Danfoss Impact
Edición n.º 3

Hoja de ruta para la descarbonización de las ciudades

La lucha contra el cambio climático se ganará o perderá en las ciudades

Prefacio de Mika Kulju
Presidente de Danfoss Power Electronics & Drives

Rascacielos, atascos, centros comerciales y aires acondicionados. No es difícil ver por qué las ciudades representan dos tercios del consumo energético mundial y más del 70 % de las emisiones de carbono mundiales anuales.[1] Si tenemos en cuenta que más de la mitad de la población mundial vive hoy en ciudades, y que se espera que esta cifra aumente hasta casi el 70 % en 2050[2], queda claro que no alcanzaremos los objetivos del Acuerdo de París sin una descarbonización profunda de las ciudades.

Muchas ciudades de todo el mundo se han comprometido con ambiciosos objetivos climáticos y están tomando medidas para reducir sus emisiones. Sin embargo, como se ha expuesto en el informe más reciente del IPCC, el objetivo de 1,5 °C está fuera de su alcance, y es probable que el mundo supere los 1,5 °C de calentamiento a corto plazo si «seguimos caminando en lugar de correr».[3]

El cambio climático ya ha tenido un impacto negativo en el bienestar humano y en las infraestructuras clave de las ciudades. Por ejemplo, las olas de calor y la contaminación del aire se han intensificado en las ciudades.[4] Para evitar lo peor de la crisis climática, es necesario un cambio rápido, profundo y sostenido. O, como dice el Secretario General de las Naciones Unidas, António Guterres: «Nuestro mundo necesita acciones climáticas en todos los frentes: todo, en todas partes, todo a la vez».[5] El objetivo de este informe técnico es demostrar cómo se puede hacer «todo, en todas partes, todo a la vez» en las ciudades.

Las ciudades ofrecen algunas de las mejores posibilidades para optimizar la planificación urbana y acelerar una transición ecológica, y ya existen tecnologías accesibles y rentables que son capaces de reducir las emisiones lo suficiente como para cumplir los objetivos climáticos globales.[6] La propuesta de una hoja de ruta para una transición urbana ecológica permitirá a las ciudades actuar como líderes ambiciosos e inspiradores que ofrecen tecnología ecológica y crean lugares atractivos para vivir y trabajar. En los próximos capítulos profundizaremos en las huellas de carbono de todos los aspectos principales de nuestras vidas en las ciudades: la calefacción y la refrigeración de los edificios en los que vivimos, las obras en las que se construyen nuestros hogares, las carreteras y lugares de trabajo, el transporte que nos lleva al trabajo, la infraestructura que suministra nuestros bienes y gestiona los residuos, y los centros de datos que constituyen la columna vertebral digital de la ciudad. En los próximos años, la lucha contra el cambio climático se ganará –o perderá– en las ciudades. Las soluciones están ahí, pero los líderes políticos deben tomar medidas para aplicarlas. Empecemos.

«Nuestro mundo necesita acciones climáticas en todos los frentes: todo, en todas partes, todo a la vez».

António Guterres, Secretario general de las Naciones Unidas

Danfoss Impact
Edición n.º 3

Danfoss Impact, a través de pruebas de fuentes creíbles, desea mostrar cómo las tecnologías de eficiencia existentes pueden reducir el coste de la descarbonización y acelerar la electrificación de nuestras economías.

Esta edición especial y más larga de Danfoss Impact tiene la finalidad de proporcionar una hoja de ruta concreta para los alcaldes, los responsables de la toma de decisiones locales y los planificadores urbanos sobre cómo eliminar todos los principales impulsores de la huella de carbono de las ciudades. El artículo explora cómo las tecnologías disponibles pueden mejorar los medios de subsistencia de los ciudadanos y, al mismo tiempo, hacer que nuestras economías sean más resilientes y crear empleos. Esta tesis ofrece una visión holística y concreta de las principales oportunidades para descarbonizar las ciudades.

Sin embargo, las soluciones presentadas no son exhaustivas y el artículo no explorará el suministro y la creación de fuentes de energía renovables. Aún y ser un aspecto crucial, se trata de un tema que ya se ha investigado y analizado en profundidad. Asimismo, y aún y quedar fuera del alcance de este documento, también deberían implementarse medidas de planificación urbana como la creación de ciudades transitables, parques y espacios abiertos, humedales y agricultura urbana para reducir el riesgo de inundaciones y los efectos de las islas de calor.[7]

El transporte y la construcción son los dos sectores que más activamente contribuyen a las emisiones de carbono en las ciudades, y es por este motivo que el documento se centra en todas las principales palancas de descarbonización de estos dos sectores, eso es, reducir los residuos energéticos a través de medidas de eficiencia, electrificar e integrar sectores para reutilizar la energía que, de lo contrario, se desperdiciaría.

El artículo fue preparado por Case and Analytics en Group Communication and Sustainability en Danfoss. Los comentarios o preguntas pueden dirigirse a la directora de análisis, Sara Vad Sørensen, a través de la siguiente dirección: sara.sorensen@danfoss.com.

¿Solo tiene 2 minutos?

Estas son las conclusiones clave

Eficiencia energética. Si todas las áreas urbanas y ciudades de Europa, EE. UU. y China invirtieran en una calefacción y refrigeración energéticamente eficientes en todos sus edificios, esto contribuiría a reducir las emisiones en las áreas urbanas en el 20% que es necesario para alcanzar el objetivo de 1,5 °C del Acuerdo de París.[8] La reducción de los residuos energéticos es posible en todos los sectores y ya existen tecnologías para conseguirlo.

La electrificación del transporte urbano necesita una aceleración drástica. Del mismo modo, es fundamental un enfoque político urgente en el potencial de electrificar todo el sector del transporte, incluido el transporte marítimo y los vehículos pesados. **Si todas las áreas urbanas y ciudades de Europa, EE. UU. y China electrificaran su transporte privado y público, esto contribuiría a reducir las emisiones en las áreas urbanas en el 28 % necesario para alcanzar el objetivo de 1,5 °C del Acuerdo de París.**[9] Como veremos, ya existe la tecnología para la electrificación de coches, autobuses y camiones, así como de equipos marítimos y transporte como embarcaciones urbanas, transbordadores y grúas.

