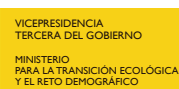


DESARROLLO TECNOLÓGICO A CORTO Y MEDIO PLAZO EN EL ÁMBITO DE LA ENERGÍA Y LA SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN



Contribuyen:



ESTE DOCUMENTO SE HA DESARROLLADO EN EL MARCO DE LAS AYUDAS A LA CONVOCATORIA CORRESPONDIENTE AL AÑO 2020 DE PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN DEL PROGRAMA ESTATAL PARA IMPLUSAR LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA Y SU TRANSFERENCIA, DEL PLAN ESTATAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, TÉCNICA Y DE INNOVACIÓN 2021-2023

Contribuyentes

Domènec Espriu, Agencia Estatal de Investigación, MCIU

Rocío García Vivas, Subdirección de Eficiencia y Acceso a la Energía, MITERD

BIOPLAT - Plataforma Española Tecnológica y de Innovación en Biocircularidad

<https://bioplat.org/>

<https://www.linkedin.com/in/bioplat/>

Plataforma de la Edificación

<https://plataformaedificacion.com/>

<https://www.linkedin.com/company/76488744/admin/page-posts/published/>

Plataforma Tecnológica Española de Construcción

<https://plataformaptec.es/>

<https://www.linkedin.com/in/ptecplataforma/>

Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética

<https://www.ptee-ee.org>

<https://www.linkedin.com/company/ptee-ee/>

Plataforma Tecnológica Española de Energía Solar Térmica de baja temperatura.

www.solplat.com

<https://www.linkedin.com/company/76834134/admin/dashboard/>

GEOPLAT - Plataforma Tecnológica y de Innovación Española en Geotermia

<https://www.geoplat.org/>

<https://www.linkedin.com/in/geoplat/>

Coordinación

Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética



Índice

1. PRESENTACIÓN	3
2. MARCO POLÍTICO E INSTITUCIONAL	7
2.1. Política de la UE y española relacionada con la descarbonización de la construcción (fases de fabricación, edificación, operación/explotación y demolición)	8
2.2. Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo	9
2.3. El PNIEC y la descarbonización de la edificación	10
3. LAS PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN: EL NUEVO RETO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL	11
4. RETOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO	15
4.1. Bombas de calor	16
4.2. Herramientas de modelado integral de ciudades	17
4.3. Hibridación de energías renovables con almacenamiento térmico, mecánico, y/o químico gestionable a medio y largo plazo	18
4.4. Geotermia	19
4.5. Biocircularidad y biometano	21
4.6. Energía solar térmica	23
5. RETOS DE INNOVACIÓN	25
5.1. Industrialización y rehabilitación	26
5.2. Redes de calor y frío de baja y muy baja temperatura	29
5.3. Digitalización de la energía térmica y comunidades energéticas	30
5.4. Lucha contra el efecto “Isla de Calor”	31
5.5. Biocircularidad y biomateriales	31
5.6. Electrificación de la maquinaria en el proceso de construcción: avances y desafíos a corto y medio plazo	32
6. TECNOLOGÍAS PRIORITARIAS	33



1.



PRESENTACIÓN





Las Plataformas Tecnológicas y de Innovación son uno de los instrumentos más útiles de los que dispone la Agencia Estatal de Investigación para acercar el conocimiento a los agentes productivos y a la sociedad, en definitiva. Las Plataformas reúnen pequeñas y medianas empresas, grandes corporaciones, centros tecnológicos, otros agentes y el mundo de la Academia para contribuir a resolver los desafíos que tiene planteados nuestra sociedad.

La sociedad española ha asumido ya de manera declarada como uno de sus objetivos inmediatos la sostenibilidad, siendo uno de sus principales objetivos el implementar el compromiso por una descarbonización de la actividad humana con la finalidad de amortiguar el cambio climático. Conocido por los científicos del clima desde hace muchos años, sabemos hoy todos que la actividad humana, especialmente desde el comienzo de la revolución industrial, ha contribuido en una medida muy elevada a dicho cambio. Un cambio que está acelerándose de manera palpable.

Ello requiere con una cierta urgencia el implementar el objetivo de la descarbonización de una manera integral, especialmente en aquellas actividades de gran impacto como es el caso de la construcción de viviendas, infraestructuras u otras instalaciones. Un entorno donde se consume cantidades ingentes de energía en su climatización y mantenimiento; todo ello sin olvidar el resto de los procesos relacionados con la construcción, el urbanismo y el territorio donde se requieren voces expertas en ámbitos de la construcción y la energía. Procesos complejos donde la ciencia y la innovación juegan un papel ayudando al desarrollo de soluciones competitivas, desde el estudio de fuentes de energía, la aplicación de materiales o los flujos de movimiento en ciudades, procesos sujetos además a una demanda creciente a nivel global de conocimiento.

Desde los inicios de la revolución industrial, la energía se ha obtenido en gran medida a través de la combustión de materiales fósiles, cuyos efectos ahora conocemos bien, y que debemos reducir al mínimo indispensable. De ahí la exigencia de la descarbonización.

Además, la demanda se ha ampliado a otros recursos, tales como materias primas escasas o estratégicas. Y viene acompañada de una necesaria mejora de la calidad del aire en las ciudades; una creciente demanda de agua, un recurso progresivamente escaso, y del exigible mantenimiento de la biodiversidad, entre otros retos.

Para hacer frente a estos retos críticos y globales es obligado medir, evaluar, y definir estrategias, muchas de ellas basadas en avances tecnológicos. En toda esta cadena de asunción de compromisos, las Plataformas Tecnológicas y de Innovación, cada una en su ámbito de especialización, participan aportando sus esfuerzos para definir un crecimiento sostenible.



Debemos desarrollar instrumentos que permitan valorar y discernir las mejores prácticas posibles basadas en diferentes métricas, como: la huella de carbono y el cambio climático evaluando las emisiones de gases de efecto invernadero, o la influencia en la capa de ozono; la huella hídrica que conlleva la producción de bienes y servicios; la huella de biodiversidad o los impactos en los ecosistemas; la huella de recurso o el impacto de la movilidad, entre otras.

En suma, se trata de medir, evaluar y corregir la huella de la actividad humana, promoviendo tecnologías que permitan reducir, acotar o eliminar los impactos medioambientales derivados de la actividad humana, mejorando al mismo tiempo nuestras condiciones de vida.

En este empeño, las plataformas de construcción y energía involucradas en la jornada del 15 de octubre de 2024 han de jugar un papel muy activo y aplaudo esta iniciativa de colaboración entre varias plataformas que contribuyen desde sus diferentes ámbitos a la resolución de los desafíos nombrados. Me complace saludar a sus integrantes y les deseo una exitosa jornada 2024.

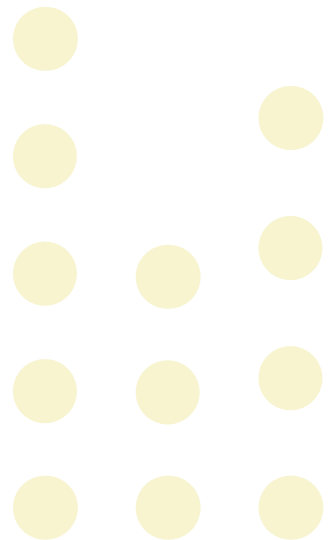
Prof. Domènec Espriu Climent.

Director General. Agencia Estatal de Investigación.
Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

2.



MARCO POLÍTICO E INSTITUCIONAL





2.1.

Política de la UE y española relacionada con la descarbonización de la construcción (fases de fabricación, edificación, operación/ explotación y demolición)

La importancia energética del sector de la edificación ha derivado en una necesaria e intensa actividad regulatoria que busca, no solo reducir su consumo energético, sus emisiones y la dependencia de los combustibles fósiles, sino garantizar su habitabilidad y la calidad de vida de los ciudadanos.

El impacto climático de un edificio va asociado a su ciclo de vida, es decir, es un factor que debe considerarse desde la fase de planificación, pasando por la elección de materiales, su construcción, durante su utilización y al final de su vida útil, con una gestión adecuada de sus residuos. Así, la política comunitaria en materia de edificación, y el derivado marco nacional, pueden tratarse en base a estas fases de vida de un edificio.

En lo que respecta a los productos de construcción, cabe destacar el Reglamento (UE) n ° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, que busca eliminar las barreras técnicas en el sector de la construcción, constituyendo el marco legislativo para productos de construcción del que derivan las normas de armonización europeas. Además, establece la obligatoriedad del marcado CE en estos productos, favoreciendo la libre circulación de mercancías. Al tratarse de un Reglamento, no requiere de transposición en la normativa nacional.

Este Reglamento ha sido modificado por el Reglamento 2019/1020/UE, así como por numerosos actos delegados de la Comisión, produciéndose su última modificación en marzo de este mismo año, si bien, se espera que próximamente se apruebe un nuevo Reglamento sobre productos de construcción, que lo actualizará para alcanzar los objetivos tecnológicos y climáticos europeos.

La **Directiva relativa a la eficiencia energética en edificios**, conocida como EPBD, fue presentada por primera vez en 2002, actualizándose de acuerdo con el desarrollo técnico y las ambiciones climáticas de la Unión Europea. Esta Directiva constituye el principal mecanismo de descarbonización del sector de la edificación. Entre las obligaciones de la última versión, publicada el 8 de mayo de 2024, se puede destacar el modelo de edificios de cero emisiones, que será el estándar a partir del año 2030, o el incremento de la utilización de energías renovables.

