

# EKOSTEGUNA

EKONOMIA ZIRKULARRAREN OSTEGUNA

## LEHENGAI KRITIKOEN LEGE BERRIA ETA URRAKORTASUNETIK ERATORRITAKO ONDORIOAK

NUEVA LEY DE MATERIAS PRIMAS CRÍTICAS  
Y LOS EFECTOS DERIVADOS  
DE SU VULNERABILIDAD

# **El I+D+i en materias primas críticas, respuesta clave para la competitividad**

**Jon Kepa Gerrikagoitia**

Responsable científico-tecnológico BRTA



# BRTA

## **ALIANZA VASCA PARA LA I+D**

BRTA responde a los retos socioeconómicos de Euskadi mediante la investigación y la tecnología, proyectándonos internacionalmente.

Colaboramos en la generación de conocimiento y su transferencia a la sociedad e industria vascas para que sean más innovadoras y competitivas.

Somos una alianza de 17 centros tecnológicos y centros de investigación cooperativa, con el apoyo del Gobierno Vasco, SPRI y las Diputaciones Forales Araba-Álava, Bizkaia y Gipuzkoa.

# Miembros BRTA Consorcio público-privado (2019)



# Miembros BRTA Consorcio público-privado (2019)

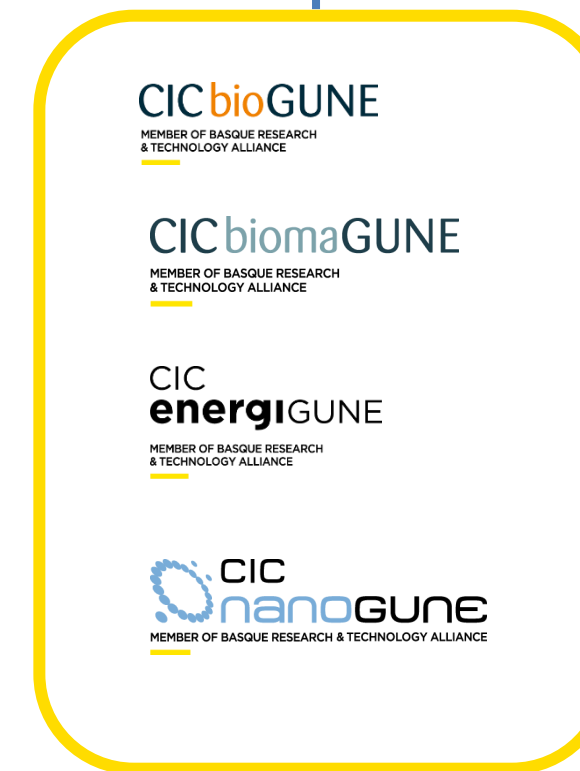
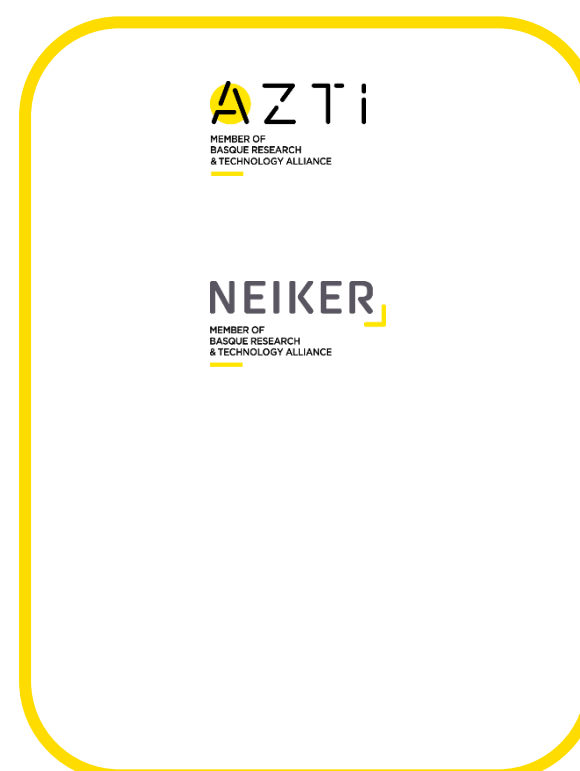
## CENTROS BRTA

