

---

# *La oportunidad de crear proyectos de ciudades inteligentes a escala municipal. Implementando un distrito de energía positiva en Zorrozaurre\**

La urgencia del cambio climático está demandando nuevos procesos de transición energética que acelerarán el desarrollo soluciones innovadoras. Este artículo propone una nueva metodología en tres pasos que acompañará procesos de transición energética. En primer lugar, el diseño de espacios urbanos de acuerdo al concepto de Distrito de Energía Positiva (PED) define un objetivo muy ambicioso que liderará el avance de nuevas perspectivas de desarrollo urbano. En segundo lugar, se propone el concepto de City Lab para el testeo y demostración de soluciones a escala real en ciudades de estructuras urbanas muy consolidadas. Por último, la transición energética está demandando nuevos mecanismos de gobernanza donde se combinen y armonicen estrategias de largo plazo con procesos participativos *bottom-up*. El proyecto europeo ATELIER – H2020 acelerará la demostración de esta nueva metodología en el PED de Zorrozaurre (Bilbao, Euskadi).

*Klima-aldaketaren larritasuna dela eta, energia-trantsizioko prozesu berriak behar dira, irtenbide berritzaileen garapena bizkortzeko. Artikulu honek hiru urratseko metodologia berria proposatzen du, energia-trantsizioko prozesuekin batera. Lehenik eta behin, Energia Positiboaren Barrutiaren (EPB) kontzeptuaren arabera hiri-espazioen diseinuak asmo handiko helburu bat definitzen du, hiri-garapenerako ikuspegi berrien aurrerapena gidatuko duena. Bigarrenik, City Lab kontzeptua proposatzen da garapen urbanoa oso finkatua duten hirietan eskala errealeko soluzioak probatu eta erakusteko. Azkenik, trantsizio energetikoak gobernantza-mekanismo berriak eskatzen ditu, epe luzeko estrategiak eta bottom-up parte-hartze prozesuak konbinatu eta bateratzeko. Europako ATELIER – H2020 proiektuak bizkortu egingo du metodologia berri horren erakustaldia Zorrozaurreko EPBn (Bilbao, Euskadi).*

The urgency of climate change is demanding new urban energy transition processes that will be accelerated by the implementation of innovative urban solutions. This paper proposes a three-step methodology to encompass the energy transition in cities. Firstly, the design of urban spaces in accordance to Positive Energy District (PED) concept is defining a very ambitious objective that will lead the development and implementation of innovative urban approaches. Secondly, the implementation of Urban City Labs is proposed for testing and demonstrating urban innovations at real scale as reasonable approach for consolidated urban landscapes. Thirdly, energy transition is demanding new governance mechanisms where top-down and bottom-up perspectives are continually combined and harmonized. ATELIER H2020 is accelerating the demonstration of this methodology at the recently defined PED in Zorrozaurre (Bilbao, Basque Country).

---

\* Traducción de la versión original en inglés.

---

**Cristina Martín, Tony Castillo-Calzadilla**

*DeustoTech, Universidad de Deusto*

**Kristina Zabala**

*Deusto Business School, Universidad de Deusto*

**Eneko Arrizabalaga, Patxi Hernández, Lara Mabe**

*TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA)*

**José Ramón López, Jesús M<sup>a</sup> Casado**

*EVE - Ente Vasco de la Energía*

**M<sup>a</sup> Nélide Santos, Jordán Guardo**

*Bilboko Udala - Ayuntamiento de Bilbao*

**Begoña Molinete**

*Cluster de Energía - Basque Energy Cluster*

123

---

## Índice

1. Introducción
2. Metodología
3. Estudio de caso
4. Resultados
5. Conclusiones e impacto de las políticas existentes

### Referencias bibliográficas

**Palabras clave:** distrito de energía positiva, ciudades inteligentes, city labs, gobernanza bidireccional, enfoques de colaboración *bottom-up*, metodología de cuádruple hélice.

**Keywords:** positive energy district, smart cities, city labs, two-way governance, bottom-up collaborative approaches, quadruple helix methodology.

**Nº de clasificación JEL:** O18, O21, O31, O35, O44

Fecha de entrada: 17/11/2020

Fecha de aceptación: 18/02/2021

---

---

**Agradecimientos:** Damos las gracias a nuestros colegas, por un lado, a Ainhoa Alonso-Vicario y Cruz E. Borges de Deusto Tech-Universidad de Deusto; y por otro, a Laura Baselga y Virginia Gómez de Deusto Business School-Universidad de Deusto, que aportaron conocimientos y experiencia que han sido de gran ayuda en esta investigación. Este artículo está basado en las perspectivas y experiencias del Ayuntamiento de la ciudad de Bilbao relativas a objetivos de descarbonización y desarrollo de nuevas estrategias para la transición energética. El proyecto ATELIER está cofinanciado por el Programa de la Comisión Europea Horizon 2020, según acuerdo de subvención No. 864374 y proporciona importantes mecanismos para acelerar los objetivos de Bilbao como ciudad y del País Vasco como región.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Europa cuenta con una estructura urbana fuertemente consolidada, que por lo general está vinculada a la historia del territorio, al paisaje y las condiciones medioambientales, y por supuesto, a los límites geográficos (González Medina y Fedeli, 2015). Muchas ciudades europeas tienen pocas oportunidades de poner a prueba o de ejecutar innovaciones urbanas a escala real que se puedan extender más allá de edificios individuales a nivel de distritos o de barrios. Al mismo tiempo, el mundo se ha vuelto cada vez más urbano, en el sentido de que la gran mayoría de la población vive en ciudades. Se calcula que el 54,5% de la población total mundial (7.400 millones de personas) vive en zonas urbanas y para el 2030 se espera que esta proporción aumente al 60% (Pérez *et al.*, 2019).

Las ciudades representan actualmente de forma aproximada dos tercios del consumo energético global y el 75% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>. Estas emisiones provocan un deterioro de la calidad del aire y aceleran el cambio climático, contribuyendo a efectos perjudiciales y generando un enorme estrés sobre las ciudades. La contaminación del aire provoca aproximadamente 4,2 millones de muertes prematuras en el mundo, mientras que más del 91% de la población mundial está expuesta a aire tóxico (Kusch-Brandt, 2019); (Petrillo *et al.*, 2016); (Castillo-Calzadilla *et al.*, 2018). Como consecuencia, en la última década se han establecido una serie de objetivos globales para reducir los gases de efecto invernadero y las emisiones contaminantes, con vistas a afrontar el cambio climático y garantizar una mejor calidad del aire en las ciudades. Entre ellos, se incluyen los objetivos fijados en el Acuerdo de París (Naciones Unidas, 2015) y más recientemente en el Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019a). El Pacto Verde Europeo proporciona un marco de mejora holístico para el uso eficaz de los recursos, favorecer una economía limpia y circular, disminuir el impacto ambiental y reducir la contaminación. El objetivo más inmediato es lograr la neutralidad climática en la UE para el año 2050. Se ha desarrollado el concepto de Ciudad Inteligente para aportar nuevas respuestas a la agenda europea.

Las ciudades inteligentes se están convirtiendo en una de las piedras angulares del esfuerzo por la neutralidad energética, la eficiencia de recursos y los altos estándares de bienestar (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2015). Pueden mejorar de manera importante el ahorro energético, cerrar el círculo de recursos (incluyendo materiales y agua) y promover estilos de vida más saludables, con espacios abiertos cada vez más abundantes y conectados a las infraestructuras clásicas. Se espera que las ciudades inteligentes y sostenibles sean una característica clave para lograr la transición energética y la eficiencia en el uso de los recursos en Europa. Las ciudades tienen el potencial de ofrecer importantes ahorros energéticos y un aumento de la eficiencia en el uso de los recursos, en armonía con la estética cultural del paisaje natural y urbano. Algunos avances tecnológicos y científicos —especialmente cuando están integrados entre sí— ofrecen un gran potencial de generar soluciones que pueden ayudar a que las ciudades sean lugares más sostenibles en los que vivir (Angelakoglou *et al.*, 2019).

Al mismo tiempo, el alcance de los proyectos sobre ciudades inteligentes y transición energética está aumentando, con un uso cada vez más creciente de términos como ‘distritos cero’, ‘edificios de energía cero’, ‘energía neta cero’ y ‘distritos energéticos cero’ (Charron, 2008); (Pandey *et al.*, 2015); (Cao, Dai y Liu, 2016); (Taherahmadi, Noorollahi y Panahi, 2020). En los últimos años ha aumentado la ambición que impulsa tales proyectos, y Europa es ahora pionera en definir Distritos de Energía Positiva como unidades fundamentales para el diseño y planificación de ciudades inteligentes. El concepto de Distrito de Energía Positiva (que todavía está en fase de desarrollo) entraña definir una serie de edificios interconectados que pueden alcanzar juntos un equilibrio energético positivo.

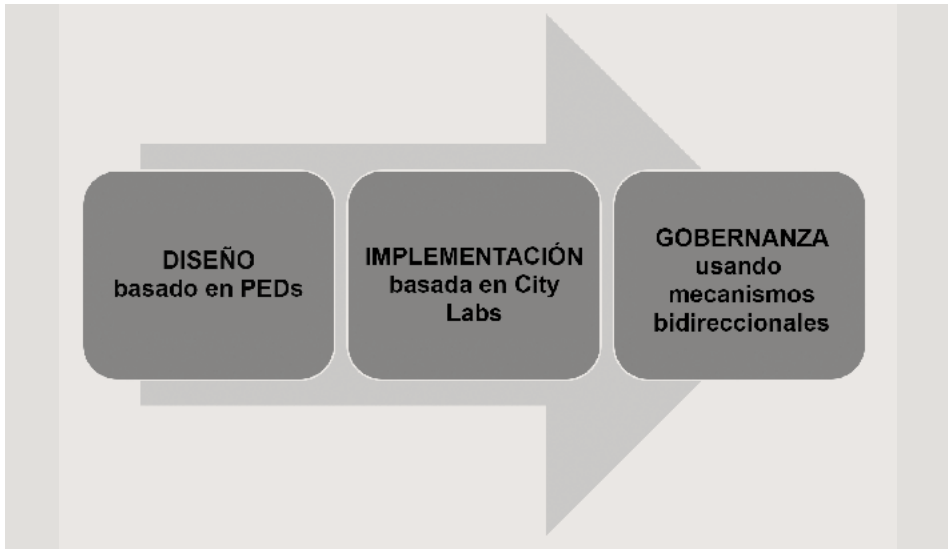
Esta evolución de los proyectos de ciudades inteligentes debe ir acompañada de la definición de nuevas estrategias de gobernanza. La gobernanza urbana es enormemente compleja, con un ecosistema de agencias y grupos de partes interesadas multinivel y multi-facetadas (por ejemplo, gobiernos locales, ciudadanos y planificadores urbanos), a menudo impulsados por intereses contrapuestos. Como resultado, las ciudades (inteligentes) requieren un sistema adecuado de gobernanza que conecte todas las fuerzas en acción, permita la transmisión de conocimientos y facilite la toma de decisiones con el fin de maximizar su rendimiento ambiental y socioeconómico (Ruhlandt, 2018).

El principal objetivo de este artículo es proponer un nuevo enfoque metodológico que guíe el diseño, la implementación y la gobernanza de las ciudades con vistas a liderar un proceso de transición energética. Este artículo contiene cuatro apartados principales. El apartado 1 presenta las principales preocupaciones y exigencias internacionales en el ámbito de PED, el apartado 2 define la principal propuesta metodológica que guiará a las ciudades del futuro en los procesos de transición energética. El apartado 3 analiza el caso de estudio presentando el proyecto ATELIER H2020 y la propuesta de Distrito de Energía Positiva en la isla de Zorrozaurre (Bilbao). El apartado 4 presenta los principales resultados, organizados de acuerdo con las tres etapas metodológicas. Por último, el apartado 5 expone las principales conclusiones de este estudio y ofrece *feedback* sobre las políticas existentes con vistas a inspirar iniciativas similares en el País Vasco.