Su aplicación correspondería a las fases de construcción, operación y mantenimiento de los edificios, materializándose su transposición al régimen nacional en normas como el **Código Técnico de la Edificación (CTE)**, el **Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)** o el **Real Decreto de Certificación de Eficiencia Energética en Edificios**.

Finalmente, la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) en España está principalmente regida por el **Real Decreto 105/2008**, de 1 de febrero, derivado de la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas. Asimismo, estas disposiciones coexisten con la **Ley 7/2022**, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, que añade directrices actualizadas del régimen europeo asociadas a la **Directiva (UE) 2018/851** del Parlamento Europeo, como puede ser el objetivo de reciclado y valorización de un 70% de los RCD.

Adicionalmente, debido a que los RCD constituyen un tercio del flujo de residuos en la Unión Europea, la Comisión Europea presentó, en el marco de la Estrategia “Construcción 2020”, el **Protocolo de la UE Para La Gestión De Residuos De Construcción y Demolición**. Entre otros objetivos, este protocolo surge para incrementar la confianza sobre la seguridad, calidad y sostenibilidad de los materiales reciclados en edificación.



2.2. Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo

La Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP) constituye junto al Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), los instrumentos de planificación para abordar la transición energética y la descarbonización de la economía española, incrementando su competitividad y garantizando la inclusividad social. El PNIEC se centra en la primera década, mientras que la ELP se extiende hasta el año 2050. El resultado previsto para la edificación en la ELP es de un 100% de descarbonización para 2050.

La descarbonización de la economía española requerirá de la descarbonización de sus sectores por separado. En este documento, se analizan en profundidad 6 sectores clave, entre los que se cuenta la edificación sostenible. Las actuaciones destacadas para la descarbonización de este sector son: 1) reducción de la demanda mediante actuaciones de eficiencia energética, 2) aplicación de sistemas de alta eficiencia y 3) incrementar el peso de las energías renovables y su producción in situ.

Otra área a la que se debe prestar especial atención es la rehabilitación energética, ya que en el horizonte 2050, se espera que un 80% del parque edificatorio esté constituido por edificios ya existentes. Estos edificios son aquellos construidos o iniciados antes del año 2020, en el cual entra en vigor el estándar de edificio de consumo casi nulo para nuevas construcciones, estándar que se ha incrementado en la Directiva 2024/1275. La tasa de renovación actual, mínima, deberá incrementarse no solo gracias a un marco normativo adecuado, sino a medidas específicas que movilice inversiones e incentive y acompañe a los ciudadanos.



2.3. El PNIEC y la descarbonización de la edificación

Si bien la ruta de descarbonización para el sector de la edificación se desarrolla en la ERESEE, el borrador del PNIEC presentado a consulta pública el pasado año, dedicada una serie de medidas al incremento de la eficiencia energética en el mismo:

- Medida 2.8. Se centra en la reducción del consumo de energía de edificios existentes residenciales mediante la rehabilitación. Como actuaciones ya realizadas, destacan los programas de ayudas basados en el PRTR¹, la inclusión del sector residencial en el CAE², o la actualización del marco legislativo con las nuevas exigencias de eficiencia y energías renovables incluidas en el RITE en 2021.
- Medida 2.11. Aplica los objetivos de rehabilitación energética a edificios de uso terciario. Para su consecución, se aplican mecanismos tales como deducciones fiscales, programas de ayuda basadas en el PRTR o la movilización de inversiones mediante el sistema CAE.

Por último, una medida que puede presentar un impacto directo, y muy positivo, en la descarbonización del sector de la construcción es la 1.31, que tiene como finalidad desarrollar una metodología para estudiar el ciclo de vida del edificio considerando tanto el carbono operativo, como el embebido. Este sistema permitirá adoptar las decisiones más efectivas para reducir la huella de carbono en el parque edificatorio.

Rocío García Vivas

Subdirección de Eficiencia y Acceso a la Energía
Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico

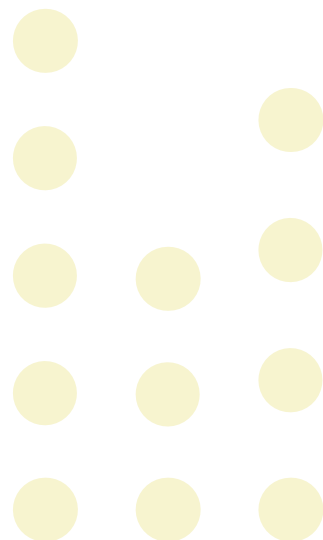
¹ Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

² Sistema de Certificados de Ahorro Energético

3.



LAS PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN: EL NUEVO RETO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL





Las formas de agruparse los agentes que conforman el entorno Ciencia-Tecnología-Empresa ha evolucionado en dimensión y estructura relacional. La industrialización ha sido uno de los motores de la investigación básica y especialmente de la aplicada. Y en este crecimiento se ha demandado esfuerzos adicionales, pero, también, un aumento de la complejidad relacional. Las Plataformas Tecnológicas y de Innovación (PTs) se han ido estructurando desde lo sectorial (p.ej. el sector energético, PTs) creciendo en interrelación entre ellas y ampliando el espacio de colaboración y aumentando la fortaleza del sistema. En este estadio, las PTs están conformando una nueva misión estratégica del espacio tecnológico creando un nuevo tejido relacional.

La complejidad de este nuevo entorno está impulsada por los actuales desafíos a la Sociedad y que gira en respuesta al reto poblacional, en sus múltiples facetas; a la creciente demanda de recursos en cantidad y especialización; en la lucha contra el Cambio climático; todo ello materializado en grandes estrategias como el Green New Deal o la Global Innovation.

Las Plataformas Tecnológicas y de Innovación Españolas están siendo un nuevo instrumento para afrontar dichos retos basados en la integración colaborativa de actores (*stakeholders*) que permite dar respuesta holística y, en particular, desde lo tecnológico. Estas nuevas formas de colaboración se basan en la democratización de aquellos retos a la Sociedad, afrontando los mismos de acuerdo a las capacidades y que reviertan en ella. Significa asumir responsabilidades desde cada posición y capacidad de los agentes, pero amplificando los efectos por la colaboración extensa y abierta.

En este esfuerzo estratégico que aportan las Plataformas, se han realizado avances importantes que dan respuesta, parcial, al reto tecnológico; entorno complejo al que se dan respuesta desde los entes concretos y los relacionales que potencian su efecto. Hay responsabilidades, por tanto, de cada agente y una más general en la que participan el resto de los agentes relacionados. Existe niveles de responsabilidad diferentes, pues se identifican esfuerzos tractores, estratégicos, sectoriales, etc. o de estrategias focalizadas que deben asumir agentes concretos. A modo de ejemplo, España ha conseguido atraer y concentrar un gran esfuerzo tecnológico en las energías renovables, donde es referente mundial; o en otros sectores como las infraestructuras, la edificación, el turismo, o el transporte donde se han conseguido respuestas eficaces.

En este momento la búsqueda y aplicación de soluciones eficientes y de bajo impacto corresponden a todo el entorno de las PTs; por lo que la colaboración entre ellas a través de instrumentos directos y activos (alianzas, misiones, etc.) reclama la atención de estrategias públicos y privados para definir el nuevo escalón del espacio relacional. Sin duda, este espacio, debe estar basado en la colaboración frente a la dominación, pues los retos deben ser asumidos por los agentes, de acuerdo a sus capacidades, para aumentar la eficacia del nuevo ciclo económico.

Los retos en el ámbito tecnológico, aunque no solo en éste, son: reciclado de materias primas, aumento de la eficiencia energética en las viviendas, mejora del aire de las ciudades; eficiencia en el sistema hídrico; mantenimiento de la biodiversidad; nuevas reflexiones en urbanización e infraestructuras, energía universal y asequible, etc. Las PTs responden a esos retos sectoriales, pero deben lograr avances por efecto de la colaboración entre ellas.

En el entorno de las PTs se desarrollan instrumentos y metodologías que permitan valorar y discernir las mejores prácticas globales y locales, basadas en métricas efectivas. Entre ellas, destacan: huella de carbono de procesos y la extensión de la economía circular; medidas y análisis locales y globales en emisiones de GEI; huella hídrica; huella sobre la biodiversidad y medida de los impactos en los ecosistemas. En suma, se trata de medir, evaluar y corregir la huella que la actividad humana produce sobre los diversos entornos y que las PTs en sus objetivos de acción sectorial persiguen. El mandato global a las PTs es: activar el crecimiento tecnológico que permita reducir, acotar o beneficiar los impactos medioambientales derivados de la actividad humana, mejorando las condiciones de vida de los ciudadanos.



Definido el escenario donde operan las PTs debe señalarse nuevos esfuerzos en el ámbito organizacional y a modo de ejemplo se señalan: la conformación de Comunidades energéticas y de energías de renovables que dibujen un espacio de colaboración abierto entre usuarios; nuevas formas o extensión de alianzas tecnológicas (EERA³, ALINNE⁴, etc.); integración de soluciones abiertas en las infraestructuras y el transporte; nuevas redes térmicas, eléctricas y digitales; clústeres que potencian intereses regionales en un perímetro de colaboración; valles, que potencian los nuevos vectores energéticos; etc.; esto es nuevas formas de relacionarse y colaborar en una estrategia asumida y común.

Las PTs se abren a los nuevos escenarios en un esfuerzo diversificado y multifocal de participación, buscando multiplicar su eficacia. Estos nuevos portales que se abren a través de la colaboración frente a la dominación tecnológica preparan las respuestas a los retos a medio y largo plazo. En este sentido la financiación que desde la Agencia Estatal de Investigación se hace de las PTs ha sido crucial para desarrollar un tejido de innovación que conecte el presente y el futuro tecnológico, lo hagan más efectivo en términos de eficiencia y potencien las actividades económicas en el ámbito de la innovación.