La integración sectorial es un facilitador de la eficiencia energética y la electrificación y, junto con la creación de energías renovables, puede descarbonizar el suministro eléctrico de las ciudades. En las zonas urbanas, la alta densidad de edificios, infraestructuras y servicios permite poner en contacto a los consumidores de energía urbanos con los productores de energía y convertir y almacenar energía. Los supermercados, los centros de datos y las instalaciones de tratamiento de aguas residuales pueden dejar de ser grandes consumidores de energía para convertirse en proveedores de energía.

La implementación de la tecnología existente para la construcción, el transporte y la integración sectorial puede **cerrar la mitad de la brecha** en las reducciones de emisiones de GEI urbanas necesarias para cumplir con la ruta de 1,5 °C.[10]

Danfoss Impact
Edición n.º 3

La huella de carbono de las ciudades: una hoja de ruta

A la izquierda se puede apreciar una hoja de ruta para la descarbonización de las ciudades.

En los siguientes tres capítulos exploraremos áreas concretas que se unen para constituir las principales palancas de descarbonización de las ciudades.

En el capítulo 1, analizamos las emisiones de la calefacción y la refrigeración de los edificios en los que vivimos, trabajamos y pasamos nuestro tiempo libre.

En el capítulo 2, revisamos las oportunidades para descarbonizar el sector del transporte, desde los vehículos pesados del sector de la construcción, los coches y autobuses que nos llevan de A a B, hasta la infraestructura y el tráfico en los puertos de la ciudad.

En el capítulo 3, analizamos algunos de los aspectos que a menudo se pasan por alto de la huella de carbono de las ciudades, como las instalaciones de aguas residuales que gestionan el saneamiento, los supermercados que nos suministran alimentos y suministros domésticos y los centros de datos que sirven como infraestructura digital de las ciudades. Lo que es común a estas tres instalaciones es que todas tienen el potencial de utilizar la mayor fuente de energía sin aprovechar del mundo: el exceso de calor.

El capítulo 4 resume las tres principales palancas de la descarbonización de las ciudades, mientras que el capítulo 5 presenta recomendaciones políticas concretas que pueden acelerar el despliegue de estas tecnologías.

La descarbonización de la calefacción y la refrigeración en la ciudad

Nuestra hoja de ruta para descarbonizar las ciudades comienza en los edificios en los que vivimos, trabajamos y pasamos la mayor parte de nuestro tiempo. Nuestros hogares, oficinas, hospitales, escuelas y fábricas necesitan energía para la electricidad, la calefacción y la refrigeración. A nivel mundial, los edificios son la segunda mayor fuente de emisiones de carbono relacionadas con la energía. En total, el 28 % de las emisiones mundiales de CO_2 relacionadas con la energía provienen del consumo energético diario en los edificios.[11] Mientras que en las zonas urbanas, los edificios suelen representar más del 50 % de las emisiones.[12]

Se prevé que, a medida que el cambio climático progrese y las temperaturas aumenten inevitablemente, la demanda energética en los edificios siga aumentando también para mantener las condiciones ambientales. Las altas temperaturas y las olas de calor ya han comenzado a impulsar la demanda de aire acondicionado, y seguirán haciéndolo.[13] A medida que la población mundial siga creciendo, también lo hará la expansión de los edificios necesarios para albergar y dar servicio a las comunidades en crecimiento. Por lo tanto, reducir las emisiones de los edificios es fundamental si queremos cumplir con los objetivos del Acuerdo de París.

Una estrategia eficaz para descarbonizar los edificios debe abordar los requisitos tanto de suministro energético como de demanda. Al mismo tiempo, debemos asegurarnos de que las fuentes de energía para la calefacción y la refrigeración de los edificios estén descarbonizadas, al mismo tiempo que nos esforzamos por reducir la demanda general de energía de los edificios.

Según la AIE, si queremos alcanzar las cero emisiones netas para 2050, casi el 85 % de los edificios deberán estar listos para las cero emisiones de carbono, lo que significa que deberán ser altamente eficientes energéticamente y utilizar energía descarbonizada.[14] Para lograr este objetivo, la mayoría de los edificios existentes requerirían reformas para 2050 y todos los edificios nuevos deberían estar listos para las cero emisiones de carbono para 2030. Sin embargo, vamos muy retrasados: a partir de septiembre de 2022, las tasas de reacondicionamiento de los edificios existentes eran de alrededor del 1 % y debían duplicarse, y solo el 5 % de los edificios nuevos estaban listos para las cero emisiones de carbono.[15] Sin embargo, ya existen soluciones para alcanzar la eficiencia necesaria en los edificios.

Para reducir la intensidad energética de los edificios, necesitamos considerar medidas pasivas y activas que abarquen la calefacción y la refrigeración de espacios, la iluminación, la ventilación y el agua.

Las medidas pasivas, como el diseño arquitectónico o las mejoras en la envolvente del edificio, pueden desempeñar un papel importante en la reducción de la demanda de calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación y otros procesos que consumen mucha energía. Sin embargo, en este artículo nos centraremos en las medidas activas.

Las medidas activas permiten ahorrar energía mediante la medición, la monitorización y el control del consumo energético de un edificio. Mientras que la instalación de iluminación o calefacción energéticamente eficiente es esencial para reducir el consumo energético general, también se deben implementar medidas activas para garantizar que la iluminación o la calefacción solo se enciendan según la demanda. Tanto si se trata de remodelar edificios existentes como de crear nuevas medidas activas, puede haber un enorme potencial de ahorro energético, rápido y rentable, que hoy en día está lejos de ser una realidad. En las siguientes páginas se presentan varias tecnologías existentes con un gran potencial de ahorro energético.
Y aunque la ubicación geográfica suele dictar qué medidas activas tienen más sentido (por ejemplo, calefacción frente a refrigeración), los siguientes ejemplos son especialmente relevantes en el contexto de la calefacción de edificios.

