

# SYSTEMATIC AND INTEGRAL VALORIZATION OF REFRACTORIES UNDER THE "5R" APPROACH

## 1. INTRODUCCIÓN

Las líneas de investigación actuales dentro del ámbito industrial se centran principalmente en la economía circular, la eficiencia energética y la industria 4.0. Si bien muchos sectores se ven influenciados por esta tendencia, ésta adquiere especial importancia en la industria del acero, concretamente en términos de gestión de residuos. En los últimos años, el refuerzo de las políticas ambientales ha impulsado a las acerías a implementar criterios de Economía Circular, permitiendo así reducir el impacto negativo de la economía lineal.

A pesar de que la gestión de residuos ha sido exhaustivamente investigada por muchos aceristas durante las últimas décadas, estos estudios siempre se han centrado en las escorias, los polvos de acería o la cascarilla. Sin embargo, apenas se han desarrollado trabajos enfocados en la gestión de residuos refractarios, al menos de forma sistemática e integral.

La industria siderúrgica es la mayor consumidora de refractarios, alcanzando el 70% del total producido. Este material se emplea para proteger equipos en procesos sometidos a alta temperatura. Los refractarios incluyen diferentes materias primas según su aplicación e incluso según el fabricante (cada uno tiene sus propias formulaciones) y por tanto, comprenden muchos compuestos minerales como aluminosilicatos, magnesita, dolomita, cromita, zirconia, carburos, nitruros y óxidos. Algunos compuestos mayoritarios (como la magnesita) se consideran "materias primas críticas" según la UE, mientras que otros (por ejemplo, la bauxita) tienen una gran relevancia económica ya que se emplean en muchos procesos e industrias.

El reciclaje de todos estos materiales es una tarea complicada debido a su alta variabilidad (más aún si se considera que es común emplear más de un tipo de refractario en un revestimiento). Tras la vida útil del revestimiento refractario, el residuo queda compuesto en muchas ocasiones de una mezcla de materiales, lo que dificulta su separación y con ello su reciclado.

En la actualidad, los residuos refractarios, cuando no se depositan directamente en vertedero, se envían a las empresas autorizadas para su valorización, aunque hay excepciones:

- Algunas piezas refractarias específicas (como buzas o tapones) no son aceptadas, debido a la presencia de partes específicas con materiales tales como zirconio.
- Los refractarios monolíticos (masas) son difíciles de recuperar una vez que han cumplido su función, por lo que se destinan a vertedero.

A nivel europeo, el reciclado y recuperación de refractarios es algo que se realiza en las acerías de forma muy puntual y nunca de manera integral y sistemática.

## 2. OBJETIVO

SIDENOR comenzó hace unos años un proceso de reflexión encaminado a buscar cómo gestionar los residuos refractarios generados durante el día a día de la empresa. En este

momento, posee buenas prácticas en la materia y trata tanto de diseminarlas como de avanzar hacia la excelencia. Así surge el proyecto 5REFRACT, aprobado dentro del programa LIFE de la Unión Europea.

El objetivo general del proyecto es extender el paradigma “4R” (reducir-reutilizar-re manufacturar-reciclar) hacia las “5R” (reducir-reutilizar-re manufacturar-reciclar-reeducar) y aplicarlo en el sector siderúrgico y en el mercado de refractarios, consiguiendo así una valorización integral de estos materiales. En el proyecto, se desarrollarán y demostrarán nuevas soluciones para la valorización integral de residuos refractarios y estas soluciones se pondrán en común mediante acciones de diseminación, con empresas claves del sector para conseguir un cambio de mentalidad hacia la economía circular.

Para garantizar el éxito del proyecto, SIDENOR contará con la colaboración de diversas entidades, como la unidad de I+D del Grupo (SIDENOR INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO) o distintas empresas productoras de refractarios (MAGNA y REFRALIA), además de organismos de investigación (Universidad de Málaga) y empresas de consultoría medioambiental (2.0 LCA). Todos los actores anteriormente mencionados forman parte del Consorcio del proyecto.

Por otra parte, también se contará con el apoyo de importantes actores del sector siderúrgico (UNESID, PLATEA, EUROFER y ESTEP), organismos públicos (IHOBE) y Clústeres (SPIRE y EIT raw materials) (Ver figura 1).



Figura 1.- Stakeholders proyecto LIFE 5REFRACT

Con el proyecto LIFE 5REFRACT, la optimización de los refractarios se logrará por medio de una cuádruple estrategia:

- Una reutilización directa de residuos refractarios en otras aplicaciones menos exigentes.
- La re manufactura de refractarios usados para ser aplicados en otras áreas o procesos.