### CENTROS TECNOLÓGICOS (CCTT) Investigación aplicada

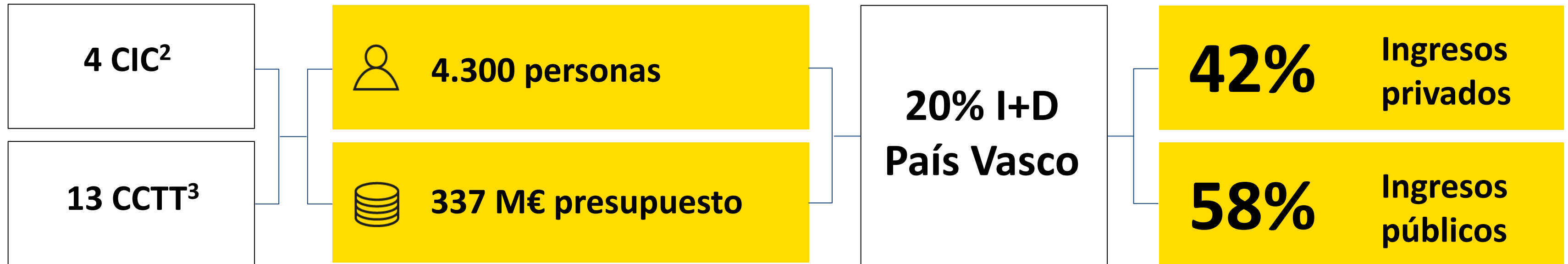
### CENTROS DE INVESTIGACIÓN COOPERATIVA (CIC) Investigación orientada

#### MULTIFOCALIZADOS

#### SECTORIALES



# BRTA en datos<sup>1</sup>



**1.551**

Artículos científicos indexados

**120**

Solicitud de patentes EPO y PCT

**26,2 M€**

Facturación de spin-off

**992**

Artículos científicos Q1

**11,1 M€**

Ingresos por licencias y Royalties

**65,3 M€**

Ingresos internacionales

<sup>1</sup> Datos correspondientes al 2022

<sup>2</sup> Centros de investigación cooperativa

<sup>3</sup> Centros tecnológicos

# Agendas de investigación de BRTA. BRTA Ecoinnovación

## BRTA Ecoinnovación

(Luis Madariaga - Gaiker,  
Olatz Unamunzaga - Neiker)

*El desafío principal de la ecoinnovación radica en la eficiente utilización de recursos naturales y la mitigación de impactos ambientales en la actividad socioeconómica. Los retos tecnológicos clave incluyen la descarbonización industrial, la integración de medidas contra el cambio climático y la aplicación de principios de economía circular para reducir la dependencia de materias primas.*

## Ámbitos/retos tecnológicos

1. **Reciclaje metales clave y materiales críticos (Azterlan)**
2. **Plásticos reciclados y reciclables (Gaiker)**
3. **Retención de valor de producto (Tekniker)**
4. **Bioeconomía no alimentaria (Neiker)**

## equipo

- **Lucía Unamunzaga (Azterlan) - metales**
- Reyes Elizalde (ceit)
- Sixto Arnaiz (gaiker)
- Maider García de Cortazar (Tecnalia)
- Aitor Gutierrez (Tekniker)
- Laura Saa (CICbiomaGUNE)
- Andrea Casas (CICenergiGUNE)

94 EJC

- **Luis Madariaga, J.R. Dios (Gaiker) - plásticos**
- Ohiane Cabezas (Azti)
- Cristina Elizetxea (Tecanlai)
- Miren Blanco (Tekniker)