En suma, la jornada del día 15 de octubre de 2024 está en la línea que se ha señalado: un nuevo espacio colaborativo y no dominante que debe caracterizar los avances en los próximos años. Y a modo de símil constructivo, esta jornada interplataformas sectoriales puede asimilarse al mortero en la construcción que permite dar resistencia estructural a la misma. Esa fortaleza constructiva permitirá alcanzar nuevos niveles de eficacia en relación al uso de recursos humanos y dotacionales del espacio de I+D+I.

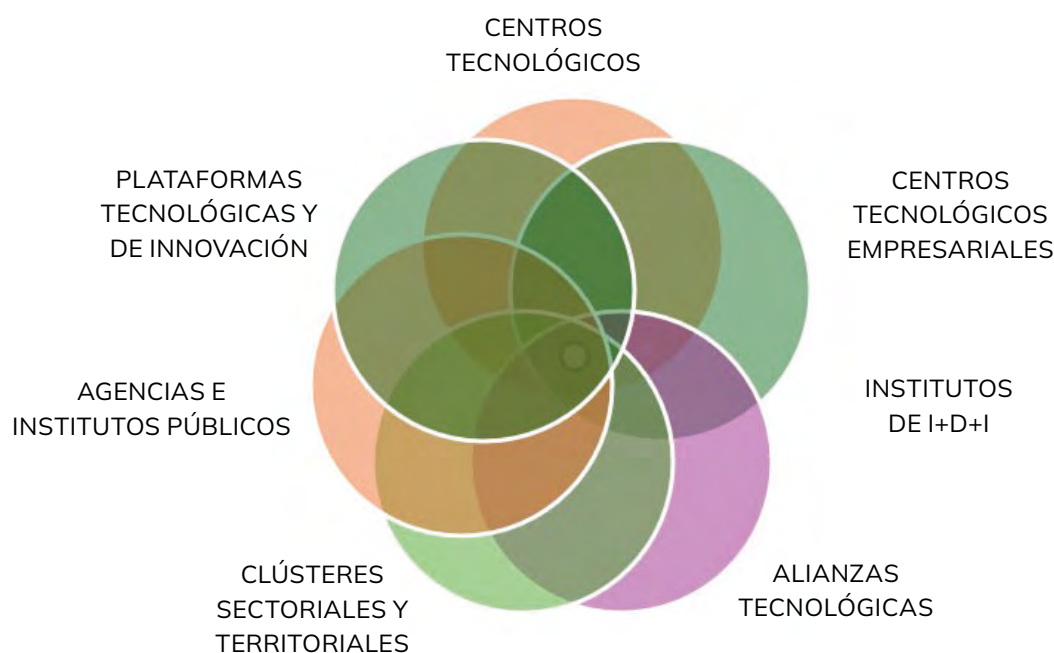


Ilustración 1. Entorno de Ciencia -Tecnología- Empresa y PTs

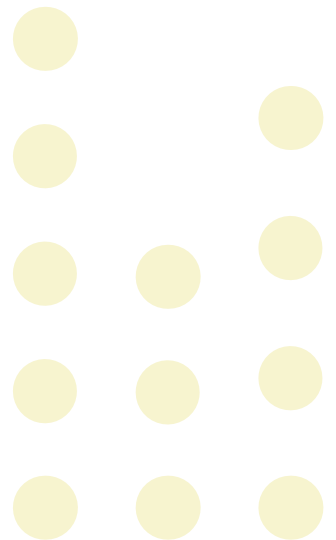
³ European Energy Research Alliance

⁴ Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas

4.



RETOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO





4.1. Bombas de calor

La bomba de calor es un sistema de uso bastante extendido en la climatización, sobre todo en los sectores comercial y de servicios, algo menos a nivel doméstico individual.

Al no requerir de combustibles, es un sistema muy útil para producir energía térmica sin necesidad de la combustión en las ciudades, no solo evitando las emisiones de GEI, sino de otros contaminantes producto de la combustión.

Adicionalmente, son la mejor solución para utilizar corrientes de energía térmica residuales y renovables de baja y muy baja temperatura, y producir calor a una temperatura mayor, compatible con las necesidades de la demanda (calefacción y agua caliente sanitaria), o bien invertir el ciclo y producir frío para refrigeración de edificios.



Ilustración 2. Bombas de calor geotérmicas en el campus universitario de Orense
(imágenes cedidas por AFEC-ECOFORREST)



No obstante, se requieren desarrollos de la tecnología, de diseño industrial, y proyectos demostrativos para:

- Hacerlas más compactas, que demanden menos espacio, sobre todo para reducir problemas de espacio en rehabilitación de edificios.
- Que sean más baratas y accesibles a estratos de población menos pudientes económicamente.
- Elevar la temperatura de condensación sin menoscabo de la eficiencia, para producir agua caliente sanitaria.
- Mejorar en general su eficiencia energética, mediante regulación flotante de la condensación y la evaporación, a la vez de introducir refrigerantes naturales no tóxicos, inflamables o con alto poder de calentamiento global.
- Seguir adaptando los equipos de bomba de calor asociada a un intercambiador geotérmico de forma que se mejoren las características de su operación y se adapten a las necesidades del clima mediterráneo donde buena parte del consumo energético destinado a climatización se concentra en verano (refrigeración).

4.2. Herramientas de modelado integral de ciudades

Los edificios conforman barrios y éstos las ciudades. La ciudad es una entidad muy compleja y su comportamiento responde a multitud de variables independientes y dependientes. Es necesario contar con potentes y sofisticadas herramientas de simulación que permitan a los planificadores tomar las decisiones más adecuadas sobre la base de la simulación de las diferentes alternativas que se puedan plantear en cada caso, y de su impacto no solo a corto, sino a largo plazo.

Para contar con esas herramientas se tiene que dar con una serie de condiciones y requisitos, que en muchos casos suponen desarrollo tecnológico y en otros casos una legislación que permita el uso de muchos tipos de datos:

- Necesidad de disponer de datos fiables y con suficiente desagregación del consumo de energía en todos los ámbitos de las ciudades, tanto de los edificios, como del transporte, como de las instalaciones y espacios comunes.
- Capacidad de generación de indicadores de desempeño sobre los usos de la energía en los edificios y que el usuario tenga la posibilidad de controlar las instalaciones.
- Empleo de datos climáticos comunes para todos.
- Incorporar en las modelizaciones la realidad social.
- Empleo de metodologías validadas y adaptadas a las diferentes normas y estándares, tanto para la obtención de los datos, como para su proceso y extracción de resultados.



4.3.

Hibridación de energías renovables con almacenamiento térmico, mecánico, y/o químico gestionable a medio y largo plazo

Siguiendo la directriz europea de reducir la demanda energética, y considerando que la demanda de energía está basada principalmente en energía eléctrica y térmica, es necesario un acercamiento conjunto a ambos tipos de demanda.

La mayoría de las tecnologías utilizadas actualmente están basadas en el aprovechamiento de la radiación solar y el viento para generar electricidad y posteriormente transformarla en función de las necesidades de la demanda. No obstante ambos recursos son variables en el tiempo, por lo que para su implantación mayoritaria en el sistema energético nacional es necesario desarrollar tecnologías capaces de permitir la gestión de las fuentes renovables a través de sistemas de almacenamiento, no sólo en el corto plazo, sino también a medio (semanas) y largo plazo (meses), y ampliar la hibridación a otras fuentes renovables de amplia distribución como la geotermia somera o la aerotermia.

Se deben desarrollar sistemas híbridos de generación de energía térmica y eléctrica que permitan un almacenamiento a medio y largo plazo, ya sea en forma térmica, mecánica o química, que sirvan como elementos de reserva y permitan la gestión efectiva de la generación tanto eléctrica como térmica. Estos sistemas podrán ser considerados en diferentes rangos de utilización para procesos de climatización, agua caliente sanitaria en edificios, o conexión a redes de distribución eléctricas y/o térmicas.

Fomentar la hibridación de tecnologías renovables presenta ventajas en tecnologías que se complementan por sus características. Desarrollar sistemas híbridos en los que se complementen energías, como la geotérmica, fotovoltaica, solar térmica, biomasa, mejorará la eficiencia de los sistemas y contribuirá a acelerar la descarbonización de las ciudades.

Los sistemas híbridos pueden generar energía eléctrica y térmica de forma combinada, así como proporcionar energía eléctrica en los momentos del día en los que no hay generación a partir del recurso solar. La hibridación de la geotermia con otras tecnologías renovables podría suponer la reducción de la inversión de capital y la consecución de proyectos de generación renovable híbridos 100% gestionables que produzcan energía eléctrica de manera continua. El reto tecnológico se encuentra en la integración del fluido geotérmico como fluido base para otras tecnologías, así como el reemplazamiento y o complementariedad de estos fluidos con los sistemas de almacenamiento y acumulación de energía.



4.4. Geotermia

En 2022, la climatización y el agua caliente sanitaria representaron el 61% de la energía final consumida por el sector residencial en España⁵, mientras que en Europa representaron el 78,4% de la energía final consumida y sólo el 22,6% del total procedía de fuentes renovables⁶. En este contexto, la geotermia se posiciona como una fuente de energía renovable tecnológicamente madura, adecuada para descarbonizar el sector residencial y alcanzar el objetivo de neutralidad climática establecido en el Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de junio de 2021 por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática⁷.