## 2. METODOLOGÍA

Este artículo propone una nueva metodología que sienta las bases para la transformación de las ciudades y ayuda a cumplir con las estrategias de ciudad en este ámbito. La nueva metodología (Gráfico nº 1) comprende tres etapas principales para el diseño de nuevas áreas urbanas, la implementación de soluciones innovadoras y la gobernanza de ciudades que sitúa a los ciudadanos en el centro. Esta nueva metodología asume una calibración continua de las necesidades del ciudadano, que serán incluidas de forma natural y articuladas en todos los procesos de construcción de la ciudad:

Gráfico nº 1. **METODOLOGÍA EN TRES ETAPAS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LAS CIUDADES**



Fuente: Elaboración propia.

- **Diseño:** Diseños urbanos innovadores basados en la definición de Distritos de Energía Positiva. Los Distritos de Energía Positiva (PED) se definen como un grupo de edificios próximos y conectados que producen más energía de la necesaria, en términos de iluminación, calefacción, refrigeración y ventilación (ver apartado 4.1). El desafío en lo que concierne a eficiencia energética, uso de energías renovables e integración de sistemas y soluciones que permitan la flexibilidad energética es enorme, pero también necesario, teniendo en cuenta los efectos del cambio climático. Por otro lado, la definición de PED como unidad funcional principal para el desarrollo urbano es una idea prometedora, dado que los PED pueden funcionar como unidades operativas que sean completas (diseño de espacios abiertos, edificios, interacción de vecinos) y fácilmente repetibles en toda la ciudad.
- **Implementación:** Puesta a prueba y demostración de soluciones innovadoras en los City Labs. El despliegue de soluciones inteligentes e integradas en ciudades europeas es un objetivo exigente, dadas la consolidación de las áreas urbanas, la edad media de la población y los costes de inversión de las soluciones. Los Urban City Labs (ver apartado 4.2.1) se conciben como laboratorios urbanos en los que las soluciones innovadoras pueden ser desplegadas y puestas a prueba en entornos relativamente controlados debido a la escala, el número de personas afectadas o la situación geográfica de la zona. Esta metodología presenta City Labs de escalas dife-

rentes que van desde la escala edificio a la escala de ciudad, lo cual hace que la propuesta sea válida para cualquier ciudad, independientemente del grado de desarrollo urbano o de consolidación urbana.

- **Gobernanza:** Los programas de colaboración inteligente mantienen a las ciudades vivas y conectadas. El éxito de cualquier diseño o desarrollo urbano innovador estará relacionado en la medida en que los ciudadanos se involucren en todo el proceso de diseño, implementación y gobernanza de las áreas urbanas, es decir, necesitan convertirse en parte activa de la solución. Las ciudades necesitan combinar enfoques de colaboración *top-down* y *bottom-up* en los que se evalúen y analicen los objetivos estratégicos con respecto a perspectivas y sentimientos particulares. En este punto proponemos un mecanismo de gobernanza bidireccional (ver apartado 4.3) que ofrezca un enfoque flexible y completo en el que se puedan identificar fácilmente ¿dónde están las partes interesadas? ¿qué pueden hacer? y ¿cómo podrán proceder?

### 3. ESTUDIO DE CASO

ATELIER es una acción de innovación H2020 (acuerdo de subvención: N.º 864374) que pertenece al clúster de proyectos de innovación Smart City and Communities (SCC). La operativa de ATELIER comprende 30 socios de 11 países que colaborarán y trabajarán juntos durante un periodo de cinco (5) años. La acción cuenta con un presupuesto total de 21 millones de € que se utilizarán para implantar y validar nuevas metodologías, diseños urbanos y soluciones inteligentes que serán monitorizados y evaluados en aras a demostrar que los distritos de energía positiva (PED) son posibles.

#### 3.1. **Partenariado de ciudades y comunidades inteligentes**

ATELIER se fundó a raíz de la convocatoria abierta de SCC1 –Smart Cities and Communities (del programa H2020)– y se convirtió automáticamente en parte del European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities (EIP-SCC) (Smart City Expo World Congress, 2016). Esta iniciativa está apoyada por la Comisión Europea y reúne ciudades, industria, pymes, bancos, centros de investigación y otros actores de las ciudades inteligentes. El EIP-SCC proporciona clústeres de acción, guías y herramientas, mercados para inversores, etc. con el objetivo principal de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos europeos. El partenariado se distribuye en una amplia red de ciudades europeas que comparten conocimientos y recursos para encontrar soluciones que mejoren el rendimiento social, ambiental y económico de sus ciudades. La actividad del partenariado SCC está enfocada a reforzar los vínculos existentes entre redes y plataformas de ciudades inteligentes europeas, especialmente aquellas que han recibido financiación bajo el programa SCC1 H2020. El Cuadro nº 1 enumera los proyectos financiados desde 2015.

**Cuadro nº 1. LISTA DE CIUDADES Y COMUNIDADES INTELIGENTES  
HORIZON 2020 DESDE 2015**

Identificador de la convocatoria	Enfoque de la convocatoria	Nombre del proyecto	Duración	Página web del proyecto
H2020-SCC-2014-2015	Soluciones que integran energía, transporte, sectores TIC	RemoUrban	2015-2019	<a href="http://www.remourban.eu/">http://www.remourban.eu/</a>
		GrowSmarter	2015-2019	<a href="https://grow-smarter.eu/home/">https://grow-smarter.eu/home/</a>
		Triangulum	2015-2020	<a href="https://www.triangulum-project.eu/">https://www.triangulum-project.eu/</a>
		Sharing Cities	2016-2020	<a href="http://www.sharingcities.eu/">http://www.sharingcities.eu/</a>
		SmartEnCity	2016-2021	<a href="https://smartencity.eu/">https://smartencity.eu/</a>
		Replicate	2016-2021	<a href="https://replicate-project.eu/">https://replicate-project.eu/</a>
		Smarter Together	2016-2021	<a href="https://www.smarter-together.eu/">https://www.smarter-together.eu/</a>
SCC-1-2016-2017	Soluciones a escala de distrito: edificios y hogares inteligentes, redes inteligentes, EVs y herramientas ICT	RuggedISED	2016-2021	<a href="https://ruggedised.eu/home/">https://ruggedised.eu/home/</a>
		MySMARTLife	2016-2021	<a href="https://www.mysmartlife.eu/">https://www.mysmartlife.eu/</a>
		MAtchUP	2017-2022	<a href="https://www.matchup-project.eu/">https://www.matchup-project.eu/</a>
		IRIS	2017-2022	<a href="https://www.irissmartcities.eu/">https://www.irissmartcities.eu/</a>
		StarDust	2017-2022	<a href="https://stardustproject.eu/">https://stardustproject.eu/</a>
LC-SC3-SCC-1-2018-2019-2020	Bloques/distritos de energía positiva	CityxChange	2018-2023	<a href="https://cityxchange.eu/#">https://cityxchange.eu/#</a>
		Making City	2018-2023	<a href="http://makingcity.eu/">http://makingcity.eu/</a>
		POCITYF	2019-2024	<a href="https://pocityf.eu/">https://pocityf.eu/</a>
		SPARCS	2019-2024	<a href="https://www.sparcs.info/">https://www.sparcs.info/</a>
		ATELIER	2019-2024	<a href="https://smartcity-atelier.eu/">https://smartcity-atelier.eu/</a>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Acción de Innovación ATELIER

ATELIER es un proyecto de ciudad inteligente que evidencia los Distritos de Energía Positiva (PED) en ocho ciudades europeas cuyos objetivos principales son la descarbonización y sostenibilidad. Ámsterdam y Bilbao son las ciudades Faro que generarán en conjunto un excedente de energía de 1.340 MWh medido en términos

de energía primaria y evitarán emisiones de 1,7 kt de CO<sub>2</sub> y 23 t de óxido de nitrógeno. Junto con vecinos del distrito, ATELIER mostrará soluciones innovadoras que integran edificios con tecnología energética y de movilidad inteligente para gestionar el excedente de energía y equilibrar el sistema energético local. Bratislava, Budapest, Copenhague, Cracovia, Matosinhos y Riga son las Ciudades Asociadas que copiarán y adaptarán las acciones y estrategias que resulten exitosas producto de la implantación en las ciudades principales, en este caso Ámsterdam y Bilbao.

Todas las ciudades establecerán Talleres de Innovación local para co-diseñar y co-producir las soluciones urbanas inteligentes. En los talleres (ver apartado 4.3.3) se refuerza el ecosistema de innovación a nivel local (autoridades, industrias, institutos de conocimiento, ciudadanos), mejorando la inclusión y eliminando las barreras (legales, financieras, sociales, etc.) para la implementación de soluciones inteligentes. Los talleres son motores para mejorar las soluciones que permitirán a su vez el traslado de las mismas a otras ciudades de la UE. ATELIER integra un alto grado de compromiso ciudadano durante todo el proyecto, implicando activamente a los residentes locales, iniciativas locales y comunidades energéticas para alinear el diseño de soluciones técnicas con los objetivos y perspectivas personales de los ciudadanos. Cada una de las ciudades desarrollará una City Vision 2050 (ver Bilbao City Vision en el apartado 4.2.2) que crea el mapa de ruta para trasladar las soluciones a toda la ciudad.

ATELIER tiene la ambición de sentar las bases para las «ciudades de energía positiva» en Europa. Todas las actividades de ATELIER estarán monitorizadas (social y técnicamente) y los conocimientos adquiridos se recogerán y difundirán a los grupos de partes interesadas relevantes, redes de ciudades y foros de innovación.

### 3.3. Distrito de energía positiva en la isla de Zorrozaurre

ATELIER define dos Distritos de Energía Positiva, en Bilbao y Ámsterdam, respectivamente. El Distrito de Energía Positiva de Bilbao se define como la suma de intervenciones específicas situadas en zonas específicas del norte, centro y sur de la isla de Zorrozaurre (Gráfico nº 2). Se desplegarán tres series de edificios conectados conformando el PED. Estas tres áreas específicas serán monitorizadas de forma continua con respecto al consumo y generación de energía, uso de la movilidad eléctrica, integración TICs, participación ciudadana, etc. Este sistema representa un City Lab muy especial y un paso importante hacia la descarbonización de la isla. Los resultados de la implementación del PED se trasladarán a toda la ciudad de Bilbao de acuerdo con la *Bilbao Bold City Vision*.

El distrito cuenta con sistemas de calefacción de quinta generación basado en energía geotérmica de baja temperatura, paneles fotovoltaicos, red inteligente, capacidad de movilidad eléctrica aumentada, capacidad de almacenamiento de energía, mobiliario urbano inteligente y sistemas de iluminación inteligentes. Se instalarán medidores inteligentes de nueva generación en las tres áreas del PED. Se implemen-



tarán y validarán soluciones de respuesta por demanda y autogeneración de energía comunitaria compartida. El objetivo es seguir desarrollando funciones que ofrezcan valor añadido a los clientes, incluyendo servicios que aumenten la flexibilidad y permitan la gestión activa de la demanda.

Gráfico nº 2. **VISTA SATÉLITE DE LA ISLA DE ZORROZAURRE MOSTRANDO LA SITUACIÓN DEL PED**



Fuente: Ayuntamiento de Bilbao.

Se habilitará la flexibilidad energética a través del uso de dispositivos de medición inteligentes, Sistemas de Gestión de Energía de Edificios Inteligentes (BEMS inteligentes) y un Sistema de Gestión de Energía global (EMS) que agrupará BEMs y otros consumos del distrito inteligentes (servicios públicos, sistemas de almacenamiento, bombas de calor, operadores de VEs, etc.). El EMS funcionará como un «Coordinador de compraventa de energía», ofreciendo a prosumidores y comunidades energéticas un enfoque de gestión activa de la demanda que coordine y despliegue de forma efectiva los recursos locales para equilibrar la oferta y la demanda energética activando, al mismo tiempo, modelos de negocio de diferente flexibilidad.