- **Jon Ander Sarasua (Tekniker) - retención valor**
- Ana Fernández (Azterlan)
- Damien Salle (Tecnalia)
- Ibon Serrano (Ideko)
- Reyes Elizalde (ceit)

- **Olatz Unamunzaga (Neiker) - bioeconomía**
- Soraya Prieto (tecnalia)
- M.J. Suarez (Gaiker)
- Tamara Fernández (ceit)
- Carlos Bald (Azti)
- Fernando López Gallego (CICbiomaGUNE)

## Drivers, tendencias y necesidades

## Tecnologías

Drivers, tendencias y necesidades				Oportunidades	Tecnologías											
Políticas y directivas		Competitividad			Trazabilidad	Recursos limitados	Tecnologías digitales			Tecnologías ciberfísicas (digital hard)			Tecnologías de fabricación			
Tasa de carbono a importaciones chatarras de acero y aluminio por huella ambiental,	Directiva SPI (piezas de acero y aluminio con requisitos medioambientales y desarrollo de PDP)	Normativa Europea de baterías Recuperación del 90-95 % de los elementos y reciclado 70-75 %	ERMA fabricación del 20 % de imanes permanentes que consume Europa	Coste de materias primas y gestión de residuos	Eficiencia procesos fabricación	Trazabilidad y certificación de materiales y productos	materiales críticos (Co, W, Ti, Si, tierras raras...) y bauxita (aluminio primario)	Gemelo digital, ICME (Integrated computational materials engineering)	IA and Data Science	Plataformas digitales	Automatización y robótica	IoT	Tecnologías de inspección y medida	Procesos de purificación y recuperación	Procesos de fabricación	Materiales avanzados
					✓	✓			✓		✓	✓	✓			
✓				✓			Obtención y recuperación de materia prima secundaria. Extracción de materiales críticos (chatarra acero y aluminio, baterías e imanes) y recuperación metálica en residuos metalúrgicos (polvos aspiración, lodos, escorias de fundición, recortes, virutas, etc).	✓	✓					✓		
✓	✓			✓			Desarrollo de procesos y productos a partir de la materia prima secundaria recuperada (aleaciones y superaleaciones de acero, aluminio secundario, ...)	✓	✓						✓	✓
			✓				Fabricación de imanes permanentes reciclados en el País Vasco	✓	✓		✓				✓	✓
		✓					Fabricación de baterías recicladas en el País Vasco	✓	✓		✓				✓	✓
	✓			✓	✓		Ecodiseño de aleaciones y componentes con bajo contenido en materiales críticos	✓	✓							✓
	✓				✓	✓	Pasaporte digital en procesos de fundición y siderurgia. Retorno de componentes metálicos a fin de vida al fabricante			✓		✓			✓	

## Drivers, tendencias y necesidades

Políticas y directivas				Competitividad		Trazabilidad	Recursos limitados
Tasa de carbono a importaciones chatarras de acero y aluminio por huella ambiental,	Directiva SPI (piezas de acero y aluminio con requisitos medioambientales y desarrollo de PDP)	Normativa Europea de baterías Recuperación del 90-95 % de los elementos y reciclado 70-75 %	ERMA fabricación del 20 % de imanes permanentes que consume Europa	Coste de materias primas y gestión de residuos	Eficiencia procesos fabricación	Trazabilidad y certificación de materiales y productos	materiales críticos (Co, W, Ti, Si, tierras raras...) y bauxita (aluminio primario)

