

Los cuatro rumbos tecnológicos para el sector cerámico en los próximos años

La actual pandemia no solo ha supuesto un potente detonante de numerosos avances científicos dirigidos hacia la prevención y tratamiento de la covid-19, sino que también ha puesto de manifiesto que el liderazgo de las empresas exige un enfoque tecnológico.



Vicente Lázaro, responsable de la Unidad de Inteligencia Competitiva y el Observatorio Tecnológico Cerámico (ITC-AICE)



José Planelles, técnico de la Unidad de Inteligencia Competitiva del ITC y el Observatorio Tecnológico (ITC-AICE)

Así, por ejemplo, hemos sido testigos de una aceleración del proceso de transición digital, en medio de una etapa de incertidumbre sin precedentes, marcada por las disrupciones en el entorno educativo, laboral y social. En este sentido, resulta evidente que la innovación tecnológica se posiciona como piedra angular de retos tan importantes como la descarbonización de la economía española, la reactivación económica tras la crisis sanitaria y la adopción de un modelo económico sostenible y responsable.

En este contexto, el proyecto **Rumbos** nace como iniciativa del **Observatorio Tecnológico del Instituto de Tecnología Cerámica (ITC)** con el fin de identificar aquellos ejes estratégicos en torno a los que se alinean los avances tecnológicos detectados en el contexto de la industria cerámica. Se trata, pues, de una labor de vigilancia tecnológica que se sintetiza en un conjunto de cuatro tendencias o rumbos tecnológicos de interés estratégico para las empresas del sector cerámico. Y lo hace a través de directrices que orientan a las firmas en sus actividades de innovación, así como para identificar oportunidades, contrarrestar amenazas y generar ventajas competitivas.

1. Hacia la descarbonización de la industria cerámica

Desde la óptica de la industria cerámica, con un consumo intensivo de energía térmica y una marcada dependencia del gas natural, una reducción sustancial del consumo energético y de las emisiones acorde con las hojas de ruta que dicta la Comisión Europea, solo será viable mediante una transformación tecnológica profunda que, entre otros aspectos, implique la implantación de tecnologías innovadoras, el empleo de fuentes de combustible alternativas seguras y los apoyos financieros necesarios. Una revolución tecnológica del sector que implique, entre otros aspectos, una electrificación de hornos y secaderos,

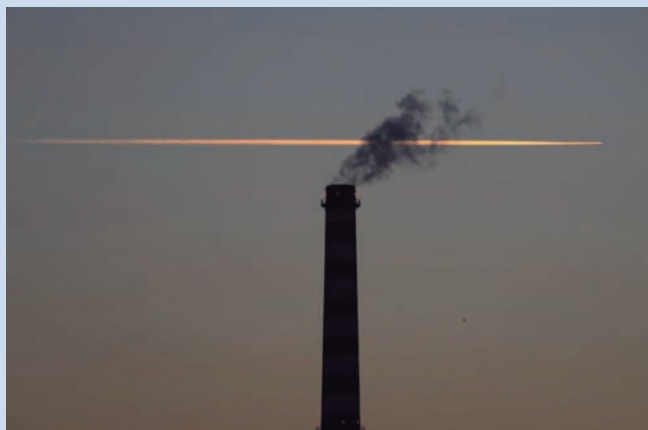
la integración de sistemas de captura de CO₂ eficientes y un firme viraje hacia las energías renovables.

Con esta premisa surge el proyecto **Hipocarbonic**, que cuenta con el apoyo del **Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (Ivace)**, y que consiste en la elaboración de una hoja de ruta específica para descarbonizar el clúster cerámico de Castellón, basada en un riguroso análisis de viabilidad, tanto técnica como económica, de los distintos escenarios posibles que posibiliten la transición hacia una industria hipocarbónica.

En este contexto, adquieren especial relevancia combustibles gaseosos alternativos tales como el biogás o el hidrógeno. En el caso del primero, se trata de una mezcla de metano, CO₂ e impurezas, procedente de diversas fuentes tales como residuos ganaderos, agroindustriales, domésticos o lodos de depuradoras, que presenta la ventaja de poder inyectarse a la red de gas natural existente en el sector cerámico. A pesar de los costes derivados de la extracción, tratamiento y transporte, que comprometen su viabilidad económica, el biogás representa una alternativa que tener en cuenta frente a los costes por la compra de derechos de emisión.

En cuanto al hidrógeno, concretamente, el denominado hidrógeno verde, esto es, el que se obtiene por electrólisis del agua empleando electricidad de origen renovable, constituye un valioso vector energético (capaz de almacenar energía para liberarla gradualmente bajo demanda), especialmente en aquellos sectores en los que la electrificación de determinados procesos no sea la opción más eficiente ni exista una alternativa sostenible que sea viable.