- La reintegración de residuos refractarios gastados en nuevos productos de valor añadido para ser usados en las mismas u otras industrias (acero, vidrio, etc.).
- Una reducción de los residuos depositados en vertederos por las estrategias mencionadas.

LIFE 5REFRACT considera los principales tipos de productos refractarios utilizados en la producción de acero, incluyendo piezas complejas que contienen zirconio e incluso refractarios monolíticos (masas). Por lo tanto, el proyecto LIFE 5REFRACT será el primer caso de demostración industrial y sistemática buscando un cambio hacia la economía circular del sector siderúrgico para este tipo de residuos.

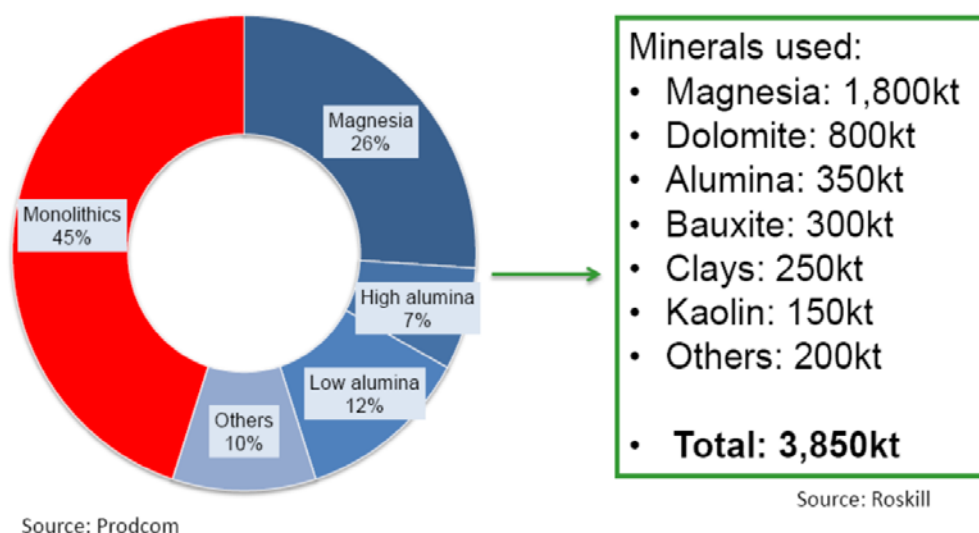
Su replicación en el sector acerista se llevará a cabo mediante actividades de diseminación, la inclusión de los resultados en el próximo documento BREF del acero y la comercialización de nuevos productos refractarios. EL consorcio contará para ello con el apoyo de las principales entidades medioambientales del ámbito regional (Ihobe, Gobierno Vasco) y de asociaciones del sector siderúrgico como ESTEP o UNESID.

### 3. ANTECEDENTES

#### Producción de refractarios en Europa: garantías de suministro y componentes críticos

Los refractarios se pueden presentar en dos tipos de formato (ver figura 2):

- Refractarios monolíticos, también denominados no conformados, moldeables u hormigones refractarios (que son aplicados mediante procesos como el gunitado o el vibrado).
- Refractarios conformados, donde el material refractario adquiere formas diversas (ladrillos de distintas formas, piezas específicas como buzas o tapones, etc).



■ = monolithic refractories    ■ = shaped refractories

*Figura 2.- Distribución de la producción Europea de refractarios según tipología y composición  
(fuente: PRODCOM y ROSKIL)*

Por otro lado, aunque se agrupan bajo un nombre común, los refractarios incluyen a un conjunto de materiales que contienen compuestos como aluminosilicatos, magnesia, dolomita, cromita, zirconia y otros compuestos como carburos, nitruros u óxidos. En líneas generales la obtención de estos materiales (los principales son la magnesia y la alúmina), está ligada a la actividad minera, la cual presenta los siguientes características negativas:

- La actividad minera está restringida en Europa ya que supone una degradación temporal de los terrenos que se explotan y en ocasiones entra en confrontación con otros usos del suelo, como pueden ser las zonas RED Natura 2000.
- El proceso de extracción de mineral da lugar a numerosos residuos (material que debe ser retirado hasta llegar a las vetas de mineral). Aunque actualmente se consideran residuos inertes, el volumen de residuos generados es importante (en 2012 estos residuos suponían el 30% del total de residuos generados en la Unión Europea,) y la tendencia de la Directiva de Vertidos es cada vez más estricta.
- Finalmente, el procesado de los minerales da lugar a una contaminación de las aguas, muchas veces modificando su acidez, pero en otras ocasiones provocando daños graves por metales pesados.