Se instalarán nuevas subestaciones con capacidad de control avanzado. Entre otras, estas subestaciones tendrán nuevas funciones para gestionar una red de bajo voltaje, alta penetración de recursos distribuidos flexibles, nuevos servicios para mejorar la flexibilidad, etc. La subestación secundaria inteligente introducirá una arquitectura de supervisión y control avanzado para la optimización de la red (reducción de pérdidas y nivel de saturación) que ofrecerá servicios a los clientes para proporcionarles mayor flexibilidad.

Todas las acciones y soluciones inteligentes que se desplegarán en Zorrozaurre pueden resumirse en siete intervenciones estratégicas (Gráfico nº 3). Las tres prime-

ras tienen que ver con el despliegue de las áreas Norte, Centro y Sur de Zorrozaurre, mientras que las otras cuatro suministran conectividad e integración de las estrategias operativas que se implementarán en toda la isla. En este sentido, el despliegue de la red geotérmica de quinta generación, la inclusión de fuentes de energía renovables, el funcionamiento avanzado de la red inteligente, la electromovilidad y el despliegue de mobiliario urbano inteligente aportarán un importante valor añadido al vecindario de Zorrozaurre.

El PED de Zorrozaurre se define como la suma de los despliegues del área Norte, área Centro y área Sur de la isla, que incluyen edificios nuevos y renovados, edificios privados y públicos (propiedad de entidades públicas), así como edificios residenciales o de uso público (en su mayoría orientados a servicios). Con esta definición, ATELIER garantiza un conjunto equilibrado de edificios en lo que concierne al perfil de aislamiento, propiedad y uso. Las intervenciones transversales se implementan en toda la isla e incluyen:

### ***Red geotérmica***

La red geotérmica está formada por 19 anillos que se conectarán de manera flexible para optimizar las diferentes necesidades de energía. El establecimiento de un sistema de calefacción urbana (district heating) de quinta generación implica una reducción de las pérdidas de distribución gracias a la posibilidad de utilizar una red de fluido de baja temperatura. Además, este sistema de calefacción está preparado para funcionar con otras energías renovables alternativas (aparte de la geotérmica) o calor residual. La red geotérmica está formada por una mezcla de perforaciones y pozos de aguas subterráneas que estarán diseñados e implementados para proporcionar una temperatura regular de 14 °C durante todo el año. El PED (la suma de las áreas Norte, Centro y Sur) está conectado a través de cuatro anillos.

### ***Red inteligente***

La red inteligente integra los siguientes elementos:

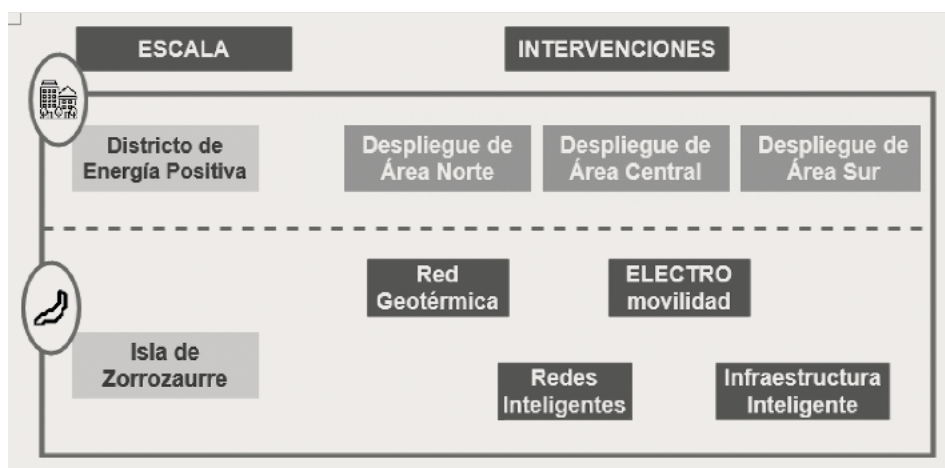
- Los dispositivos de medición inteligentes ofrecerán nuevas funcionalidades que proporcionarán valor añadido a los usuarios finales, incluyendo la flexibilidad para que el consumidor preste servicios, principalmente en lo que concierne a la gestión activa de la demanda.
- Los sistemas de almacenamiento de energía incluirán almacenamiento virtual y también in situ a través de baterías de ion-litio de segundo uso que garantizarán el suministro de energía a todo el barrio, equilibrando los periodos con menos generación de fuentes de energía renovable (RES).
- Se implementarán Sistemas Inteligentes de Gestión Energética de Edificios (BEMS) para optimizar los flujos energéticos y los servicios a escala de edificio. Los sistemas individuales desplegados en el área Sur, Centro y Norte estarán conectados con vistas a ofrecer una gestión integrada y optimizada en todo el PED.

- La subestación secundaria inteligente para la gestión flexible de recursos energéticos distribuidos implementará capacidades de control avanzadas con nuevas funcionalidades para gestionar una red de bajo voltaje (LV). La subestación secundaria introducirá una arquitectura de supervisión y control avanzado para la optimización de la red, que incluye inteligencia artificial para realizar operaciones de forma autónoma y funciones de optimización de red.

### **Electromovilidad**

Se integrarán nuevos conceptos de movilidad eléctrica dentro de la zona de demostración, en paralelo a la progresiva eliminación de zonas de aparcamiento en superficie de vehículos no eléctricos. La movilidad eléctrica será facilitada por sistemas de carga inteligentes que incluyen dos cargadores rápidos (de 50 kW aprox. cada uno) y dos cargadores de rapidez media (de 22 kW de aprox. cada uno); así como un cargador para vehículos eléctricos EV (7,2 kW) para una embarcación eléctrica. El impacto de la carga de vehículos eléctricos en la red será minimizado mediante una gestión adecuada del funcionamiento de la red inteligente y el uso de sistemas de almacenamiento energético.

Gráfico nº 3. **INTERVENCIONES ESTRATÉGICAS A PONER A PRUEBA Y DEMOSTRAR EN EL DISTRITO DE ENERGÍA POSITIVA DE ZORROZAURRE**



Fuente: Elaboración propia.

### **Mobiliario urbano inteligente**

Bilbao cuenta con un sistema de *big data* centrado en el ciudadano. El City Lab de Zorrozaurre se desarrolla ofreciendo mecanismos innovadores de *big data* que relacionen datos energéticos a nivel municipal, de barrio y de edificio. De hecho, las

posibilidades de interacción y el repositorio de datos de la ciudad aumentarán gracias al despliegue de:

- Sistema de iluminación inteligente: Se comprarán e instalarán luminarias que permitan la provisión de un sistema de iluminación pública totalmente a distancia; supervisado y controlado automáticamente según criterios de eficiencia energética.
- Puntos de información Interactiva en marquesinas: las marquesinas de autobuses estarán equipadas con puntos de información para que puedan suministrar información sobre las principales variables de sostenibilidad (flujos energéticos, almacenamiento, generación de renovables, etc.) y ofrecer funcionalidades interactivas.

#### 4. RESULTADOS

Este apartado resume los resultados obtenidos cuando se aplica a Bilbao la nueva metodología en tres etapas para la Transición Energética en Ciudades, y más específicamente, al caso de estudio ya presentado: el Distrito de Energía Positiva de Zorrozaurre.

Los resultados se organizan en tres secciones de acuerdo con la metodología propuesta: a) diseño (y motivación) de Distritos de Energía Positiva, b) implementación de PEDs como Laboratorios Urbanos y c) el mecanismo de gobernanza bidireccional como instrumento principal para el co-diseño dinámico y la co-implementación de las soluciones.

##### 4.1. Diseño basado en distritos de energía positiva

El concepto de Distrito de Energía Positiva es una consecuencia directa de las nuevas estrategias y compromisos energéticos europeos. Sin embargo, se trata de un concepto innovador que sigue estando en debate y todavía continuará evolucionando a lo largo de los próximos años. Actualmente se está ejecutando la primera generación de proyectos de innovación basados en PED, y todavía se necesitarán tres o cuatro años más para que puedan ser evaluados en lo que respecta al rendimiento, viabilidad económica, integración con infraestructuras consolidadas, colaboración de los ciudadanos, etc.

Esta sección analiza la evolución de las políticas climáticas y energéticas europeas y el concepto que se oculta detrás del término 'Distrito de Energía Positiva'.

##### 4.1.1. Política climática y energética europea

Desde sus orígenes como la Comunidad Europea del Carbón y el Acero (ECSC) en 1952, la energía siempre ha formado parte del orden del día de lo que llegaría a ser la Unión Europea, aunque en los primeros años –hasta la década de 1970– se realizó un trabajo relativamente escaso para desarrollar una política energética común.

Las dos crisis de 1973 y 1979 plantearon un serio desafío a los suministros de petróleo globales y pusieron de manifiesto la enorme dependencia de Europa de las naciones exportadoras de crudo (Mitchell, 2010). Fue a partir de este momento cuando se comenzaron a sentar las bases para contar con una política energética común, aunque no exenta de dificultades. Este nuevo enfoque fue apuntalado por la relación entre política medioambiental y energética. Aunque muchos estados miembros consideraban la energía como una cuestión de importancia nacional estratégica, no tenían la misma opinión sobre la política medioambiental y el Consejo tenía por lo tanto mayor libertad para legislar en esta área.

Estas fueron las circunstancias en las que la Unión Europea firmó el protocolo de Kioto el 29 de abril de 1998 en Nueva York (Howell *et al.*, 2017), según el cual las naciones industrializadas se comprometían a poner en práctica medidas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un porcentaje del 5% durante el periodo 2008-2012, en comparación con los niveles de 1990. La UE ratificó el Protocolo el 31 de mayo de 2002 (la UE ratifica el Protocolo de Kioto, 2002), comprometiéndose a una reducción del 8% de las emisiones, a repartir entre los quince estados que formaban la Unión en aquella época. La ratificación entrañó por lo tanto un proceso de doble compromiso: por un lado, la Unión Europea aceptaba un compromiso general, legalmente vinculante; y al mismo tiempo, cada estado miembro aceptaba el objetivo individual de acuerdo con el compromiso de compartir la carga.

La etapa definitiva en el desarrollo de una política energética común llegó con la promulgación del Tratado de Lisboa, que estableció la base legal para que la energía fuera considerada una de las «competencias compartidas». A partir de entonces, la UE se fijó la tarea de 'liderar una nueva revolución industrial y crear una economía energéticamente eficiente con bajas emisiones de CO<sub>2</sub>' (Calleja y Caballero, 2014); (Pearson y Foxon, 2012), definiendo objetivos, adoptando compromisos e identificando sectores prioritarios de acción.

Esta nueva estrategia se reflejó en el 'Paquete Energético y Climático' de 2008 (Comisión Europea, 2014) que estableció los siguientes objetivos para 2020, basados en los compromisos de la Unión: reducir emisiones de gases de efecto invernadero un 20% en comparación con los niveles de 1990, aumentar la eficiencia energética un 20% y alcanzar un 20% de renovables en el consumo energético total. En 2015 la Unión Europea desempeñó un papel clave con el logro de un nuevo hito global cuando 195 estados firmaron un acuerdo vinculante en la Conferencia Climática de París (Naciones Unidas, 2015). El acuerdo representaba un plan global para adoptar medidas que impidieran que el cambio climático alcanzase proporciones peligrosas, limitando el calentamiento global por debajo de 2 °C.

A raíz de dichos compromisos, la agenda actual de la UE se basa en un marco de políticas energéticas y climáticas integradas (Comisión Europea, 2014) adoptado por el Consejo el 24 de octubre de 2014 y revisado en diciembre de 2018, que establece los objetivos siguientes para 2030:

- Una reducción de al menos un 40% de las emisiones de gas de efecto invernadero en comparación con los niveles de 1990.
- Aumentar al 32% la cuota de energías renovables en el consumo energético.
- Una mejora del 32,5% de la eficiencia energética.
- La interconexión de al menos el 15% de los sistemas de electricidad de la UE.