Edificios

Termostatos

Ahorran el 7 % de la energía final en un edificio multifamiliar

Una de las formas más sencillas de ahorrar energía es mantener automáticamente el nivel de temperatura de una habitación utilizando un termostato. Por muy sencillas que sean, las válvulas termostáticas de radiador ahorran hasta un 7 % de la energía final en un edificio multifamiliar con un periodo de amortización de un año.[16] Sin embargo, muchos edificios aún no utilizan esta sencilla medida. En toda la UE, las válvulas termostáticas de radiador tienen el potencial de ahorrar 130 TWh de energía de calefacción al año sin afectar al confort térmico de los hogares.[17] El ahorro energético puede aumentar aún más con un termostato electrónico que se regula digitalmente y se puede ajustar en función del comportamiento de los ocupantes, por ejemplo, reduciendo la temperatura ambiente cuando un edificio está vacío.

Equilibrado hidráulico

Ahorra el 10"% de la energía final en un edificio multifamiliar

Muchas unidades de calefacción o refrigeración utilizan un sistema hidrónico que transfiere agua a través de tuberías y radiadores para calentar o refrigerar edificios. La resistencia al flujo dentro del sistema fluctúa, a menos que se controle. Esto hace que los radiadores más cercanos a la bomba se calienten más de lo previsto, mientras que los radiadores más alejados de la bomba estén más fríos. Esta ineficiencia provoca que el agua a menudo se sobrecaliente y que se instalen bombas más grandes para llegar a las personas que viven lejos de la bomba. Además de la instalación de termostatos, la instalación de válvulas de equilibrado automático con control de presión diferencial permite obtener temperaturas interiores ideales, reducir los costes operativos y aumentar la eficiencia.

En un edificio multifamiliar, un sistema de equilibrado hidrónico puede ahorrar hasta un 10 % en energía final con un tiempo de amortización de un año.[18]

Danfoss Impact
Edición n.º 3

Controles predictivos por modelo

Ahorran hasta un 20 % en los costes energéticos de un edificio

Los controles predictivos por modelo están impulsados por inteligencia artificial, que utiliza datos de edificios, clima y usuarios para predecir la demanda de calefacción y ventilación. Al utilizar estos controles, los edificios pueden precalentarse antes de las horas punta o reducir la calefacción cuando el sol está a punto de calentar las fachadas del edificio, ahorrando así energía. Las observaciones de 100 000 apartamentos equipados con esta tecnología, principalmente en Finlandia, muestran que el consumo energético de calefacción y ventilación se redujo en promedio en más de un 7 % y un 10 %, respectivamente.

Mientras tanto, al trasladar el consumo al periodo más económico, el sistema garantiza un ahorro de hasta el 20 % en los costes energéticos de un edificio.[19] En 2021, una autoridad local londinense instaló controles predictivos modelo en ocho edificios residenciales. En los primeros 11 meses de funcionamiento, la tecnología amortizó su coste inicial y ahorró 600 MWh de calor, lo que es equivalente a calentar 50 hogares en el Reino Unido durante un año.

Bombas de calor

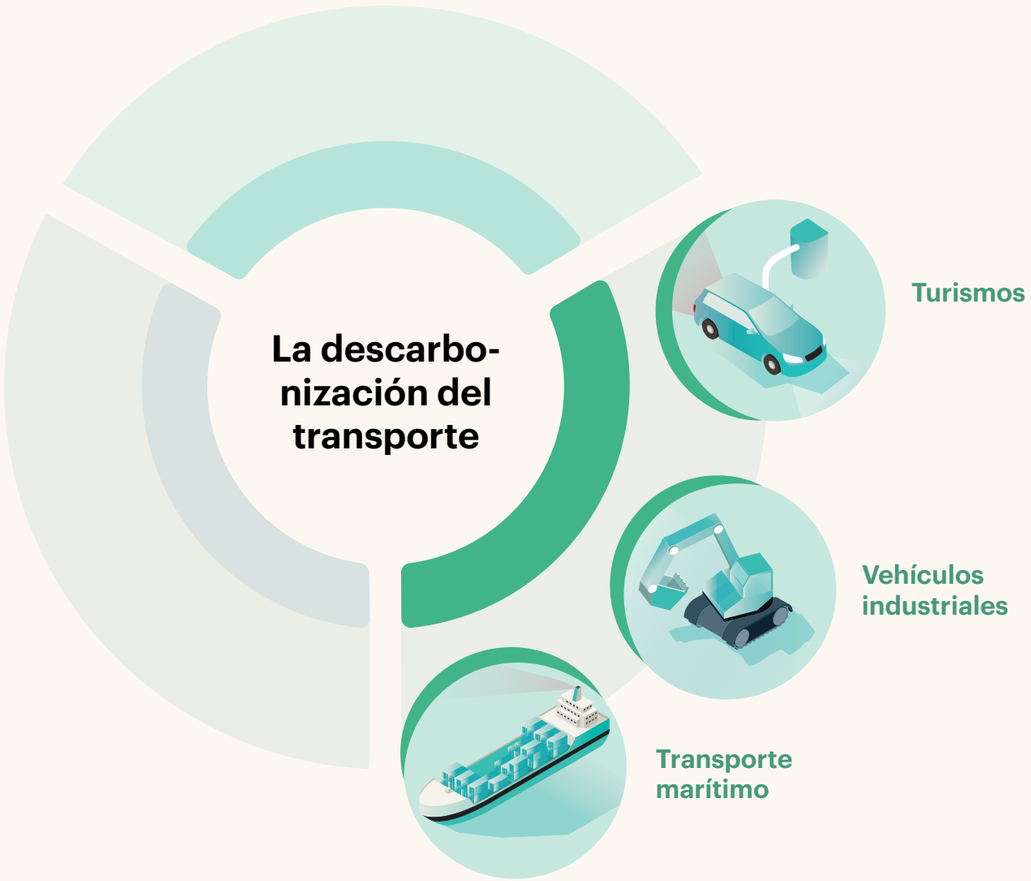
Ahorran 2/3 de la electricidad utilizada en comparación con los equipos eléctricos tradicionales

Las bombas de calor mejoran el calor a baja temperatura almacenado en el aire, la roca subterránea, el suelo o el agua subterránea a un nivel de temperatura utilizable. Los edificios lo consumen calentando nuestros espacios habitables, oficinas y agua. Debido a que mejoran el calor en lugar de generarlo, las bombas de calor pueden mantener caliente un edificio con un promedio de solo un tercio de la electricidad utilizada por los equipos eléctricos tradicionales.

