



MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



**CDTI**

Centro para el  
Desarrollo  
Tecnológico  
Industrial

# GRAFENO Y OTROS NUEVOS MATERIALES

## China

### Octubre 2018

---

Este documento ha sido realizado por Gregorio Millán Castilla,  
representante del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial, E.P.E. en China

## Contenido

Lista de acrónimos .....	3
1. Resumen ejecutivo .....	5
2. Descripción del sector y clasificación de actividades .....	6
3. Sistema chino de Ciencia y Tecnología .....	8
Componentes y gestión del Sistema de Ciencia y Tecnología .....	9
Políticas de Ciencia y Tecnología .....	10
4. Contexto actual del sector .....	12
5. Distribución geográfica del sector .....	14
6. Grafeno .....	15
6.1 Estandarización del sector del grafeno .....	15
6.2 Alianzas del grafeno .....	15
6.3 Entidades de I+D del grafeno .....	17
6.4 Listado de empresas .....	21
6.5 Producción de grafeno .....	24
6.6 Aplicaciones del grafeno .....	24
6.7 Cooperación internacional .....	25
7. Materiales compuestos .....	26
7.1 Fibra de carbono .....	26
7.2 Centros de Investigación .....	26
7.3 Empresas del sector .....	29
8. Materiales superconductores .....	30
9. Nanomateriales .....	32
Otros casos de cooperación internacional .....	33
10. Oportunidades para empresas españolas .....	34
Oportunidades en el sector del grafeno .....	34
Otras oportunidades en el sector de nuevos materiales .....	34
11. Recomendaciones generales .....	36
Eventos de interés .....	37
Páginas web de utilidad .....	38
Bibliografía .....	39

## Lista de acrónimos

μm	Micrómetro, Micrón o Micra
ACC	AVIC Composite Corporation
C&T	Ciencia y Tecnología
CAE	Academia China de Ingeniería
CAS	Academia China de Ciencias
CCGC	China Composites Group Co., Ltd.
CDTI	Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial
CEO	Director General
CGIA	China Innovation Alliance of the Graphene industry
CIGIU	China International Graphene Industry Union
CNITECH	Ningbo Institute of Materials Technology and Engineering
CNY	Moneda nacional china (Yuan chino)
CSMS	Center for Smart Materials and Structures
CSTEC	China Science Technology Exchange Center
g/cm <sup>3</sup>	Gramos por centímetros cúbicos
GRACE	Graphene Research and Application Center
GRCC	Graphene Research and Characterization Center
I+D	Inversión más desarrollo
ICN2	Instituto Catalán de Nanociencias y Nanotecnología
IMR	Institute of Metal Research
InP	Fosforo de indio
IPR	Intelectual Property Rights
ISO	International Organization for Standardization.
JITRI	Jiangsu Industrial Technology Research Institute
LBNL	Lawrence Berkeley National Laboratory
MIIT	Ministerio de Industria y de Tecnologías de la Información

MOE	Ministerio de Educación
MOF	Ministerio de Finanzas
MOFCOM	Ministerio de Comercio
MOST	Ministerio de Ciencia y Tecnología
NCNST	National Center for Nanoscience and Technology
NDRC	National Development and Research Commission
nm	Nanómetro
NSFC	Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China
PIB	Producto interior bruto
PNC	Punto nacional de contacto
QIGIC	Qingdao International Graphene Innovation Center
RMB	Moneda nacional china (renminbi)
SAC	Standardization Administration of China
SASAC	State Council's State-owned Assets Supervision and Administration Commission
SGC	Shenzhen Geim Graphene Research Center
SME	Pequeñas y medianas empresas
TBIs	Incubadoras de negocios tecnológicos
TBSI	Tsinghua-Berkeley Shenzhen Institute
UAA	Universidad Autónoma de Aguascalientes
UE	Unión Europea
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

## 1. Resumen ejecutivo

Este informe recoge el estado tecnológico actual en China del sector del grafeno y otros nuevos materiales como los compuestos, superconductores o nanomateriales. En los primeros apartados del informe se definen los conceptos que son tratados en el estudio. También se muestran los principales componentes y gestores del sistema de ciencia y tecnología chino y las políticas gubernamentales más relevantes en el sector.

Posteriormente, se analiza el estado actual de la industria del grafeno en China, haciendo alusión a la capacidad del país en comparación con otros, al número de empresas, sus modos de producción, política de precios y aplicaciones del grafeno más comunes.

Más adelante, se detalla la distribución geográfica de los principales organismos y entidades que trabajan este material. Además, se incluye información sobre el emplazamiento de los principales centros de producción de otros materiales como los compuestos, superconductores y nanomateriales.

Tras esto, se estudia la industria del grafeno en China. Para ello se ofrece una visión de la estandarización del sector llevada a cabo, se muestran las principales alianzas, centros de I+D y empresas del sector. El análisis concluye recogiendo diversos métodos de producción de grafeno, además de algunas de sus aplicaciones y casos de cooperación internacional en este campo.

A continuación, se presentan otros nuevos materiales que están expandiéndose en el mercado. En primer lugar, se estudian las características y las aplicaciones de nuevos materiales compuestos como la fibra de carbono. Al mismo tiempo, se hace alusión a los principales centros de investigación y empresas del sector que trabajan buscando nuevas aplicaciones de éstos.

Más adelante se tratan los superconductores. En este caso se detallan los superconductores más desarrollados en el país y se muestran algunas de las entidades más influyentes. Otro apartado recoge información sobre los nanomateriales. En este sentido, se presentan las principales iniciativas gubernamentales, las aplicaciones más relevantes del sector, los organismos más influyentes y casos de cooperación internacional.

Tras esto, se valoran las posibilidades y oportunidades de negocio de las empresas españolas en el mercado. Para concluir, se establecen unas recomendaciones generales para llevar a cabo actividades empresariales en China y algunos de los eventos y páginas web más destacadas del sector.

## 2. Descripción del sector y clasificación de actividades

Los nuevos materiales están teniendo cada vez más importancia en la economía del país. Sus avanzadas propiedades permiten obtener procesos productivos y productos más eficientes y menos contaminantes. La necesidad de ahorro de energía, de almacenamiento de la misma o de su generación, encuentra respuesta en muchas de las propiedades de estos materiales.

De esta forma, su gradual implantación en el ámbito industrial está generando cambios no sólo en los modelos productivos sino también en la forma de explotar y aprovechar los resultados obtenidos.

Ante esto, el gobierno chino ha mostrado su voluntad de seguir avanzando en este sector, haciendo hincapié en el desarrollo de los siguientes materiales:

- materiales inteligentes como aleaciones con memoria de forma, aleaciones de vanadio-titanio, superaleaciones y materiales de autocuración;
- nanomateriales tales como grafeno y metamateriales;
- materiales superconductores;
- semiconductores de nueva generación como el fosforo de indio (InP) y el carborundo;
- nuevos materiales estructurales como fibras de carbono de alto rendimiento.
- materiales funcionales de uso especial;
- polímeros funcionales;
- uso especial de inorgánicos no metálicos;
- compuestos avanzados.

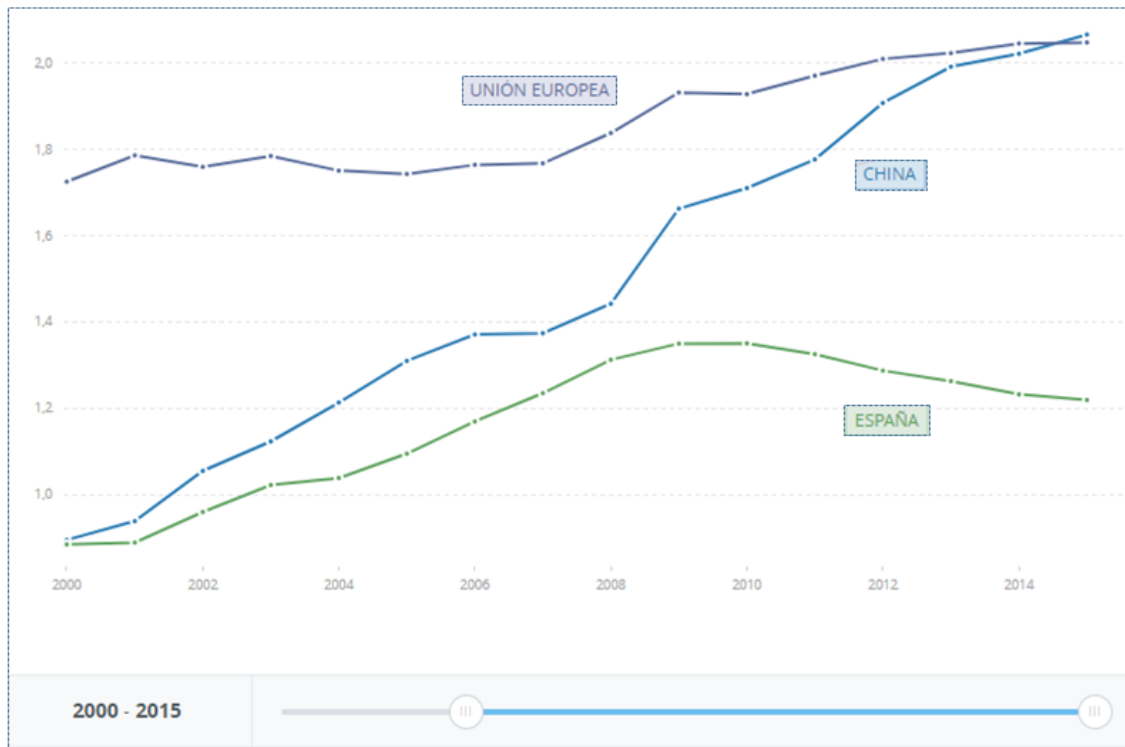
En este informe se ha analizado el estado actual y tecnológico de los siguientes conceptos:

- Grafeno: es una sustancia compuesta por carbono puro, con átomos dispuestos en un patrón regular hexagonal, similar al grafito. Es un material opaco. Una lámina de un átomo de espesor es unas 200 veces más resistente que el acero actual más fuerte, siendo su densidad más o menos la misma que la de la fibra de carbono, y unas cinco veces más ligero que el aluminio. Siendo su peso de  $0.54 \text{ g/cm}^3$ . (1)
- Fibra de carbono: es una fibra sintética constituida por finos filamentos de 5–10  $\mu\text{m}$  de diámetro y compuesto principalmente por carbono. Cada fibra de carbono es la unión de miles de filamentos de carbono. Se trata de una fibra sintética porque se fabrica a partir del poliacrilonitrilo. Tiene propiedades mecánicas similares al acero y es tan ligera como la madera o el plástico. Por su dureza tiene mayor resistencia al impacto que el acero. (2)
- Materiales compuestos: son aquellos materiales que se forman por la unión de dos o más materiales para conseguir la combinación de propiedades que no es posible obtener en los materiales originales. (3)

- Materiales superconductores: materiales capaces de conducir corriente eléctrica sin resistencia ni pérdida de energía en determinadas condiciones. (4)
- Nanomateriales: son materiales con propiedades morfológicas más pequeñas que  $1 \mu\text{m}$  en al menos una dimensión. A pesar del hecho de que no hay consenso sobre el tamaño mínimo o máximo de un nanomaterial, algunos autores restringen su tamaño de 1 a 100 nm, una definición lógica situaría la nanoescala entre la microescala ( $1 \mu\text{m}$ ) y la escala atómica/molecular (alrededor de 0.2 nm). (5)

### 3. Sistema chino de Ciencia y Tecnología

La administración china está impulsando su sistema de ciencia y tecnología. Tanto es así que el gasto en I+D ha pasado de no llegar al 1% del PIB en 2001 a situarse en el 2,07% del PIB en la actualidad. En el caso de la UE-28 se sitúa en el 2,05% del PIB. El gobierno chino pretende acrecentar este gasto y conseguir el objetivo del 2,5% del PIB en 2020 (6)(7)(8). Aun así, según datos del Fondo Monetario Internacional, China fue el segundo país del mundo que más invirtió en I+D en 2016 (20,4% del gasto mundial). Se prevé además que para el año 2026 China haya superado a Estados Unidos en el gasto en I+D. (9)



**Figura 1.** Gasto en I+D (% del PIB) de China, España y la UE. Fuente: Instituto de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (10).