## Tendencias/drivers de carácter político

- “**Mecanismo de Ajuste Fronterizo de Carbono de la UE**, partir de 2026, los importadores de ciertos bienes deberán declarar y pagar el coste de las emisiones de carbono asociadas a los productos importados, como si hubieran sido producidos dentro de la UE bajo las mismas normativas de reducción de emisiones
- “**Ley de Materias Primas Críticas**” o CRMA “*Critical Raw Materials Act*” cuyo objetivo es abordar el acceso de la UE a suministros seguros, diversificados, asequibles y sostenibles, permitiendo a Europa proseguir su doble transición climática y digital y garantizar su autonomía estratégica.
- **La Directiva SPI “Iniciativa de Productos Sostenibles”** pretende conseguir que los productos comercializados por la UE sean más sostenibles, y supone una revisión de las normativas vigentes sobre diseño ecológico.
- El **Reglamento (UE) 2023/1542 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 2023, relativo a las pilas y baterías y sus residuos**, pretende reducir el impacto ambiental de las pilas o baterías, asegurando una cadena de valor estable y sostenible teniendo en cuenta la huella de carbono, el suministro ético de materias primas y la seguridad de suministro, la segunda vida, la adaptación y el reciclado.
- La **European Raw Materials Alliance (ERMA)** publicó en 2021 el “**Action Plan to secure Access to Rare Earth Elements for European industry**” en el cual se destaca el papel esencial de las tierras raras para la economía europea y su agenda verde.

## Necesidades de carácter económico y competitivo

- El coste de **suministro de materias primas supone un 61 % de los costes totales de las empresas** de la industria vasca. Existe un gran potencial de ahorrar en Euskadi en el consumo de los 187.000 t/año de materiales críticos y de las 472.000 t/año de metales no férricos a través de nuevas estrategias y modelos de reciclado de residuos metálicos.
- La generación de residuos en la industria alcanza los 3,4 Mt/año de residuos, con su principal origen en los sectores siderometalúrgico, fundición y papel. Los residuos metálicos se reciclan en su mayoría, en el reciclaje de chatarras efectuado por el sector siderometalúrgico las aleaciones o metales clave reciben un **“downcycling”**

## Tendencias relacionadas con el suministro y la sostenibilidad

- El **acceso a recursos como los metales clave y los minerales críticos**, es clave para la resiliencia de Euskadi y la UE. Actualmente, Europa produce el 60 % de los metales que consume y depende casi en su totalidad de las importaciones, siendo China el primer productor mundial de 19 de las 30 materias primas fundamentales para UE.
- Hay que diversificar el suministro procedente de fuentes primarias como secundarias, reducir las dependencias del extranjero y mejorar la eficiencia de los recursos y la circularidad

- 1.Desarrollo de sistemas de identificación, clasificación y separación en tiempo real de materiales y aleaciones**
- 2.Obtención y recuperación de materias primas secundarias**
- 3.Desarrollo de procesos y productos a partir de la materia prima secundaria recuperada**
- 4.Ecodiseño de aleaciones y componentes con bajo contenido en materiales críticos**
- 5.Pasaporte digital en productos de fundición y siderurgia.**
- 6.Fabricación de imanes permanentes reciclados en el País Vasco**
- 7.Fabricación de baterías recicladas en el País Vasco**

## 1. Desarrollo de sistemas de identificación, clasificación y separación en tiempo real de materiales y aleaciones

*"Separación por vía electromagnéticas y nuevas tecnologías basadas en sistemas de percepción (imagen 2D/3D, hiperespectral, rayos-X, LIBS, Raman...) y el tratamiento de datos basadas en IA"*

### Aplicaciones concretas:

1. **Chatarra férreas.** Clasificación por grados, según contenidos en cobre, zinc... Objetivo de evitar "downgrading" en acerías.
2. **Chatarra de aluminio.** Clasificación por tipos de aleación. Objetivo de evitar "downgrading" en fundiciones de aluminio secundario.
3. **Identificación de insertos en chatarras.**
4. **Detección de elementos peligrosos:** bombonas, tanques...
5. **Reciclaje de productos complejos:** circuitos impresos de ordenadores, teléfonos, baterías de aparatos eléctricos y electrónicos y de automóviles, imanes de neodimio-hierro-boro de los discos duros y los motores eléctricos de las bicicletas, motocicletas y automóviles eléctricos, condensadores, residuos metálicos variados (escorias, polvos...), etc..