Las bombas de calor también pueden proporcionar refrigeración, eliminando la necesidad de un aire acondicionado independiente para los 2600 millones de personas que vivirán en regiones que requieren calefacción y refrigeración para 2050. La AIE estima que las bombas de calor tienen el potencial de reducir las emisiones globales de CO_2 en al menos 500 millones de toneladas en 2030, lo que equivale a las emisiones anuales de CO_2 de todos los coches en circulación en Europa hoy en día.[20] Aunque la adopción de bombas de calor ha aumentado en los últimos años, sigue representando menos del 10 % de las ventas globales de los equipamientos de calefacción en 2021, mientras que los equipos de combustibles fósiles representaron el 45 %.[21] Y esto a pesar de los menores costes energéticos para el hogar o la empresa mediana que utiliza una bomba de calor en comparación con aquellos que utilizan una caldera de gas.[22]

La descarbonización del transporte urbano

El transporte, ya sea conduciendo el coche al trabajo, transportando los bienes que consumimos o los vehículos todoterreno que construyen la ciudad, depende de grandes cantidades de energía. El transporte representa el 37 % de las emisiones de CO_2 de los sectores de uso final y tiene la mayor dependencia de los combustibles fósiles.[23] En las grandes ciudades, el 33 % de todas las emisiones de gases de efecto invernadero se generan por el transporte.[24] El transporte urbano también tiene un impacto negativo en la salud humana al emitir ruido y contaminación del aire en las ciudades, así como generar alrededor de la mitad de las emisiones mundiales de óxido de nitrógeno (NO_x).[25] Cada año, 7 millones de personas mueren prematuramente debido a la contaminación del aire.[26]



En este apartado evaluamos los retos y las posibilidades de limitar las emisiones del transporte urbano. Más concretamente, nos centramos en tres componentes principales de las emisiones del transporte urbano: turismos, vehículos industriales,[27] y el transporte en los puertos urbanos.

La electrificación de los turismos

El transporte por carretera representa el 77 % de las emisiones de transporte.[28] La mayor parte de ellas provienen de los turismos,[29] los cuales contribuyen a más de la mitad de las emisiones de transporte mundiales.[30] Afortunadamente, las ventas de coches eléctricos han experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años. Los coches eléctricos se están volviendo más asequibles con una carga más rápida y un rendimiento en expansión. Las ventas mundiales de coches eléctricos crecieron hasta el 14 % de las ventas totales de coches en 2022, frente al solo 1 % de 2017, y se prevé que lleguen a representar el 18 % de las ventas en 2023.[31] La IEA espera que los coches eléctricos representen alrededor de uno de cada tres coches nuevos para 2030, lo que significaría una reducción de las emisiones anuales equivalentes a toda la economía alemana. En China, Europa y EE. UU., la cuota media de coches eléctricos en las ventas totales aumentará a alrededor del 60 % para 2030.[32]

Para lograr un transporte sostenible en las ciudades, es fundamental contar con vehículos eléctricos asequibles y una infraestructura de carga accesible. De hecho, los gobiernos ya están impulsando la transición a los coches eléctricos. Por ejemplo, el gobierno noruego tiene como objetivo que todos los nuevos turismos sean eléctricos, enchufables o híbridos para 2025,[33] mientras que el gobierno de California se ha marcado como objetivo el año 2035.[34]

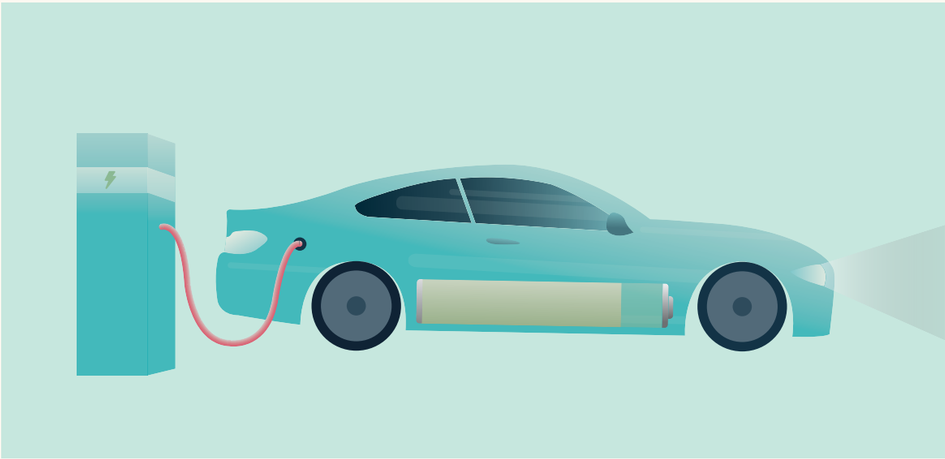
A pesar de estos alentadores desarrollos recientes, aún quedan algunos obstáculos por delante para la transición al coche eléctrico, en particular, los minerales críticos que se utilizan en las baterías de los vehículos eléctricos. Las baterías modernas están hechas de muchos minerales, como litio, níquel y cobalto. Se espera que la disponibilidad limitada de estos elementos plantee un reto para la adopción mundial de los vehículos eléctricos.[35] Un análisis que examina la aceptación de los vehículos eléctricos en China, el mayor mercado mundial de vehículos eléctricos, sugiere que los altos precios de los materiales críticos podrían obstaculizar la adopción de los vehículos eléctricos en China, impulsando un aumento del 28 % de las emisiones de carbono del transporte por carretera en 2020-2060. Además, un aumento de los costes del litio, el cobalto, el níquel y el manganeso provocaría que el porcentaje de vehículos eléctricos en las carreteras de China cayera del 49 % al 35 % en 2030 y del 67 % al 51 % en 2060.[36]

Sin embargo, como se puede ver en el caso de la electrificación de los automóviles, existen tecnologías energéticamente eficientes que pueden acelerar la aceptación del vehículo eléctrico en el mercado y reducir el estrés sobre los recursos minerales.