**Tabla 1.** Gasto en I+D en 2015 de algunos países de referencia. Fuente: Instituto de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (10).

PAÍS	GASTO DE I+D COMO %PIB
Israel	4,27
República de Corea	4,23
Japón	3,28
Suecia	3,26
Dinamarca	3,01
Finlandia	2,90
Alemania	2,88
Estados Unidos	2,79
<b>China</b>	<b>2,07</b>



PAÍS	GASTO DE I+D COMO %PIB
UE-28	2,05
España	1,22

Además, en el 13<sup>er</sup> Plan Quinquenal la innovación y el emprendimiento han sido declarados como los ejes principales de la nueva economía China.

Asimismo, China ostenta el liderazgo mundial de ciertas publicaciones científicas; en ciencias químicas, el 25% de las publicaciones mundiales son chinas y en ciencias de materiales el 18% de las publicaciones mundiales son chinas. (9)

También hay que tener en cuenta que en China existen zonas especiales diseñadas por el Gobierno para apoyar el desarrollo de la economía, del comercio internacional o de la industria. Cuenta con aproximadamente 219 zonas de “Desarrollo Económico y Tecnológico” (Economic and Technological Development Zones), para la atracción de inversiones en servicios y en proyectos productivos con una tecnología avanzada; y 156 zonas especiales pensadas para proyectos de inversión en tecnologías muy avanzadas que se sitúan generalmente en espacios no muy extensos cercanos a zonas universitarias (High-Tech Development Zones). (11)

### Componentes y gestión del Sistema de Ciencia y Tecnología

La administración del sistema de Ciencia y Tecnología chino se encuentra bajo el Consejo de Estado. De la administración del sistema se encargan varios ministerios, agencias nacionales y gobiernos locales; además de intervenir universidades, institutos de investigación y otros organismos. La administración es compleja, pero pueden resumirse los principales actores que intervienen y sus funciones como sigue:

- **Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST):** Crea políticas de C&T, administra los presupuestos para I+D, legisla en los campos de C&T y cofinancia la participación de China en Horizonte 2020.
- **Torch, Centro para el Desarrollo de la Industria de alta Tecnología:** Su principal función es fomentar el desarrollo de las empresas innovadoras y de alta tecnología. Aunque su actividad no es exactamente igual que la de CDTI, es la agencia china que más se asemeja a éste. Es una entidad pública que depende directamente del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Sus misiones son llevar a cabo el Programa Torch, otorgar el reconocimiento de empresa tecnológica que facilita el acceso a beneficios fiscales, promover la transferencia de tecnología, mejorar el entorno de la innovación y fomentar el desarrollo de la industria de base tecnológica.

El Programa Torch está enfocado a la comercialización de los productos de la I+D, la industrialización de los productos tecnológicos y la internacionalización de la industria tecnológica. Las herramientas que se emplean para el desarrollo del Programa Torch son las Zonas de Alta Tecnología, las Incubadoras de Negocios Tecnológicos (TBIs) y los incentivos fiscales.

Para mejorar el entorno de la innovación en China, lleva a cabo el Programa de Parques Nacionales de Ciencia y Tecnología así como el programa Torch de Centros Industriales. Además, actúa como intermediario dando su apoyo a agencias de transferencia de tecnología, a empresas start-ups mediante capital riesgo y a centros de promoción de la competitividad.

- **Ministerio de Finanzas (MOF):** Máximo responsable de la financiación de la I+D. De la gestión de los fondos y de los programas se encargan otros organismos.
- **Ministerio de Industria y de Tecnologías de la Información (MIIT):** Establece la planificación industrial de China, las políticas y las regulaciones. Se encarga también de promover el desarrollo de la maquinaria tecnológica y la innovación en el sector de la comunicación, además de cofinanciar la participación de China en Horizonte 2020 en temas de transporte aeronáutico.
- **Ministerio de Educación (MOE):** A parte de ser el encargado de la Educación y por lo tanto, de los recursos humanos de C&T, muchas de las investigaciones en C&T comienzan siendo financiadas por el Ministerio de Educación en sus etapas iniciales. El MOE sirve de base para la investigación en C&T.
- **Academia China de Ciencias (CAS):** Tiene numerosos centros de investigación, universidades y organismos de gestión. Participa en la toma de decisiones y en las políticas de C&T como órgano de consulta del Gobierno. Con la intención de fortalecer la cooperación en ciencia y tecnología entre China y la Unión Europea se lanzó un nuevo programa de cooperación entre CAS y la UE a principios de 2015. Bajo este programa de cooperación, la Academia China de Ciencias podrá financiar a sus institutos de investigación y otras de sus entidades que formen parte de un consorcio al que se le haya concedido un proyecto Horizonte 2020.
- **Academia China de Ingeniería (CAE):** Similar a la Academia China de Ciencias, actúa también como órgano de consulta pero en el campo de la ingeniería.
- **Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China (NSFC):** Ha sido integrada dentro del MOST. Financia proyectos de investigación básica basándose en su excelencia científica. y de igual forma, financia la participación nacional en las convocatorias ERA-NETS.
- **Comisión Nacional de Reforma y Desarrollo (NDRC):** Tiene estatus de Ministerio. Diseña las estrategias de desarrollo económico y social, los planes anuales y los planes de desarrollo a medio y largo plazo. (12)
- **China Science Technology Exchange Center (CSTEC):** Tras la última reforma del sistema chino de C&T, CSTEC es el organismo encargado de las relaciones internacionales en C&T y es el Punto Nacional de Contacto (PNC) para Horizonte 2020.

## Políticas de Ciencia y Tecnología

El desarrollo del sector de nuevos materiales se considera un factor importante para la modernización de las industrias tradicionales, el desarrollo de la fabricación avanzada y la consolidación de las industrias estratégicas emergentes. Las políticas van dirigidas hacia la actualización de los materiales básicos en hierro y acero avanzados, metales no

ferrosos avanzados, petroquímicos avanzados, industria ligera avanzada, materiales avanzados y textiles avanzados; desarrollar materiales clave en equipos avanzados con aleaciones especiales, membranas de separación de alto rendimiento, fibras y materiales compuestos de alto rendimiento, nuevos materiales energéticos, una nueva generación de materiales biomédicos, semiconductores avanzados y tierras raras. (13)

Por su parte, dentro del 13<sup>er</sup> Plan Quinquenal (2016-2020) se destacan ocho industrias estratégicas emergentes. Una de ellas hace referencia a nuevos materiales. China da prioridad a materiales como el grafeno, la impresión tridimensional, los materiales superconductores y la inteligencia biónica. Para coordinar el desarrollo del grafeno ha establecido una asociación de la industria del grafeno, la China Innovation Alliance of the Graphene Industry (CGIA).

Según el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología enmarcado dentro del 13<sup>er</sup> Plan Quinquenal (2016-2020), el grafeno es considerado como un material relevante para el desarrollo industrial del país (14). Dentro de este plan se destaca el desarrollo de los siguientes elementos: (15)

- materiales inteligentes como aleaciones con memoria de forma, aleaciones de vanadio-titanio, superaleaciones y materiales de autocuración;
- nanomateriales tales como grafeno y metamateriales;
- semiconductores de nueva generación como el fosforo de indio (InP) y el carborundo;
- nuevos materiales estructurales como fibras de carbono de alto rendimiento.

De forma paralela, el plan Made in China 2025 también hace mención a la necesidad de estudio y aplicación de los siguientes materiales:

- materiales funcionales de uso especial;
- materiales estructurales de alto rendimiento;
- polímeros funcionales;
- uso especial de inorgánicos no metálicos;
- compuestos avanzados. (15)

#### 4. Contexto actual del sector

Desde que en el año 2010 se concediera el premio Nobel de física a los científicos de la Universidad de Manchester, Andre Geim y Konstantin Novoselov, por sus descubrimientos sobre el grafeno, este material ha recibido mucha atención mediática e inversiones por parte de entes públicos y privados. Este interés se explica por las buenas cualidades que posee y que le permiten tener múltiples aplicaciones.

Sin embargo, a pesar de sus características su aplicación real al mercado se está produciendo de forma lenta. Hoy en día, la industria del grafeno se encuentra en una fase de investigación, previa a la fase de industrialización. En este sentido, los países más activos en el sector están apostando por la generación de patentes que permitan el desarrollo de este material. Para ello, están movilizando recursos para la creación de centros de I+D.

China es uno de los países más involucrados contabilizando más de la mitad de las patentes sobre grafeno del mundo, según el Global Graphene Industry Report 2017 (16) emitido por la CGIA. Le siguen EE.UU., Corea del Sur y Japón. Según este estudio, el 58% de las patentes proceden de China. El secretario general de la CGIA afirmó que la mayoría de las patentes registradas por China están destinadas a aplicaciones locales y cuentan con poca calidad y sólo unas pocas de ellas tratan temas fundamentales para el desarrollo de este material. (14)

Esta publicación también indicó que el sector del grafeno en China tuvo un valor de mercado en 2016 de 4 billones de yuanes (610,8 millones de \$). Sus previsiones preveían un valor del mercado chino del grafeno para 2017 de 10 billones de yuanes (1.527 millones de \$). De igual forma, dicho estudio estima que en 2020 el valor total del mercado del grafeno alcanzará los 100 billones de yuanes. (14)

En cuanto al número de empresas locales relacionadas con el sector del grafeno, el informe antes mencionado estipula que fueron alrededor de 4.800 a finales de 2017. La mayoría de estas empresas se encuentran en una fase donde prima el aumento de la producción a la inversión en I+D. Esto se ha visto reflejado en la generación de patentes, ocasionando que solamente cuarenta y nueve entidades chinas cuenten con más de sesenta aplicaciones de patentes, de las que sólo cinco de ellas son empresas. (14) (17)

Los principales productores de grafeno se encuentran en EE.UU., China y Reino Unido. Algunos de ellos son Northern Graphite, CVD Equipment, Focus Graphite, Beijing Graphene Holding Group, The Sixth Element y 2D Carbon (18). Sin embargo, según estudios que analizan la capacidad de producción por empresa en toneladas por año, los proveedores más grandes del mercado son chinos y cerca del 70% de la capacidad total de producción nominal ahora reside en China (17).

En cuanto al modo de producción del grafeno, la exfoliación directa en fase líquida es la más empleada en China. Por otra parte el 64% de la capacidad de producción global se basa en la exfoliación directa, mientras que el resto se basa en rGO, CVD sin sustrato

(que produce grafeno plaquetario y no fílmico) y otros. La alta proporción de exfoliación se debe principalmente a su adopción en China, donde su participación supera ampliamente el 80% de la capacidad nominal total del país. Esta popularidad refleja en parte el hecho de que China comenzó tarde en comparación con la primera generación de empresas occidentales que adoptaron el método rGO, ya que en ese momento era más conocido y más maduro (17).

En lo referente a políticas de precios, el mercado chino suele presentar los más bajos. Esto se debe a una política basada en el descenso de precios para atraer al mercado. Sin embargo, dado el todavía bajo nivel de desarrollo y madurez de la industria local, esta acción puede ser arriesgada, llegando a ocasionar pérdidas.