## Obtención y recuperación de materias primas secundarias

*"Investigar en innovadores procesos de separación, de tipos mecánicos, robóticos, químicos, piro e hidrometalúrgicos, así como en su combinación".*

### Aplicaciones concretas:

1. **Acondicionamiento y limpieza de chatarras** previamente clasificadas y adecuadamente segregadas por composición.
2. **Separación y extracción de metales clave o elementos críticos** en chatarras clasificadas y acondicionadas.
3. **Recuperación de las fracciones metálicas en residuos mixtos:** escorias, polvos aspiración, lodos laminación, recortes estampación con recubrimientos de zinc, etc.

## Desarrollo de procesos y productos a partir de la materia prima secundaria recuperada

*"Los metales clave recuperados se utilizarán en el desarrollo de aleaciones y superaleaciones de base acero, aluminio, níquel, cobalto..."*

### Aplicaciones concretas:

1. **Procesos metalúrgicos de obtención de materia prima secundaria** bajo distintas formas (lingote, polvo, hilo, etc.) a partir de chatarras debidamente clasificadas e incluso acondicionadas.
2. **Desarrollo de aleaciones** (férreas y no férreas) **sostenibles** a partir de metales clave o materiales críticos recuperados de chatarras.

## Ecodiseño de aleaciones y componentes con bajo contenido en materiales críticos

- Ecodiseño orientado a la desmaterialización.
- Ecodiseño para la reciclabilidad

### Aplicaciones concretas:

1. Ecodiseño de aleaciones férreas y no férreas para la minimización de materiales críticos, toxicidad, consumo energético y circularidad, sustitución de cobres y materiales base Ni.
2. Ecodiseño para aligeramiento de componentes.
3. Ecodiseño para reciclado más sencillo de aleaciones y componentes.

## Pasaporte digital en productos de fundición y siderurgia.

*"El Pasaporte Digital de Producto (PDP) se lanza en Europa como herramienta para impulsar que el diseño, la fabricación, el uso y el reciclado de los productos comercializados en la UE sigan criterios de sostenibilidad y circularidad. Todos los productos regulados tendrán pasaporte digital para facilitar su reparación, su reciclado, así como el seguimiento de las sustancias y componentes en toda la cadena de suministro".*

### Aplicaciones concretas:

- **Procesos productivos de materiales intermedios;** aceros, aluminios en distintos formatos (lingote, planchón, bobina...)
- **Fabricación de productos finales base metálico o que incorporan materiales críticos:** componentes de fundición, baterías, imanes...

## Fabricación de imanes permanentes reciclados en el País Vasco

*"Sectores fuertemente implantados en la CAPV como los sectores de las energías renovables, el sector eléctrico y los equipos auxiliares son dependientes de imanes permanentes"*

### Aplicaciones concretas:

1. **Desarrollo de tecnologías de desmontaje automático** de aparatos eléctricos y electrónicos para extracción de imanes y su clasificación
2. **Desarrollo de tecnologías de hidrometalurgia sostenible para recuperar tierras raras (Nd, Dy...) a partir de corrientes de residuos complejas (RAEE triturados...)**
3. **Optimizar los procesos de producción de imanes permanentes a partir de materia prima reciclada** desde el punto de vista de los costes y la sostenibilidad garantizando unas prestaciones mínimas de los imanes reciclados