«Los responsables políticos, los ejecutivos de la industria y los inversores deben ser muy vigilantes e ingeniosos para [...] garantizar un suministro sostenible de minerales críticos».[37]

Fatih Birol, IEA Director ejecutivo

Caso: La eficiencia energética puede acelerar la electrificación de los automóviles



La electrónica de potencia utilizada en un coche eléctrico puede tener un impacto significativo en la eficiencia energética del vehículo. Más específicamente, los módulos de energía eficientes pueden afectar a la cantidad de energía que se pierde cuando la energía se transfiere de la batería al motor.[38] En un vehículo eléctrico, la electricidad se almacena en una batería y luego pasa a través de un tren de transmisión, mientras que el módulo de energía controla el flujo de energía entre la batería y el motor eléctrico. Los módulos de nueva generación hechos de carburo de silicio, los llamados módulos de potencia SiC, reducen la pérdida de energía como calor y ofrecen un 60-80 % menos de pérdida de energía en comparación con los módulos tradicionales. Los módulos de SiC también pueden ayudar a reducir el peso y el tamaño de otros componentes, como el sistema de refrigeración, lo que puede reducir aún más el peso total del vehículo y, por lo tanto, hacerlo más eficiente energéticamente.

Los módulos de energía eficientes pueden reducir eficazmente el tamaño de las baterías en un 5-10 %, dependiendo de las especificaciones técnicas y la aplicación del vehículo. Como alternativa, la menor pérdida de potencia aumenta la autonomía en un 4-10 % sin modificar siquiera el tamaño de las baterías, lo que aumenta aún más la aceptación de la movilidad eléctrica en la sociedad.[39,40,41,42]

Posibilidad de reducción del

5-10 %

del tamaño de la batería mediante medidas de eficiencia energética

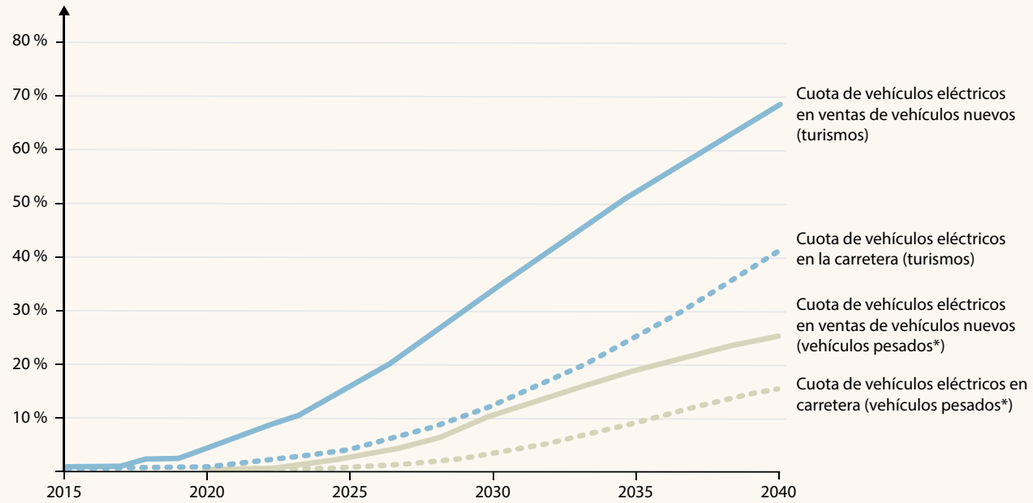
La descarbonización de vehículos pesados

Mientras que las ventas de turismos han experimentado una aceleración drástica, no ocurre lo mismo con los vehículos pesados. Los camiones, los autobuses urbanos y los autobuses de larga distancia son responsables de más del 6 % de las emisiones totales de GEI en la UE y de más del 25 % de las emisiones de GEI del transporte por carretera.[43] Seguramente, la situación es igual en el resto del mundo. En China, por ejemplo, los vehículos industriales emitían aproximadamente la mitad de las emisiones de GEI en todos los tipos de vehículos.[44]

En 2022, se vendieron casi 66 000 autobuses eléctricos en todo el mundo, lo que supone solo un 4,5 % de todas las ventas de autobuses. La electrificación de las flotas de autobuses municipales representa una oportunidad única para reducir las emisiones en el sector del transporte y, al mismo tiempo, mejorar la calidad del aire en las ciudades.[45] Además, si queremos alcanzar los objetivos del Acuerdo de París, la inversión en autobuses eléctricos tendrá que duplicarse en las próximas dos décadas.[46]

Si se observan otros vehículos pesados, como las máquinas del sector de la construcción, también hay mucho menos progreso en la electrificación en comparación con los vehículos eléctricos de pasajeros (véase la figura 1). Es necesario prestar atención inmediata a las posibilidades de reducir las emisiones de carbono de los vehículos pesados para alcanzar los objetivos climáticos globales. La eficiencia energética es la clave para reducir inmediatamente las emisiones y allanar el camino para la electrificación del transporte pesado. Echemos un vistazo a la maquinaria del sector de la construcción, y más específicamente a las excavadoras, para comprender los retos y las oportunidades.

