



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
.....  
////////////////////  
[WWW.RUTANMEDELLIN.ORG](http://WWW.RUTANMEDELLIN.ORG)



# OBSERVATORIO CT+i



## LICENCIA



Informe: Mercado de Nanotecnología, Área de oportunidad Nano - Energía por [Corporación Ruta N](#) se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#)

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Sugerimos se referencie el documento de la siguiente forma:

Corporación Ruta N (2016). *Observatorio CT+i: Informe No. 1 Área de oportunidad Nano-Energía*. Recuperado desde [www.brainbookn.com](http://www.brainbookn.com)



# OBSERVATORIO CT+i



ÁREA  
DE OPORTUNIDAD:

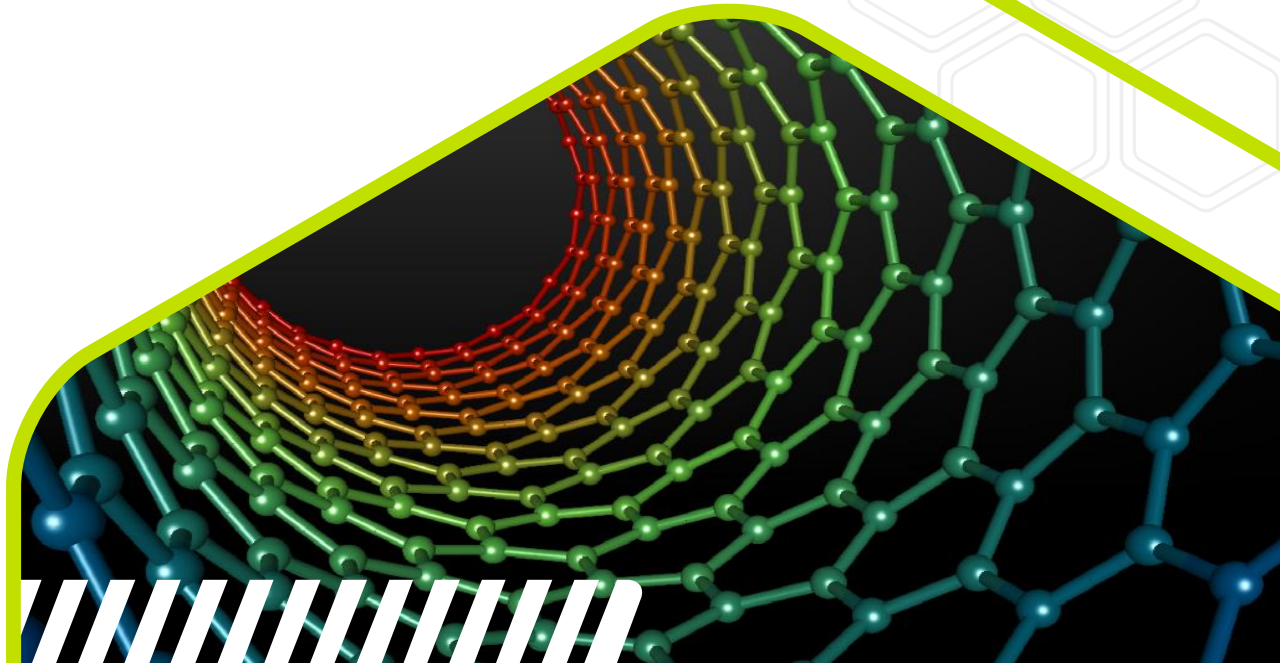


NANO-ENERGÍA

MERCADO DE:



IRI NANOTECNOLOGÍA



EJECUTA



# innRUTA

RED DE INTELIGENCIA COMPETITIVA

tecnova   
Conectamos Universidad Empresa Estado

  
UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD  
**EAFIT**<sup>®</sup>

  
Universidad  
Pontificia  
Bolivariana

UNIVERSIDAD  
  
Ser. Saber y Servir  
Con Acreditación Institucional

  
UNIVERSIDAD DE MEDELLIN

  
Institución Universitaria  
Acreditada en Alta Calidad

DESARROLLA  
EL ESTUDIO



Universidad  
Pontificia  
Bolivariana



# PARTICIPANTES

El estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva denominado **Nano-energía** fue desarrollado por la **Universidad Pontificia Bolivariana** en el cual los participantes asumieron los siguientes roles:

**Metodólogo:** Asesora con la metodología de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva diseñada para el proyecto Observatorio CT+i y definida por INN Ruta - Red de Inteligencia competitiva. Adicionalmente coordina dentro de cada institución los ejercicios realizados.

**Vigía:** Encargado de recopilar de fuentes primarias y secundarias los datos e información relacionada con el área de oportunidad estudiada. Adicionalmente, realiza con expertos temáticos y asesores el análisis de la información recopilada y la consolidación de los informes del estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.

El estudio contó con la participación de **Edwin Moncada Acevedo** y **Zulamita Zapata Benabithé** quienes desempeñaron el papel de asesor temático con las siguientes actividades.

**Asesor temático:** Participa en las etapas de análisis y validación de la información recopilada por el vigía. Adicionalmente, orienta y da lineamientos del estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva realizado.

# PARTICIPANTES



**Director del proyecto:**

Elkin Echeverri

**Coordinadores del proyecto:**

Samuel Urquijo

Jorge Suárez



**Director del proyecto:**

Oscar Eduardo Quintero

**Coordinadora del proyecto:**

Ana Catalina Duque

# PARTICIPANTES



Programa de  
Vigilancia Tecnológica e  
Inteligencia Competitiva

**CIDI · UPB**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA  
EL DESARROLLO Y LA INNOVACIÓN

## Metodólogo:

Ana María Velásquez Giraldo

## Vigía:

Anderson Quintero Valencia

## Asesor temático:

Zulamita Zapata Benabithé



IRI NANOTECNOLOGÍA

## Asesor temático:

Edwin Moncada Acevedo



# ALCANCE DEL ESTUDIO

## NANO - ENERGÍA



### ÁREAS DE BÚSQUEDA Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

- Áreas de búsqueda
- Búsqueda y depuración - Artículos
- Búsqueda y depuración - Patentes

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Resultados - Artículos
- Resultados - Patentes