Adicionalmente a estos efectos hay que resaltar que gran parte de las materias primas empleadas para la fabricación de refractarios tienen gran importancia en la economía europea (por sus numerosas aplicaciones), además de ser materiales donde existe una alta dependencia de las importaciones.

La "Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos" (COM (2011) 571) establece cómo la gestión sostenible de los metales y minerales hacia la denominada economía circular debe ser una prioridad para conseguir un uso más eficiente de los mismos. Uno de los medios que marca este documento como vía para conseguirlo es la gestión de los residuos como recursos, consiguiendo que el reciclado y la reutilización de los residuos sean opciones económicamente atractivas para los operadores públicos y privados.

Con el proyecto LIFE 5REFRACT se busca incorporar los residuos refractarios a la economía del sector bajo criterios de economía circular, consiguiendo así una menor presión sobre los recursos minerales actuales y una mayor eficiencia tanto medioambiental como económica en el uso de los mismos en el ámbito de los refractarios.

### **Dificultades para el reciclaje y la valorización de los refractarios**

Actualmente solo el 7% de la materia prima empleada para la fabricación de refractarios a nivel mundial (aproximadamente 2,5 millones de toneladas) procede de material reciclado (ver figura 3).

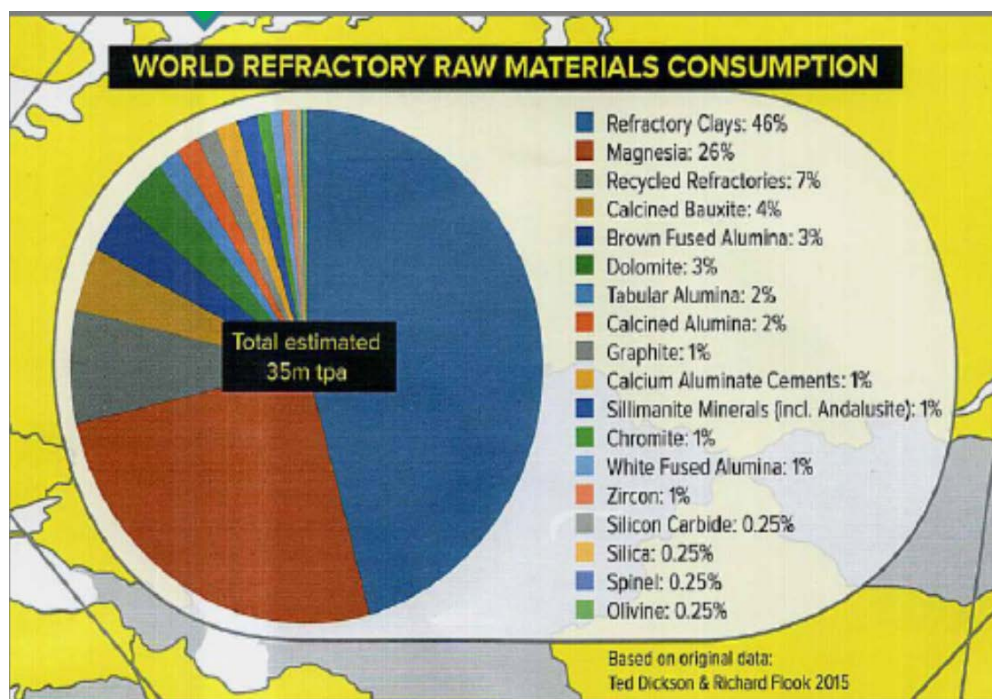


Figura 3.- Distribución del consumo mundial de materias primas para refractarios (Fuente: INFORMED)

Como se ha mencionado anteriormente, la industria siderúrgica es la mayor consumidora de refractarios, alcanzando el 70% del total producido. El documento BREF del Acero establece distintas recomendaciones muy generales para el tratamiento de los refractarios de Acería, pero en concreto no marca recomendaciones para el tratamiento de los residuos procedentes de refractarios, incluyendo estos dentro de los denominados “residuos de producción” y cuyas referencias o pautas son más bien escasas.