Figura 1: Vehículos de pasajeros frente a vehículos industriales



Fuente: BNEF. 2021
*Los vehículos pesados son vehículos todoterreno de más de 15 toneladas.

Las máquinas del sector de la construcción de todo el mundo emiten 400 MT de CO_2 al año,[47] tanto como las emisiones de la aviación internacional.[48] El 50 % de ellas provienen de excavadoras.[49] A primera vista, puede parecer sencillo seguir el mismo camino que los turismos: conectarlas a baterías y cargarlas con energía procedente de fuentes renovables. Pero es más fácil decirlo que hacerlo.

En primer lugar, en comparación con los turismos, las excavadoras necesitan trabajar mucho más y durante mucho más tiempo entre cargas, lo que significa que necesitan baterías extremadamente grandes para igualar la productividad del diésel equivalente. Como resultado, las excavadoras totalmente eléctricas consumen muchos recursos para la batería y son caras de comprar, por lo que el coste total de propiedad a lo largo de su vida útil sigue superando en gran medida a las máquinas diésel.

En segundo lugar, no todas las obras donde se llevan a cabo excavaciones disponen de suficiente energía de carga para soportar una flota de excavadoras eléctricas. Los emplazamientos que tienen mucha energía eléctrica in situ suelen ser muy grandes, como las canteras, y requieren cambiar las baterías sobre el terreno al principio y al final de cada turno y cargarlas de nuevo en el almacén. Dado que las baterías pesan toneladas, esto plantea desafíos operativos.

En tercer lugar, no hay energía verde ilimitada en la red y la cantidad de energía verde adicional necesaria para electrificar la flota de excavadoras no es trivial: una estimación aproximada dice que si todas las excavadoras del mundo fueran eléctricas, consumirían la misma energía que la generada por todos los aerogeneradores marinos del mundo hoy en día operativos.[50]

A pesar de estos desafíos, la industria ya está impulsando la electrificación. Hoy en día, existen máquinas eléctricas muy pequeñas de hasta 3 toneladas y a menudo funcionan en ubicaciones del centro de la ciudad. Sin embargo, para tener un impacto sustancial en las emisiones de CO_2 en el sector, se necesitan soluciones para máquinas de más de 10 toneladas, ya que estas máquinas solo representan el 56 % de las unidades vendidas, pero equivalen al 92 % de las emisiones de CO_2.[51]

La clave para descarbonizar estas máquinas son las tecnologías energéticamente eficientes que pueden reducir inmediatamente el uso de diésel en las excavadoras y, al mismo tiempo, abordar algunos de los retos de la electrificación. La mejora de la eficiencia reduce el tamaño de las baterías necesarias, reduce la cantidad de energía de carga necesaria y reduce la cantidad de generación de energía renovable necesaria para lograr el mismo impacto.

En el caso de las obras de construcción, echamos un vistazo a la excavadora para comprender qué soluciones se pueden emplear hoy en día para reducir el desperdicio de energía y el consumo de diésel en los vehículos pesados, allanando el camino para una electrificación completa de estos vehículos, como se puede ver en la Figura 2. Hasta hace poco, las obras de bajas emisiones parecían inalcanzables, pero las innovaciones del mercado se están acelerando y están transformando la industria de la construcción. Muchas ciudades de todo el mundo están priorizando diferentes formas de reducir las emisiones y la contaminación del sector de la construcción. Sin embargo, el ritmo debe aumentar inmediatamente si realmente queremos alcanzar los objetivos climáticos globales.

Caso: La descarbonización de las obras de construcción

La escala de la actividad de construcción global aumentará significativamente en las próximas décadas, y la descarbonización de los vehículos pesados, como las excavadoras, es fundamental si las ciudades desean reducir las emisiones de GEI.

Los sistemas de excavadoras actuales solo tienen una eficiencia del 30 %, lo que significa que el 70 % de la energía que produce el motor se desperdicia en lugar de ayudar al cazo de la excavadora a mover la tierra. Para identificar las pérdidas de energía en un vehículo pesado, no basta con fijarse en el motor del vehículo. En las máquinas de construcción, un sistema hidráulico consiste en una bomba que presuriza fluidos (aceite) para transmitir la potencia del motor para realizar trabajos como elevación o excavación. Tanto si el vehículo tiene un motor eléctrico como un motor de combustión interna, el consumo energético del vehículo se puede reducir considerablemente mediante medidas de eficiencia energética. Por ejemplo, el consumo energético se puede reducir significativamente cuando el vehículo no está en funcionamiento mediante soluciones como bombas de desplazamiento variable, desplazamiento digital, bombas de velocidad variable y accionamientos descentralizados. Además, las pérdidas en el sistema hidráulico que son esenciales para muchos vehículos todoterreno se pueden reducir significativamente con las tecnologías existentes, y los sistemas de recuperación de energía pueden reciclar energía en el sistema.

Estas medidas de eficiencia energética permiten a las excavadoras realizar más trabajo con un motor más pequeño y menos combustible, a la vez que reducen la capacidad necesaria de la batería para electrificarlas hasta en un 24,8 %.[52]

La tecnología se está desarrollando rápidamente y algunas de estas medidas pueden ofrecer un ahorro de combustible del 15-30 % en excavadoras de más de 15 toneladas, al mismo tiempo que aumentan la capacidad de trabajo de las máquinas. Pronto será posible aplicar esta tecnología a excavadoras de todos los tamaños e incluso lograr un ahorro de combustible de hasta el 50 %.[53]