Este sería el caso de los procesos de cocción a alta temperatura propios de la industria cerámica que requerirían, entre otros

**Descarbonización**

aspectos, la adaptación del diseño de los hornos a este nuevo combustible. Este precisamente es el objetivo del proyecto **Hidroker (Ivace)**, en el que se analiza la viabilidad técnica de la sustitución parcial o total del gas natural por hidrógeno como combustible en la cocción de baldosas cerámicas.

Recientemente, el hidrógeno ha experimentado un crecimiento exponencial impulsado por una notable caída en los costes de producción y por los apoyos procedentes de la Unión Europea (UE). Un despliegue tecnológico con un impacto considerable sobre el sector cerámico, como queda patente con la construcción de una planta piloto en el clúster de Castellón, provista de un electrolizador alcalino presurizado de 100 MW, siguiendo la hoja de ruta del proyecto **Orange.Bat**, que cuenta con un consorcio internacional de 40 organizaciones, entre las que encontramos al **ITC** y la **Universitat Jaume I**.

Otra línea de investigación atractiva, desde el punto de vista de la descarbonización de la industria, es el empleo de energía solar térmica de concentración en el procesado de materiales cerámicos. La implementación de los denominados hornos solares, es decir, sistemas ópticos capaces de concentrar la radiación solar en un área muy reducida, alcanzándose elevadas temperaturas, supondría una alternativa al tradicional proceso de cocción de la industria cerámica.

Sin embargo, existen todavía determinados aspectos que requieren de un mayor grado de desarrollo para que la energía solar térmica pueda finalmente desplazar al gas natural en este tipo de procesos. Con este fin, el **ITC** está trabajando en el desarrollo de cerámicas técnicas (SiC, Al₂O₃, Si₃N₄, composites ATZ/ZTA y ZrC) para este tipo de aplicaciones, en el marco del proyecto **Ceramitech (Ivace)**.

Por su parte, las tecnologías de captura, almacenamiento y, en ocasiones, también conversión de CO₂ (CAUC o CCUS en inglés) presentan un notable valor estratégico. Concretamente, en el caso de la industria cerámica, se ha estudiado la hidrogenación catalítica del CO₂ para obtener metano (CH₄) que pueda emplearse como combustible en los quemadores de

**Economía circular**

los hornos. No obstante, a pesar de su potencial en la reducción de emisiones, este tipo de tecnologías requieren un mayor grado de madurez, así como el desarrollo de economías de escala que aseguren su viabilidad económica.

Finalmente, tanto las tecnologías de captura de CO₂ como otras estrategias de descarbonización mencionadas integran otro proyecto de alto interés estratégico denominado **Energético (Ivace)**. Este proyecto estudia las diferentes opciones para adaptar los procesos de la industria cerámica, con el fin de alcanzar los objetivos de descarbonización fijados por la UE para 2050.

Básicamente, consta de tres líneas distintas, encontrándose en primer lugar la electrificación del proceso actual. Después encontramos la monitorización y optimización de parámetros clave del proceso, el almacenamiento de energía y la integración de tecnologías de captura de CO₂. Finalmente, la tercera línea está dedicada a la incorporación de combustibles alternativos al gas natural, como el hidrógeno y biocombustibles, así como a la integración de energías renovables para el suministro tanto de calor como de electricidad.

2. Hacia una economía circular

En línea con el objetivo de neutralidad climática de la UE para 2050 y en virtud del Pacto Verde, la Comisión Europea propuso un nuevo **Plan de Acción de Economía Circular** en marzo de 2020, enfocado en la prevención y gestión de residuos y destinado a impulsar el crecimiento, la competitividad y el liderazgo mundial de la UE en este campo.

En este sentido, la consecución de los objetivos marcados por la UE pasa necesariamente por la generación y aplicación de conocimiento como base del desarrollo de nuevas tecnologías, procesos, productos y servicios que, en conjunto, refuercen la competitividad de nuestras empresas e impulsen la creación de oportunidades de negocio y la emergencia de nuevas cadenas de valor, con la consiguiente creación de empleo.

A este respecto, la transición hacia un sistema económico circular ha propiciado la emergencia de modelos empresariales innovadores, que conjugan el reciclaje, la eficiencia energética, la explotación inteligente de recursos, nuevos patrones de consumo disruptivos, así como nuevas formas de interacción empresarial como la simbiosis industrial, los cuales impactan sobre el paradigma lineal del 'extraer-fabricar-utilizar-eliminar' imperante.

Los productos cerámicos pueden ser reutilizados y reciclados al final de su ciclo de vida, adquiriendo el concepto *cradle to cradle* (de la cuna a la cuna) todo su sentido, o lo que es lo mismo, que el fin de vida del producto represente el inicio de otro ciclo de producción, idealmente sin generación de residuos, según un modelo perfectamente circular. Con este objetivo en mente, la industria cerámica ha desarrollado nuevos productos y procesos que implican una reducción tanto en el consumo de materias primas, como en la generación de residuos asociados a los procesos de producción.