## Fabricación de baterías recicladas en el País Vasco

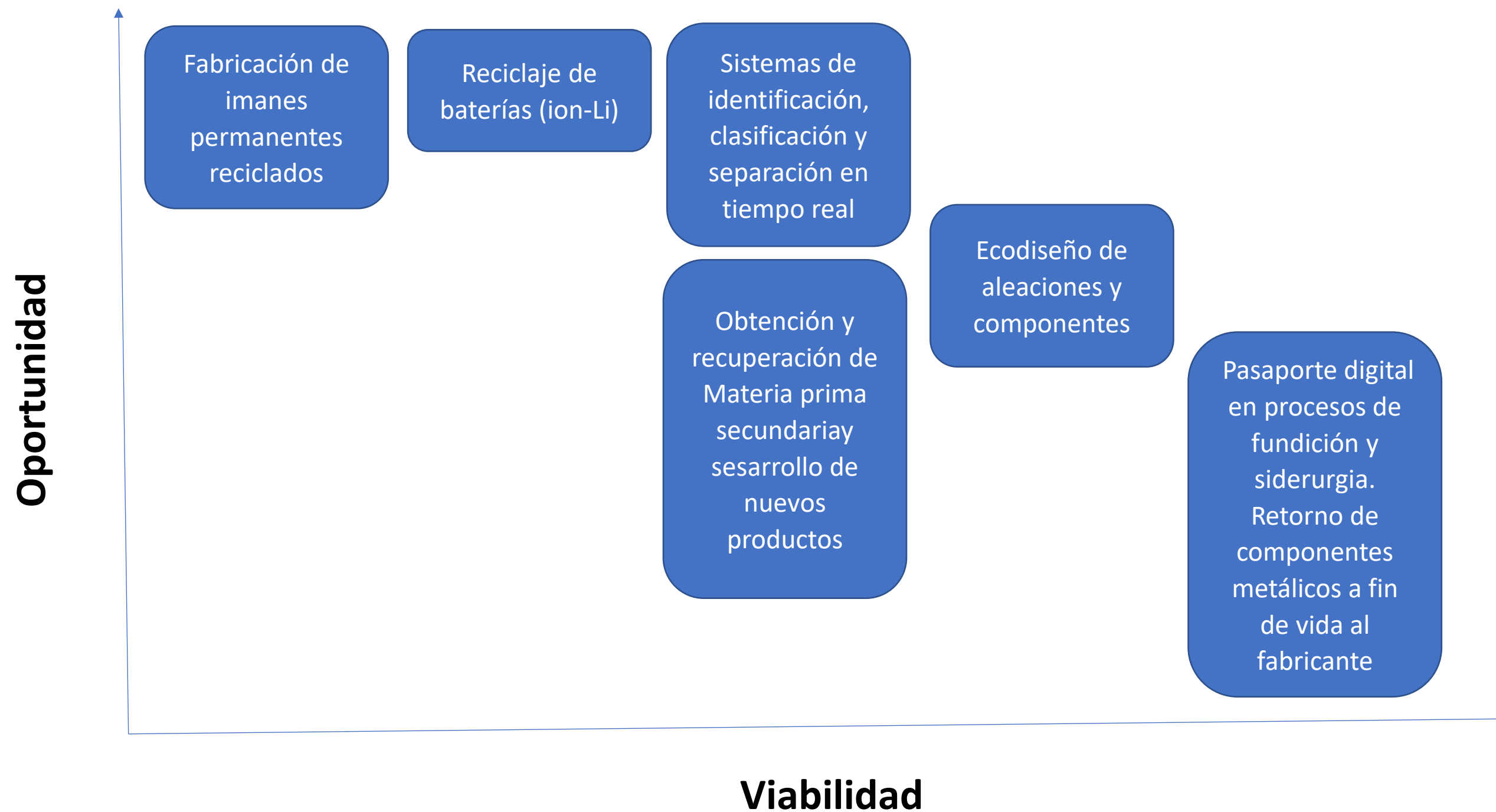
*"Desarrollo de tecnologías de desmontaje, separación y clasificación automática de baterías y de deconstrucción mecánica para desarmar las baterías. Optimización desde el punto de vista del coste, eficiencia energética y sostenibilidad de los procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos para recuperar distintos materiales clave"*