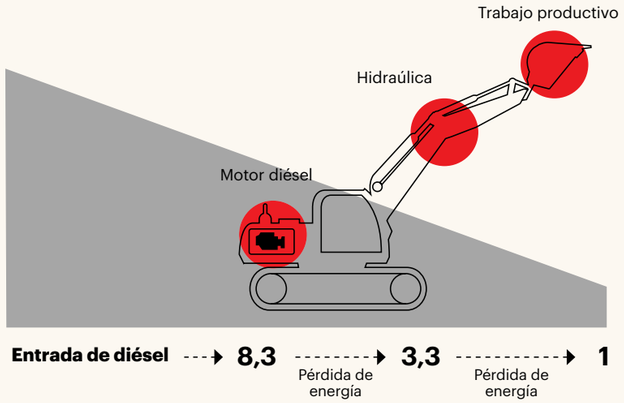
15-30 %

de ahorro de combustible gracias a la eficiencia energética

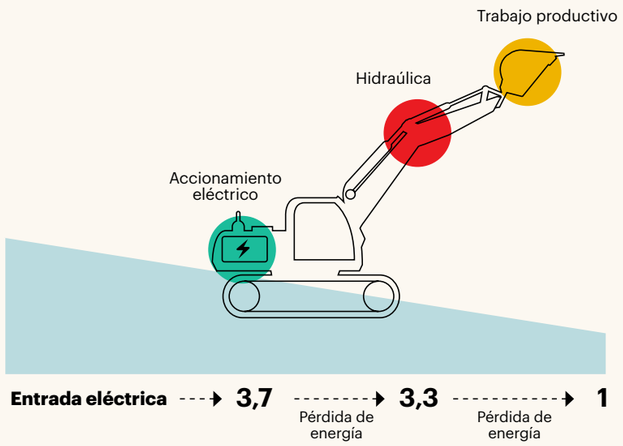
Figura 2. La excavadora totalmente eléctrica

Al combinar la electrificación y las soluciones energéticamente eficientes, solo se necesita un 25 % de la entrada de energía para desplazar la misma cantidad de tierra. Este ejemplo destaca el potencial de eficiencia energética y electrificación en una excavadora convencional de 16 toneladas.

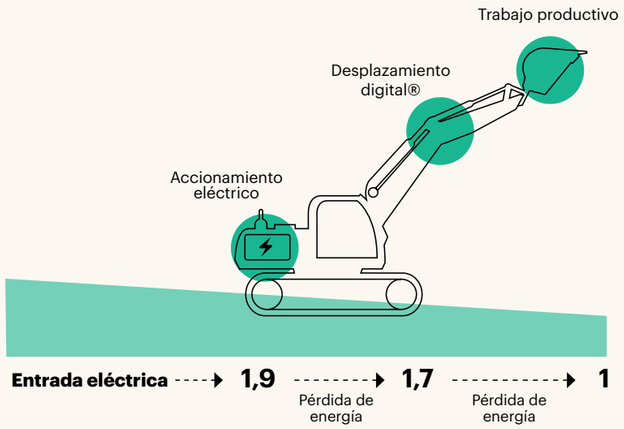
En una excavadora ICE ineficiente, se requiere una entrada de 8,3 unidades de energía para producir 1 unidad de trabajo productivo.



En una excavadora electrificada con un sistema hidráulico convencional, se requiere una entrada de 3,7 unidades de energía para producir 1 unidad de trabajo productivo.



En una excavadora electrificada y energéticamente eficiente, se requiere una entrada de 1,9 unidades de energía para producir 1 unidad de trabajo productivo.



La descarbonización del transporte y equipos marítimos

Los puertos actúan como centros vitales para el transporte de mercancías y personas en zonas urbanas. Casi el 80 % del comercio mundial por volumen y el 70 % por valor se realiza mediante el transporte internacional, y todas estas mercancías pasan diariamente por puertos.[54] La industria del transporte marítimo constituye alrededor del 2,9 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero[55] y el transporte marítimo nacional representa aproximadamente una quinta parte de ello.[56]

Existe un gran potencial inexplotado para reducir el impacto climático del sector marítimo, y las oportunidades están listas para ser aprovechadas. Los buques suelen tener una vida útil de 25-30 años y suelen estar propulsados por motores diésel.[57] Esta retención de carbono puede solucionarse mediante el reacondicionamiento de la flota existente, lo que reduciría inmediatamente el consumo de combustible y, por lo tanto, la huella de carbono del sector. Además, ya existen soluciones para electrificar completamente los buques, así como la operación en los puertos, además de que el suministro ecológico en tierra puede también reducir las emisiones de los buques mientras están atracados.

Cabe señalar que, aunque los puertos puedan no estar incluidos en el presupuesto de carbono de una ciudad, las emisiones de los puertos tienen impactos negativos significativos en el medio ambiente local y la salud pública, y los responsables de la toma de decisiones urbanas a menudo tienen la posibilidad de trabajar con las autoridades portuarias para reducir las emisiones y la contaminación de los puertos.

Si observamos la operación en los puertos, tanto las carretillas pórtico como las grúas operan en los puertos durante muchas horas al día. Una carretilla pórtico es un vehículo terrestre que se utiliza para cargar y descargar contenedores de barcos y para apilar y transportar contenedores en distancias cortas. Mientras que tradicionalmente tanto las grúas como las carretillas pórtico se accionaban con motores diésel, es totalmente posible aumentar la eficiencia de estos vehículos y electrificarlos completamente con la tecnología actual.

Por ejemplo, Shanghai Zhenhua Heavy Industries Co. (ZPMC) es uno de los mayores fabricantes de maquinaria portuaria del mundo. La empresa ofrece muchos productos de maquinaria portuaria híbrida y totalmente eléctrica. Uno de estos productos es la carretilla pórtico electrificada, que ya está en funcionamiento en el puerto de Barcelona, España, y en el puerto de Durban, Sudáfrica.

La electrificación de los equipos portuarios puede reducir las emisiones, los niveles de ruido y los costes operativos en comparación con los equipos accionados por diésel.

Del mismo modo, ya existen soluciones para limitar las emisiones de los buques marinos. La electrificación de los buques que operan en trayectos cortos cerca de la costa, como transbordadores, remolcadores y barcos que transportan alimentos, ya es posible hoy en día. Estos buques pueden funcionar completamente con batería y cargarse mientras están inactivos en los puertos utilizando fuentes de energía.