Atendiendo a las aplicaciones del grafeno en China, éste se ha dividido en seis mercados: nuevas energías, salud, materiales de composite, almacenaje de energía y protección medioambiental, materias primas y el estudio y la preparación en sí del material para su explotación. En lo referente a su comercialización, normalmente se aplica como un aditivo para modificar las propiedades de otros productos, como baterías de litio o composites. En el futuro se espera que pueda ser aplicado a dispositivos inalámbricos, materiales termoconductores, conservación de energía, protección medioambiental, etc. (18)(19)(20)(21)(22)(23)(24)(25)

## 5. Distribución geográfica del sector

De las alrededor de 4.800 empresas que componen el sector del grafeno en China, según datos de 2017, aproximadamente unas 600 contaban realmente con operaciones relevantes de cara a este material. Geográficamente estas empresas se encuentran divididas en seis regiones que conforman seis grandes clústeres en torno a ellas. (26)

- Región Noreste: recoge las ciudades de Harbin y Jixi.
- Región del mar de Bohai: Pekín, Qingdao, Dongying y Jining.
- Región del Delta del río Yangtze: Ningbo, Wuxi, Changzhou, Nanjing, Hangzhou.
- Provincia de Fujian: Xiamen, Quanzhou.
- Región del Delta del río Perla: Guangzhou, Shenzhen, Dongguan.
- Región del suroeste: Nanning, Chongqing, Deyang, Chengdu.

La Región del Delta del río Perla es una de las zonas de crecimiento más rápido. En julio de 2015, la Chinese Graphene Industry Technology Innovation Strategic Alliance, Baoan Chinese Group Limited by Share Ltd. of South University of Science and Technology, Tsinghua University, Peking University y Shenzhen Research Institute, lanzaron el “Shenzhen City Advanced Graphene Research Institute of Technology”, convirtiéndose en el primer instituto de investigación del grafeno en China. (27)

Por otro lado, haciendo referencia al desarrollo y producción de materiales compuestos, los principales centros de I+D y empresas se encuentran en la zona noreste. También hay presencia en la zona este del país, en las provincias de Jiangsu y Zhejiang. Destacan los centros de la CAS en Shenyang y Ningbo y la ciudad de Harbin, que alberga un importante centro de I+D como es el Harbin Institute of Technology y grandes empresas del sector aeronáutico y de defensa, intensivo en la utilización de estos materiales.

En cuanto al estudio de materiales superconductores, los dos principales puntos geográficos del país se sitúan en Beijing y Shanghai, representados una vez más por la CAS en Beijing y por empresas privadas en Shanghai.

Por último, destacar el área de Beijing como el nodo más relevante para el desarrollo y estudio de nanomateriales.

## 6. Grafeno

### 6.1 Estandarización del sector del grafeno

El desarrollo de estándares nacionales en torno al grafeno y sus derivados, se encuentra todavía en una fase de estudio y redacción. Los organismos encargados de ello son: Standardization Administration of China (SAC), China Graphene Standardization Committee y China's National Graphene Standards. También se encuentra envuelta en este asunto la CGIA. (28)(29)(30)

El Estado lanzó el Plan de desarrollo para la construcción de un sistema nacional de estandarización (Development Plan for National Standardization System Construction (2016-2020)) (31), que reivindica el establecimiento de estándares, haciendo énfasis en la fijación de éstos para materiales funcionales emergentes, materiales estructurales avanzados y materiales compuestos de alto rendimiento. Las autoridades han propuesto un mecanismo de reembolso para compensar los costes de las primeras aplicaciones de nuevos materiales y sus componentes (32). Así, la creación de estándares e incentivos ayudará a ofrecer apoyo institucional y normativo para el desarrollo de la industria.

Paralelamente, el Estado sigue trabajando en el desarrollo de estándares para el sector y fruto de ello son las relaciones que mantiene con Reino Unido para el establecimiento de éstos. A tal fin, en junio de 2017 se creó un grupo de trabajo entre China y Reino Unido para trabajar sobre el establecimiento de estándares sobre el grafeno. Esta colaboración se corroboró con el primer encuentro entre ambos países que tuvo lugar en Chongqing. En este encuentro se comprometieron a trabajar juntos para redactar una propuesta de “International Organization for Standardization (ISO)” para 2018. (33)(26)

Por otra parte, la CGIA nombró al “Graphene Research and Characterization Center (GRCC)” como centro estatal para el desarrollo del grafeno y miembro del China Graphene Standardization Committee. Este centro provee servicios profesionales de evaluación y estandarización de la industria del grafeno en China. (34)

### 6.2 Alianzas del grafeno

- CGIA

Se trata de un consorcio científico de empresas, instituciones y universidades, con el objetivo de potenciar la industria del grafeno y el desarrollo de empresas a su alrededor. Fue fundada en 2013 como entidad sin ánimo de lucro. Provee servicios como financiación y/o inversión de proyectos, protección intelectual o desarrollos de normativa. Ha establecido cinco parques industriales del grafeno (Changzhou, Wuxi, Ningbo, Qingdao y Chongqing). (35)(36)

CGIA celebra cada año un evento sobre el grafeno donde se reúnen los principales actores del mercado del grafeno en China y donde se discute el estado actual de la industria y su futuro. (37)

- China Innovation Alliance of New Materials Industry

Se trata de una alianza formada por 12 universidades, entre ellas la Universidad de Tsinghua, la Universidad de Pekín, la Universidad Jiaotong de Shanghai, la Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong, la Universidad de Zhejiang y otros afiliados tecnológicos como el Grupo Jintian, el Grupo Yun Sheng, Jizhi Technology y Jiangfeng Electronics.

La alianza dependerá de la National Hi-Tech Zone de Ningbo (Ciudad de la Ciencia y la Tecnología de Nuevos Materiales) como su unidad de apoyo para proporcionar servicios como investigación y desarrollo científicos, capacitación de personal y cooperación industrial. (38)

- Beijing-Tianjin-Hebei Graphene Industry Alliance

Tiene sede en Tangshan y fue fundada en diciembre de 2015 (39). El objetivo de esta alianza consiste en desarrollar la producción del grafeno, coordinar las labores de investigación y desarrollo, desarrollar trabajos de inspección y control y ofrecer servicios financieros. Al mismo tiempo, pretende formar un clúster industrial del grafeno que reúna a todas las empresas y entidades del sector en la región. Según Xinhua Finance Agency, el valor de la industria del grafeno a finales de 2017 en esta zona se estimó alrededor de los 2 billones de yuanes. Esta región es una de las principales de China y hace de Pekín uno de los principales centros de innovación del grafeno. (40)

- Zhongguancun Huaqing Innovation Alliance of the Graphene Industry

Forma parte de la secretaría general del Beijing-Tianjin-Hebei Graphene Industry Development Alliance. Dicha alianza ha sido creada por la National Alliance y Tangshan National Hi-Tech Industrial Development Zone. Zhongguancun Huaqing Innovation Alliance se encarga de gestionar los recursos que se destinan a estas tres ciudades y coordinar desarrollos conjuntos de tecnología que permitan nuevas aplicaciones del grafeno al mercado. (37)

- China's Graphene Industry Technology Innovation Strategic Alliance

Es un organismo creado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Originariamente estaba formado por 26 entidades y hoy en día está formado por más de 100, entre los que se encuentran universidades, institutos de investigación, empresas y organismos estatales. Cuenta con ocho entidades extranjeras que contribuyen al perfil internacional de la alianza.

El objetivo de la alianza es coordinar los recursos industriales, promover el grafeno de bajo coste, su industrialización, su investigación y producción, defender la protección de la propiedad intelectual y otros mecanismos de intercambio de recursos. También se encarga de formar a personal, de generar una plataforma para el fomento de la cooperación internacional, de promover el desarrollo de estándares, sistemas de



evaluación y sistemas de pruebas de calidad que permitan mejorar la competitividad general del grafeno de bajo coste. (41)

### 6.3 Entidades de I+D del grafeno

- Beijing Xiandai Huaqing Materials Science and Technology Development Center

Es uno de los miembros fundadores de la CGIA y forma parte de la secretaría de este organismo. Entre sus funciones se incluyen: el desarrollo de estándares para la industria del grafeno, llevar a cabo conferencias y eventos sectoriales, participar en seminarios y exhibiciones internacionales, promover la cooperación internacional, orientar y ayudar a los organismos locales para la construcción de zonas industriales para el desarrollo del grafeno, generar proyectos de alto valor añadido para determinadas regiones y empresas, etc. Además, se encarga de proporcionar información sobre el sector mediante su página web. (37)

- Beijing Graphene Industry Innovation Center

Fue creado a finales de 2016 por el Beijing Graphene Techonolgy Research Institute Co. Ltd., por el Beijing Institute of Graphene y el Graphene Industry Alliance. Su objetivo principal consiste en llegar a ser un líder mundial en cuanto a centros de I+D y centros de incubación sobre el grafeno. Para la consecución de este objetivo fijado para 2020 establece las siguientes tareas:

1. La primera consiste en lograr avances que permitan la aplicación real del grafeno al sistema productivo y su combinación con otros materiales que permita obtener nuevos materiales más eficientes.
2. La segunda tiene que ver con el sistema de producción del grafeno y su necesidad de bajar el coste de fabricación del mismo. El objetivo se estipula en la fabricación de 100 toneladas de grafeno de bajo coste.
3. La tercera tarea tiene que ver con el ámbito internacional y la idea de crear una imagen internacional de la industria del grafeno en China, que se vea sustentada por al menos 100 patentes internacionales y por la promoción de sus principales innovaciones.

Por otro lado, los principales resultados de las investigaciones llevadas a cabo en este centro de innovación se han producido en los siguientes campos:

- Equipamiento militar.
- Semiconductores.
- Transmisiones de energía y baterías. (43)(44)

- Qingdao Graphene Technology and Innovation Center

Qingdao National High-tech Industrial Development Zone fue creada en 1992 por el Ministerio de Ciencia y Tecnología chino (MOST). Se trata de una zona económica especial donde se localizan las principales empresas y centros de I+D de la región. Se

trata de un área destinada a la promoción industrial a través de la innovación, el desarrollo sostenible y la cooperación.

Dentro del plan de desarrollo de esta zona hay un proyecto dedicado al estudio de nuevos materiales y fabricación inteligente. Este proyecto se centra en generar sistemas inteligentes que provean soluciones para líneas de producción, robots y grafeno. Seis de los diez principales fabricantes de robots están en la zona, entre ellos ABB, Kuka, Yaskawa y Fanuc. Además, esta zona consiguió aprobación para dar cabida al Qingdao Graphene Technology and Innovation Center. En agosto de 2015 el MOST le otorgó el título de “National Torch Industry Base of Graphene and Carbon Materials in Qingdao”. Esto ha permitido generar un entorno de trabajo de ámbito nacional e internacional capaz de desarrollar y generar grafeno a gran escala. El centro trabaja en la fabricación de películas conductoras transparentes de grafeno, en la desalinización de agua de mar y en materiales compuestos. (49)(50)

- Qingdao International Graphene Innovation Center (QIGIC)

Fundado conjuntamente por el comité ejecutivo del Qingdao High-Tech Industrial Development Zone y por la CGIA en octubre de 2014. Es el primer centro internacional creado por la CGIA. Ofrece servicios de tutorización de empresas desde etapas tempranas hasta etapas de acceso a mercado. Entre sus funciones también se encuentran las de formar equipos técnicos para fomentar la innovación del grafeno. Estos equipos están formados por instituciones de I+D, universidades y empresas. El sistema también prevé la creación de clústers donde las empresas tomen un papel predominante y puedan guiar el desarrollo de la industria. (51)

Provee soluciones y servicios que se aplican a la cadena de producción del grafeno, incluyendo actividades de I+D, incorporación de equipos para la producción, preparación tecnológica de materiales, etc. Este organismo está centrado en el desarrollo de tecnologías y materiales del grafeno para su comercialización en los siguientes sectores: anti incrustantes marinos, desalinización de agua de mar, almacenamiento de energía, película conductora transparente, materiales compuestos, protección ambiental y otras aplicaciones. Este centro también ofrece servicios como incubadoras y aceleradoras de empresas para los expertos y equipos de innovación que trabajan allí, tanto nacionales como extranjeros. (37)

- Shenzhen Geim Graphene Research Center (SGC)

En diciembre de 2017, Tsinghua-Berkeley Shenzhen Institute (TBSI) y Shenzhen Graduate School of Tsinghua University inauguraron el SGC, un centro para guiar el desarrollo del grafeno y materiales bidimensionales en Shenzhen. SGC ha recibido inversiones y ha sido construido por el Shenzhen Municipal Government, dirigido por la Science and Technology Innovation Committee of Shenzhen Municipality y apoyado por el TBSI y la Shenzhen Graduate School of Tsinghua University.