### CONCLUSIONES

- Conclusiones



# TABLA DE CONTENIDO



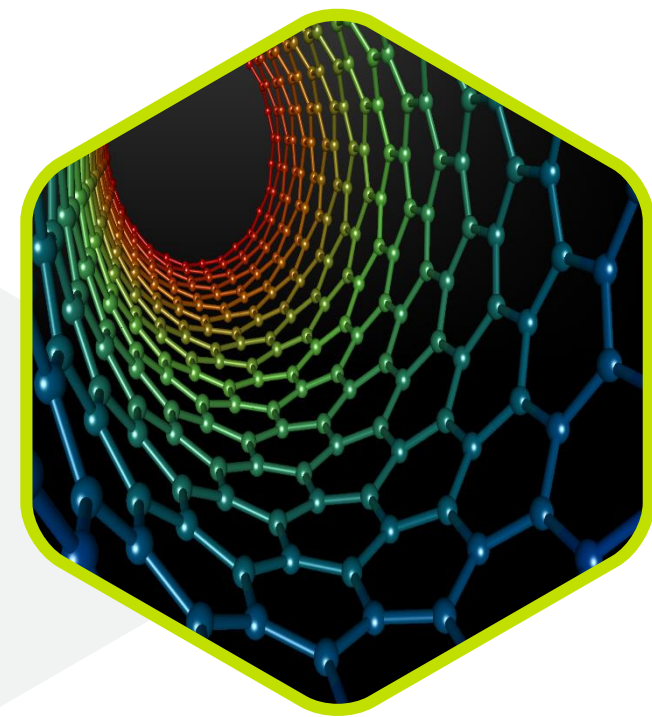
Nº de diapositiva

Áreas de búsqueda y metodología de análisis.....	<a href="#"><u>11</u></a>
<i>Áreas de análisis</i> .....	<a href="#"><u>12</u></a>
<i>Metodología de búsqueda</i> .....	<a href="#"><u>13</u></a>
<i>Búsqueda y depuración artículos</i> .....	<a href="#"><u>15</u></a>
<i>Búsqueda y depuración patentes</i> .....	<a href="#"><u>17</u></a>
Análisis de resultados.....	<a href="#"><u>21</u></a>
<i>Mapa resumen de aplicaciones</i> .....	<a href="#"><u>22</u></a>
<i>Aplicaciones destacadas</i> .....	<a href="#"><u>23</u></a>
<i>Resultados obtenidos de artículos</i> .....	<a href="#"><u>25</u></a>
<i>Resultados obtenidos de patentes</i> .....	<a href="#"><u>27</u></a>
Conclusiones.....	<a href="#"><u>29</u></a>
<i>Para tener en cuenta</i> .....	<a href="#"><u>30</u></a>
Referencias.....	<a href="#"><u>31</u></a>



# 1. ÁREAS DE BÚSQUEDA Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

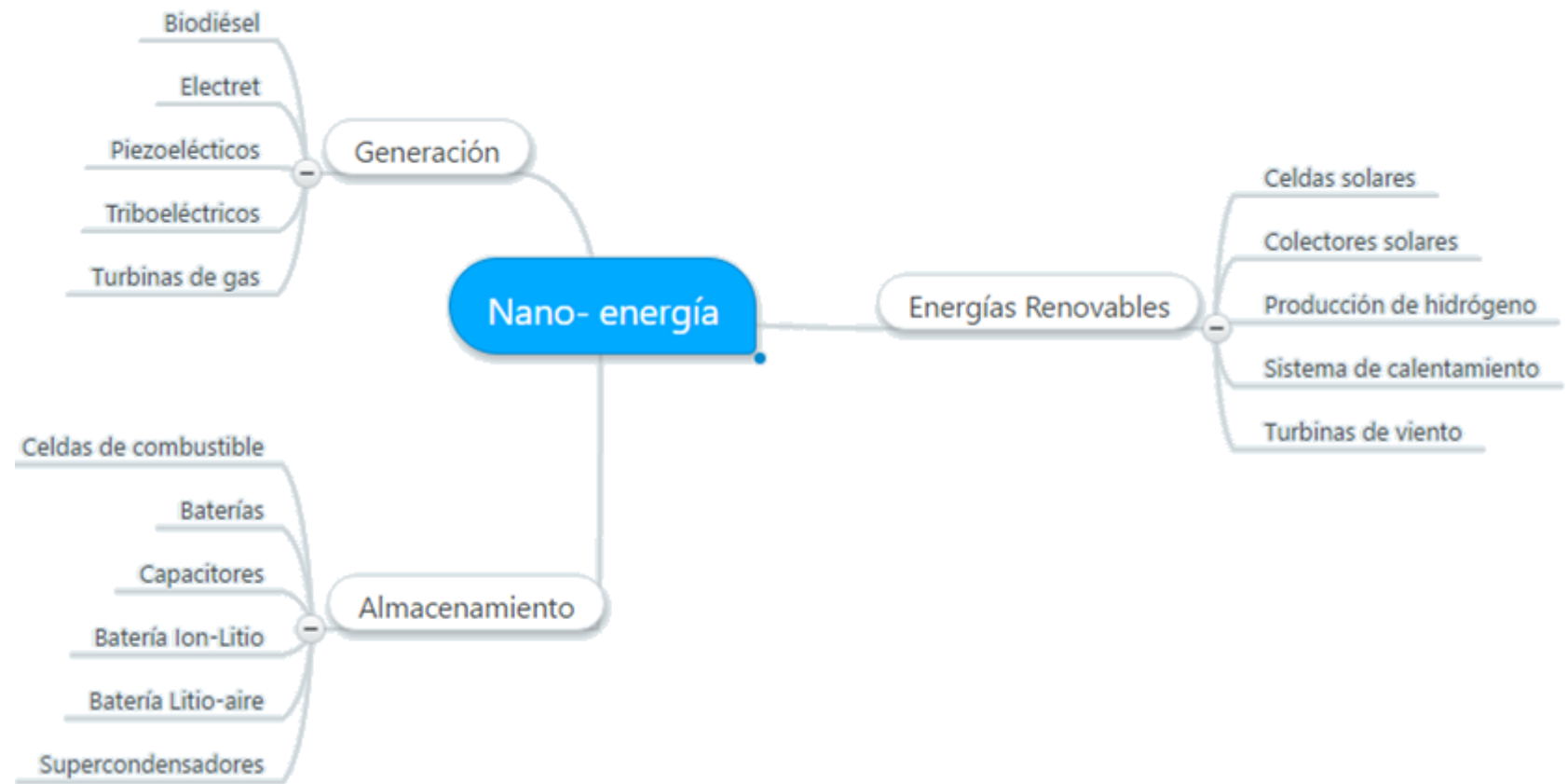
A continuación se presenta las bases de datos analizadas y las áreas analizadas en relación al empleo de nanotecnología en aplicaciones de energía. Adicionalmente, se presenta la metodología de análisis de artículos y patentes para obtener la información de aplicación, tecnología de producción y tipo de nanopartículas empleadas.



# ÁREAS DE BÚSQUEDA

A continuación se presentan los enfoques y las aplicaciones en las cuales se concentró el análisis del uso de nanotecnología en aplicaciones del sector de energía. Los enfoques analizados son:

- Generación de energía
- Almacenamiento de energía
- Energías Renovables



# BÚSQUEDA - ARTÍCULOS



Dado que el objetivo del estudio es identificar los principales temas que se están desarrollando en el área de nanoenergía, se realizó una búsqueda amplia donde se identifican los artículos que emplean en su título o abstract las palabras de la siguiente ecuación de búsqueda:

*(nanoenerg\* OR (nano energ\*) OR (nano-energ\*) OR (nano PRE/1 energy))*

Esta búsqueda identifica los artículos que especifican en su contenido el término de nanoenergía, por lo que aquellos documentos que no hagan mención de este termino no serán tenido en cuenta en los resultados obtenidos.