Los refractarios incluyen muchas veces materiales diferentes en distintas proporciones y formulaciones que incluso pueden variar según el fabricante. El reciclaje de estos refractarios usados puede ser una tarea complicada debido a esta variabilidad, más aún si se tiene en cuenta que a la hora de aplicar un revestimiento refractario es frecuente emplear más de un tipo de material. Tras la vida útil del revestimiento, el residuo está compuesto en muchas ocasiones de una mezcla de todos estos materiales, lo que dificulta su separación y con ello su reciclado.

Debido a esta naturaleza heterogénea, en líneas generales los refractarios se han venido depositando en vertedero o, en su defecto, se han enviado a gestores autorizados para su retirada de las plantas de producción de acero.

Aunque actualmente estos depósitos en vertedero no suponen un problema, hay que indicar que la Directiva de Vertederos (Landfill Directive) está siendo revisada con vistas a conseguir limitar el vertido de residuos no peligrosos y reciclables hasta un 25%. El conjunto de iniciativas legislativas para reducir el vertido e incrementar la reutilización y la reutilización está incluido dentro del denominado “Circular Economy Package”.

SIDENOR comenzó hace dos años, un proceso de reflexión encaminado a buscar la optimización de la gestión de los residuos refractarios generados durante el día a día de la empresa. El objetivo no era tanto lograr una valorización o un ahorro económico puntual sino conseguir implantar un sistema que pudiese ser implementado de forma rutinaria dentro de los procesos de la empresa. Durante un primer análisis se pudieron identificar algunas de las principales barreras de cara a implantar un sistema de este tipo:

- Los residuos refractarios se presentan en un amplio rango de calidades, composiciones y formatos.
- No existen estándares específicos de reciclado.
- No es una práctica automatizada, ni siquiera en los propios gestores de residuos.
- No hay conocimiento experto en segregación de residuos refractarios.
- No existe hasta el momento una legislación estricta en esta materia.

SIDENOR consiguió instaurar un primer sistema donde los residuos refractarios más abundantes (base Magnesia y Alta Alúmina) quedaban valorizados mediante las siguientes actuaciones:

- La reutilización directa de ladrillos refractarios usados, para zonas no críticas, como por ejemplo: falsos muros de ladrillos reciclados en las reparaciones periódicas (semanales) del Horno Eléctrico, revestimiento de zonas no críticas de las Cucharas, empleo en Cucharas de emergencia y utilización en suelos o muros de protección que exijan especificación refractaria.
- El desarrollo, a partir de residuos de ladrillos refractarios, de un nuevo producto reciclado que permitiera sustituir al material de reparación del banquete del Horno.

No obstante, para poder conseguir superar las barreras anteriormente mencionadas, se plantea el proyecto LIFE 5REFRACT en el que participan 3 empresas de la cadena logística de los materiales refractarios en el sector siderúrgico como son SIDENOR, MAGNA y REFRAIA que están apoyadas por SIDENOR I+D, la Universidad de Málaga (UMA) y la empresa 2.0 LCA especializada en el análisis de ciclos de vida e impacto ambiental.

El proyecto LIFE 5REFRACT es un proyecto de demostración, puesto que busca poner en práctica, evaluar y difundir acciones y metodologías para la valorización cuasi integral de los residuos refractarios en el sector acerista europeo. Se pretende así poner en conocimiento del sector, mediante la primera demostración de prácticas integradas y sistemáticas a escala industrial en Europa, todos los enfoques posibles para conseguir la valorización máxima de este residuo. El proyecto se está llevando a cabo en la planta que SIDENOR tiene en Basauri, con una producción superior a las 700.000 toneladas anuales de acero, y donde se aplican procesos de fusión del acero mediante Horno Eléctrico de Arco (HEA), metalurgia secundaria, colada continua, laminación en caliente y acabado. Son los tres primeros procesos los que centrarán el ámbito del proyecto, ya que requieren de un recambio continuo de materiales refractarios.

#### **4. ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROYECTO**

El proyecto se inició en julio de 2018, teniendo prevista su conclusión en septiembre de 2020. En ese periodo se llevarán a cabo las siguientes actuaciones técnicas.

## **Análisis de las calidades de refractario y sus aplicaciones**

En el ámbito del proyecto LIFE 5REFRACT, SIDENOR pretende realizar un análisis exhaustivo de los refractarios empleados en la planta de Basauri, concretamente en las distintas aplicaciones de la Acería, diferenciándolos según:

- Su composición: elementos en base alta alúmina y base magnesia, si bien en algunos casos concretos como los refractarios isostáticos se hará un análisis de la existencia de otros compuestos concretos como la zirconia.
- Sus aplicaciones y condiciones de operación.
- Sus costes y consumos anuales.
- La posibilidad de aplicar materiales alternativos.