Este centro se crea bajo el liderazgo del investigador Andre Geim, premio nobel de física de 2010 y con la misión de crear una plataforma internacional capaz de proveer soluciones para los principales problemas que presenta el grafeno y los materiales bidimensionales, con el fin de agilizar su industrialización y aplicación al mercado. (52)

- Changzhou's Graphene S&T Industrial Park

La zona de desarrollo económico de Wujin ha firmado un acuerdo de cooperación con el “Jiangsu Economic Research Center of Xinhua News Agency's China Economic Information Service” y con el “Technology Transfer Center of CAS Suzhou Institute of Nano-Tech and Nano-Bionics”, para el desarrollo del grafeno en la zona.

El distrito de Wujin es la zona de la ciudad de Changzhou donde se encuentran los principales organismos que se dedican al grafeno en la región. En este lugar se han agrupado las principales empresas que trabajan allí para crear un clúster del grafeno. El resultado es el Changzhou's Graphene S&T Industrial Park, que es el único centro que sirve de base para la transferencia de conocimiento sobre grafeno, además de erigirse como un espacio para la creación y el desarrollo de empresas. Esta zona ha atraído a más de 30 startups y ha conseguido reunir a más de 130 empresas del sector por el momento. (42)

- Chongqing Municipality Graphene Industrial Park

En 2015 se puso en marcha una línea de producción para la fabricación en masa de hojas de grafeno de una capa con una capacidad de producción anual de un millón de metros cuadrados, que es principalmente utilizada en pantallas táctiles y dispositivos flexibles. Este parque industrial de Chongqing está centrado en la fabricación de pantallas táctiles flexibles, chips electrónicos, electrodos para baterías de litio, transistores de grafeno, etc. (45)

- Ningbo Graphene Industrial Park

En este recinto se ha empezado a fabricar en masa material de grafeno de alta calidad. La planta tiene una capacidad anual de 300 toneladas en su primera fase y se espera que la construcción de la segunda fase tenga una capacidad de 1000 toneladas. Este hecho puede marcar el principio de la fabricación de material de grafeno de alta calidad a bajo coste. (45)

- Wuxi Graphene Industry Development & Demonstration Zone

Wuxi ha creado un espacio dedicado al grafeno llamado “one zone and two centers”. “One zone” hace referencia a “Wuxi Graphene Industry Development and Demonstration Zone” y “two centers” a “Wuxi Graphene Technology R&D Center” y “Jiangsu Graphene Quality Supervision and Inspection Center”.

Esta zona se compone de cuatro áreas:

- El área de I+D trabaja con equipos de investigación y startups. Las investigaciones están orientadas a proyectos concretos.
- Área de aplicación industrial: está formada por la sección de procesamiento de materias primas de grafeno, la sección de aplicaciones de producción, la sección de fabricación de equipos y la sección de logística. Su objetivo es atraer empresas y proyectos clave que tengan un alto contenido técnico, gran escala y un potencial destacado.
- El área de aceleración de empresas se encarga de ayudar a pequeñas empresas a conseguir niveles de producción a gran escala. Principalmente llevan a cabo talleres para la definición de estándares y bases de producción para empresas.
- El área integral recoge funciones administrativas y se encarga de servicios complementarios a las labores enumeradas anteriormente, incluyendo servicios postales, financieros, conectividad y desarrollo de negocio.

Los centros se encargan de lo siguiente:

- El Centro de Investigación y Desarrollo ha establecido una plataforma de promoción y visualización del grafeno, un laboratorio público de I+D y una plataforma pública de desarrollo de instrumentos y equipos. Además de eso, se nombró a un Comité Consultivo del grafeno para proporcionar soporte técnico.
- La Demonstration Zone junto con el Jiangsu Province Special Equipment Safety Supervision Inspection Institute han establecido el Jiangsu Graphene Quality Supervision and Inspection Center. Por un lado, el centro estará encargado de llevar a cabo las labores de inspección legal para el gobierno y por otro lado, proveerán a las empresas servicios de inspección relacionados con grafeno y sus derivados. (46)

A modo de ejemplo, una de las principales empresas locales del sector, The Sixth Element de Changzhou, junto con el Jiangnan Graphene Research Institute empezaron la fabricación de polvo de grafeno de alta calidad alcanzando una capacidad anual de 100 toneladas. (45)

- Jiangnan Graphene Research Institute

Se estableció en septiembre de 2011 y en diciembre de 2014 se unió al Jiangsu Industrial Technology Research Institute (JITRI) como instituto del grafeno. Está apoyado por el Changzhou Municipal Government, el Wujin District Government y el Changzhou West Taihu Science and Technology Industrial Park Management Committee. El centro tiene un equipamiento de aproximadamente 20 millones de yuanes y provee servicios técnicos a más de 30 empresas. Su presupuesto anual de I+D está en torno a 34 millones de yuanes. Áreas de investigación:

- Industrialización de polvo y películas de grafeno.
- Equipamiento de producción de grafeno.
- Tecnología de detección del grafeno y equipamiento de pruebas.

- Desarrollo de estándares para productos y métodos de seguridad relacionados con el grafeno y sus derivados.
- Tecnologías sobre materiales avanzados del carbón.
- Almacenamiento de energía de iones de litio.
- Membrana electrotérmica. (47)(48)
- Shanghai Jixi Graphene Technology Co., Ltd.

Es la plataforma industrial para el desarrollo del grafeno establecida en Shanghai por la CGIA. Apoyada por el Shanghai Science and Technology Innovation Center, ha creado una plataforma junto con el Gobierno del distrito de Baoshan, llamada "Shanghai Industrial Technology Graphene functional platform". Esta plataforma pretende convertirse en el referente de la zona del Delta del río Yangtze, para conseguir un desarrollo industrial del grafeno con aplicación al mercado. También promueve la atracción de talento y su formación en nuevos materiales. (37)

#### 6.4 Listado de empresas

- 2D Carbon (Changzhou) Tech Co., Ltd.

Fue creada en diciembre de 2011 para desarrollar y producir películas de grafeno. Está centrada en la producción a gran escala de películas de grafeno transparentes, cubriendo desde su producción hasta su aplicación tecnológica para almacenamiento de energía, dispositivos electrónicos, etc.

Desde su creación, esta empresa ha recibido múltiples reconocimientos de las ciudades de Changzhou y de Wujin por su nivel de desarrollo y tecnología adquirida. (53)(54)

- Beijing Carbon Century Technology Co., Ltd.

Es una empresa fundada en 2013 y encargada de la preparación del grafeno y de sus aplicaciones industriales. Ha recibido las certificaciones ISO9001 y ISO14001, además de la de empresa de alta tecnología. Las principales producciones de Beijing Century Carbon son energía seca, líquido de dispersión de grafeno y óxido de grafeno. La producción anual total puede ser de hasta 2,5 toneladas.

En junio de 2015 llevaron a cabo uno de sus principales descubrimientos. A través de varias pruebas consiguieron que el grafeno bajo condiciones de vacío produzca el fenómeno de la propulsión de luz directa. Supone la primera vez en la que se ha logrado que la luz pueda actuar sobre los objetos macro para generar energía y superar la gravedad para moverse.

Por otra parte, también han desarrollado un producto llamado Tanwei, que consiste en un aceite para motores que contiene grafeno. El desarrollo de este producto cuenta con la verificación de la Universidad de Tsinghua y otros organismos, que han demostrado que el uso de este producto aumenta la energía del aceite, reduce la vibración y ruido del motor, limpia el motor, reduce las emisiones de sustancias contaminantes, ahorra combustible y alarga su vida útil. (55)

- Qingdao Haoxin New Energy Technology Co., Ltd.

Fundada en 2012 y localizada en Qingdao en el Pingdu High-tech Industrial Park. Su actividad consiste en el desarrollo y la fabricación de productos derivados del carbón (grafito natural, grafito artificial, ánodos basados en Si y estaño y suspensiones conductoras basadas en nanotubos de carbono y grafeno) para baterías de litio.

La empresa cuenta con un laboratorio de I+D en el que trabaja con científicos del Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) y expertos del Thousand Youth Talents Plan. La empresa ha recibido la certificación ISO9001 por el desarrollo de un sistema de control de calidad de la producción. La empresa posee sus propios recursos naturales de grafito y cuenta con una capacidad anual de producción de 8.000 toneladas de ánodos de grafito natural, 5.000 toneladas de ánodos de grafito artificial, 500 toneladas de nanotubos de carbono y 500 toneladas de grafeno. (56)(57)

- The Sixth Element (Changzhou) Materials Technology Co., Ltd.

Fundada en 2011, es una de las empresas líderes a nivel mundial en cuanto a fabricación de grafeno y de óxido de grafeno. Además de esto, ofrece productos CVD basados en películas de grafeno que se pueden utilizar entre otras cosas para pantallas flexibles. La compañía recibió la certificación ISO 9001 en 2014. Actualmente cuenta con una capacidad de producción anual de 260 toneladas de óxido de grafeno y 130 toneladas de grafeno.

La empresa cuenta para sus productos de grafeno con recubrimientos anticorrosión para aplicaciones marinas, aplicables también en bandas de rodamiento de neumáticos de automóviles, en termoplásticos y fibras. Además, se están desarrollando nuevos productos para baterías, almacenamiento de energía, plásticos reforzados, revestimientos y adhesivos. (58)

- Xiamen G-CVD Graphene Technology Co., Ltd.

La empresa fue fundada en 2012 y su sede principal se encuentra en Xiamen. Se dedica a la fabricación y desarrollo de equipos de preparación del grafeno. Sus actividades económicas incluyen servicios tecnológicos para nuevos materiales, venta al por mayor de equipos mecánicos y productos electrónicos. (59)(60)

- Xiamen Knano Graphene Technology Corporation Limited

Nacida como una startup, se trata de la primera empresa en China continental involucrada en la producción en masa y el desarrollo de la aplicación de nanoplaquetas de grafeno.

Xiamen Knano es proveedor de series KNG de nanoplaquetas de grafeno y de servicios relacionados con su aplicación. Estas series son nanoaditivos de alto rendimiento para materiales compuestos. Además de ello, la empresa también desarrolla masterbatches adaptados de nanoplaquetas de grafeno para modificaciones de polímeros. (61)

- Beijing Moxi Holding

Localizada en Pekín, se trata de una empresa subsidiaria de Deluxe Family Co., Ltd.. Cuenta con dos filiales para la fabricación de grafeno, una en Ningbo y otra en Chongqing. Entre ambas poseen una capacidad de producción anual de 2 millones de m<sup>2</sup> de láminas de grafeno revestidas, 300 toneladas anuales de nanoplaquetas de grafeno y un millón de m<sup>2</sup> de película conductora de grafeno. (36)

- Fangda Carbon New Material

Centrada en labores de I+D y su aplicación a la producción del grafeno. Están llevando a cabo varios acuerdos de colaboración con universidades e institutos de I+D para trabajar en estas labores. Por ejemplo, cabe destacar la creación del centro “Nuclear Graphite Research Center”, llevada a cabo de forma conjunta con el Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University. (36)

- Der Future Science & Technology

Empezó a trabajar en el mundo del grafeno en 2014, gracias a la apuesta por las materias primas y la cooperación tecnológica con entidades de I+D (ha firmado convenios de colaboración con Wuhan University y Xiamen University). También están trabajando en la creación de una plataforma para la industrialización del grafeno, para lo que tienen previsto la construcción de un parque industrial del grafeno. (36)

- Timesnano

Es un fabricante de nanotubos de carbono y proveedor exclusivo de estos a la Chinese Academy of Sciences (CAS). Desde 1996 está trabajando en el desarrollo y la investigación de estos materiales y a partir de 2003 empezó a comercializarlos. Tiene su sede en Chengdu. (63)

- Otras empresas relevantes en cuanto al mundo del grafeno en China son:

- Beijing Graphene Holdings Co., Ltd.
- Qingdao Hua Gao Ink Polytron Technologies Inc
- Qitaihe Baotailong Graphene Material Co., Ltd.
- Shenzhen Beiterui New Energy Resources Material Co., Ltd.
- Zhenjiang Browah Technology Co., Ltd.