Para este ejercicio se tuvieron en cuenta cuatro bases de datos, donde se agrupan las áreas de ingeniería, materiales y nanopartículas:



# BÚSQUEDA - ARTÍCULOS



Los resultados en bruto arrojados por cada una de las bases de datos analizadas, en el periodo de tiempo 2005 - 2015, se presentan en la siguiente tabla:

Base de Datos	N° Artículos
Scopus	175
Web of Science	147
Science Direct	187
IEEE	192
Total:	701



# BÚSQUEDA Y DEPURACIÓN - ARTÍCULOS: VANTAGEPOINT



Al realizar la búsqueda, se compararon los resultados de las cuatro bases de datos unificando los artículos similares. Al término de este proceso se identificaron 545 que hacían referencia explícita del término de nanoenergía.

Al filtrar estos términos se realizó un agrupamiento de los artículos dependiendo del tema de interés Generación - Almacenamiento - Energías Renovables.

En la tabla de la derecha se presentan las palabras de mayor mención en los 545 artículos de las cuatro bases de datos consultadas.

	# Records	# Instances	A_NLP_Titulo_Abst	Nanoenergía	Baterías-Alamacena	Generación	Energías Alternativas	Óptica	Renovables	Síntesis	Review
1	93	104	rights reserved								
2	90	142	result								
3	66	129	study								
4	53	103	application								
5	52	96	effect								
6	47	91	energy								
7	37	55	formation								
8	32	39	one								
9	31	42	structure								
10	31	57	use								
11	30	42	developed								
12	28	52	influence								
13	26	54	nano energy	✓							
14	26	67	nanotechnology								
15	26	32	SEM								
16	25	45	composite								
17	25	37	sample								
18	25	37	XRD								
19	24	41	case								
20	24	49	material								
21	23	32	size								
22	22	57	efficient								
23	22	40	temperature								
24	21	26	method								
25	21	35	properties								
26	21	31	TEM								
27	20	43	research								
28	20	46	synthesis							✓	

# BÚSQUEDA Y DEPURACIÓN - ARTÍCULOS: VANTAGEPOINT

En esta sección se presenta una matriz de correlación entre los términos más empleados en los 545 artículos. En este punto se hace énfasis en el término de nanoenergía.

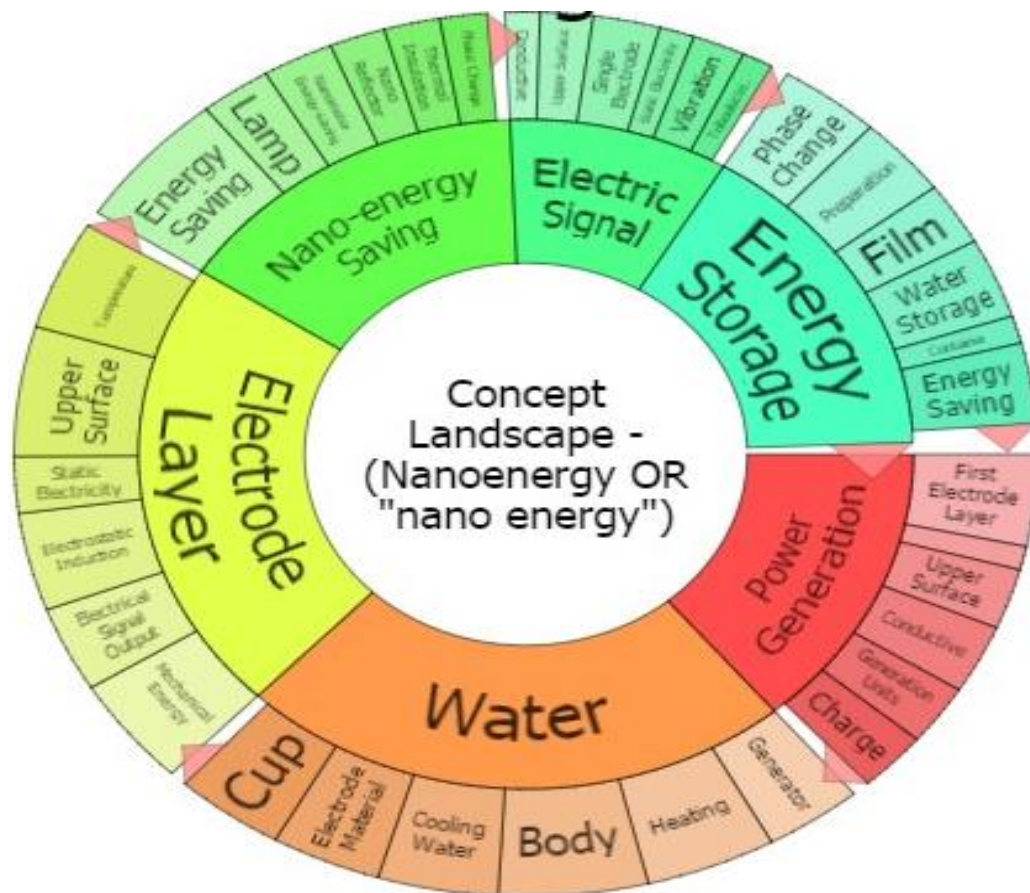
Reset	A_NLP_Titulo_Abstr (Cleaned)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	# Records	26	26	93	53	17	90	66	20	31	31	22	30	9	24	10	11	21	5	8	4	8	5	5	16	2	
P_Titulo_Abstr (Clea	# Records	nano energy	nanotechnology	rights reserved	application	storage	result	study	research	use	structure	efficient	developed	nanoscale	material	potential	theory	properties	Nanogenerator	optical properties	serve	integral	emerging field	area	analysis	polarization	
1	26	nano energy	26	9	9	8	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
2	3	emerging nano-energy	2	1	1		1	1																2			
3	3	emerging nano-energy field	2	1	2		1	2	1													1	2				
4	3	nano-energy dispersive X-ray			1		3	2			1																
5	3	nano-energy field	2		2		2	2			1											1	1				
6	2	high-performance nanoenergy systems								2																	
7	2	nano-energy research	1				2	1			1												2				
8	2	novel piezoelectricity based nano energy			2		2				2																
9	2	TMDC-based nano energy applications	2		2	2					2		2					2		2							
10	1	[Nano Energy 2014 8																									
11	1	doped nano energy dispersive X-ray																									
12	1	emerging nano-energy vol 76																									
13	1	emerging nano-energy" [Energy Policy 76																									
14	1	high output nano-energy cell																	1								
15	1	important nano energy conversion parame						1																			
16	1	important nano energy conversion parame						1																			
17	1	micro-and nano-energy application								1																	
18	1	micro/nano energy devices											1														
19	1	nano energy generator		1		1																					
20	1	nano energy harvester			1																						
21	1	nano energy systems	1																								
22	1	nano energy technologies	1																								
23	1	nano-energy [5]	1																								



# BÚSQUEDA Y DEPURACIÓN - PATENTES: ACCLAIMIP

En cuanto a patentes se identificaron 243 patentes que hacían referencia explícita del término de nanoenergía en el periodo de tiempo 2005 - 2015, empleando la base datos AcclaimIP.