En 2016 la Comisión propuso un paquete titulado ‘Energía limpia para todos los europeos’ (Comisión Europea, 2019b), cuyo objetivo es mantener la competitividad de la UE mientras cambian los mercados energéticos globales debido a la transición hacia una energía limpia. Este paquete incluye ocho propuestas legislativas en áreas de gobernanza, diseño del mercado de la electricidad (la Directiva de Electricidad, el Reglamento de Electricidad y Reglamento de Preparación ante el Riesgo), eficiencia energética, rendimiento energético en edificios, energía renovable y reglas que se aplican a reguladores energéticos.

Desde 2019 la Comisión Europea ha estado trabajando en el Pacto Verde (Comisión Europea, 2019a), un importante proyecto para estimular la economía europea. Esta ambiciosa estrategia pretende lograr una economía baja en carbono en las próximas décadas y coloca la transición energética en el centro de la acción política. La estrategia, que planeaba movilizar un billón de euros de 2027 a 2030, se ha visto acelerada por la crisis de la Covid-19, afectando al fondo de recuperación pos-pandemia recientemente anunciado, que tendrá que conformarse con los objetivos establecidos en el mapa de ruta del Pacto Verde Europeo.

Las áreas urbanas (como las ciudades) de la UE representan casi dos tercios del consumo de energía y generan aproximadamente el 80% del PIB Europeo (Kusch-Brandt, 2019). Esto convierte a las ciudades en los principales agentes en cuanto al cumplimiento de los compromisos políticos adquiridos a nivel global y europeo. Un resultado fue el anuncio en 2008 de la iniciativa del Pacto de los Alcaldes (*The Covenant of Mayors initiative for local sustainable energy (E3P)*, 2020), según el cual los gobiernos locales se comprometen voluntariamente a implementar los objetivos energéticos y climáticos de la UE. Para lograr este objetivo, los firmantes preparan e implementan un Plan de Acción Climática y Energética Sostenible (SECAP) que establece las acciones clave que pretenden emprender.

#### **4.1.2. Definición y concepto de los Distritos de Energía Positiva**

Se puede considerar que el concepto de PED proviene de las nociones de ‘edificio de energía cero’ y del ‘bloque de energía positiva’, que han sido tema de intensos debates en las últimas décadas (Cao, Dai y Liu, 2016); (Hirsch, Parag y Guerrero, 2018); (REN21, 2018); (Buonomano *et al.*, 2019). Las primeras definiciones de edificios de energía cero corresponden en realidad a ‘edificios de calefacción cero’, como la casa solar I MIT de 1939, que incluía una gran zona de almacenamiento térmico solar y de agua, o la ‘Bliss House’ de 1955 (Taherahmadi,

Noorollahi y Panahi, 2020). Las definiciones más recientes de edificios de ‘energía positiva’ y ‘energía neta cero’ han incluido por lo general agua caliente doméstica, refrigeración y ventilación (Montava M., 2014).

El concepto ‘bloque de energía positiva’, desarrollado como parte de la iniciativa Ciudades Inteligentes de la UE, extendió la definición a los grupos de edificios cercanos y conectados que producen anualmente más energía de la que necesitan, en términos de iluminación, calefacción, refrigeración y ventilación. JPI Urban Europe ha desarrollado más la definición y el marco de los PEDs, resaltando tres principios sobre los que deberían estar basados: eficiencia energética, energía renovable y flexibilidad energética.

El Libro Blanco JPI sobre un Marco de Referencia para Distritos y Barrios de Energía Positiva define el Distrito de Energía Positiva como ‘áreas o grupos urbanos energéticamente eficientes y flexibles que producen cero emisiones de gases de efecto invernadero y gestionan activamente una producción excedente de energía renovable anual a nivel regional o local. Esto requiere la integración de diferentes sistemas e infraestructuras, y la interacción entre edificios, usuarios y sistemas energéticos, garantizando el suministro de energía y el bienestar para todos de acuerdo con los criterios de sostenibilidad social, económica y ambiental’.

A la hora de establecer metas y diseñar estrategias para los PED, y tratar de alinearlos con la definición propuesta por JIP, hay una serie de cuestiones que deben ser consideradas:

- Usos energéticos finales: Se puede lograr un equilibrio energético positivo acorde a distintos usos, tanto dentro de los edificios (calefacción, refrigeración, agua caliente, iluminación, electrodomésticos), como para servicios y otros usos energéticos fuera de los edificios (alumbrado público, agua y gestión de residuos, movilidad).
- Límites del análisis: En muchos casos puede ser muy difícil lograr un equilibrio energético positivo dentro de los límites de un distrito geográfico (particularmente en zonas urbanas de gran densidad). Al definir un PED, por lo tanto, puede ser útil establecer unos límites funcionales, tales como una red de calefacción del distrito específica o una microrred que conecte los diferentes edificios y a través de la cual se pueda lograr un equilibrio energético positivo. El concepto de límites virtuales del PED también se ha introducido en forma de límites contractuales (EU Smart Cities Information System, 2017), en casos, por ejemplo, en los que hay cierta generación de energía fuera del distrito, que es propiedad del mismo o suministra directamente su producción al distrito.
- Indicadores utilizados para el equilibrio energético: Un equilibrio energético positivo significa que se produce más energía de la que se utiliza en el

distrito. Se necesitan más aclaraciones sobre el recuento de energía utilizado. Todo equilibrio energético debería lograrse a través de los diferentes portadores de energía. Con un equilibrio energético primario, la energía importada y exportada se multiplica por factores de conversión energética primaria, permitiendo, por lo tanto, algo de flexibilidad en los portadores de energía. El factor total de energía primaria indica la cantidad de energía primaria utilizada para generar una unidad de energía final, mientras que el factor de energía primaria no renovable incluye solamente la porción no renovable de la energía primaria utilizada. Un PED con un equilibrio energético primario no renovable, por lo tanto, permite la importación ilimitada de energía renovable al distrito, mientras que un PED con un equilibrio energético primario total necesita generar tanta energía como la que se utiliza dentro de los límites definidos. Las emisiones de CO<sub>2</sub> pueden ser un indicador adicional, por lo general estrechamente relacionado con el indicador de energía primaria no renovable.

- Periodo de equilibrio energético: El requisito más común para ser calificado como PED es el logro de un equilibrio energético anual positivo. Sin embargo, la flexibilidad energética es otra característica importante de un PED que no se toma en consideración en un equilibrio energético anual. Realizar equilibrios energéticos para periodos de tiempo más cortos puede ofrecer más información sobre el rendimiento del distrito en diferentes momentos del día, y a lo largo de diferentes días o meses. Un distrito puede tener una calificación de ‘energía positiva’ solamente en horas específicas del día en algunos meses –por ejemplo, durante las horas centrales del día en verano en el caso de un PED centrado en el uso de energía solar–. El almacenamiento o gestión de la demanda pueden ayudar a aumentar el número de horas o días en que se alcance un equilibrio energético positivo y reducir los picos de demanda en el distrito. Por lo tanto, es importante contar con un equilibrio horario detallado o sub-horario para evaluar las interacciones entre el distrito y las redes de energía y para valorar estrategias específicas para aumentar la flexibilidad energética.

#### 4.2. Implementación de un PED basado en *urban labs*

Este apartado expone el contexto para el despliegue del PED de Zorrozaurre como un City Lab innovador. La ciudad de Bilbao ha montado varios laboratorios urbanos de diferentes escalas y por lo tanto la realización del lugar de demostración de ATELIER no es una iniciativa aislada sino, al contrario, ejemplifica de forma perfecta la ambición y el compromiso de la ciudad con la innovación. En este caso, y gracias al proyecto ATELIER, el despliegue del PED conecta directamente con la definición del *Bilbao Bold City Vision* que facilitará pasar de una escala PED a una escala de toda la ciudad.



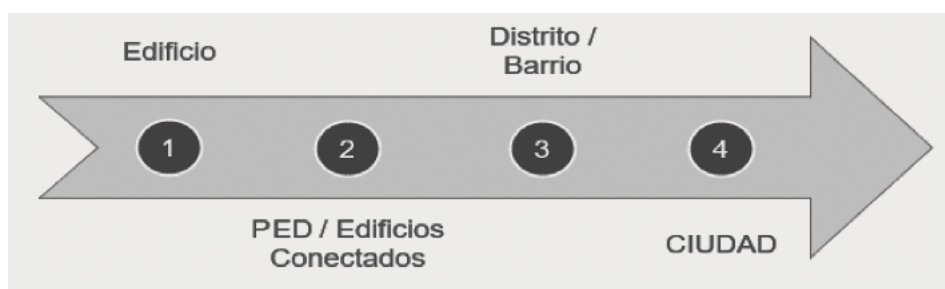
#### 4.2.1. Laboratorios urbanos de Bilbao

Bilbao es la ciudad más grande del País Vasco y la décima en tamaño de España, con una población de 345.000 habitantes y una densidad de 8.300 habitantes por kilómetro cuadrado. Desde la década de 1990 se ha producido una gran regeneración urbana gracias a la cual antiguas zonas industriales han sido convertidas en zonas verdes. El proceso ha transformado la ciudad y sus alrededores. La regeneración de Zorrozaurre será (probablemente) el último proyecto de transformación urbana importante a escala de barrio en la ciudad.

Desde que se aprobó el Plan Maestro (estrategia DUSI) en 2012, se ha llevado a cabo la realización del Canal de Deusto, convirtiendo Zorrozaurre en una verdadera isla, así como la construcción y renovación de edificios en los extremos norte y sur. La transformación de Zorrozaurre se corresponde con el concepto de ciudad inteligente, que será demostrado utilizando un enfoque intersectorial e interdisciplinario.

Como otras muchas ciudades europeas, Bilbao tiene un paisaje urbano muy consolidado y bien definido, de forma que los barrios y distritos existentes dejan muy poco espacio para nuevas planificaciones de regeneración innovadoras. Además, la existencia de una población cada vez más envejecida no suele ser propicia para importantes transformaciones urbanas. En este escenario, Bilbao ha elegido promover un enfoque de Living-Lab (Gráfico nº 4) en el que se ponen a prueba soluciones innovadoras a diferentes escalas: escala de edificios, escala de serie de edificios conectados (PED), escala de distrito (o barrio) y escala urbana.

Gráfico nº 4. ENFOQUE *LIVING-LAB* DESARROLLADO EN LA CIUDAD DE BILBAO



Fuente: Elaboración propia.

El objetivo del enfoque Living-Lab es poner a prueba soluciones urbanas innovadoras de manera efectiva y controlada que puedan ir aumentando de escala gradualmente, garantizando así dos premisas: no interferir en la vida ciudadana y viabilidad económica. El Ayuntamiento de Bilbao está comprometido en garantizar el

bienestar ciudadano sin obstruir la vida cotidiana normal, es decir, sin invadir las actividades de sus habitantes y sin requerir inversiones económicas adicionales. Los Living-Labs de Bilbao están co-creados con las partes interesadas locales y ofrecen una oportunidad para analizar y evaluar nuevos conceptos y soluciones. Persiguiendo el objetivo general de la descarbonización, la transición energética y el desarrollo como ciudad inteligente, se han creado varios living-labs en la ciudad a cuatro escalas diferentes (ver gráfico nº 4):

### ***Escala 1: Edificios individuales***

Un ejemplo de acción emprendida en un desarrollo urbano individual es la nueva central de autobuses (Termibus) de la ciudad. El emplazamiento de 3.200 metros cuadrados con 4 niveles subterráneos está climáticamente controlado mediante energía geotérmica, ofreciendo mayores ahorros económicos y ecológicos que los sistemas tradicionales de calefacción/refrigeración. Las tuberías geotérmicas ofrecen una temperatura constante de 14 °C todo el año, reduciendo la diferencia que debe ser superada para alcanzar los 20 °C de enero a diciembre. La instalación fue presentada en diciembre de 2019 y constituye un pequeño paso adelante en la política de desarrollo sostenible de la ciudad.