## 6.5 Producción de grafeno

- Nuevo sistema de obtención de óxido de grafeno

Investigadores del “Institute of Metal Research of Chinese Academy of Sciences (IMR, CAS)” han desarrollado un método basado en oxidación electroquímica para obtener óxido de grafeno sin dañar el medioambiente, empleando menos agua y de forma más rápida. El método es el siguiente:

El papel de grafito flexible se somete a intercalación electroquímica en ácido sulfúrico concentrado para formar papel compuesto de intercalación de grafito en la etapa I que luego se usa como ánodo para la reacción electroquímica en ácido sulfúrico diluido. Después de la filtración al vacío y la limpieza con agua, la torta del filtro se exfolia en agua para formar una dispersión de óxido de grafeno sintetizada electroquímicamente.

La aplicación de este método puede ser muy prometedora en el campo de películas conductoras transparentes de alto rendimiento, papeles fuertes y aerogeles elásticos ultraligeros. (64)

- Producción de grafeno a partir de biomasa de maíz

Un equipo de la Universidad de Heilongjiang ha desarrollado una técnica para producir grafeno a partir de biomasa generada con la celulosa presente en mazorcas de maíz. El material de grafeno extraído de la biomasa es de alta calidad y tiene un buen comportamiento en la conductividad eléctrica. (65)

## 6.6 Aplicaciones del grafeno

- Uso del grafeno para convertir luz solar en calor

Con el objetivo de producir vapor de agua a temperatura ambiente, científicos han creado un aerogel de grafeno que convierte la luz solar en calor. Investigadores de la Universidad China de Hubei han diseñado una película de aerogel de grafeno capaz de producir vapor de agua a temperatura ambiente usando sólo luz solar. El aerogel flota en la superficie, donde calienta sólo una pequeña parte de la columna de agua, mientras que la temperatura del agua a granel está muy por debajo del punto de ebullición.

El equipo mostró que bajo la luz solar simulada, el aerogel podría calentar 100 ml de agua a 45 °C, aproximadamente 13 °C más alto que el agua sin el aerogel. La estructura porosa del material bombea el vapor generado lejos de la superficie, permitiendo que el agua se evapore 13 veces más rápido de lo que sería sin el aerogel. Mientras que otros materiales generadores de vapor se basan en materias primas caras como el oro, la base de este aerogel es grafito en polvo. (66)

- Producción de baterías para bicicletas eléctricas

El condensador de iones de litio de grafito, desarrollado por el Instituto Qingdao de Bioenergía y Tecnología de Bioprocesos, se ha aplicado a la producción de baterías



para bicicletas eléctricas. La línea de producción de tinta conductora de grafeno se ha puesto en funcionamiento en Qingdao. (67)

## 6.7 Cooperación internacional

En materia de cooperación internacional, los primeros pasos del sector del grafeno en China se han encaminado hacia la elaboración de estándares industriales que den consistencia y seguridad. Para ello se han firmado algunos acuerdos con el Reino Unido para el establecimiento de grupos de trabajo y para la definición de estándares.

A nivel privado, la empresa británica Versarien ha firmado un acuerdo de colaboración con el Shandong Institute of Industrial Technology Fund, Jinan Qing Na Material Technology Co., Ltd. y Jinan Innovation Zone Administrative Committee, para la creación de un parque industrial del grafeno (China-UK Jinan Graphene Industrial Park) en la “Jinan Innovation Zone”, en la provincia de Shandong. (68)

Versarien proveerá el know-how a través de patentes y las contrapartes chinas ofrecerán las instalaciones y el equipamiento necesario para el desarrollo del centro.

Por otro lado, el Instituto Catalán de Nano ciencias y Nanotecnología (ICN2) y Tunghsu Optoelectronic Technology Co., Ltd., han alcanzado un acuerdo para cooperar. Tras la visita de Tunghsu Optoelectronic Technology Co., Ltd a España, se ha firmado un acuerdo de colaboración entre ambas entidades para establecer un marco de trabajo conjunto con el objetivo de desarrollar aplicaciones comerciales del grafeno y otras actividades de investigación.

Han decidido crear de forma conjunta un centro para el estudio y la investigación del grafeno en Barcelona, el Graphene Research and Application Center (GRACE). El objetivo de dicho centro es el desarrollo de nuevas aplicaciones de grafeno, sobre todo en las siguientes áreas: optoelectrónica, biosensores, semiconductores, almacenamiento de energía, gestión térmica, tinta de grafeno y equipamiento de fabricación. (69)

- China International Graphene Industry Union (CIGIU)

CIGIU es una organización china con carácter internacional y sin ánimo de lucro, creada por el MOST. Cuenta con miembros en todo el mundo que incluyen universidades, instituciones de investigación, empresas de gran reconocimiento en el ámbito mundial del grafeno y asociaciones y grupos de inversión. CIGIU tiene como objetivo el desarrollo industrial del grafeno y tiene su sede en Pekín, China.

Esta organización fue creada con el objetivo de cumplir las directrices del 13<sup>er</sup> Plan Quinquenal y del Plan Made in China 2025 sobre el desarrollo de nuevos materiales. CIGIU establece una plataforma para la colaboración internacional en la industria del grafeno, en materia de I+D, financiación y de igual forma, establece un mecanismo de intercambio de recursos que cubre la información surgida de la investigación industrial y la propiedad intelectual. Al mismo tiempo, facilita la aplicación industrial y el desarrollo de la producción de grafeno para promover el crecimiento de la industria mundial del grafeno. (70)(71)

## 7. Materiales compuestos

El programa nacional sobre nuevos materiales establece entre sus prioridades los materiales compuestos de alto rendimiento y los materiales ligeros. Uno de los más desarrollados y utilizados en la actualidad es la fibra de carbono.

### 7.1 Fibra de carbono

La fibra de carbono es un material cada vez más utilizado incluso a pesar de su mayor coste en comparación con otros materiales sustitutivos. En China, un estudio elaborado por China Composites Expo (72) estima que el porcentaje de crecimiento del sector será del 12% anual desde 2015 hasta 2020.

Actualmente según este informe, China es el tercer mayor productor mundial de este material por detrás de EE.UU. y Japón. Sin embargo, la producción nacional sigue siendo insuficiente para abastecer al mercado local. En este sentido, se hace necesaria la importación principalmente procedente de Japón, Taiwán y Corea del Sur, a la vez que se alienta a los fabricantes locales a aumentar su producción.

Las principales aplicaciones de la fibra de carbono en China son:

- Deportes y ocio: mayoritariamente representado por la fabricación de bicicletas.
- Turbinas eólicas.
- Ingeniería civil.
- Aeronáutica y defensa.
- Automoción.
- Moldes industriales.

Acorde con dicho informe, el precio de la fibra de carbono presenta diferentes valores en función de su aplicación. A este respecto, el precio más alto de la fibra de carbono se corresponde con el sector de la aeronáutica y defensa. En el sector de la automoción y moldes industriales tiene un valor bajo en comparación con el resto y sería el sector de las turbinas eólicas donde la utilización de este compuesto supone un menor coste.

Por tanto, las necesidades de este material parecen ser las siguientes para su completa aplicación a la cadena productiva del país. Por un lado, se requiere generar fibra de carbono a un menor coste y por otro lado, se urge el aumento de la cantidad producida por las entidades locales.

### 7.2 Centros de Investigación

Algunos de los centros de investigación y desarrollo de materiales compuestos más relevantes son los siguientes:

- Departamento de Materiales Compuestos de Beijing University of Chemical Technology. (73)

Fue fundado en el año 2006 y cuenta con las siguientes líneas de investigación:

- Materiales compuestos de fibra de carbón.

- Matriz de resina de alto rendimiento.
- Materiales compuestos termoplásticos.
- Nano compuestos funcionales.
- Electrodo de alto rendimiento y materiales electrolíticos de polímero.
- Adhesivos especiales.
- Ningbo Institute of Materials Technology and Engineering (CNITECH) of the Chinese Academy of Sciences (CAS)

Se fundó en el año 2004 convirtiéndose en el primer instituto del CAS en la provincia de Zhejiang. Su objetivo consiste en la aplicación de los resultados de investigación a la cadena de producción industrial. Sus principales líneas de trabajo son materiales, fabricación avanzada, energías renovables e ingeniería biomédica. De forma específica, están especializados en los siguientes campos:

- Polímeros y materiales compuestos y su fabricación.
- Fibras de alto rendimiento.
- Materiales magnéticos y equipamiento electromecánico.
- Materiales funcionales y nano dispositivos.
- Nuevos materiales marinos.
- Materiales nucleares avanzados.
- Fotovoltaica.
- Almacenamiento de energía.
- Tecnologías de catálisis y separación.
- Baterías de litio.
- Fabricación avanzada y robótica.
- Tecnologías avanzadas de detección y diagnóstico.
- Biomateriales.

En cuanto a la cooperación internacional, CNITECH ha establecido relaciones de intercambio de tecnología con más de 100 universidades y centros de investigación en el mundo. En los últimos cinco años, el 75% de los grupos de investigación han participado en convenios internacionales. (74)

- Institute of Metal Research (IMR), Chinese Academy of Sciences

Fundado en 1953, ha centrado sus investigaciones en materiales metálicos de alto rendimiento, nuevos materiales inorgánicos no metálicos y materiales compuestos avanzados. El IMR alberga el Shenyang National Laboratory for Materials Science, el Shenyang R&D Center for Advanced Materials, el Laboratory for Corrosion and Protection, el Environmental Corrosion Center, el National Engineering Research Center for Corrosion Control of Metals y el National Engineering Research Center for High Performance Homogenized Alloys. (75)

Las principales líneas de investigación del Shenyang National Laboratory for Materials Science son las siguientes:

- Materiales metálicos no equilibrados.
- Carbono.
- Materiales funcionales del medio ambiente.
- Fractura y fatiga de materiales.
- Desarrollo de materiales.
- Análisis de fallas de materiales.
- Cerámicas de alto rendimiento.
- Magnetismo y materiales magnéticos.
- Aleaciones.
- Catálisis y materiales de energía.
- Harbin Institute of Technology, The Center for Smart Materials and Structures (CSMS)

Se trata de un centro de investigación dedicado al estudio de las siguientes áreas:

- Materiales y estructuras inteligentes.
- Sensores y actuadores.
- Polímeros con memoria de forma.
- Polímeros electroactivos.
- Sensores de fibra óptica y sistemas de interrogación.
- Monitoreo de la salud estructural,
- Control activo de la vibración,
- Nanocompuestos multifuncionales,
- Nanofibras electrospinning,
- Compuestos auxéticos,
- Estructuras multiestables y desplegadas.
- Dispositivo fotónico de fibra óptica y fotónica de microondas.

Por otro lado, el centro está buscando investigadores y entidades con las que colaborar para desarrollar todas estas áreas del conocimiento. (76)

- Centre for Advanced Composite Materials, University of Nottingham Ningbo China

El grupo de investigación de materiales compuestos de la Universidad de Nottingham en Ningbo, liderado por el profesor Chris Rudd, trabaja de forma estrecha con socios industriales locales e internacionales para llevar a cabo nuevos descubrimientos tanto en las propiedades de estos materiales como en su fabricación.