Los principales temas que se abordan en estas patentes son presentados en la siguientes figura:

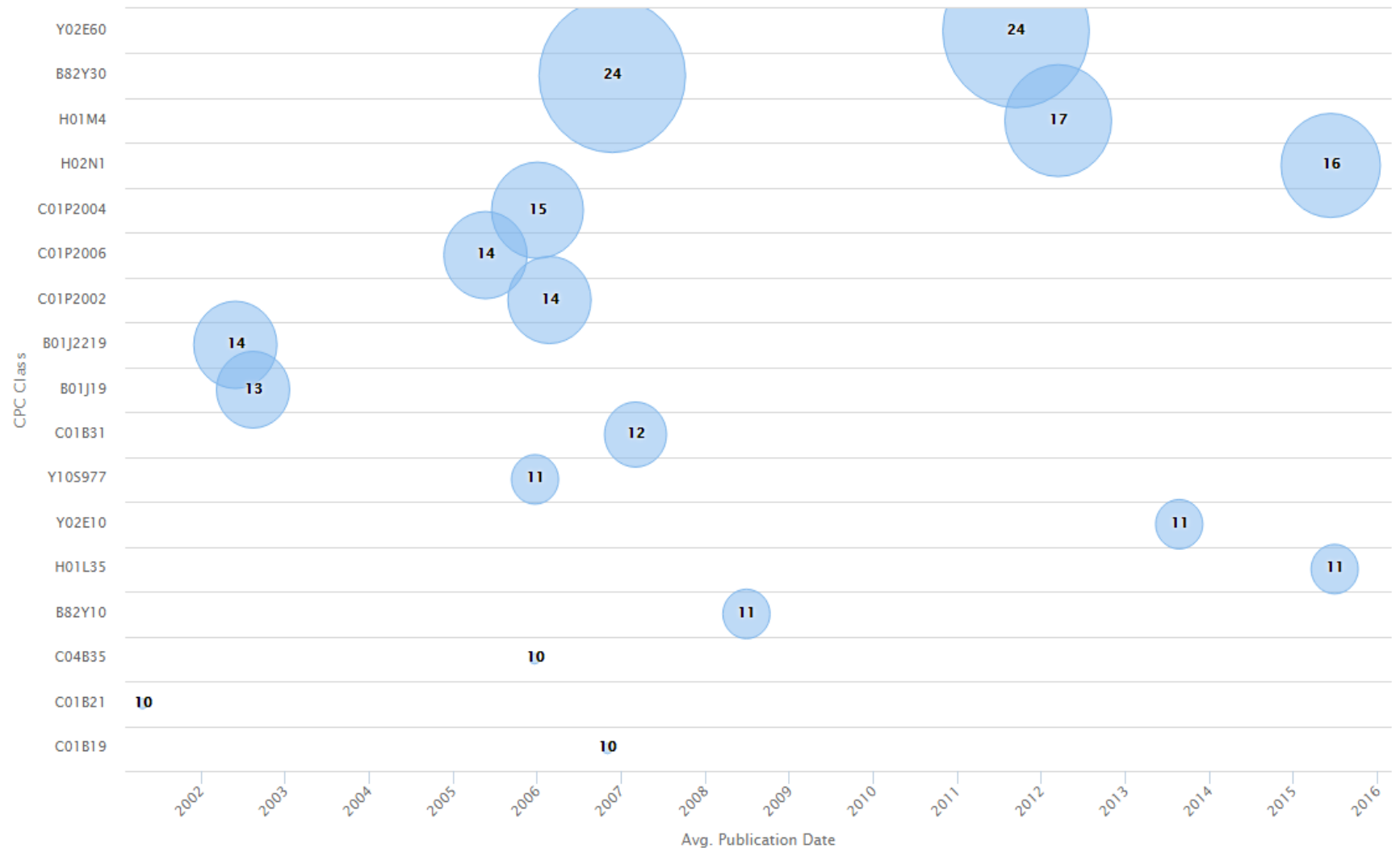


# BÚSQUEDA Y DEPURACIÓN - PATENTES

A continuación se presenta la evolución en el tiempo de las áreas específicas de cada grupo de patentes (Clasificación de Patentes Cooperativa - CPC) y que están relacionadas con el termino de nanoenergía.

Los CPC de mayor mención en los últimos años están enfocados a áreas como:

- ✓ Reducción de gases de efecto invernadero
- ✓ Procesos y medios de construcción
- ✓ Aplicaciones específicas en nano-estructuras



Source: www.AcclaimIP.com

# BÚSQUEDA Y DEPURACIÓN - PATENTES



B01J2219/00	Main Group	Chemical, physical or physico-chemical processes in general; Their relevant apparatus
B82Y10/00	Main Group	Nano-technology for information processing, storage or transmission, e.g. quantum computing or single electron logic
B82Y30/00	Main Group	Nano-technology for materials or surface science, e.g. nano-composites
C01B19/00	Main Group	Selenium; Tellurium; Compounds thereof
C01B21/00	Main Group	Nitrogen; Compounds thereof
C01B31/00	Main Group	Carbon; Compounds thereof
C01P2002/00	Main Group	Crystal-structural characteristics
C01P2004/00	Main Group	Particle morphology
C01P2006/00	Main Group	Physical properties of inorganic compounds
C04B35/00	Main Group	Shaped ceramic products characterised by their composition ; Ceramics compositions ; Processing powders of inorganic compounds preparatory to the manufacturing of ceramic products

B82Y: Aplicaciones específicas en nano-estructuras.

C01B: Elementos no metálicos.

C01P: Aspectos estructurales y físicos de componentes inorgánicas.

C04B: Compuestos, cementos, magnesia, escombros.



# BÚSQUEDA Y DEPURACIÓN - PATENTES



H01L: Dispositivos  
semiconductores.

H01L35/00	Main Group	Thermo-electric devices comprising a junction of dissimilar materials, i.e. exhibiting Seebeck or Peltier effect with or without other thermo-electric effects or thermomagnetic effects; Processes or apparatus peculiar to the manufacture or treatment thereof or of parts thereof; Details thereof
-----------	------------	--

H01M: Procesos y medios de  
construcción.

H01M4/00	Main Group	Electrodes
----------	------------	------------

H02N: Máquinas eléctricas.

H02N1/00	Main Group	Electrostatic generators or motors using a solid moving electrostatic charge carrier
----------	------------	--

Y02E: Reducción de gases de  
efecto invernadero.

Y02E10/00	Main Group	Energy generation through renewable energy sources
-----------	------------	--

Y02E60/00	Main Group	Enabling technologies or technologies with a potential or indirect contribution to GHG emissions mitigation
-----------	------------	---

Y10S: Técnicas de recubierta.