Una vez estudiados estos datos, SIDENOR pretende establecer un listado de aplicaciones que permita identificar y priorizar la mejor vía de aprovechamiento del refractario fuera de uso.

## **Estrategias y tecnologías avanzadas de recuperación, reutilización y re manufactura**

En el proyecto, se definirán los medios y métodos para asegurar la separación de los residuos según su uso posterior. Se habilitarán zonas específicas de recogida en cada punto de generación, con depósitos para su clasificación. Se determinará además la necesidad de someter los residuos a operaciones para adecuarlos a una determinada reutilización o re manufactura, separando las partes contaminadas con metal (magnética); seleccionando y realizando un cribado directo de los residuos (evitando su molienda); o efectuando una molienda y tamizado en función de que sea necesaria una determinada granulometría. De modo adicional a estos desarrollos, se adaptará la tecnología LIBS para poder detectar compuestos de difícil recuperación como el zirconio.

En el ámbito del proyecto LIFE 5REFRACT, SIDENOR quiere definir las estrategias de reutilización y re manufactura que aplicará a sus refractarios una vez usados. De esta forma, se trabajará en el desarrollo y testeo de nuevas utilidades basadas en la reutilización directa y la re manufactura, como por ejemplo:

- Reutilización de refractarios en procesos distintos al originalmente establecido. Se estudiará el uso directo de refractarios empleados en aplicaciones térmicamente exigentes pero con menos criticidad que su función original. Algunas de estas aplicaciones ya están identificadas (falsos muros para reparaciones, revestimientos en zonas no críticas, etc.) pero se pretende ampliar el número utilidades.
- Nuevos productos refractarios re manufacturados: en estos casos el nuevo producto se obtiene mediante una conversión sencilla del residuo refractario. Algunos ejemplos ya puestos en práctica por SIDENOR son:
  - Fabricación de material de banquete, material granulado que anteriormente se adquiría externamente, pero ahora es fabricado por SIDENOR a partir de residuo refractario. En el proyecto se analizará la incorporación de residuos isostáticos. Otra aplicación podría ser el empleo de masas trituradas como sustituto de la piedra banquete.
  - Corte de ladrillos refractarios para su adecuación a otras aplicaciones.
  - Moldeado de ladrillos refractarios con hormigones refractarios (con residuo refractario), experiencia que ya se ha probado de forma experimental.

## **Nuevos productos con incorporación de material reciclado**

Las empresas MAGNA y REFRALIA, fabricantes de refractarios, colaboran en el proyecto LIFE 5REFRACT con SIDENOR. El objetivo de esta colaboración es que tanto MAGNA como REFRALIA desarrollen nuevos refractarios basados en los actualmente fabricados, pero incluyendo refractario recuperado proveniente de los residuos de SIDENOR. El objetivo es el desarrollo de distintos materiales:

- Hormigones refractarios con residuo de piezas isostáticas: partiendo de resultados experiencias anteriores, se realizarán pruebas y modificaciones para mejorar las propiedades mecánicas y refractarias de estos hormigones, además de analizar nuevas aplicaciones para estos materiales.
- Hormigones refractarios de mayores prestaciones con refractario reciclado. Debido a su mayor valor añadido, se trata de hormigones con coste más elevado que los anteriores.
- Hormigones refractarios básicos a partir de residuos de masas de artesas. Se pretende explorar esta alternativa ya que resulta interesante por el alto porcentaje que supone este tipo de residuo respecto del total de los residuos refractarios de la fábrica.
- Desarrollo de varios tipos de productos refractarios para zonas no críticas a partir de los materiales recuperados: gunitados de 1ª y 2ª gama; relleno de carcasas de cuchara y horno y uso parcial en materiales de trabajo del tundish, etc.

El desarrollo de estos nuevos productos se divide según la materia prima involucrada (base magnesia, desarrollo asumido por MAGNA o base alta alúmina, desarrollo asumido por REFRALIA) y transcurrirán de forma paralela.

### **Refractarios de base magnesia (MAGNA)**

Para el desarrollo de los nuevos productos utilizando refractario usado de base magnesia, deberán caracterizarse los refractarios de SIDENOR al objeto de valorar sus propiedades refractarias (en masas) y su potencial comportamiento en las distintas aplicaciones posibles, ya que las impurezas que contengan serán determinantes para definir su utilización.