### ***Escala 2: Serie limitada de edificios conectados (y/o PED)***

La ciudad de Bilbao está trabajando en el diseño de un Distrito de Energía Positiva (PED) en el que pondrá a prueba la introducción de energía renovable, el desarrollo de nuevos sistemas de conectividad, la monitorización inteligente de la generación y consumo de energía y un modelo de participación ciudadana (ver apartado 4.3). El primer City Lab en esta segunda fase está siendo probado en áreas específicas de Zorrozaurre donde se están llevando a cabo una serie de acciones bien conectadas desde 2020 a 2024. El proyecto ATELIER acelerará la puesta en marcha de los Distritos de Energía Positiva y el desarrollo de soluciones en toda la ciudad. El principal desafío a la hora de promover City Labs a esta escala es que cuando se conectan edificios de diferente naturaleza, la inclusión de zonas residenciales implica la participación de ciudadanos en aspectos muy delicados, ya que se trata de sus viviendas.

### ***Escala 3: Distritos o barrios enteros***

La ciudad de Bilbao se compone de 8 distritos y 40 barrios, en cada uno de los cuales los ciudadanos tienen acceso a todos los servicios municipales: escuelas, bibliotecas, centros deportivos, zonas comerciales, centros culturales, etc. De hecho, cada barrio es una unidad completa de desarrollo en el que la transformación urbana sigue un enfoque holístico y centrado en el ciudadano.

A modo de ejemplo, el Ayuntamiento de Bilbao tiene un plan estratégico (estrategia DUSI) para la zona de Zorrozaurre que pretende transformar una zona indus-

trial degradada en un nuevo barrio en el que las empresas compartirán espacios públicos y verdes con nuevos hogares, instalaciones públicas y parques infantiles. El plan estratégico contempla la isla como un área consolidada de interés para atraer proyectos empresariales, inversión en un nuevo modelo de economía, actividades de alto valor añadido, etc. Evidentemente, el ascenso de escala del PED de Zorrozaurre (City Lab a escala 2) acelerará el desarrollo urbano de todo el distrito.

#### ***Escala 4: Ciudad de Bilbao***

La intención es repetir los Living-Labs en los diferentes distritos y barrios y en última instancia trasladarlos a toda la ciudad. Las acciones individuales no pretenden estar perfectamente organizadas en tiempo o en ninguna escala geográfica, sino que responderán a los requisitos específicos de los ciudadanos y de los barrios. El Ayuntamiento de Bilbao está trabajando en una visión audaz de la ciudad para el año 2050 (apartado 4.2.2), definiendo planes estratégicos que se corresponden con los compromisos urbanos, estrategias europeas y metas de desarrollo sostenible.

##### ***4.2.2. Visión audaz de la ciudad de Bilbao***

En el actual contexto legislativo (ver apartado 4.1.1), parece razonable que cada ciudad debe contribuir responsablemente (de acuerdo con su visión energética y con sus capacidades) a cumplir los objetivos de descarbonización establecidos a un nivel más alto (regional, nacional y europeo). Sin embargo, definir las estrategias y planes urbanos de manera que se correspondan con los objetivos emprendidos a un nivel más alto no es ni simple, ni inmediato. En muchos casos se ha identificado una falta de conexión entre la planificación energética regional y el despliegue de tecnologías y medidas específicas a nivel urbano. Ello hace difícil decir si la suma de medidas de diferentes ciudades permitirá que se cumplan los objetivos establecidos al más alto nivel de gobernanza.

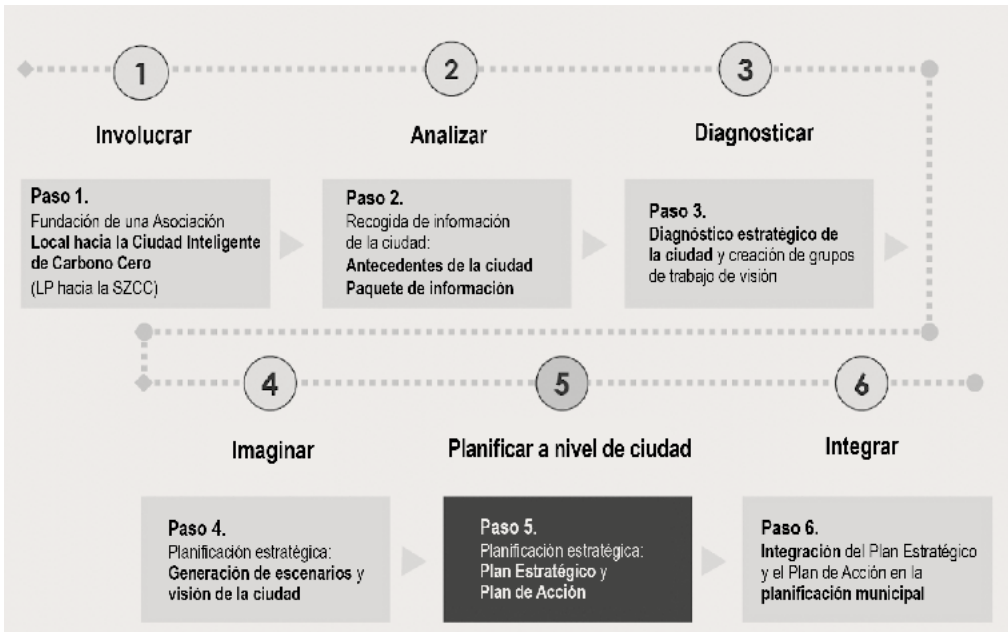
En cualquier caso, cada ciudad tiene que definir su propia visión energética y el camino hacia la descarbonización. Es decir, la mayoría de ciudades tienden a establecer una serie de objetivos generales que se complementan con una lista de medidas que deben ponerse en práctica de manera homogénea en toda la ciudad. Este enfoque tiende a crear una gran desconexión entre los objetivos generales de la ciudad y las capacidades reales para el despliegue de medidas en las diferentes zonas que básicamente exigen nuevos mecanismos de gobernanza (ver apartado 4.3). Esta situación se exacerba aún más por la falta de métodos y modelos posibles integrados (energéticos, económicos, ambientales y sociales) que permitan la evaluación simultánea de ambos niveles, es decir, la ciudad como un todo y las medidas específicas implementadas a nivel de distrito.

Este será un problema recurrente a medida que las ciudades se vuelvan más complejas en lo que concierne al uso y generación de energía en los próximos

años. Las ciudades tendrán que afrontar cuestiones como un creciente uso de la producción energética de fuentes renovables locales y distribuidas, acompañadas de unas redes de distribución que cada vez tendrán que ser más inteligentes. Además, el almacenamiento térmico y eléctrico será cada vez más importante en la generación de energía distribuida, que se espera cubra una proporción importante del espacio actualmente ocupado por la generación de energía a gran escala. Los municipios requerirán nuevas capacidades integradas que permitan un análisis óptimo de los sistemas energéticos de sus ciudades. En este contexto, será esencial desarrollar nuevos modelos y metodologías integradas y multi-escala que ayuden a las autoridades locales durante el proceso de planificación, ofreciéndoles datos y criterios cuantitativos relevantes.

El enfoque de visión urbana propuesto en el proyecto de ATELIER tiene en cuenta la Etapa Estratégica, consistente en los seis pasos secuenciales principales propuestos por (Urrutia-Azcona *et al.*, 2020), y que se muestran en el Gráfico nº 5. A partir de esta visión general, los diversos métodos y herramientas propuestos en el proyecto pretenden superar las principales dificultades mencionadas anteriormente con respecto a la planificación energética integrada urbana.

Gráfico nº 5. **VISTA DEL ENFOQUE DE VISIÓN URBANA APLICADO EN EL PROYECTO DE ATELIER A PARTIR DE LAS ETAPAS DEL ESCENARIO ESTRATÉGICO CITIES4ZERO**



Fuente: Urrutia-Azcona *et al.*, 2020.

En este caso, el foco se centra principalmente en los avances específicos propuestos en el proyecto para las etapas 3 (Diagnóstico) y 4 (Imaginar), que son las que están más estrechamente relacionadas con el análisis cuantitativo y el modelado. La etapa 3 se centra en el desarrollo de un diagnóstico urbano estratégico que incluirá el proceso de recogida de datos y el análisis detallado de la situación de referencia en los diferentes departamentos del Ayuntamiento. La etapa 4, por su parte, se centra en un análisis de escenarios energéticos alternativos a largo plazo (2030/2050) que pueden guiar la transición de la ciudad hacia un futuro bajo en carbono.

Para realizar el análisis requerido en las etapas 3 y 4, el proyecto ATELIER establece una metodología integrada que pretende orientar a las ciudades utilizando una combinación de diferentes métodos y herramientas que apoyarán el proceso de planificación energética integrado. En esta metodología integrada, el análisis energético urbano convencional se complementa con un análisis prospectivo (como propone Arrizabalaga *et al.* (2021), una evaluación del impacto *ex-ante* y varios métodos de soporte a la decisión multi-criterio (MCDA) para facilitar la definición y evaluación de diversas alternativas o escenarios futuros que puedan guiar el proceso de transición de la ciudad en cuestión hacia el futuro deseado bajo en carbono. De manera adicional, las partes interesadas más relevantes de la ciudad participan en el proceso de toma de decisiones a través del Innovation Atelier Bilbao.

La siguiente etapa entraña modelar la oferta y demanda energética de la ciudad, como se requiere en la etapa 3 (ver gráfico nº 5). Ello implica una evaluación de su situación energética desde una perspectiva ascendente y descendente. La parte ascendente entraña una caracterización detallada del parque inmobiliario; la perspectiva descendente supone analizar los flujos energéticos tanto desde el lado de la demanda (incluyendo todos los sectores de la ciudad desde el residencial a servicios, transporte, industria, etc.) y el lado de la generación (generación convencional y distribuida y/o energía renovable, recursos disponibles y exportaciones e importaciones de energía).

Esto hace necesario integrar herramientas (Gráfico nº 6) para la caracterización energética del parque inmobiliario (Enerkad, 2019), como con otras para el modelado del sistema energético como LEAP (LEAP, 2020), que por lo general se utilizan para escalas más grandes. Con el fin de asegurar la integración adecuada, se deben combinar aspectos diferenciados entre las dos perspectivas como son los sectores evaluados, la resolución mínima requerida, tanto a nivel espacial (bloques de construcción frente a parque inmobiliario completo) y a nivel temporal (análisis por horas vs análisis anual) y los límites del sistema utilizados en cada caso.