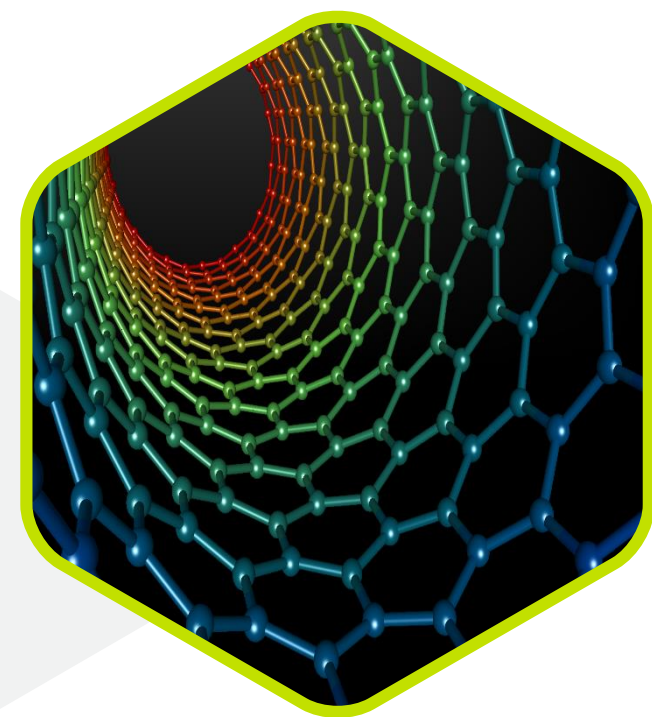
Y10S977/00	Main Group	Nanotechnology
------------	------------	----------------



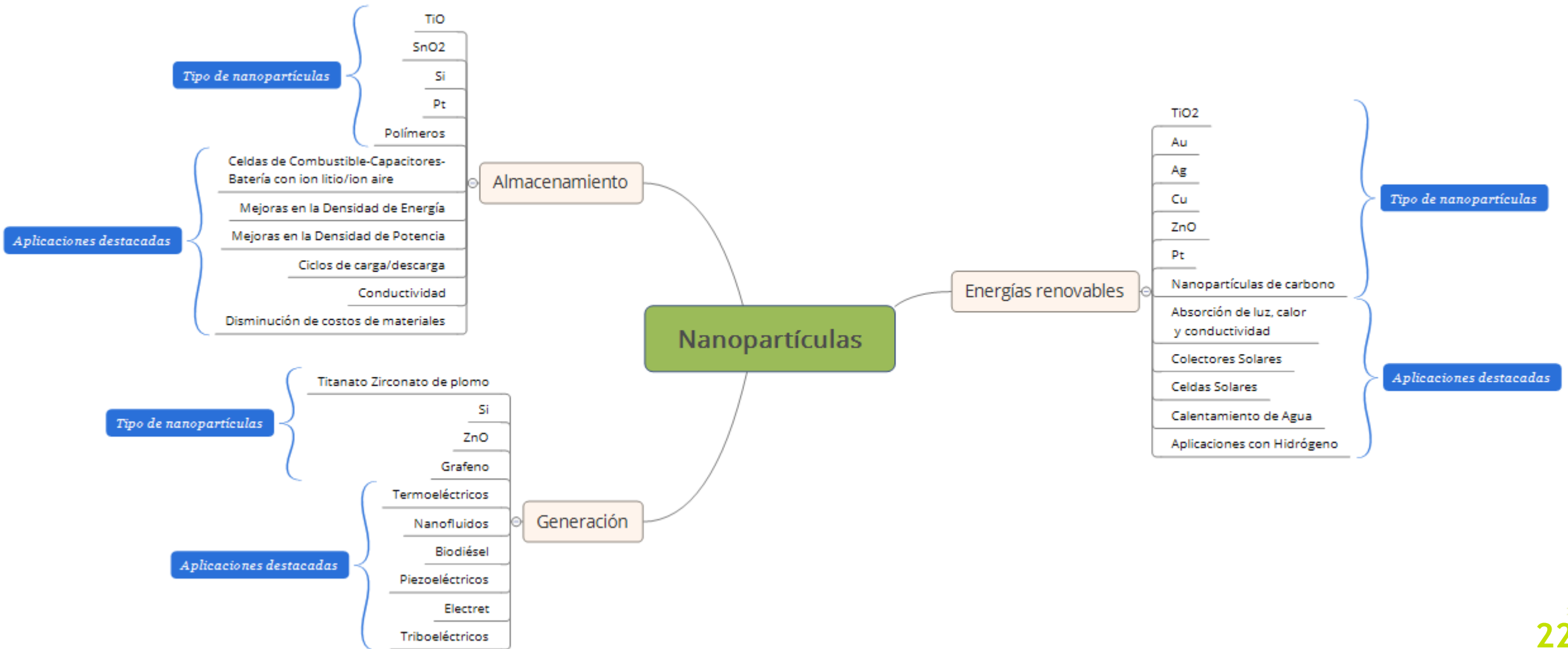


## 2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

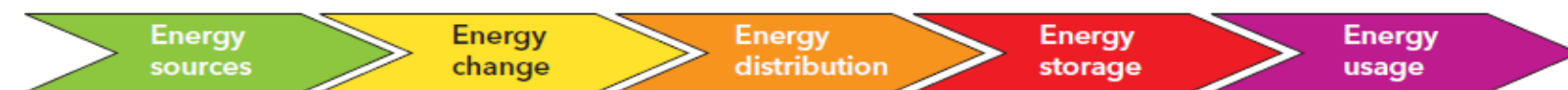
A continuación se presenta el análisis de la información identificada, donde se indican las principales aplicaciones en cada uno de los enfoques analizados, tipos de nanopartículas empleadas y tecnologías de producción de las mismas.



