeDrive ofrece una seguridad óptima.

Los automóviles deben cumplir criterios muy estrictos en relación con la resistencia a impactos. Los fabricantes deben cumplir muchas directivas definidas por las organizaciones de protección de los consumidores y, también, normas legales, que establecen numerosos criterios de resistencia a choques. Desde la fase inicial de desarrollo del BMW i3 se estableció un intenso contacto con los institutos internacionales encargados de realizar las pruebas de choque, para definir el novedoso concepto de la carrocería y, por lo tanto, para desarrollar los sistemas de seguridad de los modelos de BMW i.

El Dr. Ulrich Veh, experto en seguridad del departamento de desarrollo de BMW i, concluye lo siguiente: «Los modelos de BMW i están al mismo nivel que los modelos de BMW.» En términos generales se puede afirmar que la jaula extremadamente resistente, combinada con el ingenioso desvío de las fuerzas en el módulo LifeDrive, cumple todos los requisitos necesarios para una protección óptima de los ocupantes. Incluso en el caso del choque frontal parcial a 64 km/h, es decir, en la prueba de choque que más exige de la estructura de la carrocería, el material extremadamente rígido garantiza un espacio vital intacto para el conductor y sus pasajeros. Las estructuras de aluminio de deformación programada que se encuentran en el frente y en la zaga del módulo Drive, ofrecen una seguridad adicional. En estas condiciones, la deformación de la carrocería es menor que aquella que sufre una carrocería comparable de chapas de acero. Además, se tiene la seguridad de poder abrir fácilmente las puertas, lo que se debe al efecto protector (efecto «capullo») de la carrocería de polímeros reforzados con fibra de carbono.

El personal de rescate de los bomberos también considera que el nuevo concepto automovilístico no ofrece problemas en caso de un accidente.

Gerhard Schmöller, jefe instructor de los bomberos profesionales de Múnich, comenta lo siguiente: «Los bomberos profesionales de Múnich ya tuvieron ocasión de realizar diversos simulacros de rescate. Aplicando métodos estandarizados de corte para abrir vehículos, pudieron comprobar que el rescate de los ocupantes de un BMW i3 es perfectamente comparable con las operaciones que deben realizarse para salvar a las personas que se sufren un accidente en un coche convencional. El trabajo de desarrollo relacionado con el rescate de personas en caso de un accidente ya alcanzó un nivel muy alto, a pesar de tratarse de un concepto automovilístico novedoso, con muchas partes de polímeros reforzados con fibra de carbono. Estamos impresionados por la dedicación y el cuidado demostrado por los ingenieros de BMW, que aunque conscientes de que están escribiendo un capítulo importante en la historia automovilística, siempre tuvieron presente el tema de la seguridad de los ocupantes.»

Batería incorporada de modo seguro en un alojamiento de aluminio y polímeros reforzados con fibra de carbono.

El acumulador de alto voltaje está montado en los bajos del módulo Drive de aluminio, es decir, en el lugar que ofrece la mejor protección. Esta es la zona que en caso de un choque debe soportar la menor energía ocasionada por el impacto, por lo que es la que menos se deforma. El material compuesto reforzado con fibra de carbono también pone de manifiesto su gran capacidad de absorción de energía en el caso de un choque lateral, que según la norma Euro NCAP es un impacto contra un poste a 32 km/h, justo en la mitad de la parte lateral del coche. El módulo Life es capaz de absorber toda la energía de ese impacto, deformándose muy poco. De esta manera se garantiza óptimamente la seguridad de los ocupantes del coche. Aunque el material reforzado con fibra de carbono absorbe la energía, su deformación no pone en peligro a los ocupantes o a otras personas.

Y las extraordinarias cualidades de mínima deformación del módulo Life de polímeros reforzados con fibra de carbono, también son beneficiosas para el acumulador de alto voltaje. En el caso del choque lateral, el poste no penetra en la carrocería hasta el lugar de la batería. El acumulador de alto voltaje también está óptimamente protegido en la zona del faldón lateral, gracias a la mezcla de materiales y a la inteligente distribución de las fuerzas que actúan sobre el módulo LifeDrive en caso de un impacto.

Baterías de ión-litio seguras, también en caso de incendio.