### Aplicaciones concretas:

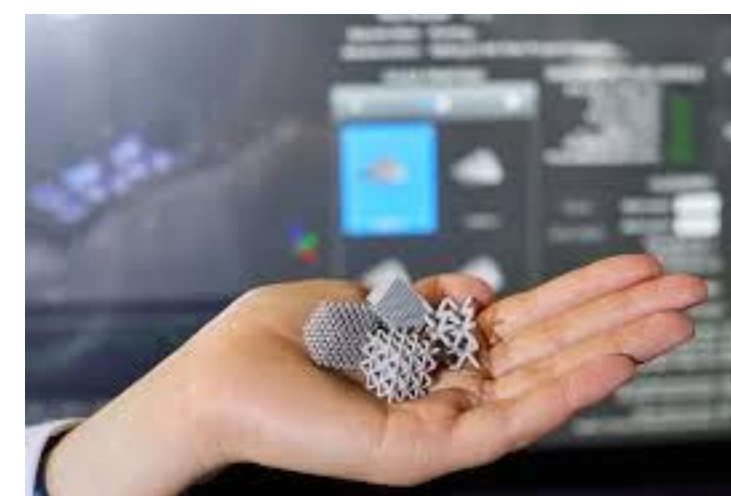
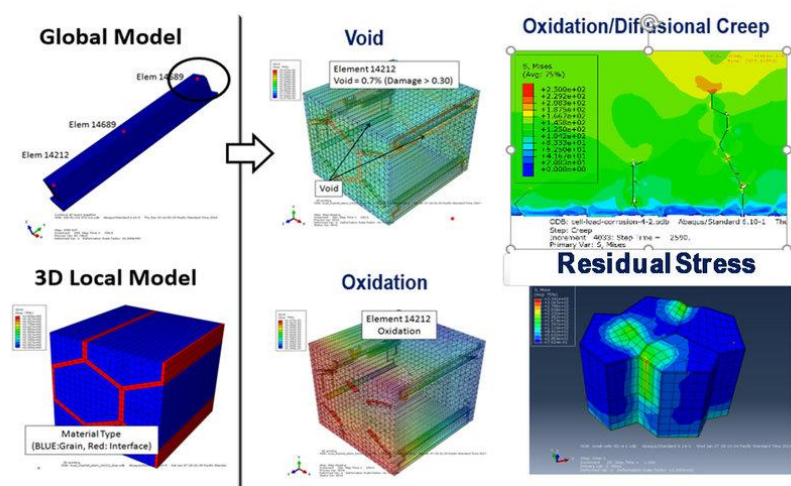
#### **a. Baterías de litio para vehículos eléctricos (VE):**

- i. Cobalto (Co):** Se utiliza en cátodos de baterías de iones de litio.
- ii. Níquel (Ni):** Componente común en los cátodos de las baterías de iones de litio
- iii. Litio (Li):** Contribuye a la gestión sostenible de recursos y la reducción de residuos.

#### **b. Baterías de litio en electrónicos portátiles**



Tecnologías								
Tecnologías digitales			Tecnologías ciberfísicas (digital hard)			Tecnologías de fabricación		
Gemelo digital, ICME (Integrated computational materials engineering)	IA and Data Science	Plataformas digitales	Automatización y robótica	IoT	Tecnologías de inspección y medida	Procesos de purificación y recuperación	Procesos de fabricación	Materiales avanzados



- **ICME (Integrated computational materials engineering)** para acelerar y mejorar el ecodiseño y desarrollo de nuevos materiales sostenibles teniendo en cuenta su proceso de fabricación
- **Gemelo digital (Digital Twin)** que es una representación digital de un producto físico. De esta manera, el PDP resulta ser un elemento clave. La información contenida resultaría útil, por ejemplo, a la hora de alimentar modelos que estimen el tiempo de vida restante de un componente. Esta estrategia es fundamental a la hora de servitizar productos.
- **Sistemas de percepción avanzados e Inteligencia Artificial** con la visión hiperespectral y los rayos-X como dos tecnologías que se han empezado a emerger en la industria. Estas tecnologías con la IA, son claves para la identificación automática de materiales. Los sensores 2D/3D existentes han evolucionado en los últimos años respecto a sus características y la relación calidad/precio.
- **Plataformas digitales** donde los usuarios pueden llevar a cabo tareas, colaborar con otros usuarios e interactuar por medio de las herramientas que ofrece. La implantación de modelos de “**Manufacturing as a Service**” depende de plataformas digitales que relacionen las características de los componentes a fabricar, las capacidades de los proveedores, la localización geográfica de cada uno y la disponibilidad de los equipos o medios de producción.