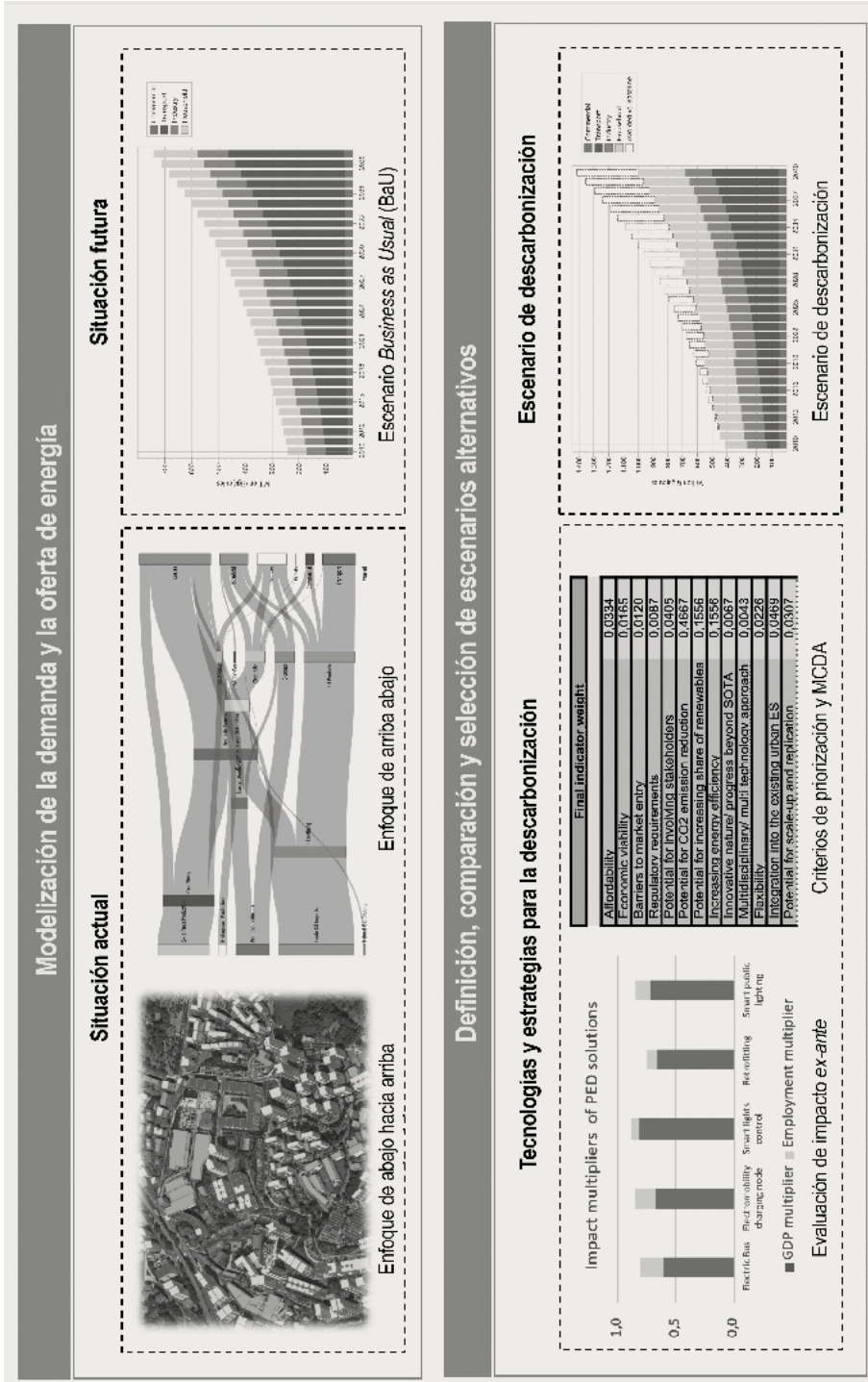
Una vez que se haya evaluado la situación actual de la ciudad, se puede evaluar la manera en que ésta puede evolucionar a largo plazo, utilizando herramientas de modelado del sistema energético como la LEAP. La evolución de la situa-

ción actual puede describirse en el escenario Business as Usual (BaU). Este escenario proporciona pistas sobre las dificultades y necesidades futuras a las que se enfrentará cada ciudad en un periodo específico (en 2050 en el caso de este proyecto). A continuación, se pueden definir escenarios alternativos, teniendo en cuenta el despliegue de ciertas tecnologías y estrategias de descarbonización. Estos escenarios se moldean a través del despliegue progresivo de una combinación óptima de medidas previamente evaluadas, utilizando metodologías *ex-ante* de evaluación del impacto.

La evaluación general se realizará utilizando enfoques de modelado energético innovadores y la evaluación del impacto *ex-ante* (ambiental, energética y socio-económica). Ello incluye un análisis energético prospectivo aplicado a ciudades, una perspectiva de ciclo vital aplicada a escenarios de transición, un análisis de la cadena de suministro de tecnologías desplegadas y métodos de evaluación de impacto macroeconómico como los basados en la teoría de entrada y salida (*input-output*). Ello hará posible predecir el impacto asociado con cada medida basada en múltiples indicadores de impacto que se utilizarán como criterios de priorización. Por último, utilizando la teoría MCDA, estas medidas pueden ser priorizadas para definir escenarios de descarbonización, que serán modelados de nuevo con las herramientas de modelado de sistemas energéticos. Este proceso genera un gran número de escenarios posibles para la descarbonización, que pueden compararse para determinar el escenario óptimo de cada ciudad individual.

En este punto, además de los métodos y las herramientas, conceptos tales como Distritos de Energía Positiva (PED) pueden ayudar a simplificar el problema, siempre que estén debidamente integrados en una visión más amplia de ciudad. Identificar y diseñar distritos que pueden ofrecer un equilibrio energético positivo puede facilitar el proceso de estructurar la transformación de la ciudad. Reproducir y mejorar los PED puede contribuir, por ende, a alcanzar los objetivos generales de la ciudad. Además, proyectos como ATELIER, que se centra en desarrollar Living Labs, que permiten a diferentes áreas de la ciudad convertirse en PED, deberían servir como muestra, facilitando la reproducción del concepto PED en otras ciudades.

Gráfico nº 6. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS DE LA VISION DE MODELADO INTEGRADA DEL PROYECTO ATELIER



Fuente: basado en Arrizabalaga et al. (2019)

### 4.3. Enfoque de la gobernanza inteligente

Todos los departamentos del Ayuntamiento de Bilbao están promoviendo actualmente enfoques participativos para contar con los ciudadanos desde las primeras etapas de procesos de transformación urbana. El desarrollo de nuevos marcos estratégicos, el diseño de agendas culturales y de desarrollos urbanos innovadores son presentados a todos los ciudadanos para que ellos hagan rectificaciones y propuestas. Con respecto a la agenda para la regeneración urbana, el Ayuntamiento ha propuesto un enfoque innovador basado en el Desarrollo de Laboratorios urbanos (apartado 4.2), en el que ciudadanos y partes interesadas se sitúan en el centro de las propuestas.

#### 4.3.1. Mecanismo de gobernanza bidireccional

Los modelos tradicionales de gobernanza utilizan un enfoque descendente (*top-down*), en el que los gobiernos diseñan planes estratégicos que dirigen a las ciudades (regiones o países) hacia los objetivos y ambiciones de los próximos años. Sin embargo, Europa está avanzando en este aspecto, proponiendo enfoques ascendentes más participativos (*bottom-up*) en los que se convoca a los ciudadanos para que formen parte activa en los procesos de toma de decisiones (Calzada, 2018).

Se pueden utilizar ambos enfoques, descendente y ascendente, dependiendo de la naturaleza de la política y el contexto en el que se está implementando la estrategia concreta. La gobernanza descendente, en particular, implica la implementación de una decisión política (por decreto, orden ejecutiva o fallo judicial) en el que las decisiones son tomadas por autoridades públicas para obtener los efectos deseados. La implementación ascendente, por su parte, empieza por las exigencias de ciertas partes interesadas (industrias, proveedores de servicios, clústeres, asociaciones civiles, etc.) y ciudadanos, que son quienes respaldan en última instancia las políticas o los planes estratégicos.

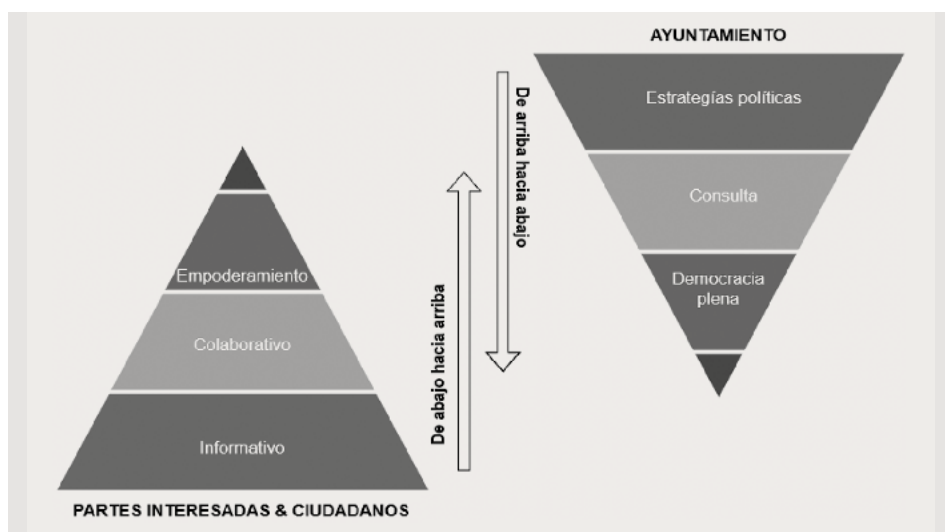
El enfoque descendente es una manera de planificar racional y completa. Es coherente con las políticas, planes estratégicos y la democracia, y por lo general, conecta bien con políticas y legislaciones transversales de alto nivel. El proceso de toma de decisiones puede ser muy eficiente, innovador y revolucionario, dependiendo de las perspectivas de previsión existentes. En cuanto a sus desventajas, la formulación de políticas según un enfoque descendente puede estar desconectada de la perspectiva, sentimientos y deseos de la comunidad y, como resultado, puede no contar con el apoyo de los ciudadanos. El enfoque ascendente se basa en las perspectivas e ideas de los ciudadanos para formular planes estratégicos que suministran gotas dispersas de necesidades, requisitos y deseos bien conectados. El modelo ascendente está, por definición, estrechamente conectado con la perspectiva real del público general, pero puede fallar a la hora de generar propuestas innovadoras que se transformen en un plan a largo plazo.

El mecanismo de gobernanza bidireccional ha sido diseñado combinando elementos de ambos modelos, el ascendente y el descendente (Gráfico nº 7). No se tra-



ta de un modelo de gobernanza estático *ex-ante*; más bien se autocalibra de forma continua y dinámica con elementos que combinan exigencias y perspectivas del más alto nivel (SDGs, legislación UE, planes PAES, etc.) y la cogeneración de soluciones impulsada por los ciudadanos. Este instrumento innovador combina mecanismos de trabajo interdisciplinarios y transdisciplinarios que estructuran la generación de comunidades urbanas, definición de visiones estratégicas, co-implementación de sistemas energéticos innovadores, integración de herramientas TICs, empoderamiento de comunidades que trabajan como prosumidores, etc.

Gráfico nº 7. MECANISMO DE GOBERNANZA BIDIRECCIONAL



Fuente: Elaboración propia.

La implementación de un City Lab tan innovador como el Distrito de Energía Positiva de Zorrozaurre exige la articulación de mecanismos de gobernanza bidireccionales que garanticen su aceptación y éxito a largo plazo. El proyecto ATELIER acelera la implementación de este enfoque de gobernanza de una manera implícita. Por un lado, el diseño de estrategias descendentes se articula gracias al diseño de la Bilbao Bold City Vision (apartado 4.2.2). Este documento estratégico establecerá el marco de planificación, la visión metodológica y el mapa de ruta para los próximos años, definiendo las ambiciones a largo plazo en lo que concierne a la transición energética. Por otro lado, la implementación del PED en Zorrozaurre y el mapa de ruta para toda la ciudad debería estar acompañada de mecanismos ascendentes que faciliten el diálogo entre todas las partes interesadas.

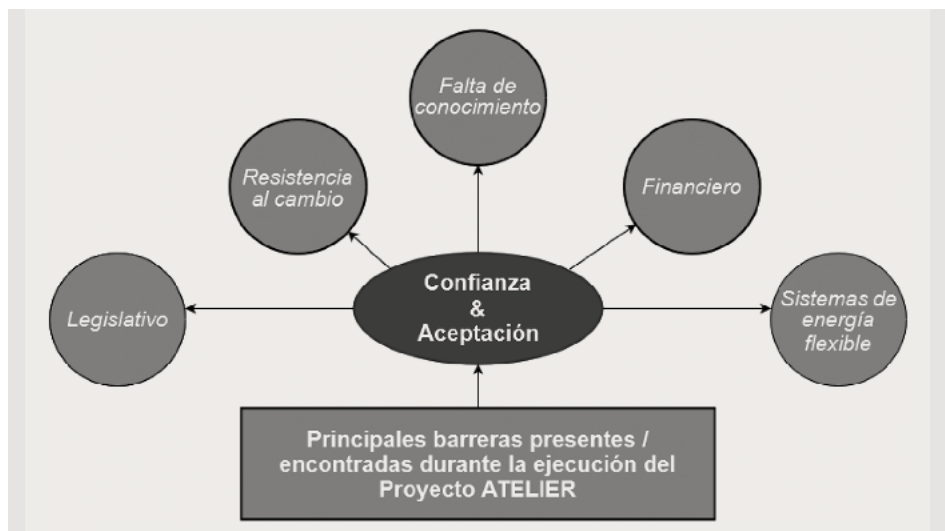
ATELIER apoya la generación de una estrategia participativa urbana y dinámica llamada «talleres de innovación». Actualmente, los talleres de innovación están tra-

bajando en el despliegue tranquilo del PED en Zorrozaurre. Sin embargo, la ambición es que sean autosostenibles y mantengan su actividad después de la terminación del Proyecto (después de 2024) para que puedan apoyar otros muchos City Labs innovadores que pondrá en marcha el Ayuntamiento de acuerdo con la puesta en práctica de la Bilbao Bold City Vision.