Actualmente, el grupo de investigación está trabajando en varios proyectos que incluyen desarrollo y fabricación avanzada de compuestos poliméricos, biomateriales, compuestos avanzados multifuncionales, modelado textil, Impresión 3D, reciclaje y reutilización de compuestos poliméricos.

Ha trabajado con organismos públicos y entidades industriales como AVIC Composite Corporation (ACC, China), Sinoma (China), Technical Fibre Products (UK) y Arkema (France). En 2016, establecieron un laboratorio de I+D junto con ACC, centrado en el

desarrollo sostenible de materiales compuestos. Por otro lado, el grupo también trabaja de forma asidua con SAMPE Beijing, organizando eventos sobre fabricación y diseño de materiales compuestos para entidades locales y nacionales. (77)

### 7.3 Empresas del sector

Estas son algunas de las empresas más destacadas:

- China Composites Group Co., Ltd. (CCGC)

Se trata de una subsidiaria de China National Building Materials Group Co., Ltd. (CNBM), empresa que se encuentra dentro del World Fortune 500 y bajo la supervisión del State-owned Assets Supervision and Administration Commission of the State Council. Hoy en día, se trata de un líder mundial en cuanto a la fabricación de materiales compuestos, especializándose en los siguientes: hoja de viento, fibra de carbono, fibra de vidrio, núcleo compuesto de aluminio conductor (ACCC, siglas en inglés), tubos y tanques de FRP y recipientes de alta presión. (78)

- Jiangsu Changhai Composite Materials Co., Ltd,

Se trata de una empresa creada en el año 2000 que se ha convertido en una de las referentes dentro del mercado de la fibra de vidrio. La compañía ha creado tres líneas de productos: refuerzos de fibra de vidrio, tejidos de fibra de vidrio no tejida y revestimientos de paneles de yeso, que cubre todo tipo de mechas de fibra de vidrio, filamentos de hilos cortados, mechas tejidas, mallas de fibra de vidrio, telas para tejados, velo de superficie, tejido de piso, tejido de tubo, tejido de loseta de alfombra, separador de batería, revestimientos de paneles de yeso y más. Las aplicaciones de estos productos incluyen la fabricación de automóviles, yates, instalaciones privadas, tanques de almacenamiento, revestimiento de tuberías, torres de refrigeración y decoración arquitectónica, entre otros. (79)

- Harbin Hafei Airbus Composite Manufacturing Centre

Se trata de una joint venture entre Airbus China y un grupo de socios chinos que incluye Harbin Aircraft Industry Group Corp. Ltd., Hafei Aviation Industry Co. Ltd., AviChina Industry & Technology Co. Ltd. y Harbin Development Zone Infrastructure Development Co. Ltd. En diciembre de 2009 se empezó la producción de algunas piezas del modelo A350 y A320 de Airbus. En este centro se lleva a cabo el estudio, desarrollo, industrialización y producciones en serie de proyectos de Airbus. (80)(81)(82)

## 8. Materiales superconductores

El plan gubernamental sobre nuevos materiales promueve el fortalecimiento de la investigación básica y la aplicación industrial de materiales superconductores. Al mismo tiempo, apoya el desarrollo de nuevos materiales superconductores de baja temperatura, materiales superconductores de alta temperatura, como el bismuto-cobre-oxígeno, cables superconductores de alto rendimiento para campos magnéticos y materiales conductores de alta temperatura y bajo coste. Las principales aplicaciones de estas investigaciones se prevén en los campos de transmisión de energía y equipamiento médico. (83)

En agosto de 2018 se celebró la “12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors” (83). El evento sirvió para reunir a los principales actores nacionales e internacionales sobre el sector. Los temas a tratar fueron los siguientes:

- Superconductores de cuprato.
- Superconductores basados en hierro.
- Superconductores de Fermión pesado.
- Superconductores orgánicos.
- Otros superconductores.
- Superconductores topológicos.
- Mecanismos y fenomenología de la Superconductividad.
- Aplicaciones de los materiales superconductores.

Las entidades más importantes en China en relación con el desarrollo de materiales superconductores son las siguientes:

- National Lab for Superconductivity, Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences.

Fundado en 1991 por la Chinese Academy of Science, cuenta con seis divisiones de investigación que se centran en los siguientes aspectos:

- Excitaciones de cuasi partículas de baja energía y propiedades de estado mixto de superconductores no convencionales.
- Estudio de las propiedades físicas de superconductores de alta temperatura bajo micro y nano escalas y sus heteroestructuras.
- Exploración de nuevos superconductores e investigaciones sobre mecanismos relacionados de superconductividad.
- Aparatos y películas finas superconductoras.
- Espectroscopia electrónica y óptica de nuevos superconductores.
- Estudios de dispersión de neutrones de materiales fuertemente correlacionados incluyendo superconductores de alta temperatura basados en hierro-arsénico y óxido de cobre.

Actualmente, lleva a cabo colaboraciones académicas con varias regiones del mundo como América, Europa o Japón. (84)

- Shanghai Superconductor Technology Co., Ltd

Se trata de una empresa de alta tecnología fundada en 2011 que colabora estrechamente con la Shanghai Jiaotong University. En su estudio de la industria de los superconductores, la empresa ha logrado la total automatización del sistema de producción de cables superconductores y ha mejorado significativamente la relación entre el rendimiento y el precio de los cables 2G-HTS.

La compañía emplea la deposición física de vapor y fabrica alambres 2G-HTS personalizados con propiedades mecánicas superiores y densidades críticas de corriente muy competentes a nivel mundial, especialmente en campos de alta precisión y bajas temperaturas. La empresa también ofrece productos y servicios periféricos, incluidos sistemas de devanado de bobina y de deposición en vacío.

La empresa ofrece soluciones para los siguientes campos: suministro de energía y gestión de redes eléctricas (cables superconductores, transformadores, almacenadores de energía magnéticos superconductores, limitadores de corriente de falla superconductores), nuevas energías (fusión nuclear y energía eólica), aplicaciones industriales, deposición de película fina, transporte (trenes de levitación magnética, motores de autobuses eléctricos, cargadores inalámbricos), minerales (separador magnético), salud (imágenes de resonancia magnética) y satélite y comunicaciones. (85)

## 9. Nanomateriales

Según el plan gubernamental se pretende potenciar esta industria a través del incremento de la escala de preparación de estos materiales y del desarrollo de nanomateriales que tengan una estructura clara y un tamaño, composición y morfología uniformes. De igual forma, se busca expandir el uso de nanomateriales en polvo en revestimientos y materiales de construcción y desarrollar nanomateriales en optoelectrónica, nuevas energías y biomedicina. (83)

Según un informe elaborado por Springer Nature, el National Center for Nanoscience and Technology of China (NCNST) y la National Science Library, el número de solicitudes de patentes en China se sitúa entre los más altos del mundo. En los últimos veinte años el país ha alcanzado las 209.334, lo que representa el 45% del total mundial. (86)

Los dos campos en los que China ha logrado los avances más notables son la nanotecnología de la energía y los nanomateriales catalíticos. El estudio de la nanotecnología de la energía se está centrando principalmente en su aplicación en baterías y en la conversión y almacenamiento de energía. En cuanto a las investigaciones sobre nanomateriales catalíticos, los catalizadores basados en nanoestructuras pueden acelerar las reacciones químicas y podrían ser útiles para las industrias químicas y el refinado del petróleo.

El organismo público más influyente en el sector de los nanomateriales es el NCNST (87). Se trata de una institución sin ánimo de lucro que fue fundada en 2003 por la Chinese Academy of Science (CAS) y el Ministry of Education, si bien también participaron de forma activa para su fundación y puesta en funcionamiento, Peking University y Tsinghua University. Su labor consiste en crear una base de conocimiento para la investigación en nanociencias y así potenciar plataformas de trabajo y de investigación locales e internacionales. A su vez, cuenta con varios laboratorios donde se desarrollan sus investigaciones:

- Laboratorio para nanodispositivos.
- Laboratorio para nanomateriales.
- Laboratorio para estudiar los efectos biológicos de nanomateriales y nanoseguridad.
- Laboratorio para nanocaracterización.
- Laboratorio para nanoestandarización.
- Laboratorio para nanofabricación
- Laboratorio de pruebas para nanoestructuras.

En cuanto a cooperación internacional, NCNST lleva a cabo colaboraciones e intercambios con países de todo el mundo, además de participar en la conferencia internacional que se celebra cada dos años en China y a la que acuden los principales investigadores internacionales del sector. Este pasado junio de 2018 se celebró la última edición. (88)



## Otros casos de cooperación internacional

- La Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) y la Universidad de la Ciudad de Hong Kong están llevando a cabo un programa para el desarrollo de investigaciones conjuntas sobre nanomateriales. Por parte mejicana, la UAA ha estipulado un presupuesto de 5 millones de pesos mejicanos. Además, el año 2018 ha servido para llevar a cabo el primer “Taller de Nanoseguridad y Nanotoxicología” entre ambas partes. (89)
- Airbus Beijing Engineering Center y el National Center for Nanoscience and Technology of China han inaugurado un laboratorio centrado en el estudio de materiales nanocompuestos para el sector aeronáutico. Concretamente, el acuerdo habla del estudio conjunto en actividades de investigación y desarrollo sobre nanocompuestos eléctricamente conductores, autorregenerativos y endurecidos. (90)

## 10. Oportunidades para empresas españolas

### Oportunidades en el sector del grafeno

La industria del grafeno en China se encuentra en una fase de crecimiento donde los nuevos procesos y aplicaciones son bienvenidos. En este sentido, el país sigue una tendencia creciente en la generación de patentes. Sin embargo, de forma general éstas son de ámbito local y de poca calidad, no abarcando aspectos importantes de este material. A este respecto, la comunidad local se encuentra abierta a la colaboración con organismos extranjeros para el desarrollo conjunto de investigaciones y nuevos usos.

Por otra parte, el mercado chino sigue presentando una brecha entre la generación de patentes y la aplicación de estas al proceso industrial. Así, la creación de soluciones que permitan adaptar estas ideas al proceso productivo supone una buena oportunidad de mercado.

En otro lugar, la fabricación de grafeno en China se caracteriza por buscar nuevos procesos que permitan producirlo a gran escala. Se pretende encontrar métodos que generen grandes cantidades a bajo coste. Asimismo, se hacen necesarios nuevos procedimientos que obtengan grafeno y derivados de este, como polvo de grafeno, de alta calidad.

En otra vertiente, para conseguir una efectiva implantación de este material en el proceso productivo se hace necesario el incremento de sus aplicaciones. Éstas son algunas de las que se buscan:

- Aplicación del grafeno como un aditivo para modificar las propiedades de otros productos como baterías de litio o composites.
- Aplicación a dispositivos inalámbricos.
- Utilización del grafeno para mejorar la conservación de energía.
- Creación de nuevos materiales conductores, materiales térmicos, materiales de revestimiento, materiales optoelectrónicos y microelectrónicos.
- Creación de nuevos productos inteligentes formados por láminas de grafeno o fibras de grafeno, como por ejemplo aparatos de calefacción.

Por último, destacar el hecho de la creciente creación de plataformas del grafeno, grupos de trabajo y acuerdos con organizaciones de otros países. La participación en alguno de estos grupos puede ocasionar la oportunidad de trabajar con entidades locales.

### Otras oportunidades en el sector de nuevos materiales

La industria de nuevos materiales ofrece una amplia gama de éstos que aunque de momento se encuentran en una fase de investigación y desarrollo, abarcan muchas aplicaciones. La que está teniendo mayor cabida es la fibra de carbono, presente principalmente en los sectores de automoción y aeronáutica. Hay que precisar que en el sector de la automoción de momento tiene una aplicación reducida, limitada a vehículos de lujo debido a su elevado coste. En el sector aeronáutico su aplicación es mayor,

aunque en comparación con el uso que se hace de ella en aeronaves europeas o norteamericanas, como Airbus o Boeing, es notablemente inferior.

En otro aspecto, también pueden aparecer oportunidades de negocio en la fabricación de grandes volúmenes y en la búsqueda de reducción de costes de producción.