La geotermia es una fuente de energía sostenible que aprovecha la energía almacenada bajo la superficie terrestre para generar energía térmica, tanto para calefacción como para refrigeración, y energía eléctrica. Según la temperatura del recurso geotérmico, estos se clasifican en recursos geotérmicos de alta entalpía (temperatura superior a 150 °C), de media entalpía (entre 150 y 100 °C), de baja entalpía (entre 30 y 100 °C), y de muy baja entalpía o somera (menos de 30 °C).

Es una fuente de energía térmica renovable y altamente eficiente para todo tipo de edificios e industrias. La descarbonización de nuestras ciudades, municipios, y del sector secundario es fundamental al permanecer los usos térmicos energéticos excesivamente dependientes de combustibles fósiles que importamos (negativo para el cambio climático y nuestra autonomía energética) en nuestro país. La geotermia, bien mediante el uso directo del recurso como su aprovechamiento mediante bomba de calor (sistema de geointercambio), garantiza la generación de energía térmica renovable (tanto en forma de calor como frío) apta para edificios e industrias las 24 horas del día y los 365 días al año. Esta generación de energía térmica además puede combinarse con almacenamiento térmico en el terreno.

Los sistemas de geointercambio están basados en un intercambiador geotérmico (sistema de captación localizado en el subsuelo) conectado a una bomba de calor. El circuito de intercambio geotérmico capta la energía del subsuelo a una temperatura relativamente baja. Mediante el uso de una bomba de calor se incrementa la temperatura hasta el nivel requerido por el uso. En verano el proceso se invierte inyectando en la tierra el calor procedente de la refrigeración. También pueden integrarse en los forjados de los edificios en construcción, lo que se denomina cimentaciones termo-activas.

El rendimiento estacional (SPF) de un sistema de intercambio geotérmico con bomba de calor bien diseñado y operado alcanza un valor -como mínimo- en torno a 4, es decir, por cada unidad de energía eléctrica que usa el sistema geotérmico, se obtienen 4 o más unidades de energía final en forma de calor o frío. Estos valores pueden incrementarse sustancialmente en el supuesto de que existan demandas simultáneas de frío y calor para cubrir.

En función del aprovechamiento de energía renovable que logra, la alta eficiencia del sistema, la reducción de emisiones y otras fortalezas ambientales, los sistemas de intercambio geotérmico han sido calificados (EPA 1993) como la tecnología de climatización de espacios más eficiente y menos contaminante por lo que se le puede atribuir la condición de Mejor Técnica Disponible.

⁵ Consumo por usos del sector Residencial, Evolución 2010-2022, IDAE. <https://informesweb.idae.es/consumo-usos-residencial/informe.php>

⁶ Consumo de energía en los hogares, 2022, Eurostat. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households&action=statexp-seat&lang=es

⁷ Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de junio de 2021 por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática. <https://www.boe.es/doue/2021/243/L00001-00017.pdf>



La energía geotérmica presenta extraordinarias características que la convierten en una energía renovable fiable, competitiva y altamente eficiente, gestionable y con capacidad de aportar carga base verde, todos ellos activos clave para la transición energética de España.

La incorporación de un sistema geotérmico de baja entalpía dotará a la edificación de climatización (calefacción y refrigeración) y agua caliente sanitaria (ACS) con elevados valores de eficiencia energética y una considerable reducción de las emisiones de CO₂. Se trata de un sistema de climatización que puede instalarse tanto en nuevas edificaciones como en rehabilitación. No genera impacto visual alguno (por lo que es ideal para edificios históricos) y no ocupa las cubiertas de los edificios (lo que facilita la comercialización de áticos). Reduce los ruidos asociados y elimina las molestias por esta causa y por los reflujos de aires que provocan las tecnologías convencionales.

Además, cabe destacar la mejora en términos de certificación energética que confiere al edificio el sistema energético, aspecto muy importante puesto que, según el Código Técnico de la Edificación, dicha certificación es absolutamente obligatoria y dota a la instalación de un valor añadido importante. Las instalaciones geotérmicas ahorran entre un 40 y un 70% en la factura energética.

Toda la instalación se encuentra situada en el mismo plano de cimentación del edificio, no existiendo ninguna afección a los servicios de la parcela ni disminuyendo los metros cuadrados de edificación. Desaparecen los elementos externos en fachadas y cubiertas, consiguiendo una total integración arquitectónica con el entorno.

Sin embargo, la energía geotérmica para generación térmica se enfrenta los siguientes retos tecnológicos para una mayor implantación⁸:



Reducir los costes de ejecución de los circuitos

La reducción de los costes de ejecución es un elemento clave para la progresión de la tecnología al ser el coste de la inversión inicial la principal barrera que dificulta el desarrollo de esta tecnología. Se presentan importantes diferencias en función de la tipología de circuito seleccionada y de las características del terreno existente. Los elementos básicos de los circuitos cerrados de intercambio son el intercambiador, las conducciones y los colectores de distribución. La parte principal del coste corresponde al intercambiador cuyos elementos básicos son la perforación o excavación, la tubería de intercambio y el relleno.

En cuanto a los costes de perforación, los trabajos de perforación suponen entre 30 y el 60% de los costes totales de instalación. Reducir los costes de gestión de lodos y detritus incrementará notablemente la productividad de los equipos, así como reducir los consumos energéticos de los equipos de perforación y auxiliares, especialmente los compresores, puede ayudar a superar esta barrera.

Con el objetivo de reducir los costes de perforación en edificios de nueva construcción es estratégico implementar cimentaciones termo-activas -termo activar pilotes, muros pantalla, cimentaciones-. En la actualidad es una de las tecnologías más empleadas para calentar y refrigerar edificios de grandes dimensiones. Ofrece, como ventajas, un considerable ahorro, al desarrollarse de forma conjunta los proyectos de climatización y de construcción, y de espacio, al situarse todo el circuito de intercambio debajo del edificio a climatizar.

⁸ Agenda Estratégica de Investigación, GEOPLAT, 2011.
<https://www.geoplat.org/download/6046/?tmstv=1725276698>



Asimismo, es necesario investigar en tecnologías de perforación horizontal dirigida, ya que pueden tener un importante desarrollo, especialmente en proyectos de rehabilitación de edificios. Del mismo modo, la oportunidad de perforar un gran número de sondeos en zonas urbanas ya consolidadas con escasos espacios y limitaciones de gálibo va a suponer un importante reto para el desarrollo de equipos compactos con una alta productividad y capacidad para realizar el trabajo en costes competitivos.



Mejorar los métodos de evaluación del terreno e incremento de la productividad de los sondeos y campos de sondeos, así como de los sistemas de intercambio con el terreno

Los métodos clásicos de evaluación geológica e hidrogeológica se hallan muy poco extendidos dentro del sector en España. Con frecuencia se confía únicamente en la realización del test de respuesta térmica (TRT) que proporciona un valioso dato para el dimensionamiento, pero está lejos de abarcar el escenario en su conjunto. La creación de bases online de cartografía, el registro y la monitorización de instalaciones y la consecución de alternativas de menor coste que el TRT, con suficiente fiabilidad, tienen un interesante potencial de desarrollo.

4.5. Biocircularidad y biometano

Las ciudades, como epicentros de actividad humana y económica, se enfrentan a un desafío creciente en la gestión de residuos orgánicos. El aumento de la población urbana ha llevado consigo un incremento de la generación de residuos, lo que plantea problemas ambientales y logísticos. Los residuos orgánicos constituyen una parte significativa de los desechos municipales, por lo que una adecuada gestión y tratamiento de estos se antoja fundamental para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el desperdicio de recursos. En este sentido, la biocircularidad ofrece innumerables ventajas al aprovechar el infinito potencial de generación de gases renovables que subyace bajo la correcta gestión de los residuos orgánicos.

La biocircularidad es la parte renovable de la economía circular, es la economía circular de base biológica. Si bien la economía circular consiste en cerrar ciclos productivos convirtiendo sus residuos en recursos (reutilizando, reciclando, valorizando), cuando estos residuos o subproductos de procesos productivos son de base biológica (formados por materia orgánica), se consideran renovables debido a su potencial para generar gases biogénicos como el biogás o el biometano.

El biogás es un gas renovable sostenible que puede emplearse para descarbonizar la calefacción en el sector residencial, previa conversión y purificación a biometano. Una de las tecnologías más desarrolladas para obtener biogás es la biodigestión o digestión anaerobia de residuos orgánicos, especialmente residuos agroalimentarios y municipales. El proceso de biodigestión⁹ puede ocurrir de manera forzada en digestores anaerobios, o de manera natural por la desgasificación de vertederos de residuos sólidos urbanos.

⁹ De Gregorio, M. (2016). Valorización energética de biomásas en el marco de la política energética española. Incentivos económico-financieros y políticos, aportación de valor añadido y prospectiva estratégica de desarrollo. Universidad Politécnica de Madrid.



A través de la digestión anaerobia, la materia orgánica se degrada por la acción de una serie de microorganismos (bacterias metanogénicas), en ausencia de oxígeno y bajo condiciones adecuadas de temperatura, obteniendo un compuesto gaseoso conocido como biogás, compuesto principalmente por metano, dióxido de carbono, hidrógeno, ácido sulfhídrico, etc.

El biogás resultante se somete a un proceso de depuración y concentración denominado *upgrading*¹⁰, mediante el cual se aumenta la concentración de metano del 50%-70% que contiene de media el biogás, hasta superar el 95% de metano, lo que pasa a denominarse biometano. Al mismo tiempo, se eliminan las impurezas presentes en el biogás (CO₂, H₂, microorganismos, etc.) obteniendo un biometano cuyas características fisicoquímicas y de calidad son asimilables al gas natural, pero siendo 100% renovable.