# MAPA RESUMEN DE RESULTADOS



# APLICACIONES DESTACADAS EN 2008



Energy sources	Energy change	Energy distribution	Energy storage	Energy usage
<b>Regenerative</b> <b>Photovoltaics:</b> Nano-optimized cells (polymeric, dye, quantum dot, thin film, multiple junction), antireflective coatings <b>Wind Energy:</b> Nano-composites for lighter and stronger rotor blades, wear and corrosion protection nano-coatings for bearings and power trains etc. <b>Geothermal:</b> Nano-coatings and -composites for wear resistant drilling equipment <b>Hydro-/Tidal Power:</b> Nano-coatings for corrosion protection <b>Biomass Energy:</b> Yield optimization by nano-based precision farming (nanosensors, controlled release and storage of pesticides and nutrients)	<b>Gas Turbines</b> Heat and corrosion protection of turbine blades (e.g. ceramic or intermetallic nano-coatings) for more efficient turbine power plants <b>Thermoelectrics</b> Nanostructured compounds (interface design, nanorods) for efficient thermoelectrical power generation (e.g. usage of waste heat in automobiles or body heat for personal electronics (long term)) <b>Fuel Cells</b> Nano-optimized membranes and electrodes for efficient fuel cells (PEM) for applications in automobiles/mobile electronics <b>Hydrogen Generation</b> Nano-catalysts and new processes for more efficient hydrogen generation (e.g. photoelectrical, electrolysis, biophotonic)	<b>Power Transmission</b> <b>High-Voltage Transmission:</b> Nanofillers for electrical isolation systems, soft magnetic nano-materials for efficient current transformation <b>Super Conductors:</b> Optimized high temperature SC's based on nanoscale interface design for loss-less power transmission <b>CNT Power Lines:</b> Super conducting cables based on carbon nanotubes (long term) <b>Wireless Power Transmission:</b> Power transmission by laser, microwaves or electromagnetic resonance based on nano-optimized components (long term)	<b>Electrical Energy</b> <b>Batteries:</b> Optimized Li-ion-batteries by nanostructured electrodes and flexible, ceramic separator-foils, application in mobile electronics, automobile, flexible load management in power grids (mid term) <b>Supercapacitors:</b> Nanomaterials for electrodes (carbon-aerogels, CNT, metall(-oxides) and electrolytes for higher energy densities) <b>Chemical Energy</b> <b>Hydrogen:</b> Nanoporous materials (organometals, metal hydrides) for application in micro fuel cells for mobile electronics or in automobiles (long term) <b>Fuel Reforming/Refining:</b> Nano-catalysts for optimized fuel production (oil refining, desulphurization, coal liquefaction) <b>Fuel Tanks:</b> Gas tight fuel tanks based on nano-composites for reduction of hydrocarbon emissions	<b>Thermal Insulation</b> Nanoporous foams and gels (aerogels, polymer foams) for thermal insulation of buildings or in industrial processes <b>Air Conditioning</b> Intelligent management of light and heat flux in buildings by electrochromic windows, micro mirror arrays or IR-reflectors <b>Lightweight Construction</b> Lightweight construction materials using nano-composites (carbon nanotubes, metal-matrix-composites, nano-coated light metals, ultra performance concrete, polymer-composites) <b>Industrial Processes</b> Substitution of energy intensive processes based on nanotech process innovations (e.g. nano-catalysts, self-assembling processes etc.) <b>Lighting</b> Energy efficient lighting systems (e.g. LED, OLED)
<b>Fossil Fuels</b> Wear and corrosion protection of oil and gas drilling equipment, nanoparticles for improved oil yields	<b>Combustion Engines</b> Wear and corrosion protection of engine components (nano-composites/-coatings, nanoparticles as fuel additive etc.)	<b>Smart Grids</b> Nanosensors (e.g. magneto-resistive) for intelligent and flexible grid management capable of managing highly decentralised power feeds	<b>Thermal Energy</b> <b>Phase Change Materials:</b> Encapsulated PCM for air conditioning of buildings <b>Adsorptive Storage:</b> Nano-porous materials (e.g. zeolites) for reversible heat storage in buildings and heating nets	
<b>Nuclear</b> Nano-composites for radiation shielding and protection (personal equipment, container etc.), long term option for nuclear fusion reactors	<b>Electrical Motors</b> Nano-composites for superconducting components in electro motors (e.g. in ship engines)	<b>Heat Transfer</b> Efficient heat in- and outflow based on nano-optimized heat exchangers and conductors (e.g. based on CNT-composites) in industries and buildings		

En la figura de la izquierda se presentan algunas tendencias y aplicaciones en el área de nanoenergía definidas en el review “Application of Nanotechnologies in the Energy” en el año 2008.

# POSIBLES APLICACIONES CON NANOMATERIALES

En la tabla de la derecha se presenta un desglose rápido, por tipo de energía (generación, conversión, distribución, almacenamiento y uso), de las posibles aplicaciones en nanomateriales para el sector de energía en la próxima década, según el documento “Application of Nano-technologies in the Energy Sector” de Christian Ferric .

Energy sources	Energy conversion	Energy distribution	Energy storage	Energy uses
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Regenerative</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Photovoltaics:</b> Nano-optimized cells (polymeric, dye, quantum dot, thin film, multiple junction), antireflective coatings</li> <li>○ <b>Wind energy:</b> nanocomposites for lighter and stronger rotor blades, wear and corrosion protection nano-coatings for bearings and power trains etc.</li> <li>○ <b>Geothermal:</b> nano-coatings and -composites for wear resistant drilling equipment</li> <li>○ <b>Hydro-/Tidal power:</b> Nano-coatings for corrosion protection</li> <li>○ <b>Biomass energy:</b> Yield optimization by nano-based precision farming (nanosensors, controlled release and storage of pesticides and nutrients)</li> </ul> </li> <li>• <b>Fossil fuel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wear and corrosion protection of oil and gas drilling equipment, nanoparticles for improved oil yields.</li> </ul> </li> <li>• <b>Nuclear</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nano-composite for radiation shielding and protection (personal equipment, container etc.), long term option for nuclear fusion reactors</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Gas Turbines</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Heat and corrosion protection of turbine blades (e.g., ceramic or intermetallic nano-coatings) for more efficient turbine power plants</li> </ul> </li> <li>• <b>Thermoelectrics</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nanostructural compounds (interface design, nanorods) for efficient thermoelectrical power generation (e.g., usage of waste heat in automobiles or body heat for personal electronics (long term))</li> </ul> </li> <li>• <b>Fuel cells</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nano-optimized membranes and electrodes for efficient fuel cells (PEM) for applications in automobile/mobile electronics</li> </ul> </li> <li>• <b>Hydrogen generation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nano catalysts and new processes for more efficient hydrogen generation (e.g., Photoelectrical, electrolysis, biophotonic)</li> </ul> </li> <li>• <b>Combustion engines</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wear and corrosion protection of engine components (nanocomposite/nano coatings, nano particles as the fuel additive etc.)</li> </ul> </li> <li>• <b>Electrical motor</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nano-composites for superconducting components in electro motors</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Power transmission</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>High-voltage transmission:</b> Nano filters for electrical isolation system, soft magnetic nano material for efficient current transformation</li> <li>○ <b>Superconductors (SC):</b> Optimized high temperature SC's based on nanoscale interface design for lossless power transmission</li> <li>○ <b>CNT power lines:</b> superconductor cables based on carbon nanotubes (long term)</li> <li>○ <b>Wireless power transmission:</b> using laser, microwaves, or electromagnetic resonance based on nano-optimized components (long term)</li> </ul> </li> <li>• <b>Smart grids</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nanosensors (e.g., magnetoresistive) for intelligent and flexible grid management capable of managing highly decentralised power feeds</li> </ul> </li> <li>• <b>Heat transfer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Efficient heat in- and outflow based on nano-optimized heat exchangers and conductors (e.g., based on CNT composites) in industries and buildings</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Electrical energy</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Batteries:</b> Optimized Li-ion batteries by using nanostructured electrodes and flexible, ceramic separator foils, application in mobile electronics, automobile, flexible load management in power grids (mid term)</li> <li>○ <b>Supercapacitors:</b> Nanomaterials for electrodes (carbon-aerogels, CNT, metal (-oxides) and electrolytes for higher energy densities)</li> </ul> </li> <li>• <b>Chemical energy</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Hydrogen:</b> nanoporous materials (organometals, metal hydrides) for application in micro fuel cells formobile electronics or in automobile (long term)</li> <li>○ <b>Fuel reforming/Refining:</b> nano-catalysts for optimized fuel production (oil refining, desulphurization, coal liquefaction)</li> <li>○ <b>Fuel tanks:</b> Gas tight fuels tanks based on nanocomposites for reduction of hydrocarbon emissions</li> </ul> </li> <li>• <b>Thermal energy</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Phase change materials:</b> Encapsulated PCM for air conditioning of buildings</li> <li>○ <b>Adsorptive storage:</b> nano-porous materials (e.g., Zeolites) for reversible heat storage in buildings and heating nets</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Thermal insulation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nanoporous foams and gels (aerogels, polymer foams) for thermal insulation of building and industrial process</li> </ul> </li> <li>• <b>Air conditioning</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Intelligent management of light and heat flux in buildings by electrochromic windows, micro mirror arrays, or IR-reflector</li> </ul> </li> <li>• <b>Lightweight construction</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lightweight construction materials using nanocomposites (carbon nanotubes, metal-matrix composites, nano coated light metals, ultra performance concrete, polymer-composites)</li> </ul> </li> <li>• <b>Industrial process</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Substitution of energy intensive processes based on nanotech process innovation (e.g., nanocatalysts, selfassembling processes, etc.)</li> </ul> </li> <li>• <b>Lighting</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Energy efficient lighting systems (e.g., LED and OLED)</li> </ul> </li> </ul>

Fuente: Hessen - Nanotech: “Application of Nano-technologies in the Energy Sector” (2012)



# RESULTADOS - ARTÍCULOS

Al filtrar los términos se realizó un agrupamiento de los artículos dependiendo del tema de interés Generación - Almacenamiento - Energías Renovables.