Esto ha sido posible gracias a la reutilización de agua procedente de otras etapas del proceso de fabricación, así como de residuos, como sería el caso de fragmentos de azulejos cocidos o sin cocer, lodos o residuos procedentes de las fases de molienda. Todo esto unido a procesos de optimización que afectan, tanto a la selección de materias primas, como al propio diseño del producto e incluso a la cadena de suministro, que requiere de una reestructuración en el caso del reciclado.

Además, el grado de desarrollo tecnológico alcanzado en la industria cerámica posibilita la incorporación de residuos procedentes de otros sectores, como por ejemplo lodos de la industria textil, cenizas de la combustión de biomasa, residuos de vidrio procedentes de lámparas o pantallas, etc. Un amplio abanico de residuos que podría expandirse todavía más a través de la promoción de sinergias entre distintos sectores industriales. Cabe además mencionar que la selección de residuos procedentes de otros sectores requiere importantes esfuerzos de investigación, ya que existen múltiples restricciones de tipo tecnológico y ambiental.

En relación con esto, la reología de polvos y lodos, el tamaño de grano, la facilidad de molturación, la higroscopicidad, su acción sobre las propiedades mecánicas y/o térmicas del producto, las interacciones con esmaltes y/o pigmentos cerámicos empleados en la decoración, así como su efecto sobre las emisiones generadas en el proceso, son solo algunas de las numerosas variables que limitan la incorporación de cualquier residuo en la producción cerámica.

El **ITC** apuesta por el desarrollo de procesos y productos que tengan en cuenta los principios de la economía circular, apoyándose en la eficacia en el uso de recursos, la sostenibilidad, el uso de recursos naturales y sus análisis de ciclo de vida. Así, en su vertiente más didáctica y dentro del programa *Eras-*

mus +, destacan los proyectos **Spire-Sais** y **Circular Start**, ambos con el apoyo del **Ivace**. Mientras que el primero persigue identificar las necesidades y demandas de aptitudes y competencias en materia de simbiosis industrial y de eficiencia energética, el segundo proporciona una herramienta para el desarrollo de modelos de negocio circulares por parte de incubadoras de empresas y *start-ups*.

A través del programa **LIFE**, el **ITC** promueve la simbiosis industrial, paradigma de un sistema de futuro, transformando residuos procedentes de otras industrias en materias primas para el sector cerámico. Este es el caso del proyecto **Life Eggs-hellence** que aborda la valorización de los residuos de cáscara de huevo, rica en carbonato cálcico (CaCO_3), como materia prima secundaria en la fabricación de baldosas cerámicas.

De manera similar, en el proyecto **Life Hypobrick** se estudia la fabricación de ladrillos partiendo de residuos de diversos sectores, adoptando una metodología de fabricación alternativa, la activación alcalina y curado a baja temperatura, que reemplaza la tradicional etapa de cocción, principal fuente de emisiones de CO_2 .

Otros proyectos relevantes en el contexto de la valorización de residuos serían **Circular Carbón (Ivace)**, que plantea la obtención de carbón activado a partir de residuos de diferentes industrias para, posteriormente, emplearlo como adsorbente en los tratamientos de aguas residuales y de emisiones gaseosas, y **Ecofillink (Ivace)** que, entre otros objetivos, persigue facilitar la recuperación de tintas cerámicas a través del rediseño de sus envases, favoreciendo además su reciclado.

También en esta línea encontramos el proyecto **EcoMARS (Ivace)**, que aplica la tecnología de membranas cerámicas al tratamiento de aguas residuales para recuperar óxidos metálicos de interés para la industria cerámica y **Eros** (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades) en el que se emplean residuos de palas eólicas y del sector aeronáutico para introducirlos en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas, tanto en los soportes como en los esmaltes y fritas.

Paralelamente, la búsqueda de la eficiencia en el uso de recursos, tales como el agua o la energía, se pone de manifiesto en proyectos como **iWways (Horizonte 2020)**, centrado en la reducción del consumo de agua y la recuperación del calor residual de las corrientes húmedas de los procesos industriales.

Por otro lado, es especialmente relevante el proyecto **CER-OH! Strategies (Ivace)**, que tiene entre sus objetivos la reducción de las temperaturas de cocción a través de la formulación de nuevas composiciones cerámicas, la obtención de esmaltes sin fritas (cuyo proceso de producción conlleva un importante consumo de energía) o la reducción del espesor de las baldosas sin deteriorar su resistencia mecánica.