El hecho de ser químicamente idéntico al gas natural otorga al biometano no sólo la capacidad de ser inyectable en la red de gas natural nacional sin necesidad de tener que añadir infraestructuras adicionales, sino que también es totalmente compatible con las calderas de gas natural ya instaladas en el parque de viviendas de las ciudades españolas. Esto hace del biometano un vector energético estratégico para la descarbonización directa y una oportunidad única para desfosilizar el sector residencial.

En este contexto, la biocircularidad emerge como una herramienta fundamental para maximizar el aprovechamiento de recursos y minimizar su impacto ambiental. La transformación del modelo económico lineal, en el que los recursos se extraen, se utilizan y finalmente se desechan, hacia un modelo de economía circular donde los recursos, materiales y productos se mantienen durante el mayor tiempo posible en la economía a través de estrategias de reutilización, reparación, reciclaje y valorización, supone cambio paradigmático en la forma en que producimos y consumimos bienes y servicios, alineado con el Plan de Acción Europeo para la Economía Circular.¹¹

Para lograr la sustitución progresiva de gas natural de origen fósil por biometano de origen renovable, se deben explorar tecnologías de pretratamiento innovadoras para la fracción biodegradable de los residuos municipales, dirigidas a optimizar los procesos que intervienen en la digestión anaerobia, así como desarrollar aditivos y biocatalizadores que mejoren el rendimiento de producción de CH₄ y den estabilidad al proceso de biodigestión.

También es necesario reducir el consumo energético del *upgrading* del biogás y optimizar sus costes. Actualmente las tecnologías fisicoquímicas dominan el mercado de *upgrading* a pesar de los elevados costes que requieren. Es indispensable disminuir los costes de operación (OPEX) y los costes de capital (CAPEX) de las tecnologías de *upgrading* fisicoquímicas y, al mismo tiempo, escalar las tecnologías de *upgrading* biológicas, como el *upgrading* fotosintético o el *upgrading* hidrógeno trófico.

Por otra parte, la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, establece en su artículo 26 los objetivos de preparación para la reutilización, reciclado y valorización. De acuerdo con los objetivos establecidos, en 2030 se destinará a la preparación para la reutilización y el reciclado un mínimo del 60% en peso de los residuos municipales. Además, de acuerdo con el anexo VIII de la citada ley, la cantidad de residuos municipales biodegradables que se someta a tratamiento aerobio o anaerobio podrá contabilizarse como reciclada cuando ese tratamiento genere compost o digerido. No obstante, a partir del 1 de enero de 2027, sólo se podrán contabilizar como reciclados los biorresiduos municipales que hayan sido recogidos de forma separada o separados en origen, y se sometan posteriormente a un tratamiento aerobio o anaerobio.

¹⁰ BIOPLAT. Agenda Estratégica de Investigación e Innovación del sector español de la Biomasa y la Bioeconomía (2020). <https://bioplat.org/download/9349/?tmstv=1723484708>.

¹¹ Comisión Europea, Dirección General de Comunicación, *Plan de acción para la economía circular: por una Europa más limpia y más competitiva*, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/85740>



Asimismo, el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, incorpora los objetivos de reducción del vertido de residuos municipales establecidos en la Directiva (UE) 2018/850, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos. El mencionado Real Decreto establece que el 1 de enero de 2035 la cantidad (en peso) de residuos municipales vertidos se reducirá al 10% o menos del total de residuos municipales generados. Además, la cantidad total (en peso) de residuos municipales biodegradables destinados a vertedero no superará el 35% de la cantidad total de residuos municipales biodegradables generados en 1995.

Para cumplir con estos objetivos, se requerirá inversiones en infraestructuras, educación ciudadana y optimización de los procesos de recogida y gestión de residuos a nivel local y regional, al mismo tiempo que las propias entidades locales apuestan por la biodigestión como tecnología de reciclado de biorresiduos, lo cual impulsará la generación y utilización de biometano.

4.6. Energía solar térmica

En el sector solar térmica, donde se estima que puede haber cerca de un millón de instalaciones que aportan alrededor de 5 GWht, la innovación ha ido proponiendo soluciones cada vez más innovadoras y especialmente eficaces (superficies selectivas, *drain back*, tubos de vacío, etc.) en la conversión de la radiación solar en calor útil, alcanzado niveles crecientes de calidad e incrementando su uso de manera continuada.

Aspectos como la dependencia tecnológica y energética, se están valorando de manera diferencial o el carácter autóctono y distribuido de la misma; por lo que el conjunto de energías renovables se ha convertido en aladid de la lucha contra el cambio climático, derivado del uso de recursos fósiles. En este panorama de innovación abierta y continua del sector energético renovable, y en particular en el de la solar térmica, se trabaja en diversos campos, destacando aquí algunos como la digitalización integral de los sistemas y la hibridación de fuentes energéticas renovables.

Digitalización

La digitalización masiva ha llegado a los equipos e instalaciones energéticas distribuidas (p.ej., más de 20 millones de contadores de consumos eléctricos y, del mismo orden, terminales accesibles desde la red de 5G), por la capacidad de generar beneficios adicionales (ajuste al precio, seguridad, etc.) esto es gestionar el precio de los consumos energéticos. La reducción drástica de precios de estos equipos digitales de regulación y control, que permiten analizar en tiempo real y a más largo plazo, ha avanzado de forma exponencial y el sector se beneficia de ello. Y estas tecnologías de gestión de datos (*datalogger* con gran capacidad de almacenamiento e interconexión con las redes digitales), se van a beneficiar en sentido amplio en el sector de la solar térmica, básicamente distribuidos y masivos.

En concreto, medir y gestionar datos masivos (del orden de cientos de miles) de forma centralizada da la oportunidad de hacer un seguimiento centralizado del funcionamiento (operación y mantenimiento) de cada instalación reduciendo el coste individual, pero permitiendo hacer análisis globales como el que se propone. En concreto, tal sistema aportaría información certificable (similar a los CAE) para que las instalaciones tuvieran una valoración medible de los beneficios que induce a la transición energética este tipo de generación térmica renovable. Cada tep producido tendría un valor estratégico ligado al mercado energético y de emisiones.



La propuesta de hoja de ruta se plasma en la siguiente ilustración.

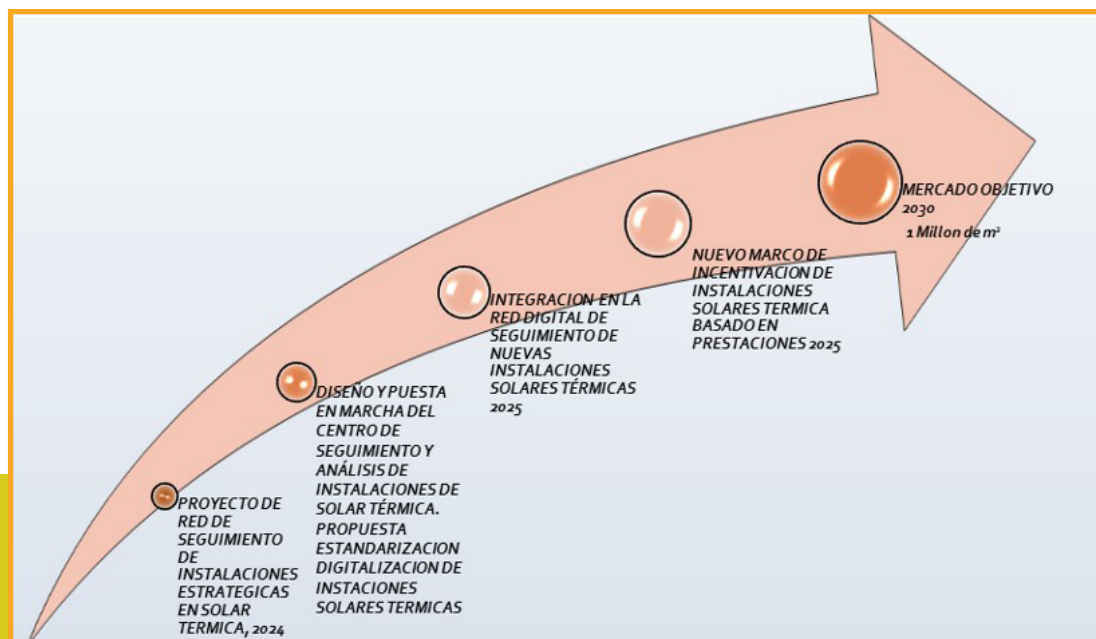


Ilustración 3. Hoja de ruta de la digitalización de la energía solar térmica.

Reciclaje

Finalmente, y, aunque el sector tiene una altísima capacidad de reciclaje de componentes y sistemas, se destacan los esfuerzos que se llevan a cabo en relación al reciclado integral en equipos y componentes, soslayando alternativas que podrían inducir reducción de costes pero que reducirían esa capacidad global de reciclaje.

5.



RETOS DE INNOVACIÓN





5.1. Industrialización y rehabilitación

En el ámbito de la construcción el proceso de ejecución de un edificio apenas ha evolucionado. En este sentido, la problemática social de escasez de vivienda y la ineficiencia energética del parque edificatorio existente marcan los ámbitos en los que se debería desarrollar la innovación.

La **industrialización y la rehabilitación** de los edificios pretenden dar respuesta a estas necesidades y plantean importantes retos tecnológicos que hasta ahora eran difíciles de acometer. Sin embargo, actualmente, ya se dispone de la capacidad tecnológica, del potencial desarrollo de nuevos materiales y del capital humano que posibilitan abordar estos desafíos.