La seguridad es un criterio prioritario durante el trabajo de desarrollo de los modelos de BMW i. El coche incluye una serie de sistemas y soluciones que garantizan la seguridad durante el funcionamiento normal, y también en casos de accidentes con incendios. El sistema de alto voltaje ha sido configurado de tal manera que si el coche sufre un accidente, cumple holgadamente los requisitos establecidos por la ley. El acumulador de alto voltaje dispone de

componentes (por ejemplo, la unidad de escape de gases) que garantizan un escape controlado de los gases provocados por un incendio en el acumulador. Cabe suponer que los gases provocados por un incendio y el agua utilizada para sofocar el incendio, no ocasionan daños ecológicos mayores que en el caso de un coche convencional accidentado.

La serie de pruebas realizadas recientemente por el renombrado Competence Center de movilidad eléctrica de DEKRA, permitió llegar a las siguientes conclusiones: «Hemos realizado amplias pruebas, analizando el surgimiento de llamas y su propagación, así como los requisitos para sofocarlas y el daño ecológico ocasionado por el agua utilizada para apagar el incendio. Nuestras conclusiones las podemos resumir en los siguientes términos: los automóviles eléctricos e híbridos con baterías de ión-litio son igualmente seguros en caso de un incendio que un coche con sistema de propulsión convencional.» (Comunicado de prensa de DEKRA del 29 de octubre de 2012. DEKRA es una de las organizaciones independientes líderes mundialmente, especializada en temas de seguridad, protección del medio ambiente y análisis de productos).

Para garantizar un máximo nivel de seguridad en este tipo de accidentes, el acumulador de alto voltaje se desconecta del sistema de alto voltaje y de todos los componentes conectados a él, en el mismo momento en que se activan los sistemas de retención de las personas que se encuentran dentro del coche. De esta manera se excluye completamente el riesgo de un cortocircuito, que podría producir descargas eléctricas o provocar incendios.

Costes de reparación de modelos de BMW i equivalen a los costes de otros coches del mismo segmento.

Según estudios realizados por las compañías de seguros de automóviles y, también, por el centro de investigación de accidentes de BMW, en la actualidad en la mayoría de los accidentes se producen daños de menor importancia. En el 90 por ciento de todos los accidentes registrados de automóviles convencionales, los daños se limitan a las chapas exteriores. En el BMW i3 se consideró esta circunstancia, por lo que todo su exterior está recubierto de chapas de material sintético, atornilladas o fijadas mediante clips. El material es capaz de soportar golpes ligeros sin deformarse, a diferencia de las chapas de acero que suelen abollarse. Además, si se daña la pintura, el material no se oxida.

Si es necesario sustituir piezas del recubrimiento exterior del BMW i3, el trabajo correspondiente puede llevarse a cabo rápidamente y a un coste ventajoso. Gracias a este conjunto de soluciones, los costes generados por reparaciones tras un accidente son iguales a los de las reparaciones que se llevan a cabo en un BMW Serie 1. Por esta razón puede suponerse que la

clasificación inicial definida por las compañías de seguros corresponderá a la que es usual en coches del segmento de automóviles compactos.

Métodos de reparación en frío de las piezas de aluminio.

El módulo Drive que durante la fabricación en serie se obtiene soldando los componentes de su estructura, se repara aplicando métodos «fríos» mediante aplicación de pegamento y remaches. Estos métodos se aplican exitosamente en los talleres oficiales de BMW desde el año 2003.

Métodos de reparación rápida de piezas de polímeros reforzados con fibra de carbono.

Uno de los temas más importantes que se incluyó en el pliego de condiciones desde el principio de los trabajos de desarrollo del nuevo concepto automovilístico, consistió en la posibilidad de reparar la estructura de polímeros reforzados por fibra de carbono del módulo Life. Por ejemplo, se definieron varias zonas para la reparación del bastidor lateral. Si tras un accidente lateral y si después de analizarse y evaluarse el daño en el taller, resultase necesario sustituir el umbral, en el taller simplemente se separa el umbral utilizando una fresadora patentada. A continuación se confecciona una pieza del tamaño necesario, y se monta en el coche. La pieza se une en las zonas de corte utilizando diversos elementos de reparación específicos.

Cualquier taller de un concesionario oficial de BMW i puede llevar a cabo las reparaciones en las chapas de material sintético que recubren el exterior del coche. Considerando las peculiaridades específicas del módulo LifeDrive, habrá centros de reparación con personal especializado que se encargará de realizar las reparaciones de las estructuras de aluminio o de polímeros reforzados con fibra de carbono.