Industria 4.0

3. Hacia una Industria 4.0

Fue en 2011 cuando, por primera vez, se utilizó el término **Industria 4.0**, concretamente en la feria industrial de Hannover (Hannover Messe 2011). Así, el germen que allí surgió sería la cuna de un cambio industrial disruptivo del calado de las tres revoluciones industriales acontecidas anteriormente en la historia, de ahí su acuñación como cuarta revolución industrial.

Al igual que en las anteriores ocasiones, esta cuarta revolución surge como consecuencia de una evolución trascendental de la tecnología que, a su vez, se traduce en una transformación radical de toda la industria. Sin embargo, y a diferencia de las anteriores ocasiones, esta transformación afectará no solo a la etapa de fabricación, sino a toda su cadena de valor. Es más, esta transformación va a suponer el tratar toda la cadena de valor de forma integral. Existen numerosas publicaciones en las que se describen los cuatro, seis o incluso nueve pilares sobre los que se sustenta esta transformación. No obstante, los autores coinciden en que tiene su origen en la ubicuidad y velocidad que internet proporciona y que especialmente proporcionará con la inminente llegada de la tecnología 5G.

El resto de tecnologías que, en conjunción con la anterior, harán posible la verdadera revolución son, principalmente, internet de las cosas (IoT), *Big data*, inteligencia artificial, realidad virtual y realidad aumentada. La tecnología 5G ofrece capacidades y velocidades nunca vistas hasta ahora, lo cual permitirá hacer realidad aplicaciones y servicios a través de tecnologías que ya estaban desarrolladas, pero que no había sido posible aplicar hasta el momento. Un ejemplo es la velocidad de descarga, que se verá incrementada desde los 150 Mb/s del actual 4G a una velocidad de hasta 20 Gb/s.

Por otro lado, el consumo de energía experimentará una reducción de hasta un 90% y la latencia disminuirá desde los 50 ms hasta 1-5 ms, lo cual permitirá respuestas instantáneas, tan necesarias para diferentes aplicaciones como el vehículo autónomo, entre otros procesos donde la velocidad y precisión son claves. Además, el 5G permitirá multiplicar por cien la

densidad de sensores por unidad de área, lo cual resulta necesario para poder monitorizar perfectamente cualquier elemento. Por último, y no menos importante, el 5G permitirá llegar a cualquier punto de la geografía terrestre, universalizando cualquier aplicación. En el entorno productivo se ha avanzado considerablemente en aspectos relacionados con la conectividad entre máquinas y sistemas externos.

Algo que queda patente en el proyecto **Cebra (Ivace)**, centrado en el desarrollo e implementación de un piloto demostrativo de Industria 4.0 en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas. Esto ha sido posible mediante el desarrollo de una plataforma para la integración global de los sistemas de la planta de fabricación cerámica, consolidando en un único punto todos los datos relevantes, tanto del proceso productivo, como de la gestión empresarial, haciendo posible su explotación mediante informes, cuadros de mando, aplicaciones específicas, etc. Gracias a los resultados del proyecto **Cebra**, por primera vez, en una planta de producción cerámica, se han podido gestionar aspectos tan importantes como los activos de la planta, la eficiencia energética, el coste de fabricación, la calidad del producto final, la planificación, etc., todo ello utilizando datos exactos del proceso real de producción que pueden ser consultados en tiempo real o de forma histórica. Con todo esto, la explotación de estos datos permite optimizar la gestión de los procesos de la planta cerámica en todos sus niveles.

La primera de las etapas en el proceso de transformación de una empresa hacia la Industria 4.0 implica la consecución del denominado gemelo digital de los diferentes procesos internos de la misma. En el ámbito productivo, las tecnologías disponibles ofrecen la posibilidad de registrar en tiempo real todos los eventos y estados del proceso productivo, lo cual permite disponer de un modelo digital actualizado de la fábrica o gemelo digital. En algunos sectores como, por ejemplo, el aeronáutico, el uso de gemelos digitales empieza a ser bastante común en las operaciones de ensamblaje y posterior mantenimiento de equipos; sin embargo, en sectores manufactureros, como el cerámico, todavía no existen experiencias concretas sobre su utilización.

En este campo destaca el proyecto **TwinXdustry (Ivace)** que aborda el desarrollo e implementación de gemelos digitales en la industria cerámica y automovilística, a través de un sistema ciberfísico del entorno de fabricación, basándose, en la captura de datos de proceso, así como en la modelización y simulación dinámica mediante la técnica de los eventos discretos. La labor de investigación del **ITC** en torno a este eje estratégico no se limita únicamente al entorno productivo, sino que también explora otros eslabones de la cadena de valor. En este sentido, destaca el proyecto **Ceria (Ivace)**, en el que se ha desarrollado el primer prototipo de un sistema de exposición inteligente que aúna, por un lado, una experiencia de compra única para el cliente y, por otro, un control integral de múltiples variables que facilitan enormemente al fabricante y distribuidor la gestión del proceso de compra.