La industrialización en edificación consiste en realizar algunos procesos constructivos de forma paralela a las actividades realizadas in situ (p-ej.: hacer en fábrica las fachadas mientras en el solar se realiza el movimiento de tierras). Al dejar de ser secuencial y pasar a solapar estas actividades, se cambia radicalmente el proceso: se disminuye el ciclo de producto y el riesgo de negocio.

Los obstáculos a una implementación de la industrialización de forma más decidida son: culturales (aunque ha mejorado su imagen, todavía algunos clientes la asocian a grandes desarrollos prefabricados de antaño de calidad dudosa); precio (la construcción industrializada en España se justifica para edificios que se pondrán en alquiler, pero para los demás puede resultar más caro); y motivos tecnológicos (no existía el software para gestión de procesos de esta complejidad). Además, a la hora de que la industrialización tenga éxito, es fundamental pensar previamente cómo integrar los elementos industrializados en la dinámica de la obra y no, como habitualmente pasa, imponerlo en un proyecto que se concibió de forma tradicional generando un proceso caótico y poco eficiente.

Por otro lado, las ventajas de cambiar de la construcción convencional y pasar a integrar, progresivamente, soluciones industrializadas son varias: mayor seguridad (que es un aspecto de gran valor en obra), mayor sostenibilidad (porque se generan menos residuos); mayor calidad (el producto tiene mejores acabados por lo que hay menos incidencias de post venta), y, la principal ventaja, la reducción del tiempo en la ejecución de la obra. Además, al crear industria, se evita el carácter itinerante de las obras y la migración de un capital intelectual difícil de retener. De este modo, no solo se mejoran las condiciones laborales atrayendo a colectivos habitualmente resistentes (como mujeres y jóvenes), sino que se crean espacios de innovación y de creación de riqueza para la región.

Se trata de una innovación de proceso que exige el desarrollo de tecnología que permita garantizar la trazabilidad desde la fábrica a la obra, conectando agentes de la edificación que, de otro modo, se quedarán en silos comunicados.

La digitalización es clave para la eficiencia y la mejora continua en la edificación. La arquitectura generativa o tecnologías como el *Building Information Modeling* (BIM), la automatización y la gestión inteligente de datos impulsan la innovación en este sector. Esto permite una mayor precisión en la planificación y ejecución de proyectos, así como una mejor gestión de la información y una mayor colaboración entre los diferentes actores involucrados.



De igual modo, el desarrollo de nuevos materiales representa una oportunidad para integrar en los componentes industrializados innovación que mejoren: la seguridad (contra incendios, por ejemplo); la eficiencia energética (en envolventes/cubierta; en vidrios/ventanas); la economía circular (elementos desmontables al final de la vida útil del edificio); el peso del edificio (menor necesidad de hormigón para la estructura y menos CO₂); el espesor de los elementos (una fachada más estrecha y que cumpla con el CTE permite más superficie útil); el aislamiento acústico.

A modo de ejemplo, algunos desarrollos en esta área:

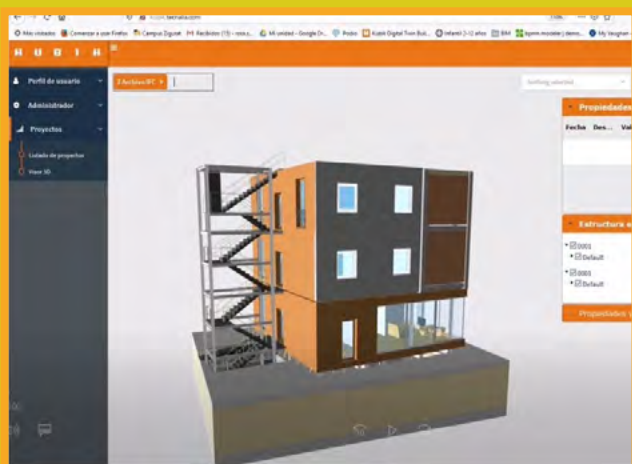
Ilustración 4.



Robot para instalación de fachadas
(en este caso un muro cortina).



Envolvente activa. Muro cortina de doble
envolvente para el precalentamiento del aire
de ventilación de un edificio



Software de configuración y gestión
de fachadas.



Sistema industrializado Plug&Play de
rehabilitación de fachadas
(imágenes cedidas por TECNALIA)



De acuerdo con la Estrategia de rehabilitación en España, los principales problemas del parque de edificios existente son: accesibilidad, estado de conservación, eficiencia energética. En este sentido, a la hora de disminuir el impacto energético del edificio se debe actuar en los siguientes aspectos:

- Fomentar un uso racional de la energía en el edificio. Esto se consigue con la sensibilización del usuario (instalación de contadores y mejores prácticas de uso).
- Reducir la demanda energética actuando en la envolvente (aislamiento exterior o interior; carpinterías exteriores (térmico y ruido); cubiertas).
- Mejorar la eficiencia energética de los sistemas del edificio.
- Introducir energías renovables (aerotermia, fotovoltaica, geotermia).

Importante referir que se debe seguir este orden. Es decir, carece de sentido introducir sistemas más eficientes (3) si previamente no se ha mejorado el aislamiento del edificio (2).

Es en el punto 2, probablemente el más crítico de todos ellos, donde se deben desarrollar soluciones que permitan aumentar el aislamiento (y, como consecuencia, disminuir la emisión de GEI, a la vez que garantizando la seguridad contra incendio. Dichas soluciones deberán ser poco invasivas ya que muchas tendrán que realizarse con los residentes viviendo en el inmueble. Aquí las soluciones industrializadas pueden tener ventajas en tiempos de colocación y menos incomodidad para el usuario final.

Si bien el aspecto energético de la rehabilitación es muy urgente, es también importante recordar que la rehabilitación debe tratar temas de accesibilidad y estado de conservación del inmueble. Esto conduce a que, para llevar a cabo el proyecto con éxito, son necesarios diagnósticos realizados con tecnologías punteras que despejen las incógnitas del edificio existente: cámaras termográficas, escáneres láser, fotogrametrías, la digitalización con planos 3D de lo construido para poder trabajarlo asistido por ordenador con todos los parámetros necesarios para recuperar la funcionalidad perdida, para rehabilitar.

Por último, combinar la industrialización y la rehabilitación exige entender que en la rehabilitación es todavía más crítico el encaje de todas las piezas desde el momento inicial. Las restricciones de un inmueble ya construido dan muy poco margen de libertad para cambios de rumbo o improvisaciones y exigen una ingeniería de procesos clara e integradora de todas las actuaciones. Y, desde aquí, avanzar y adoptar sistemas industrializados flexibles que permitan resolver varias posibilidades en relación con lo detectado en el objeto de rehabilitación. Por tanto, como sector surge un reto aún mayor: conjugar la precisión de los sistemas industrializados con los miles de realidades de cada edificio, y no solo de cada edificio, sino de cada esquina, cada encuentro, cada uso.



5.2. Redes de calor y frío de baja y muy baja temperatura

Con el objetivo de la desfossilización de las ciudades en 2050, y una vez que se dispone de edificios nuevos o rehabilitados, de baja o casi nula demanda de energía, hay que poner a su disposición energía no generada con combustibles fósiles.

Las redes de calor y frío son sistemas de generación y distribución de energía térmica (calor y frío), que son muy populares en algunos países de Europa, y que pueden aportar muchas ventajas en todos los nuevos desarrollos urbanísticos, y también formar parte del abanico de soluciones en la rehabilitación de barrios.

Estas redes, que se deben combinar con elementos de emisión de calor en los edificios aptos para trabajar con temperaturas bajas (menores de 40-50 °C), permiten la utilización de fuentes de energía residual (por ejemplo de redes de aguas residuales y pluviales, centros de proceso de datos y comercios de alimentación) y energías renovables como la solar térmica o la geotermia somera, y el intercambio de calor entre los edificios que demandan calor y los que tienen un excedente de él casi todo el año (edificios comerciales y de oficinas).

Al mismo tiempo, es necesario desarrollar sistemas emisores de baja temperatura competitivos capaces de satisfacer las demandas energéticas de los edificios de forma óptima desde el punto de vista energético y económico. La temperatura de impulsión que necesitan los sistemas emisores convencionales para la adecuada efectividad de su operación establece un condicionante importante ante la posibilidad de desarrollar una instalación de climatización geotérmica. Las instalaciones geotérmicas utilizan una tecnología de baja temperatura para la distribución del calor, mientras que el grueso de la edificación que se ha realizado hasta hace unos años basa los emisores en radiadores de alta temperatura, radiadores que están emitiendo a 80 °C y a 60 °C. Esas temperaturas están fuera del rango de cobertura de un sistema geotérmico con bomba de calor. La geotermia está ligada a sistemas de emisores de baja temperatura: suelos radiantes, zócalos radiantes, fancoils (ventilo-convectores), es decir, sistemas que van a enviar el agua en calefacción a un máximo de 45/50 °C. Ese rango de temperaturas es aquel en el que las ventajas económicas de la geotermia somera son mayores.

Las redes urbanas de climatización de quinta generación con geotermia presentan grandes ventajas en términos de integración de recursos de baja temperatura, intercambio bidireccional frío y calor, flujos de energía descentralizados y posible compartición de energía. Se prioriza la recuperación o intercambio de calor entre los propios edificios implicados y la fuente de energía de base es la energía geotérmica; una fuente renovable limpia, estable y disponible en el subsuelo en todo el territorio los 365 días del año y las 24h del día.