Por otra parte, hay determinadas áreas con potencial para la entrada de tecnología extranjera. Se trata de la aplicación de materiales compuestos, materiales superconductores y nanomateriales, que permitan aumentar la eficiencia energética de los procesos, generar mejores conexiones, incrementar la capacidad de almacenamiento de energía y propiciar nuevas soluciones. En este aspecto, la colaboración con centros de I+D, universidades o clusters tecnológicos y el desarrollo conjunto de proyectos, puede suponer un primer paso para tomar parte en el mercado chino.

## 11. Recomendaciones generales

1. Consultar las **herramientas de financiación** de apoyo a la internacionalización en China: existen diferentes modalidades de financiación a la hora de desarrollar actividades de internacionalización en China. Recurrir a los organismos públicos especializados, como **CDTI**, es de gran ayuda a la hora de planificar la estrategia en China. (91)
2. Consultar las **leyes y regulaciones** (recurriendo a despachos de abogados expertos en la materia si fuera necesario) del sector en el que se va a desarrollar la actividad: actualmente, debido a las numerosas reformas que se realizan las regulaciones y legislaciones cambian con mucha frecuencia.
3. Conocer las regulaciones al respecto de la **intervención de empresas extranjeras** en el sector de interés. En China, es habitual que haya sectores industriales fuertemente regulados, en especial con respecto a la intervención extranjera o a la intervención de empresas privadas. Dichas regulaciones las establece el Gobierno y varían en función de los objetivos de los diferentes periodos de su planificación económica, industrial o social. En este sentido, es aconsejable consultar la lista negativa de inversiones de 2018, que indica qué industrias están restringidas o necesitan aprobación del MOFCOM para su realización. (92)
4. Tener en cuenta los **sectores apoyados por el Gobierno**: el hecho de que existan sectores fuertemente regulados puede ser una gran ventaja. Los sectores que el Gobierno considera de especial relevancia suelen disfrutar de incentivos fiscales y otro tipo de ventajas como mayor autonomía en las actividades. Tanto si es la empresa española la que los puede disfrutar, como si es el socio chino, estas medidas crean entornos muy favorables para la innovación. Es de especial importancia, prestar atención a los sectores en los que China tiene carencias tecnológicas ya que serán los de más fácil acceso para empresas extranjeras.
5. Aprovechar las ventajas de los **clusters**: los clusters simplifican el proceso de introducción en el país al ofrecer multitud de recursos específicos para un sector: identificación de socios, logística, servicios específicos requeridos por el sector, etc.
6. Valorar la **zona geográfica** más interesante para la estrategia empresarial: aunque el este del país sea la región más desarrollada económica e industrialmente, es muy interesante conocer las nuevas oportunidades que ofrecen las ciudades emergentes del centro y oeste del país. Entre los objetivos actuales del Gobierno se encuentra el desarrollar las zonas rurales y reducir así la diferencia que existe entre la zona este del país y el centro-oeste.
7. Proteger la **propiedad intelectual**: como se ha comentado, se aconseja recurrir a especialistas en protección intelectual en China antes de desarrollar actividades de innovación o confiar información a un socio. Es importante tener en cuenta la protección legal pero también, tomar medidas de precaución como elegir un socio de confianza, gestionar convenientemente el acceso a la información en el día a día y

formar a la plantilla en protección de la propiedad intelectual. A este respecto, la UE ha creado una oficina llamada China IPR SME Helpdesk, que ofrece servicios gratuitos a PYMEs europeas en materia de propiedad intelectual. (62)

### Eventos de interés

- **GRAPCHINA 2018 (Xi'an, 19-21 de septiembre de 2018).**

Se trata de un evento que sirve como plataforma para intercambiar experiencias sobre el sector, a la vez que representa un escenario académico y comercial sobre el grafeno. Anualmente, suele contar con más de 2.000 profesionales del sector además de representantes de la UE y agentes reguladores del sector en Europa.

Website: <http://www.grapchina.com/>

- **Academics World 385th International Conference on Nanoscience, Nanotechnology and Advanced Materials (IC2NM) (Beijing, 15-16 de junio de 2018).**

Se trata de un evento de carácter internacional, que tiene como objetivo reunir a los principales investigadores, científicos y expertos sobre nanociencia, nanotecnología y materiales avanzados. Durante el evento, tienen lugar varios fórums donde se habla sobre las principales novedades, tendencias y líneas de investigación que se están produciendo en el sector.

Website: <http://www.academicworld.org/Conference2018/China/7/IC2NM/>

- **China Composites Expo 2018. (Shanghai, 5-7 de septiembre de 2018).**

Se trata de una feria internacional que recoge las principales tendencias del sector sobre materiales compuestos, vidrio, fibras de vidrio, cerámicas y otros materiales no metálicos.

Website: <http://www.chinacompositesexpo.com/en/>

- **12<sup>th</sup> international Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (M2S-2018). (Beijing, 19-24 de agosto de 2018)**

M2S-2018 se trata de un evento internacional celebrado cada tres años sobre el sector de superconductores. Se crea como una plataforma para miembros internacionales relacionados con el sector, donde puedan compartir sus resultados, intercambiar información e ideas y promover la colaboración. La conferencia está dedicada a todos los aspectos básicos de la investigación en superconductores, abarcando materiales superconductores, mecanismos y fenómenos de superconductividad y sus aplicaciones.

Website: <http://m2s2018.medmeeting.org/en>

## Páginas web de utilidad

- CDTI – E.P.E, China  
Acceso: <http://www.cdti.es/index.asp?MP=8&MS=155&MN=2&TR=A&IDR=59&accesible=0&idpunto=18>  
Página web donde seguir todas las novedades en materia de I+D en China.
- Chinese Academy of Science  
Acceso: <http://english.cas.cn/>  
Recoge los principales centros de investigación del país, además de las últimas noticias sobre publicaciones y acontecimientos relevantes del sector científico del país.
- Graphene-info  
Acceso: <https://www.graphene-info.com/>  
Página web especializada sobre el mundo del grafeno. Ofrece estudios sobre éste y su aplicación a diferentes campos y materias.
- European Commission Directorate General for Trade  
Acceso: [ec.europa.eu/trade/](http://ec.europa.eu/trade/)  
Esta web muestra informes, legislación y guías de actuaciones para todos los sectores.
- China Market Research  
Acceso: <http://www.cu-market.com.cn/jixie>  
Ofrece estudios sobre diferentes sectores del país, además de crear una imagen clara del estado de desarrollo de la industria.
- China IPR SME Helpdesk  
Acceso: <http://www.china-iprhelpdesk.eu>  
Web recomendable para el asesoramiento en materia de derechos de propiedad intelectual.
- European Chamber of Commerce in China  
Acceso: <http://www.europeanchamber.com.cn/en/home>  
Proporciona información actualizada, estudios e informes sobre todos los sectores industriales y sus implicaciones en el país.

## Bibliografía

- (1) **Wikipedia**. “Grafeno”. [En línea 2018] <https://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno>
- (2) **Wikipedia**. “Fibra de carbono”. [En línea 2018] [https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_de\\_carbono](https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_de_carbono)
- (3) **Wikipedia**. “Material compuesto”. [En línea 2018] [https://es.wikipedia.org/wiki/Material\\_compuesto](https://es.wikipedia.org/wiki/Material_compuesto)
- (4) **Wikipedia**. “Superconductividad”. [En línea 2018] <https://es.wikipedia.org/wiki/Superconductividad>
- (5) **Wikipedia**. “Nanomaterial”. [En línea 2018] <https://es.wikipedia.org/wiki/Nanomaterial>
- (6) **CDTI**. “Guía de I+D en China”. (Diciembre 2016)
- (7) **National Bureau of Statistics of China**. “China Statistical Yearbook on Science and Technology”. (2017)
- (8) **OCDE**. “Gross Domestic Spending on R&D”. [En línea 2016]. <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>.
- (9) **Industrial Research Institute**. “2016 Global R&D Funding Forecast”. (2016)
- (10) **Banco Mundial, Instituto de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)**. “Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)”. [En línea 2018] <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>
- (11) **Torch**, Ministry of Science and Technology of People’s Republic of China. “National High-Tech Industrial Zones”. [En línea 2018]. [www.chinatorch.gov.cn](http://www.chinatorch.gov.cn).
- (12) **CDTI**. “Tratamiento de aguas”. (Septiembre 2016)
- (13) **Wiley Online Library**. “China's Industrial Policy, Strategic Emerging Industries and Space Law”. [En línea 2017] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/app5.177>
- (14) **ChinaDaily.com**. “China No 1 in world patent applications for graphene tech”. [En línea 2018] [http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2018-02/01/content\\_35623375.htm](http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2018-02/01/content_35623375.htm)
- (15) **KPMG**. “The 13th Five-Year Plan – China’s transformation and integration with the world economy”. (Octubre de 2016)
- (16) **China Innovation Alliance of the Graphene Industry**. “Global Graphene Industry Report 2017”.

- (17) **Smart Lighting**. “China domina el mercado mundial del grafeno”. [En línea 2018] <https://smart-lighting.es/china-mercado-grafeno/>
- (18) **Cision PR Newswire**. “Global and China Graphene Industry Report, 2016-2020”. [En línea 2017] <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-and-china-graphene-industry-report-2016-2020-300436184.html>
- (19) **En.people.cn**. “Report: China needs 5-10 more years to achieve graphene industrialization”. [En línea 2017] <http://en.people.cn/n3/2017/0707/c90000-9238700.html>
- (20) **South China Morning Post**. “Soaring share prices for Chinese graphene companies prompts ‘bubble’ warning”. [En línea 2017] <http://www.scmp.com/tech/innovation/article/2114455/soaring-share-prices-chinese-graphene-companies-prompts-bubble>
- (21) **Report Linker**. “Global and China Graphene Industry Report, 2016-2020”. [En línea 2016] <https://www.reportlinker.com/p04539093/Global-and-China-Graphene-Industry-Report.html>
- (22) **Research and markets**. “Research Report on China's Graphene Industry, 2017-2021”. [En línea 2016] <https://www.researchandmarkets.com/reports/3972816/research-report-on-chinas-graphene-industry>
- (23) **ChinaDaily**. “Graphene patents lay base for industry boom”. [En línea 2017] [http://www.chinadaily.com.cn/m/qingdao/2017-03/02/content\\_28406892.htm](http://www.chinadaily.com.cn/m/qingdao/2017-03/02/content_28406892.htm)
- (24) **ChinaDaily USA**. “China-made graphene bulb to debut in UK”. [En línea 2016] [http://usa.chinadaily.com.cn/epaper/2016-05/24/content\\_25445693.htm](http://usa.chinadaily.com.cn/epaper/2016-05/24/content_25445693.htm)
- (25) **Consejo de Estado de la República Popular de China**. “New material industry development guide” – “新材料产业发展指南”.
- (26) **Foreign & Commonwealth Office**. “UK-China Join Hands in Standardising Global Graphene Practices”. [En línea 2017] <https://blogs.fco.gov.uk/rebeccajiang/2017/11/17/uk-china-join-hands-in-standardising-global-graphene-practices/>
- (27) **Shenzhen Xi Yue Health Technology Co. LTD**. “Graphene national standards seminar held before the end of the year to complete part of the standard development”. [En línea 2017] <http://www.szxiyue.com.cn/en/new/97993738.html>
- (28) **Yicai Global**. “Chinese Official Says Graphene Standards to Be Out in 2017”. [En línea 2017] <https://www.yicai.com/news/chinese-official-says-graphene-standards-be-out-2017>
- (29) **ISO, International Organization for Standardization**. “SAC”. [En línea] <https://www.iso.org/member/1635.html>