El estudio de las materias primas evaluará la composición química y mineralógica de las fracciones que surjan tras la molienda y clasificación. Conocer qué componentes y cuál es el estado o las fases mineralógicas donde se encuentran es el objetivo de esta etapa, teniendo especial importancia el conocimiento del contenido en magnesio y calcio (que determinan en gran medida su valor como materia prima para la fabricación de masas refractarias básicas), y de impurezas tales como silicio, hierro y aluminio, entre otros. Así mismo es importante conocer la estabilidad de las distintas fases encontradas.

### **Refractarios de base alta alúmina (REFRALIA)**

REFRALIA investigará la incorporación de las materias primas secundarias en matrices típicas de productos refractarios, hormigones y masas. La influencia de las impurezas retenidas en el producto recuperado podría alterar el funcionamiento de los reguladores de fluidez o fraguado y es por ello que se precisa de un estudio exhaustivo de su incidencia.



Tras la modificación de los parámetros de control necesarios o de la creación de nuevas matrices, ya avanzadas en su propia "línea verde", el laboratorio de REFRALIA desarrollará y caracterizará en profundidad los prototipos de los nuevos productos.

Esos resultados deberán permitir la identificación de las aplicaciones potenciales de los nuevos productos.

## 5. IMPACTOS DEL PROYECTO

La fábrica de SIDENOR, donde se lleva a cabo el proyecto LIFE 5REFRACT, está localizada en la localidad de Basauri en Bizkaia, España. Tal y como puede verse en las figuras 4 y 5 esta región es una de las mayores zonas siderúrgicas de Europa (la tercera región europea en producción industrial metalúrgica, tras Renania y el Loira) por lo que se espera que los resultados que se obtengan tengan un importante impacto en esta región.

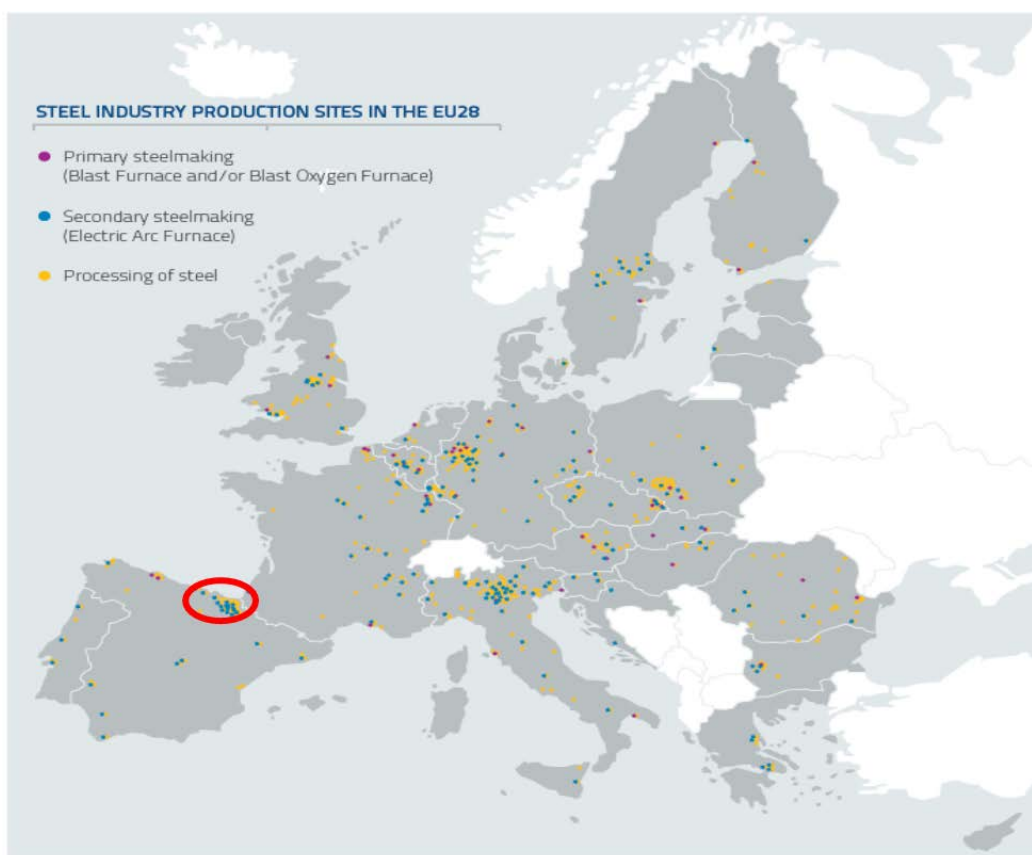


Figura 4.- Instalaciones productoras de acero en la Unión Europea (EU28) (Fuente: EUROFER)