Además de la mera desfossilización de la demanda de energía, estas redes permiten reducir las instalaciones de calor y frío domésticas, liberando espacio de vivienda, del soporte técnico que requieren los generadores de calor y frío a nivel vivienda o edificio, pero permiten la individualidad en la cantidad y momento en que cada usuario consume la energía que necesita.

Por otra parte, las redes térmicas permiten reducir la necesidad de ampliar y reforzar las redes eléctricas que se prevé muy exigente para poder electrificar muchos usos urbanos (climatización y movilidad) en las ciudades. Las redes térmicas, reducen la demanda de electricidad para climatización, y además pueden servir de tampón para absorber excedentes puntuales de generación eléctrica, que no se pueda evacuar.

Existe tecnología madura para desplegar masivamente estas redes, y lo que se hace necesario es el desarrollo de una hoja de ruta nacional, que contemple la planificación a nivel de cada municipio de este tipo de sistemas y que se la solución por defecto, salvo que se justifique una alternativa de menor emisión asociada de GEI.



Con el objetivo de implantar redes de calor y frío y contribuir a la descarbonización de los distintos sectores de la economía, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) llevó a cabo la primera convocatoria de los programas de incentivos a proyectos de redes de calor y frío que utilicen fuentes de energía renovable que repartió más de 35,5 millones de € entre 23 proyectos.

Así mismo, hay que atraer la inversión privada y para ello es necesario facilitar los procedimientos administrativos y las concesiones de uso de espacio público, incluso la cesión de éstos por los ayuntamientos.

5.3. Digitalización de la energía térmica y comunidades energéticas

Los beneficios de la digitalización son muy variados y benefician a diferentes actores:

- Al ciudadano, pues le da el poder de gestionar sus necesidades energéticas en los edificios, y las interfaces se lo deben permitir sin necesidad de tener profundos conocimientos técnicos.
- Facilita el desarrollo y la explotación integrada de las redes de energía (eléctrica, gas renovable, calor y frío).
- Las comunidades energéticas podrían prestar servicios de almacenamiento y flexibilidad, y así colaborar en la gestión de la red.
- Las redes de frío y calor pueden adoptar y beneficiarse de muchos de los avances en todos los campos que se han desarrollado con la digitalización de las redes eléctricas.

En este ámbito, las ciudades, los barrios y los edificios afrontan importantes retos de innovación en el camino hacia los objetivos de 2050:

- Integración de la operación de las redes eléctricas y térmicas para que se apoyen mutuamente y que los sobredimensionados sean los mínimos y los costes de crecimiento de las redes sean los menores posibles.
- Crear y establecer los estándares de comunicación entre sistemas y los interfaces necesarios entre personas y sistemas.
- Sistemas de gestión, control, y almacenamiento para la generación y autoconsumo.
- Despliegue de los SRI (indicadores de disponibilidad de los edificios para dotarlos de inteligencia): la importancia de cómo se va a desarrollar este indicador pensando en el edificio de 2050.



5.4. Lucha contra el efecto “Isla de Calor”

Uno de los problemas más graves a los que se enfrentan las ciudades españolas, no solo las de clima más cálido, es la dificultad en la disipación del calor, tanto el captado de forma natural, como el generado en las ciudades como resultado del uso de la energía importada.

Se conocen las formas de luchar contra este efecto y cómo evitarlo o reducirlo en los nuevos desarrollos urbanísticos, pero hay que cambiar las formas de planificar, desarrollar y rehabilitar barrios.

La innovación requerida pasa por los siguientes planteamientos, entre otros:

- Aprovechar las condiciones del emplazamiento de las ciudades (viento, corrientes subterráneas de agua) y de la vegetación, para reducir la demanda de refrigeración, y facilitar la disipación de calor.
- Diseñar de manera adecuada las ciudades y los edificios para reducir la demanda de climatización en general y de refrigeración en particular. Hacer edificios más eficientes y que faciliten la ventilación natural.
- Reducir las superficies con pavimentos duros e impermeables y la circulación de vehículos.
- Emplear redes de distrito utilizando preferentemente energías renovables y residuales.

5.5. Biocircularidad y biomateriales

El sector de edificios y construcción es, sin lugar a duda, el mayor emisor de gases de efecto invernadero, ya que es responsable de un 37% de las emisiones mundiales. La producción y el uso de materiales como el cemento, el acero y el aluminio conllevan una importante huella de carbono¹².

Es por ello, que existe una tendencia en el desarrollo de biomateriales o materiales de base biológica que ayuden a transformar y mejorar la sostenibilidad de este sector. Estos materiales de base biológica ofrecen beneficios ambientales significativos, como la reducción de la huella de carbono, así como un modelo de producción basado en la bioeconomía circular.

¹² United Nations Environment Programme and Yale Center for Ecosystems + Architecture, *Building Materials and the Climate: Constructing a New Future*. <https://www.unep.org/resources/report/building-materials-and-climate-constructing-new-future>



A medida que la industria de la construcción busca reducir su impacto ambiental, la investigación y desarrollo de nuevos biomateriales innovadores emerge como alternativa a los materiales de construcción tradicionales el cemento, plásticos, siliconas, etc. Por ello, es necesario:

- Desarrollar de nuevos biomateriales innovadores competitivos en precio, más sostenibles y económicamente viables, que cumplan con los requerimientos necesarios para realizar la función de los elementos constructivos y arquitectónicos de una edificación o de una construcción.
- Desarrollar procesos de fabricación que permitan la producción de biomateriales a gran escala al mismo tiempo que se crea una demanda paralela.
- Optimizar la resistencia y durabilidad de los biomateriales frente a condiciones extremas de temperatura, humedad, corrosión, etc. A medida que se avance en estos aspectos, los biomateriales no solo se vuelven más competitivos frente a los materiales tradicionales, sino que también ofrecen soluciones innovadoras y sostenibles.

5.6.

Electrificación de la maquinaria en el proceso de construcción: avances y desafíos a corto y medio plazo

El proceso de electrificación de la maquinaria en el sector de la construcción está en pleno desarrollo, impulsado por la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ y mejorar la eficiencia energética. Este cambio es crucial en la transición hacia una construcción más sostenible. La implementación de soluciones híbridas, como la combinación de generadores diésel con sistemas de baterías y fuentes renovables, ha demostrado reducir significativamente el consumo de combustible y las emisiones en los sitios de construcción. Además, los avances en tecnologías como las pilas de combustible de hidrógeno están comenzando a aplicarse en maquinaria pesada, lo que representa una alternativa viable para reducir la dependencia de combustibles fósiles. Estos esfuerzos no solo buscan cumplir con las regulaciones medioambientales, sino que también ofrecen ahorros operacionales a mediano y largo plazo, posicionando al sector en el camino hacia la descarbonización.

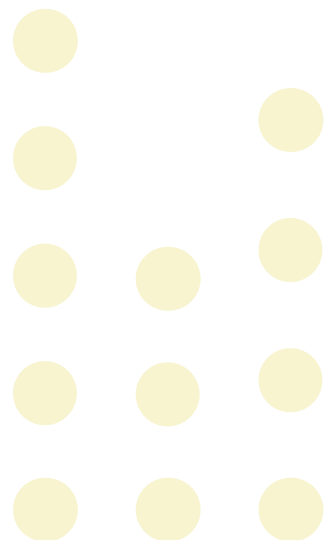
Un ejemplo destacado en esta transición es el caso de ACCIONA, que ha implementado grupos electrógenos basados en pilas de combustible de hidrógeno en varios proyectos. En 2022, llevaron a cabo la primera experiencia piloto mundial de una grúa torre alimentada por un generador de energía cero emisiones, impulsado por hidrógeno, en una obra en Donostia. Esta tecnología permitió ahorrar 1.400 litros de combustible y evitar la emisión de 4,2 toneladas de CO₂ durante su operación. Además, en el Puente Centenario en Sevilla, sustituyeron un grupo diésel de 100 kVA por un generador de hidrógeno, lo que resultó en un ahorro de 6.900 litros de combustible y la reducción de más de 20 toneladas de CO₂. Estos ejemplos muestran cómo el uso de hidrógeno y otras tecnologías sostenibles están revolucionando la maquinaria en el sector de la construcción, acercando la industria a sus objetivos de descarbonización.

A pesar de los avances, la electrificación de la maquinaria en el sector de la construcción enfrenta diversos retos. Uno de los principales desafíos es la disponibilidad y capacidad de las infraestructuras energéticas para suministrar electricidad o hidrógeno en los sitios de obra, lo que requiere inversiones significativas en redes de distribución y puntos de recarga. Además, el coste inicial de adquisición de equipos eléctricos o basados en hidrógeno es considerablemente más alto que el de la maquinaria convencional, lo que puede frenar su adopción. También es necesario el desarrollo de normativas claras y específicas que regulen el uso de tecnologías emergentes, como las pilas de combustible, garantizando la seguridad en los entornos de trabajo. Las empresas, por su parte, deben formar a sus trabajadores en el manejo de estas nuevas tecnologías y afrontar la incertidumbre tecnológica y logística, como el transporte y almacenamiento del hidrógeno, para garantizar la viabilidad y fiabilidad a largo plazo de estas soluciones sostenibles.

6.



TECNOLOGÍAS PRIORITARIAS





Sin ánimo de ser limitativos, los autores han seleccionado algunas tecnologías que deben ser mejoradas para facilitar la transición hacia la desfosilización energética de edificios y que, por tanto, deberían ser objeto de apoyo público especial para acelerar el proceso de transición.