- (30) **Intellectual Property Protection in China**. “Graphene patents lay base for industry boom”. [En línea 2017]  
<http://www.chinaipr.gov.cn/article/industryreports/201703/1902383.html>
- (31) **General Office of the State Council**. “General Office of the State Council Notice on Issuing the Development Plan for National Standardization System Construction (2016-2020)”. [En línea, 30 diciembre 2015]  
[http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-12/30/content\\_10523.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-12/30/content_10523.htm)  
<http://en.chinabeidou.gov.cn/c/82.html>
- (32) **State Council**. “State Council Notice Endorsing the NDRC’s Guiding Opinions on Deepening Focus Areas for Economic System Reform”. [En línea 2016]  
[http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-03/31/content\\_5060062.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-03/31/content_5060062.htm)
- (33) **Gov.uk**. “UK’s minister supports Chongqing-UK trade and innovation on her first trip to China”. [En línea 2017] <https://www.gov.uk/government/news/uks-minister-supports-chongqing-uk-trade-and-innovation-on-her-first-trip-to-china>
- (34) **SUNANO**. “The first Graphene Research and Characterization Center in China”. [En línea 2018]  
[http://sunano.com.cn/en/The\\_main\\_business/project/2014/1008/197.html](http://sunano.com.cn/en/The_main_business/project/2014/1008/197.html)
- (35) **CGIA**. “About us - Mission”. [En línea] <http://www.graphene-alliance.com/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=40>
- (36) **Research in China**. “Global and China Graphene Industry Report, 2015-2018”. [En línea 2015] <http://www.researchinchina.com/Report/ReportInfo.aspx?id=10190>
- (37) **GrapChina 2018**. “Conference organization committee”. [En línea]  
<http://www.grapchina.com/index.php/zwh.html>
- (38) **China Innovation Alliance of New Materials Industry (CNMIA)**. “Introducción”. [En línea] <http://www.chinanmia.com/intro.html>
- (39) **Xinhua Finance Agency**. “China likely to enlist graphene in key products catalogue for 2016-2020”. [En línea 2016]  
<http://en.xfafinance.com/html/Industries/Materials/2016/188740.shtml>
- (40) **Xinhua Finance Agency**. “Output value of graphene industry in Beijing-Tianjin-Hebei to top RMB2 bln”. [En línea 2016]  
<http://en.xfafinance.com/html/Industries/Materials/2016/184945.shtml>
- (41) **PITT**. “Graphite Industry Technology Innovation Strategic Alliance”. [En línea 2017] [http://www.cpitc.com/newsdetail\\_en.aspx?id=242](http://www.cpitc.com/newsdetail_en.aspx?id=242)
- (42) **Jiangsu Now**. “Five graphene projects settle in Changzhou”. [En línea 2018]  
[http://english.jschina.com.cn/23262/201804/t20180410\\_5276862.shtml](http://english.jschina.com.cn/23262/201804/t20180410_5276862.shtml)

- (43) **Szxiyue**. “Focus on cutting-edge new materials: Beijing graphene Industrial Innovation Center was formally established”. [En línea 2017]  
<http://www.szxiyue.com.cn/en/new/53028760.html>
- (44) **Chinese Academy of Sciences**. “Beijing Sets up Innovation Center to Accelerate Graphene Industrialization”. [En línea 2017]  
[http://english.cas.cn/newsroom/china\\_research/201704/t20170412\\_175980.shtml](http://english.cas.cn/newsroom/china_research/201704/t20170412_175980.shtml)
- (45) **Investor Intel**. “Graphene”. [En línea 2018]  
<https://investorintel.com/tag/graphene/>
- (46) **Wuxi graphene industry development & demonstration zone**. “Overview-planning”. [En línea] <http://www.graphene.gov.cn/english/company.asp?Id=7>
- (47) **Xinhua Finance Agency**. “Changzhou becomes stronghold for China's graphene industry”. [En línea 2017]  
<http://en.xfafinance.com/html/Industries/Materials/2017/347003.shtml>
- (48) **JITRI**. “Institute of Graphene”. [En línea] <http://en.jitri.org/yanjiuyuan5.html>
- (49) **Business Shandong**. “Qingdao National High-tech Industrial Development Zone”. [En línea 2017] <http://en.sdcom.gov.cn/news/2337>
- (50) **Business Shandong**. “10 Technological Innovation Centers to be Built in Qingdao”. [En línea 2016] <http://en.sdcom.gov.cn/news/635>
- (51) **Business Shandong**. “Qingdao International Graphene Innovation Center Promotes Industrial Clustering Development”. [En línea 2016]  
<http://en.sdcom.gov.cn/news/1189>
- (52) **Tsinghua-Berkeley Shenzhen Institute (TBSI)**. “Shenzhen Geim Graphene Research Center Jointly Inaugurated By The Nobel Laureate Andre Geim, Tsinghua-Berkeley Shenzhen Institute and Shenzhen Graduate School of Tsinghua University”. [En línea 2017] <http://www.tbsi.edu.cn/en/index.php?s=/cms/index/detail/id/311.html>
- (53) **2D Carbon (Changzhou) Tech Co., Ltd**. “Company introduction”. [En línea 2018] <http://www.cz2dcarbon.com/en/about/index.html>
- (54) **Graphene-info**. “Graphene producers”. [En línea] <https://www.graphene-info.com/companies-list/graphene-producers>
- (55) **Graphene**. “About us”. [En línea] <http://english.bgcct.com/page.php?id=1>
- (56) **Graphene-info**. “Qingdao Haoxin New Energy Technology”. [En línea] <https://www.graphene-info.com/qingdao-haoxin-new-energy-technology>
- (57) **Haoxin Technology**. “About us”. [En línea] <http://www.hxnano.com/?lang=en>
- (58) **The Sixth Element Inc**. “About us”. [En línea] <http://www.c6th.com/about-us>

- (59) **RelSci**. “Xiamen G-CVD Graphene Technology Co., Ltd.”. [En línea]  
<https://relationshipsscience.com/organization/xiamen-g-cvd-graphene-technology-co-ltd-207467367>
- (60) **Xiamen G-CVD Graphene Technology Co., Ltd. website**. [En línea]  
<http://www.g-cvd.com/zh-cn/>
- (61) **Knano Company**. [En línea]  
<http://www.knano.com.cn/En/about.aspx?IntroCateID=1661>
- (62) **China IPR SME Helpdesk**. [En línea] <http://www.china-iprhelpdesk.eu>
- (63) **Azonano**. “Timesnano”. [En línea]  
<https://www.azonano.com/suppliers.aspx?SupplierID=2665>
- (64) **Chinese Academy of Sciences**. “Scientists Obtain Graphene Oxide Without Harming the Environment”. [En línea 2018]  
[http://english.cas.cn/newsroom/research\\_news/201801/t20180116\\_189062.shtml](http://english.cas.cn/newsroom/research_news/201801/t20180116_189062.shtml)
- (65) **Europa Press**. “China produce grafeno a partir de biomasa de maíz”. [En línea 2017] <http://www.europapress.es/ciencia/laboratorio/noticia-china-produce-grafeno-partir-biomasa-maiz-20170519141328.html>
- (66) **Smart Lighting**. “Investigadores de China crean aerogel de grafeno que convierte la luz solar en calor”. [En línea 2017] <http://smart-lighting.es/grafeno-luz-solar/>
- (67) **China Daily**. “Qingdao: striving to be pacemaker in industrialization of graphene”. [En línea 2016] [http://www.chinadaily.com.cn/m/qingdao/2016-10/12/content\\_27035760\\_2.htm](http://www.chinadaily.com.cn/m/qingdao/2016-10/12/content_27035760_2.htm)
- (68) **Innovate UK**. “British firm announces plans for Chinese graphene manufacturing facility”. [En línea 2018] <https://ktn-uk.co.uk/news/british-firm-announces-plans-for-chinese-graphene-manufacturing-facility>
- (69) **CGIA**. “Tungshu Optoelectronic Technology Co., Ltd and ICN2 has reached cooperation on Graphene”. [En línea] <http://www.graphene-alliance.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=43&id=296>
- (70) **China International Graphene Industry Union**. “About us – brief introduction”. [En línea] <http://www.cigiu.org/en/index.php?menu=256>
- (71) **Xinhua Finance Agency**. “China to establish graphene industry group”. [En línea] <http://en.xfafinance.com/html/Industries/Materials/2016/227021.shtml>
- (72) **China Composites Expo**. “2015 Global Carbon Fiber Composites Market Report”. [En línea]  
<http://www.chinacompositesexpo.com/en/news-detail-245-3674.html>

<http://www.chinacompositesexpo.com/en/news-detail-245-3704.html>

(73) **Beijing University of Chemical Technology**. “Department of Composite Materials”. [En línea]

<http://en.cmse.buct.edu.cn/research/departments/departmentofcompositematerials/index.htm>

(74) **Nature.com**. “Transforming research excellence to high industry value”. [En línea] <https://www.nature.com/articles/d42473-018-00037-9>

(75) **Institute of Metal Research**. “Brief introduction”. [En línea]

[http://english.imr.cas.cn/aboutus/briefintroduction/201408/t20140828\\_126799.html](http://english.imr.cas.cn/aboutus/briefintroduction/201408/t20140828_126799.html)

(76) **Harbin Institute of Technology**. [En línea] <http://smart.hit.edu.cn/about/list.htm>

(77) **University of Nottingham**. [En línea]

<https://www.nottingham.edu.cn/en/nmi/research-centers/centre-for-advanced-composite-materials.aspx>

(78) **China Composites Group Co., Ltd. (CCGC)**. [En línea]

[http://www.ccg.com.cn/en/news.php?c\\_id=45](http://www.ccg.com.cn/en/news.php?c_id=45)

(79) **Jiangsu Changhai Composite Materials Co., Ltd.** [En línea]

<http://www.changhaigfrp.com/about.asp>

(80) **Composites world**. “Airbus opens new composites manufacturing center in China”. [En línea] <https://www.compositesworld.com/news/airbus-opens-new-composites-manufacturing-center-in-china>

(81) **EPTurismo**. “Maquinaria europea y presencia española en el centro de componentes de Airbus en China”. [En línea]

<http://www.europapress.es/turismo/transportes/aerolineas/noticia-maquinaria-europea-presencia-espanola-centro-componentes-airbus-china-20170923103004.html>

(82) **LinkedIn**. “Harbin Hafei Airbus Composite Manufacturing Centre Company Limited”. [En línea] <https://www.linkedin.com/company/harbin-hafei-airbus>

(83) **12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors**. [En línea]

<http://m2s2018.medmeeting.org/en>

(84) **CAS**. “National Lab for Superconductivity”. [En línea] <http://nlsc.iphy.ac.cn/Ephy-41.aspx>

(85) **Shanghai Superconductor**. [En línea] <http://www.shsctec.com/en/introduce/89>

(86) **Xinhua español**. “Enfoque de China: China apunta alto en nanotecnología”. [En línea] [http://spanish.xinhuanet.com/2017-08/30/c\\_136568296.htm](http://spanish.xinhuanet.com/2017-08/30/c_136568296.htm)

- (87) **National Center for Nanoscience and Technology of China.** [En línea]  
<http://english.nanoctr.cas.cn/>
- (88) **Academics World.** “385th International Conference on Nanoscience, Nanotechnology and Advanced Materials (IC2NM)”. [En línea]  
<http://www.academicworld.org/Conference2018/China/7/IC2NM/>
- (89) **LJA.mx.** “México y China participaron en el taller de nanoseguridad y nanotoxicología”. [En línea] <http://www.lja.mx/2018/02/mexico-china-participaron-en-taller-nanoseguridad-nanotoxicologia/>
- (90) **ChinaDaily.** “Nanocomposite material research lab gets go ahead”. [En línea]  
<http://www.chinadaily.com.cn/a/201807/06/WS5b3ed4bfa3103349141e11e8.html>
- (91) **Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial.** [En línea]  
<http://www.cdti.es/index.asp?MP=8&MS=155&MN=2&TR=A&IDR=59&acesible=0&idpunto=18>
- (92) **National Development and Reform Commission (NDRC).** “Medidas administrativas especiales sobre el acceso a la inversión extranjera”.