Por otra parte, los resultados del proyecto se espera que sean extrapolables a cualquier acería del ámbito internacional que realice la fusión de la materia prima mediante Horno Eléctrico de Arco. Según el documento BREF de producción del acero, en la Unión Europea existían en 2008, 231 instalaciones de este tipo con una producción de 82 millones de toneladas al año, concentradas sobre todo en Alemania, Italia, España y Francia.

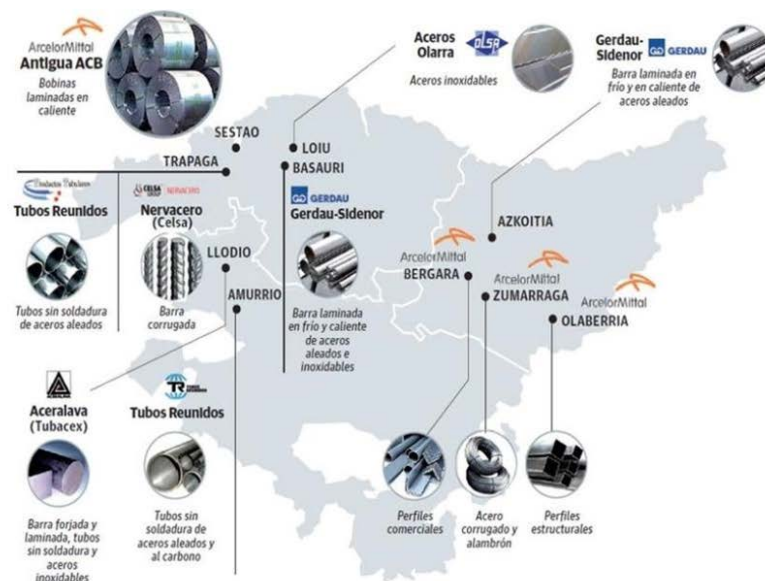


Figura 5.- Acerías en la Comunidad Autónoma del País Vasco, CAPV (Fuente: Diario Vasco)

La implantación de guías y recomendaciones que puedan ser incorporadas al futuro documento BREF de producción del acero, así como la comercialización de los nuevos productos con incorporación de refractario reciclado que surjan como fruto del proyecto (comercializados por MAGNA y REFRALIA) serán las vías prioritarias para garantizar que la actividad demostrativa del proyecto LIFE 5REFRACT tenga repercusión en la siderurgia y otros sectores.

El proyecto LIFE 5REFRACT pretende implantar prácticas eficientes para el aprovechamiento de los materiales refractarios y concienciar así al sector siderúrgico europeo en el empleo de las mismas. Se pretende de este modo conseguir una transición hacia una economía verde y circular en un sector que, por otra parte, se caracteriza ya por un alto grado de sostenibilidad. Asimismo, pretende implantar ese modelo económico a uno de los principales fungibles de ese sector (los materiales refractarios).

Este proyecto conseguirá ampliar la vida útil e implementar criterios para la reincorporación de los materiales refractarios a la cadena de valor tras su uso, promoviendo a su vez la reutilización de los mismos y tratando de evitar su depósito en vertedero. Además, permitirá

maximizar la reutilización de materiales refractarios a lo largo de su ciclo de vida en el sector del acero, haciendo este más sostenible.

Por otra parte, se plantea aplicar mejoras en el diseño a los propios componentes refractarios, haciendo así aún más sostenible este sector. El proyecto pretende, además, fomentar la transformación de residuos en materias primas secundarias mediante la demostración del beneficio operativo y económico inherente a las nuevas soluciones.

De acuerdo con la propia jerarquización de residuos, el depósito en vertedero es la menos deseable de las opciones de gestión de los residuos. Sin embargo, en la actualidad supone una alternativa real para el tratamiento de los residuos refractarios. La Directiva de vertederos clasifica los residuos en tres tipos (inertes, peligrosos y no peligrosos), siendo los refractarios considerados como no peligrosos y establece una tendencia por la cual el depósito en vertedero de cualquier tipo de residuo va a ser cada vez más restrictivo.