Bombas de calor

Estas máquinas térmicas (ya sean de compresión mecánica o absorción o adsorción) deben ser optimizadas para conseguir una reducción de costes que permita acceder a ellas a las familias menos pudientes y desplazar así los combustibles fósiles de la climatización de los edificios; desarrollar diseños más compactos que faciliten la integración en las viviendas sin requerir más espacio que el que ocupe el generador sustituido; y mejorar de la eficiencia en aplicaciones, especialmente en el caso de la recuperación de calor de baja y muy baja temperatura.



Gestión inteligente de la demanda

Es preciso facilitar la gestión de la energía al consumidor (sea doméstico o institucional). Por es necesario desarrollar sistemas de fácil empleo para el usuario no especializado, que le permitan monitorizar, y controlar la gestión de la energía térmica de manera sencilla, y que a la vez sirvan de asistentes en mantenimiento predictivo, diagnóstico de averías y tele-reparación, basados información del estado de las redes de energía, la previsión meteorológica y las costumbres del usuario, basadas en Inteligencia Artificial.

Como parte de ese paquete de gestión, es también preciso el desarrollo de sistemas baratos y eficientes de almacenamiento térmico a nivel de vivienda o edificio por calor latente y por reacciones químicas.



Materiales ligeros aislantes e ignífugos a macro escala

Se destaca la importancia de desarrollar materiales ligeros que, potenciando la eficiencia energética del edificio (es decir, materiales aislantes para la envolvente – fachada y cubierta), sean, simultáneamente, ignífugos o de alta resistencia al fuego. Uno de los desafíos actuales es que, en muchos casos, las soluciones de asilamiento de fachada (solución arquitectónica y capas de materiales), si bien aislantes, ofrecen resistencias al fuego deficitarias.



Materiales ligeros sostenibles a macro escala

Muchas de la soluciones de materiales “ecológicos” que se proponen hoy en día (adobe, materiales orgánicos para fachadas – paja de arroz, etc.) son inviables para un promotor, en gran medida, por su espesor. Suelen ser soluciones que no se pueden aplicar en las fachadas de los edificios ya que merman de forma considerable la superficie del espacio interior resultante. Es decir, se deben desarrollar materiales a macro escala que aprovechen materiales desechados de otros ciclos productivos (economía circular) y que contribuyan a soluciones que cumplan las prestaciones del Código Técnico de la Edificación (CTE). Dichos materiales, además, deben siempre considerar la importancia de que la solución resultante tenga bajo volumen y peso para potenciar su adopción en los edificios en altura.



Redes de climatización geotérmicas de 5ª generación

El desarrollo de redes de climatización geotérmicas de quinta generación es esencial para descarbonizar de los usos térmicos (calefacción y refrigeración) de edificios y ciudades, al permitir la producción y distribución de calor y frío de manera eficiente. El cambio climático está provocando un progresivo aumento de la temperatura en las ciudades, lo que reduce la demanda de calefacción en los edificios, pero incrementa la de refrigeración, por lo que resulta esencial el diseño de redes urbanas de climatización que consideren tecnologías que puedan cubrir ambos aspectos simultáneamente.

Las redes de climatización de quinta generación basadas en geotermia utilizan energía descentralizada y operan a muy baja temperatura, lo que las hace notablemente más eficientes que sus predecesoras. Funcionan como un circuito cerrado que interconecta múltiples edificios, permitiendo el intercambio bidireccional de calor y frío entre ellos. Esta característica innovadora permite que los edificios actúen simultáneamente como consumidores y productores de energía térmica, optimizando el uso de recursos y minimizando el desperdicio energético.

La implementación de estas redes supone un impulso significativo hacia la sostenibilidad urbana. Sin embargo, su desarrollo enfrenta desafíos tecnológicos importantes, como la necesidad de desarrollar materiales y sistemas radiantes más eficientes que reduzcan al mínimo las pérdidas de energía. Paralelamente, se deben integrar tecnologías predictivas avanzadas para equilibrar la producción y la demanda. Para aprovechar plenamente el potencial de esta tecnología, es fundamental superar las barreras regulatorias actuales que dificultan la ejecución de redes de calor y frío e interconectar edificios existentes e incorporar su desarrollo en los planes de ordenación, lo que facilitará su implementación en los nuevos desarrollos urbanísticos.

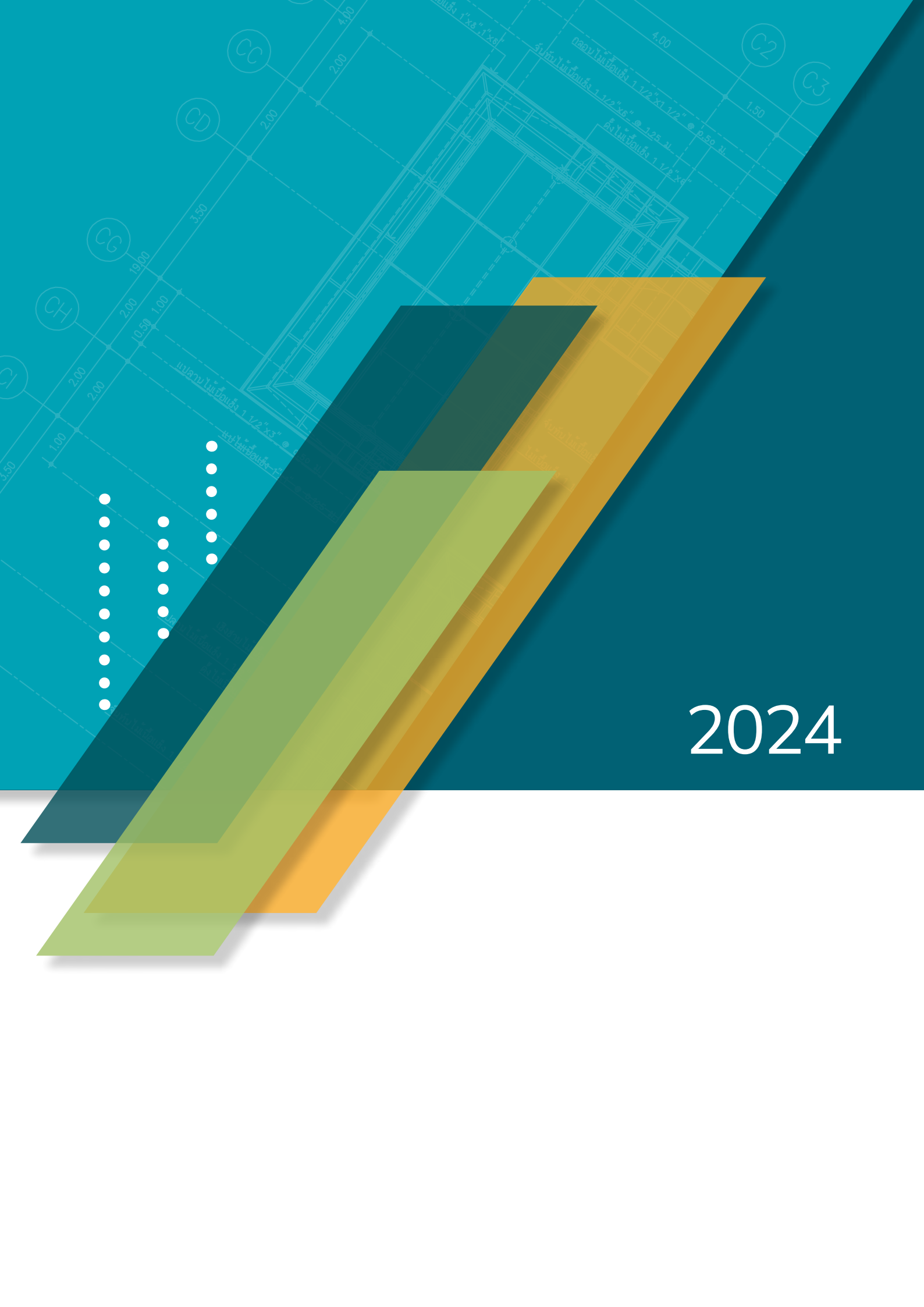
Inyección de biometano en la red de gas

Según la Comisión Europea, los edificios de la UE son responsables del 40% del consumo de energía y del 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero. El biometano se presenta como una alternativa renovable para descarbonizar el consumo de calefacción de edificios y hogares. Existe un importante potencial de recursos biomásicos (residuos municipales, agroindustriales y lodos de depuradoras) que pueden generar biogás, el cual, una vez depurado y concentrado mediante un proceso de *upgrading* para obtener biometano, es intercambiable con el gas natural, lo que supone una descarbonización directa, aprovechando las infraestructuras gasistas ya existentes. Esta versatilidad permite su aplicación en una amplia gama de sectores, desde procesos industriales de alta temperatura hasta calefacción doméstica.

La investigación y la innovación son fundamentales para promover tecnologías de biometano novedosas y competitivas que aumenten su producción, siendo necesario investigar también en la optimización de costes del *upgrading* del biogás para obtener biometano compatible con la inyección en la red gasista o para uso incrementando así la sostenibilidad del proceso.

Energía solar térmica

La energía solar térmica es una tecnología clave para avanzar hacia los edificios de consumo nulo. Es crucial fomentar su evolución para reducir los costes de implementación, haciendo posible que más hogares puedan beneficiarse de esta fuente renovable. Se deben desarrollar soluciones que se integren fácilmente en los espacios ya existentes, sin requerir modificaciones importantes en la estructura del edificio. Además, es necesario mejorar su rendimiento en condiciones de menor radiación solar, permitiendo una mayor utilización en áreas con climas fríos. Asimismo, es preciso seguir desarrollando la hibridación con otras fuentes renovables y avanzar en la digitalización de los sistemas.



2024