#### 4.3.2. Principales obstáculos encontrados para el despliegue del PED City Lab

El despliegue del Distrito de Energía Positiva (ver apartado 3.3) implica intervenciones muy ambiciosas (ver apartado 3.3) que vienen acompañadas de importantes desafíos. De hecho, el PED es un concepto nuevo que necesita ser adaptado a la situación y al contexto local. Además, los beneficios asociados no pueden conocerse plenamente de antemano, sino que requieren cierta investigación. Al igual que con muchas innovaciones, el despliegue del PED se enfrenta a muchos riesgos e incertidumbres y a muchos obstáculos. El desarrollo de nuevos instrumentos de toma de decisiones y mecanismos de participación es la manera más prometedora de superarlos.

Gráfico nº 8. PRINCIPALES OBSTÁCULOS AL PROYECTO ATELIER



Fuente: Elaboración propia.

Por un lado, una falta general de experiencia en el diseño, estudio técnico, construcción y funcionamiento de edificios altamente eficientes energéticamente, tecnologías y sistemas de energía, significa que muchos socios de la cadena no tienen suficiente experiencia o conocimientos para tomar decisiones bien fundamentadas en el proceso de llevar a la práctica un proyecto PED (Gráfico nº 8). Al mismo tiempo, los usuarios finales tienden a ser reacios al cambio. La incertidumbre que rodea a cual-

quier nueva intervención o instalación genera un importante grado de inercia, lo cual afecta a la actitud sobre la adopción de nuevas soluciones. Además, existe un riesgo importante asociado a la inversión en innovación, ya que no puede haber garantía de que no surjan soluciones más eficientes a corto plazo.

Por lo tanto, los obstáculos más importantes identificados hasta la fecha están relacionados con la aceptación social y la confianza en las soluciones inteligentes. Éstas están directamente relacionadas con la falta de conocimiento, reticencia ante el cambio, adopción de sistemas energéticos más flexibles, diseño de nuevas legislaciones o nuevas estructuras financieras, etc.

#### 4.3.3. Talleres de innovación como proceso de gobernanza inteligente

Dada su naturaleza sistémica, los PED requieren el apoyo del ecosistema de innovación local para diseñar e implementar soluciones urbanas inteligentes. Muchas ciudades europeas todavía no tienen la «capacidad de gobernanza» (capacidad de actores locales para trabajar juntos en un desafío social y llevar soluciones a la práctica) requerida para la implementación tranquila de soluciones innovadoras. Necesita por lo tanto ser impulsada.

En el Proyecto de ciudad inteligente ATELIER, el diseño de nuevos mecanismos de participación se basa en la metodología de cuádruple hélice (Gráfico nº 9), un enfoque intersectorial en el que la gobernanza, la universidad, la industria y los ciudadanos construyen nuevos procesos de toma de decisi.

Gráfico nº 9. **LOS TALLERES DE INNOVACIÓN SIGUEN LA METODOLOGÍA DE LA CUÁDRUPLE HÉLICE**



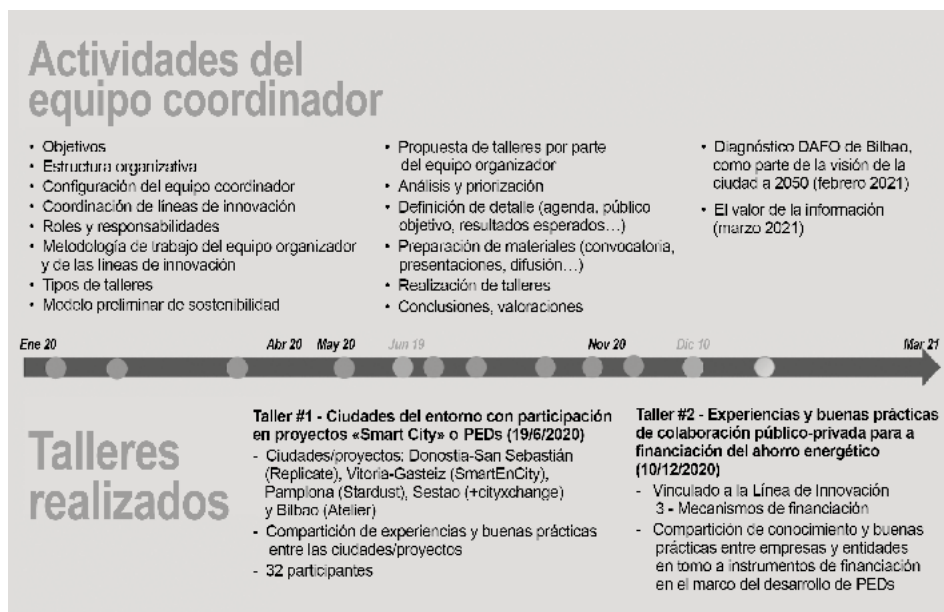
Fuente: Board, 2018.

Bilbao Innovation Atelier se creó como un foro para las partes interesadas a escala local y regional, así como con otros agentes relacionados con una clara vocación de innovación y continuidad más allá del Proyecto H2020 y como instrumento de colaboración con otras ciudades y áreas de gobierno, más allá de Bilbao y de la acción de innovación de ATELIER.

Los objetivos son los siguientes:

- Crear un foro para los socios ATELIER- Bilbao y la comunidad de agentes locales para promover la innovación abierta en PED.
- Difundir los progresos en el desarrollo de las soluciones urbanas inteligentes ATELIER y mostrar los resultados.
- Implicar al ecosistema de innovación local (cuádruple hélice) para diseñar e implementar las soluciones en Bilbao:
  - Identificando las particularidades y obstáculos locales y las soluciones potenciales.
  - Explorando y sintonizando modelos de negocio para las innovaciones propuestas
- Compartiendo los conocimientos y obteniendo la experiencia en cuatro ámbitos temáticos: 1) sistemas energéticos integrados y movilidad eléctrica; 2) Gobernanza, planificación integrada y legislación; 3) Nuevos instrumentos de financiación; 4) Datos, privacidad y plataformas de datos.
- Aportar feedback y mejores prácticas para trasladar las soluciones a otros distritos de Bilbao y otras ciudades de la región vasca y apoyar su reproducción en otras partes de Europa.

Gráfico nº 10. ACTIVIDAD DE LOS TALLERES DE INNOVACIÓN DE BILBAO



Fuente: Elaboración propia.

El equipo coordinador de los talleres de innovación se reúne de forma regular para la organización de los mismos, en los que se da respuesta a la cuestión de la investigación, se identifica a los agentes que se desea involucrar y se diseña el tipo de taller (número de participantes, tipo de participación, etc.). En Bilbao se establecieron estos talleres de innovación y desde el principio del proyecto se han organizado dos talleres (desde noviembre de 2019 a diciembre de 2020) (Gráfico nº 10). El objetivo es aumentar la intensidad de la actividad y organizar en torno a cinco talleres al año.

### **Taller 1: Ciudades vecinas LH/FW que participan en proyectos SCC/PED**

El primer taller de Innovación tuvo lugar en junio de 2020. El objetivo era aprovechar la experiencia de otros proyectos vascos sobre ciudades inteligentes (*Lighthouse* y *Fellow cities*) para compartir conocimientos, experiencias y mejores prácticas de sus proyectos H2020, e identificar así posibles oportunidades de colaboración.

Euskadi tiene un enorme potencial como región de ciudades inteligentes, dado que hay cinco proyectos de ciudades inteligentes financiados. Un panel de representantes de los proyectos REPLICATE (Donostia-San Sebastián), SMARTENCITY (Vitoria-Gasteiz), STARDUST (Pamplona), + CITYXCHANGE (Sestao) y ATELIER (Bilbao) expusieron su visión de sus respectivas ciudades, compartiendo muchas de las experiencias, buenas prácticas y lecciones aprendidas en sus proyectos H2020 para promover una comprensión común de las fases de desarrollo y despliegue. La sesión permitió a todos los participantes poner en común los proyectos e iniciativas propuestas y llevadas a la práctica en las cinco ciudades. También permitió un intercambio de experiencias, lecciones aprendidas y recomendaciones sobre una serie de temas en un debate abierto y fructífero entre los ponentes y los participantes. Las tres líneas principales del debate se centraron en el modo de gobernanza y herramientas disponibles en cada ciudad para las iniciativas de los proyectos, cómo se definían las mejores soluciones técnicas en cada caso y la estrategia de comunicación ciudadana y mecanismos de participación empleados.

En cuanto a los principales puntos fuertes, contar con una buena estrategia de comunicación y compromiso con los ciudadanos fue considerado como un tema clave para obtener el apoyo de las comunidades de vecinos a la hora de adoptar las soluciones diseñadas en los proyectos. Se debe realizar un gran esfuerzo –incluso antes de que comience el proyecto– para transmitir mensajes claros, simples y precisos sobre las acciones planificadas y los beneficios esperados, incluyendo campañas puerta a puerta, diseñadas para grupos amplios de ciudadanos que sean comprensibles, evitando demasiados detalles técnicos y fomentando un ambiente de confianza.

También se plantearon algunas dificultades, como la complejidad de armonizar y coordinar el trabajo entre las diferentes áreas y servicios municipales, cada uno de los cuales tiene objetivos, equipos y programas de trabajo diferentes. Un modelo de gobernanza flexible y eficiente sería útil, con un claro compromiso de todas las áreas municipales implicadas para cumplir los hitos de ejecución y los objetivos del proyecto.

La mayoría de los ponentes estuvo de acuerdo sobre la pertinencia de definir y poner en práctica programas piloto in situ o demostraciones en los barrios, siguiendo una estrategia ascendente, dado que esta es la manera más práctica de mostrar las diferentes tecnologías utilizadas y los beneficios de las soluciones elegidas. Este tipo de acción podría ser extremadamente útil para que los ciudadanos comprendan el impacto de los resultados de los proyectos en lo que respecta a la eficiencia energética, sostenibilidad y confort, animando así a las comunidades a adoptarlas. Como resultado de este taller, los ponentes se mostraron muy positivos respecto a establecer un marco de colaboración entre los cinco proyectos y ciudades para seguir avanzando en los temas debatidos, analizar otros de interés común e identificar iniciativas conjuntas a emprender dentro del marco del Bilbao Innovation Atelier.

### ***Taller 2: Financiar el ahorro energético: experiencias y alternativas***

El segundo taller de innovación tuvo lugar el 10 de diciembre de 2020, bajo el tema «Financiar el ahorro energético: experiencias y alternativas», organizado por Deusto Business School (DBS). El taller presentó un destacado panel de: Ignacio de la Puerta Rueda, Director de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana del Gobierno Vasco; Fernando de Roda, Founder & Managing Partner de Greenward; Alejandro Sánchez Palomo, Managing Director de Stratenergy, Velatia; Daniel Pascual Pascual, Director del País Vasco de Triodos Bank; José Ignacio Leonet, Product Manager Smart Energy-Iberdrola; Jokin Castaños González, Coordinador de Área de Generación Smart Solar, GoiEner y Luis de Velasco del EVE.