- **Automatización y robótica** La automatización y la robótica tienen especial relevancia de cara a automatizar las operaciones de identificación y separación, ya que, para tareas largas y que requieren rapidez, su realización por parte del ser humano resulta inviable. Estas soluciones están compuestas a su vez por sensores, sistemas de visión y algoritmos de visión e inteligencia artificial. El caso particular de los robots presenta un potencial frente a la separación de chatarras o elementos peligrosos de distintas características. La integración de robots en estos procesos ha demostrado un potencial significativo.
- **Internet de las cosas (IoT)** El Internet de las cosas (IoT) ha emergido como una herramienta clave en el proceso de identificación y separación de chatarras. En este contexto, el IoT despliega una red interconectada de dispositivos y sensores que recopilan datos en tiempo real sobre el flujo de materiales, la calidad de los componentes y las condiciones ambientales en las plantas. Estos dispositivos IoT, integrados en maquinaria, permiten un monitoreo preciso y continuo de cada etapa del proceso. Por ejemplo, sensores en transportadores y trituradoras pueden registrar la cantidad y calidad de los materiales que pasan a través de ellas, proporcionando información detallada sobre la composición de los desechos.
- **Tecnologías de inspección y medida** Históricamente, el procesamiento de imágenes en 2D, 3D, hiperespectrales y de rayos X ha dependido de métodos convencionales como filtrados, segmentación y análisis de características. No obstante, en tiempos recientes, la irrupción de la inteligencia artificial y las redes neuronales ha transformado radicalmente el campo del procesamiento de imágenes en estos ámbitos. Esta evolución ha impulsado mejoras sustanciales en la precisión y en las técnicas para analizar estos tipos de imágenes.

- **Procesos de purificación y recuperación** de chatarra, residuos mixtos y componentes tales como imanes o baterías recuperados de productos electrónicos, máquinas eléctricas. Tecnologías clave:
  - Tecnologías mecánicas de limpieza de chatarras
  - Procesos metalúrgicos; pirometalurgia, hidrometalurgia y flotación sostenible
  - Procesos térmicos, termoquímicos y químicos para tratamiento de lodos
  - Procesos de transformación termomecánica (lingote, hilo, polvo, lámina...)
  - Tecnologías para el control de la recuperación y su optimización: caracterización in situ de composiciones u otras propiedades clave
- **Estrategias metalúrgicas para la reciclabilidad** Tecnologías claves identificadas:
  - Fusión y refinado para producción de lingotes de material reciclado
  - ICME (Integrated computational materials engineering) integrando el modelado de composición química, microestructura, proceso y comportamiento o desempeño del componente final
  - Atomización, Ligado de imanes, Sinterizado de imanes
- **Materiales avanzados** El ecodiseño de productos nuevos que incorporen mayor peso de aleaciones recicladas y que confieran adecuadas prestaciones, como por ejemplo durabilidad (resistencia a desgaste, corrosión, temperatura...) o propiedades magnéticas, a los productos finales. La tecnología de materiales se topa con un nuevo paradigma de diseño denominado SSbD (Safe and Sustainable by Design), por el cual, el material no solamente muestra propiedades superiores, sino que, además, es seguro para las personas y respetuoso con el medio ambiente.

[www.ihobe.eus](http://www.ihobe.eus)



# EKOSTEGUNA

EKONOMIA ZIRKULARRAREN OSTEGUNA