El proyecto LIFE 5REFRACT pretende anticiparse a cualquier posible cambio en la Directiva 1999/31/CE, haciendo más atractiva y accesible la gestión de los residuos refractarios por otros medios (reutilización, re manufactura, reciclado).

### **Impacto medioambiental del proyecto**

Dentro del alcance del proyecto LIFE 5REFRACT, se realizará un Análisis de Ciclo de Vida de las soluciones desarrolladas. El objetivo de esta acción es llevar a cabo un análisis de ciclo de vida (ACV) de las diferentes alternativas planteadas en el proyecto para la gestión de residuos refractarios. De esta manera se podrá constatar la potencial mejora ambiental que estas alternativas suponen en comparación con la gestión actual que realiza SIDENOR.

Los principales resultados esperados serán los siguientes:

- Reducción de residuos en vertedero y recuperación de residuos: la cantidad de residuos refractarios depositados en vertederos se reducirá mediante una combinación optimizada de separación, reutilización y reciclado.
- Nuevos productos refractarios que incorporarán un elevado porcentaje de residuos refractarios (en función de su naturaleza o aplicación). Las ventas de estos nuevos productos podrían llegar a producir unos ingresos anuales importantes a los socios refractaristas.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y del consumo energético asociado a la incorporación de materias primas secundarias en productos refractarios. Así, la utilización de residuos evitará las emisiones y consumos asociados a la producción de materia prima primaria (magnesita desde magnesita y alúmina desde bauxita).
- Recomendaciones de buenas prácticas para ser empleadas por las fábricas europeas de acero para valorizar sus residuos refractarios.
- Nuevas recomendaciones que se incluirán en el BREF (Best Available Techniques Reference Document) de la producción de hierro y aceros. Distintas reuniones están planteadas para ello con el fin de intercambiar información sobre buenas prácticas.
- Sensibilización en la cadena de valor de los refractarios, llegando a implicar a diferentes empresas europeas.

- Cambio de mentalidad de los “stakeholders” (productores de acero y otras industrias como el vidrio, el hormigón, etc.) para implementar la Economía Circular en la cadena de valor de sus refractarios.

### **Impacto socioeconómico del proyecto y efecto sobre la competitividad**

Mediante un control de los costes de proceso, SIDENOR analizará el ahorro obtenido en cuanto a adquisición de material refractario, contrastándolo con otros posibles gastos asociados a las nuevas soluciones. En este punto, será especialmente importante valorar el ahorro en la adquisición de refractarios frente a:

- Los consumos energéticos, ya que la energía es la principal fuente de gasto del sector siderúrgico europeo. Por tanto, las nuevas soluciones refractarias no deben comprometer la eficiencia energética de los procesos de acería. Para ello, se analizarán los consumos de los procesos con las nuevas soluciones y se compararán con la situación previa.
- Los gastos de mantenimiento, ya que es deseable que las nuevas soluciones no den lugar a una actividad mayor en cuanto a reparaciones. Se analizará el coste asociado a la solución de incidencias con las nuevas soluciones (nº de incidencias en los procesos implicados) y el tiempo empleado en solucionar las mismas.
- El equipo industrial de SIDENOR analizará posibles gastos adicionales que vayan aparejados con estas nuevas soluciones.

El balance entre ahorros en materiales y los posibles gastos marcará el ahorro obtenido para la empresa.

Por su parte, tanto MAGNA como REFRALIA evaluarán la aceptación comercial (Market Uptake) de los nuevos productos desarrollados utilizando materia prima reciclada.

### **Concienciación**

Se espera conseguir una referencia específica dentro de documento BREF del Acero en el momento de su actualización. Para ello se llevarán a cabo contactos y reuniones con “stakeholders” relevantes relacionados con el TWG (Technical Working Group) del BREF del acero (Ihobe, Eurofer), todo ello durante la ejecución del proyecto.

Se plantea asimismo realizar a la conclusión del proyecto, una replicación integral de las soluciones desarrolladas. Esta replicación se llevará a cabo en la fábrica de Basauri de SIDENOR. Posteriormente y tras la conclusión del proyecto, se llevará a cabo una replicación integral en otras instalaciones en Europa.

Transferibilidad a la conclusión del proyecto, de algunas de las aplicaciones identificadas, a otros sectores (vidrio, cemento, incineración, etc), con posibles localizaciones industriales de aplicación.

A la conclusión del proyecto se espera también la sensibilización de distintas entidades que habrán sido informadas acerca de las soluciones integrales puestas en demostración y de sus beneficios.