El taller estuvo centrado en los socios y sirvió para compartir la experiencia del departamento de estudios y planificación, y la participación de ATELIER «Opengela». Al taller asistieron y participaron un total de 25 personas.

Los siete ponentes abordaron la cuestión de la financiación del ahorro energético y los proyectos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de sus respectivas organizaciones. Las principales conclusiones fueron:

- El reto de la descarbonización establecido para 2050, que implica una intervención en casi 1.100.000 hogares en el País Vasco. La financiación es clave y parte de la solución debe ser: 1) de fácil acceso, 2) asequible, 3) justa y 4) generar confianza. Comparte la experiencia «Opengela», que se centra en la intervención en los barrios más vulnerables.
- La financiación es un obstáculo importante, especialmente en los barrios más vulnerables. Es importante simplificar la información para hacer que sea fácil comunicarla. Se comparte un ejemplo de buenas prácticas relacionada con el proyecto «Opengela» y las «Oficinas en los barrios».
- Es importante hablar de ahorro energético, pero también es importante hablar de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y el derecho a tener un hogar decente en términos de iluminación, energía, calefacción, etc.

- La colaboración público-privada es esencial en los proyectos de rehabilitación de edificios. La parte pública debería ofrecer garantías al sector privado (es decir, normas y reglamentos claros). Como ejemplo, debería ser posible ampliar las condiciones de devolución de préstamos para financiar el ahorro energético (15-25 años) para que sea asequible para las personas más vulnerables.
- Se resaltó el papel de las ESCOs como motivadoras/facilitadoras del proceso de transición energética. Stratenergy presentó un ejemplo de buena práctica de colaboración público-privada en Txomin Enea en Donostia.
- Se presentaron nuevas fórmulas de financiación a través de servicios PPAs (caso Smart Solar-Iberdrola), cooperativas de energía para proyectos de autogeneración y auto-consumo (caso Goiener).

No hay recursos públicos para subvencionar el 70-80% de los proyectos de rehabilitación/renovación. Sería necesario redefinir a los destinatarios de la ayuda, quiénes son los que realmente la necesitan. El desafío sería que la financiación pública cubriera a las personas que no pudieran optar al sector privado.

## 5. CONCLUSIONES Y *FEEDBACK* DE POLÍTICAS

Este artículo presenta una metodología innovadora basada en tres etapas que facilitará la transición energética urbana en las ciudades. Esta combina un enfoque de diseño innovador basado en la definición del Distrito de Energía Positiva (PED), la puesta en práctica de los City Labs a escala real y la definición y puesta en práctica de nuevos mecanismos de gobernanza que combinen perspectivas estratégicas a largo plazo con programas de participación ascendentes. El proyecto ATELIER H2020 ha acelerado la demostración de esta metodología innovadora, que ya ha proporcionado los siguientes resultados:

- La definición de Distrito de Energía Positiva (PED) sigue siendo objeto de debate; sin embargo, parece un concepto atractivo que se adapta muy bien a los requisitos del marco de política energética y climática integrada (Comisión Europea, 2014). Se define un PED en Zorrozaurre incluyendo áreas específicas en el norte, centro y sur de la isla.
- La puesta en práctica del Distrito de Energía Positiva en Zorrozaurre no se considera una iniciativa aislada sino, al contrario, es uno de los City Labs promovidos por el Ayuntamiento de Bilbao. Servirá para definir e ilustrar la Bilbao Bold City Vision, el plan estratégico para la transición urbana que define el mapa de ruta para 2050.
- El éxito de los nuevos desarrollos urbanos motivados por los requisitos de transición energética dependerá de los ciudadanos y de todas las partes interesadas: la aceptación de las soluciones, la dificultad que plantea la resistencia a los cambios, la confianza en la comunidad, etc. serán elementos clave

para la integración de medidas y el éxito de los desarrollos integrados. Recientemente se han adoptado en Bilbao mecanismos de gobernanza innovadores que promueven los enfoques de participación ascendentes. Han sido llamados talleres de innovación y funcionarán sobre cuatro áreas temáticas: sistemas energéticos integrados y electro-movilidad; gobernanza, planificación integrada y legislación; nuevos instrumentos financieros y datos, privacidad y plataformas de datos.

La región vasca tiene un gran potencial para ser una referencia en Europa en el campo de la transición energética y el desarrollo de ciudades inteligentes. El Distrito de Energía Positiva, apoyado por el proyecto de innovación ATELIER – H2020, ofrecerá nueva información para la formulación de políticas públicas. El apoyo de las Ciudades y Comunidades Inteligentes (SCC por sus siglas en inglés), así como la experiencia de las ciudades inteligentes vascas, facilitarán un desarrollo rápido de soluciones en toda la región vasca.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELAKOGLU, K. *et al.* (2019): «A methodological framework for the selection of key performance indicators to assess smart city solutions», *Smart Cities*, 2(2), pp. 269-306. doi: 10.3390/smartcities2020018.
- ARRIZABALAGA, E., GARCÍA-GUSANO, D., HERNÁNDEZ, P. *Toward sustainable long-term energy planning for cities: an economic and environmental assessment of sustainable fuel technologies in the city of Donostia-San Sebastián*. En: *Sustainable Fuel Technologies Handbook*. Eds.: Dutta S., Hussain C.M. Academic Press, 2021, pp. 483-510, ISBN 9780128229897. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822989-7.00017-2>
- BUONOMANO, A. *et al.* (2019): «Dynamic analysis of the integration of electric vehicles in efficient buildings fed by renewables», *Applied Energy*. Elsevier, 245(March), pp. 31-50. doi: 10.1016/j.apenergy.2019.03.206.
- CALLEJA, D.; CABALLERO, F. (2014): «A new industrial policy for Europe: Reinforcing Europe's industrial base to create employment and growth», *Manufacturing Renaissance*, 145(1), pp. 155-180. doi: 10.4000/rei.5769.
- CALZADA, I. (2018): «(Smart) citizens from data providers to decision-makers? The case study of Barcelona», *Sustainability* (Switzerland), 10(9). doi: 10.3390/su10093252.
- CAO, X.; DAI, X.; LIU, J. (2016): «Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade», *Energy and Buildings*. Elsevier B.V., 128, pp. 198-213. doi: 10.1016/j.enbuild.2016.06.089.
- CASTILLO-CALZADILLA, T. *et al.* (2018): «Analysis and assessment of an off-grid services building through the usage of a DC photovoltaic microgrid», *Sustainable Cities and Society*. Elsevier, 38(December 2017), pp. 405-419. doi: 10.1016/j.scs.2018.01.010.
- CHARRON, R. (2008): «A review of low and net-zero energy solar home initiatives», *Open House International* 33(3) pp. 7-16. doi: 10.1108/OHI-03-2008-B0002
- ENERKAD (2019): Available at: <https://www.enerkad.net/> (Accessed: 30 October 2020).
- EU RATIFIES THE KYOTO PROTOCOL (2002). Press note IP/02/794, Brussels, 31 May 2002. Available at: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_02\\_794](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_02_794) (Accessed: 30 October 2020).
- EU SMART CITIES INFORMATION SYSTEM (2017): Upscaling urban residential retrofit for the EU's low carbon future: Challenges and opportunities. Available at: [www.smartcities-infosystem.eu](http://www.smartcities-infosystem.eu).
- EUROPEAN COMMISSION (2014): «2030 climate and energy goals for a competitive, secure and low-carbon EU economy», Press Release. Brussels: European Commission. Available at: [http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/documentation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/documentation_en.htm).
- EUROPEAN COMMISSION (2019a): The European Green Deal, European Commission. Brussels. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- EUROPEAN COMMISSION (2019b): Clean energy for all Europeans, Euroheat and Power. doi: 10.2833/9937.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2015): The European Environment: State and Outlook 2015: Synthesis Report. Available at: <https://www.eea.europa.eu/soer/2015/synthesis/report>.
- GONZÁLEZ MEDINA, M.; FEDELI, V. (2015): «Explorando la Política urbana europea: ¿Hacia una agenda urbana nacional-europea?», *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, 7(14), pp. 8-22. doi: 10.24965/gapp.v0i14.10287.
- HIRSCH, A.; PARAG, Y.; GUERRERO, J. (2018): «Microgrids: A review of technologies, key drivers, and outstanding issues», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 90(March), pp. 402-411. doi: 10.1016/j.rser.2018.03.040.
- HOWELL, S. *et al.* (2017): «Towards the next generation of smart grids: Semantic and holoic multi-agent management of distributed energy resources», *Renewable and Sustainable*

- Energy Reviews. Elsevier Ltd, 77(March), pp. 193-214. doi: 10.1016/j.rser.2017.03.107.
- KUSCH-BRANDT (2019): Renewables 2019 Global Status Report, Resources. Athens. Available at: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REC-2019-GSR\\_Full\\_Report\\_web.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REC-2019-GSR_Full_Report_web.pdf)
- LEAP (2020): Available at: <https://leap.sei.org/Default.asp> (Accessed: 30 October 2020).
- MITCHELL, T. (2010): «The Resources of Economics making the 1973 oil crisis», *Journal of Cultural Economy*, 3(2), pp. 189-204. doi: 10.1080/17530350.2010.494123.
- MONTAVA, J. (2014): Smart Cities. Criterio, análisis y aplicación de la ciudad inteligente. Caso de estudio la ciudad italiana de Matera: Patrimonio de la Humanidad. Proyecto Fin de Grado, Universidad Politécnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/44000>.
- PANDEY, G. *et al.* (2015): «Smart DC Grid for Autonomous Zero Net Electric Energy of Cluster of Buildings», *IFAC-PapersOnLine*. Elsevier B.V., 48(30), pp. 108-113. doi: 10.1016/j.ifacol.2015.12.362.
- PEARSON, P.J.G.; FOXON, T.J. (2012): «A low carbon industrial revolution? Insights and challenges from past technological and economic transformations», *Energy Policy*. Elsevier, 50, pp. 117-127. doi: 10.1016/j.enpol.2012.07.061.
- PÉREZ, J. *et al.* (2019): «A methodology for the development of urban energy balances: Ten years of application to the city of Madrid», *Cities*. Elsevier, 91(June), pp. 126-136. doi: 10.1016/j.cities.2018.11.012.
- PETRILLO, A. *et al.* (2016): «Life cycle assessment (LCA) and life cycle cost (LCC) analysis model for a stand-alone hybrid renewable energy system», *Renewable Energy*. Elsevier Ltd, 95, pp. 337-355. doi: 10.1016/j.renene.2016.04.027.
- REN21 (2018): Renewables 2018 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat), Paris: Renewable energy policy network for the 21st Century. doi: 978-3-9818911-3-3.
- RUHLANDT, R.W.S. (2018): «The governance of smart cities: A systematic literature review», *Cities*. Elsevier, 81(October 2017), pp. 1-23. doi: 10.1016/j.cities.2018.02.014.
- TAHERAHMADI, J.; NOOROLLAHI, Y.; PANAH, M. (2020): «Toward comprehensive zero energy building definitions: a literature review and recommendations», *International Journal of Sustainable Energy*. Taylor & Francis, pp. 1-29. doi: 10.1080/14786451.2020.1796664.
- THE COVENANT OF MAYORS INITIATIVE FOR LOCAL SUSTAINABLE ENERGY (E3P) (2020): Available at: <https://e3p.jrc.ec.europa.eu/node/188> (Accessed: 30 October 2020).
- UNITED NATIONS (2015): Climate change agreement - PARIS. Available at: [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf).
- URRUTIA-AZCONA, K. *et al.* (2020): «Cities4ZERO: Overcoming carbon lock-in in municipalities through smart urban transformation processes», *Sustainability* (Switzerland), 12(9). doi: 10.3390/SU12093590.
- VÄRMLAND COUNTY ADMINISTRATIVE BOARD (2018): *A Quadruple Helix guide for innovations*. Sweden [https://vb.northsearegion.eu/public/files/repository/20180924154616\\_QuadrupleHelixguide.pdf](https://vb.northsearegion.eu/public/files/repository/20180924154616_QuadrupleHelixguide.pdf)