Al realizar este y generar la matriz de las principales aplicaciones y nanopartículas empleadas en los 545 artículos, se identificó una tendencia en aplicaciones las cuales se presentan a continuación:

<b>Generación</b>	<b>Nanopartícula</b>
	ZnO
	Si
	Grafeno
	PZT (titanato zirconato de plomo)
	Nanofluidos
	<b>Aplicaciones en</b>
	Piezoeléctricos
	Electret
	Triboeléctricos
	Termoeléctricos
	Biodiesel

<b>Almacenamiento</b>	<b>Nanopartícula</b>
	TiO
	SnO <sub>2</sub>
	Si
	Pt
	Polímeros
	<b>Aplicaciones en</b>
	Densidad de potencias y energía
	Ciclos de carga/descarga
	Conductividad
	Disminución de costo
	Celdas de Combustible-Capacitores- Baterías ion litio/litio aire

<b>Energías Renovables</b>	<b>Nanopartícula</b>
	Nanotubos de carbono
	TiO <sub>2</sub>
	Cu
	ZnO
	Ag/Au/Pt
	<b>Aplicaciones en</b>
	Celdas Solares
	Colectores Solares
	Calentamiento de agua
	Aplicaciones con Hidrógeno
	Absorción de luz, calor y conductividad

## Principales métodos de obtención de nanomateriales para Almacenamiento

Hidrotérmico	Electrodeposición	Electrospinning
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cu<sub>2</sub>O</li><li>• MnO<sub>2</sub></li><li>• Ni</li><li>• NiO</li><li>• Sn</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• RuO<sub>2</sub></li><li>• Nanotubos de carbono</li><li>• Polímeros</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ZnO</li><li>• MnO<sub>2</sub></li></ul>

## Principales métodos de obtención de nanomateriales para Generación

<b>Chemical Vapor Deposition</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grafeno</li><li>• Óxido de grafeno</li><li>• TMDC- Transition Metal Dichalcogenides</li><li>• ZnO</li></ul>	<b>Electrospinning</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• ZnO</li><li>• Nanotubos de carbono</li><li>• Polímeros</li></ul>	<b>Hidrotérmico</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• ZnO</li></ul>
		<b>Sol-gel</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• ZnO</li></ul>

## Principales métodos de obtención de nanomateriales para Renovables

Muchos de los métodos empleados consistían en la combinación de nanopartículas con agua para el mejoramiento de algunas de sus características.

<b>Chemical Vapor Deposition</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nanoesferas de carbono</li></ul>	<b>Dye Sensitized</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• TiO<sub>2</sub></li></ul>
---	---



# RESULTADOS - PATENTES



A continuación se presentan las principales áreas de interés en las 243 patentes identificadas empleando el termino nanoenergía en la base de datos AcclaimIP en un periodo de tiempo 2005 - 2015.

## Generación

- Primer electrodo
- Conversión
- Conductividad
- Inducción electrostática
- Batería Carga
- Triboeléctricos
- Energía acústica

## Capa del electrodo

- Energía mecánica
- Señales eléctricas
- Inducción electrostática
- Óxido
- Temperatura
- Capacitores
- Superficie superior

## Agua

- Calentamiento
- Generador
- Agua fría
- Material del electrodo
- Primer electrodo
- Óxido de hierro
- Electricidad estática

## Ahorro de la energía

- Nanomedición
- Lámparas
- Nano reflector
- Aislamiento térmico
- Cambio de fase
- Almacenamiento de agua
- Cristales/ Vidrios

## Grafeno

- Grafeno dopado con nitrógeno
- Óxido de grafito
- Reducción del grafeno
- Estructura
- Ensamble
- Colector de lámina

## Almacenamiento de energía

- Materiales de cambio de fase
- Almacenamiento de agua
- Óxido de metal
- Polímeros
- Energía mecánica
- Preparación

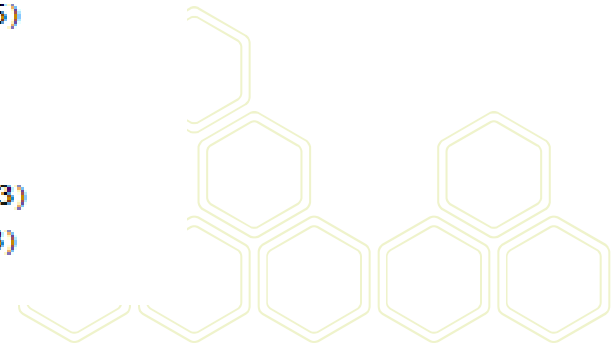


# RESULTADOS - PATENTES

Al realizar un análisis más profundo de las patentes encontradas, se logró agrupar las 243 en los temas presentados a la derecha.

Estos temas son aquellos a los que se hace mayor mención en las patentes identificadas y que hace referencia explícita al término de nanoenergía.

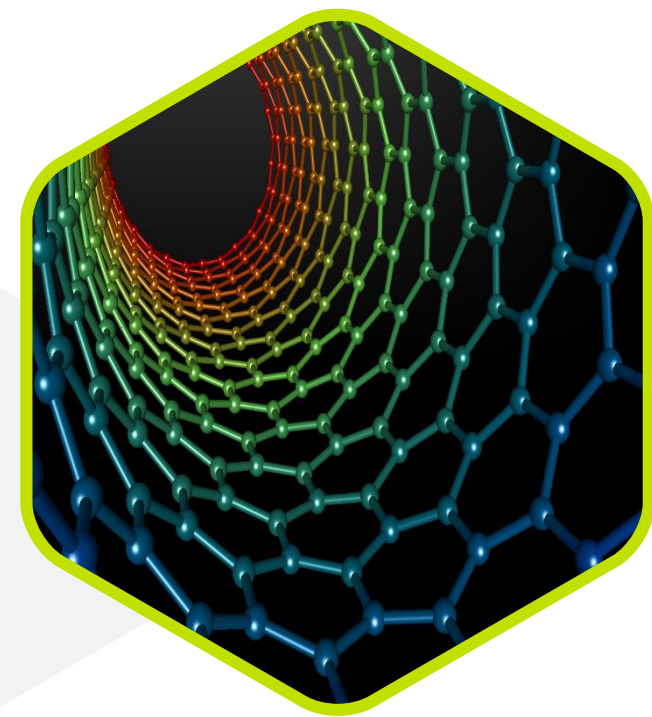
- Power Generation (29)
- Water (35)
- Electrode Layer (27)
- Electric Signal (25)
- Energy Storage (24)
- Nano-energy Saving (24)
- Particles (27)
- Preparation method Thereof (18)
- Composite Material (16)
- Thermoelectric Material (11)
- Graphene (13)
- Assembly (10)
- Thin Film (8)
- Electric Heating (8)
- Semiconductor (10)
- Lithium Ion Battery (7)
- Cup Body (6)
- First Conductive (7)
- Piezoelectric (6)
- Conductive Element (5)
- Fine Powders (4)
- Flexible Substrate (4)
- Light Source (4)
- Cobaltcomplex Salts (3)
- Manganese Dioxide (3)
- Hydrocarbon Fuel (3)





# 3. CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las principales conclusiones del estudio, abordando las aplicaciones más usuales de nanomateriales en el sector energía, los métodos de obtención y las nanopartículas más empleadas.



# PARA TENER EN CUENTA



**Aplicaciones de nanopartículas:** Las mayores aplicaciones con nanopartículas identificadas, estaban enfocadas en áreas de generación, almacenamiento de energía y energías renovables.

**Aplicaciones en generación:** En temas de generación sobresalen aplicaciones en piezoeléctricos, electret, triboeléctricos, termoeléctricos y biodiesel, este último para la mejora del proceso de combustión usando nanopartículas. Las partículas más empleadas en estas aplicaciones son de ZnO, Si, Grafeno, PZT (titanato zirconato de plomo) y Nanofluidos, con métodos de preparación como *Chemical Vapor Deposition*, *Electrospinning*, Hidrotérmico y Sol-gel.

**Aplicaciones en almacenamiento:** En el caso de almacenamiento de energía las principales aplicaciones identificadas están enfocadas al aumento de la densidad de potencias, densidad de energía, los ciclos de carga/descarga de las baterías, conductividad y la disminución de costo de celdas de combustible-capacitores-baterías ion litio/litio aire. Las nanopartículas más empleados son TiO, SnO<sub>2</sub>, Si, Pt y Polímeros; los métodos de obtención más empleados son hidrotérmico, electrodeposición y electrospinning.

**Aplicaciones en energías renovables:** En el caso de energías renovables, las aplicaciones destacadas se enfocan en celdas solares, colectores solares, calentamiento de agua, aplicaciones con hidrógeno, absorción de luz, calor y conductividad. En este caso los métodos de obtención más empleados son *Chemical Vapor Deposition* y *Dye Sensitized*. Por otro lado las nanopartículas más empleados son nanoesferas de carbono y TiO<sub>2</sub>.



Imagen: carbon nanotube. Created by Michael Ströck on February 1, 2006. Released under the GFDL

Christian, F., Edith, Selly, Adityawarman, D., & Indarto, A. (2013). Application of nanotechnologies in the energy sector: A brief and short review. *Frontiers in Energy*, 7(1), 6-18. <http://doi.org/10.1007/s11708-012-0219-5>

Dawoud, B., Amer, E., & Gross, D. (2007). Experimental investigation of an adsorptive thermal energy storage. *International journal of energy research*, 31(August 2007), 135-147. <http://doi.org/10.1002/er>

GmbH, H. H. A. (2008). Application of Nano- technologies in the Energy Sector, 88. Recuperado a partir de [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)

Hu, F., Cai, Q., Liao, F., Shao, M., & Lee, S. T. (2015). Recent Advancements in Nanogenerators for Energy Harvesting. *Small*, 11(42), 5611-5628. <http://doi.org/10.1002/sml.201501011>

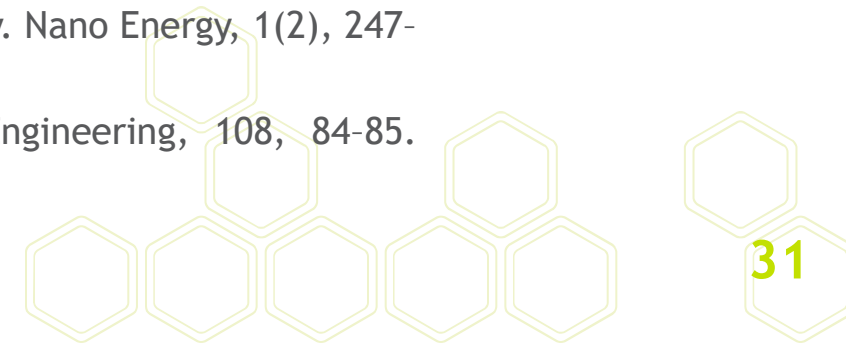
Hussein, A. K. (2015). Applications of nanotechnology in renewable energies - A comprehensive overview and understanding. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 460-476. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.027>

Lee, J., Bartley, K. L., & Palusinski, O. A. (2007). Electrical Characterization of Nanostructured Energy Devices, 2(8), 121-127.

Li, L. (2015). Commentary on the special topic: nanoenergy and nanosystem. *Science Bulletin*, 60(18), 1626-1627. <http://doi.org/10.1007/s11434-015-0895-8>

Lu, M. P., Lu, M. Y., & Chen, L. J. (2012). P-Type ZnO nanowires: From synthesis to nanoenergy. *Nano Energy*, 1(2), 247-258. <http://doi.org/10.1016/j.nanoen.2011.12.004>

Lund, P. D. (2013). Nanostructured materials for energy applications. *Microelectronic Engineering*, 108, 84-85. <http://doi.org/10.1016/j.mee.2013.04.002>



# REFERENCIAS



Menéndez-Manjón, A., Moldenhauer, K., Wagener, P., & Barcikowski, S. (2011). Nano-energy research trends: Bibliometrical analysis of nanotechnology research in the energy sector. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(9), 3911-3922. <http://doi.org/10.1007/s11051-011-0344-9>

Shi, D., Guo, Z., & Bedford, N. (2015). Nanoenergy Materials. *Nanomaterials and Devices*. <http://doi.org/10.1016/B978-1-4557-7754-9.00010-X>

Sprenger, C. (1999). Book Reviews, 1251-1263. <http://doi.org/10.1038/sj.sc.3101541>

Wang, X., & Li, S. (2015). MICRO SUPERCAPACITORS FOR ENERGY STORAGE , ON-CHIP DEVICES BASED ON PROTOTYPING OF PATTERNED NANOPOROUS CARBON Xiaohong Wang \* and Siwei Li Tsinghua National Laboratory for Information Science and Technology Institute of Microelectronics , Tsinghua Univer, 488-493.

Wu, W., & Jiang, F. M. (2013). Simulated annealing reconstruction and characterization of a LiCoO<sub>2</sub> Lithium-ion battery cathode. *Chinese Science Bulletin*, 58(36), 4692-4695. <http://doi.org/10.1007/s11434-013-6095-5>

Yunus, N. A. M., Aman, N. H. N., & Khoshsirrat, N. (2015). Comparison between thin-film solar cells and copper-indium-gallium-diselenide in Southeast Asia. *IET Renewable Power Generation*, 9(8), 1079-1086. <http://doi.org/10.1049/iet-rpg.2015.0114>







**GRACIAS**

.....

**////////////////**