En Grovfjord, Noruega, la cría de salmón es un importante impulsor de la economía local. En el fiordo, una de las primeras embarcaciones de trabajo totalmente eléctricas del mundo, Astrid Helene, ya está en funcionamiento. El barco está cargado con equipos pesados, incluida una grúa. Sin embargo, como el barco es totalmente eléctrico, funciona sin ruido del motor ni humos de diésel. Esto se puede replicar en barcos de trabajo en ciudades de todo el mundo.[58]

En muchas ciudades, los transbordadores son vitales para el transporte de pasajeros, mercancías y vehículos por vías marítimas y terrestres cortas. En 2019, se estima que 4270 millones de pasajeros y 373 millones de vehículos fueron transportados por transbordadores en todo el mundo, la mayoría de los cuales se encuentran en Asia.[59] La mayoría de los transbordadores queman diésel, lo que emite carbono y contamina el aire, lo que supone un problema significativo ahora que muchos transbordadores operan cerca de los centros urbanos. Las soluciones existentes y rentables permiten construir nuevos transbordadores totalmente eléctricos, así como reacondicionar los transbordadores existentes para reducir las emisiones.

Las mejoras tecnológicas y de las baterías están permitiendo que los buques más grandes operen en rutas más largas utilizando energía eléctrica o híbrida. Además, existe un gran potencial para reducir las emisiones de los buques mientras están atracados, como se puede ver en el caso del puerto de Scheveningen.

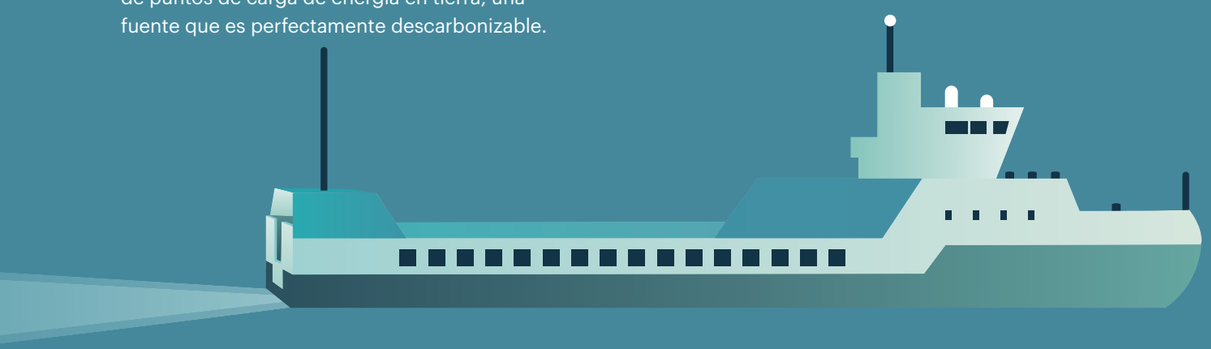
Acondicionamiento de transbordadores en puertos taiwaneses

La vida útil de los buques como los transbordadores es de entre 25 y 30 años, y a veces incluso más. Por lo tanto, el reacondicionamiento de los transbordadores mediante soluciones híbridas es crucial para reducir las emisiones del transporte marítimo. La ciudad portuaria taiwanesa de Kaohsiung depende de los transbordadores marítimos para trasladar mercancías a través de su ajetreado puerto, pero las emisiones de estos transbordadores contribuyen significativamente a la contaminación del aire local.

Para mejorar la calidad del aire, el gobierno de la ciudad ordenó a una empresa naviera taiwanesa reducir las emisiones de su flota de transbordadores. Esto incluyó la popular ruta de transbordadores de pasajeros de la isla de Cijian. Como resultado, el transbordador «Happiness», de 100 toneladas y 23 metros de largo, que realiza alrededor de 15 000 desplazamientos diarios, se convirtió en 2017 en el primer transbordador eléctrico híbrido de Asia.[60] El nuevo sistema del transbordador garantiza un crucero puramente eléctrico durante la mitad del tiempo de funcionamiento del transbordador. Gracias a la iniciativa, el Happiness ha reducido su consumo de combustible diésel en más de un 30 %[61] y se estima que el ahorro de combustible podría doblarse en comparación con el transbordador diésel original.[62] La reducción del consumo de diésel reduce las emisiones de GEI y ayuda a mejorar la calidad del aire en la región. El Happiness obtiene ahora la energía de puntos de carga de energía en tierra, una fuente que es perfectamente descarbonizable.

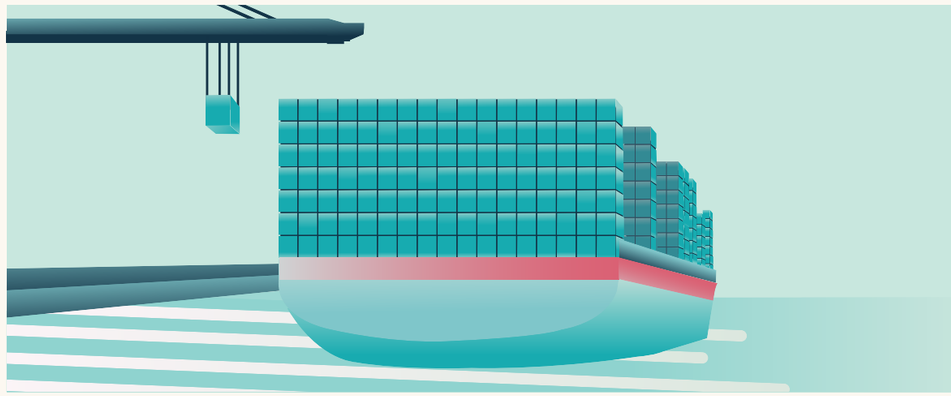
Ellen, el transbordador eléctrico más largo del mundo

Entre las islas de Ærø y Als, en el sur de Dinamarca, los pasajeros y los vehículos se transportan en el «Ellen», un transbordador mediano totalmente eléctrico. En funcionamiento, el Ellen ahorra un 80 % de CO_2 y reduce en un 75-95 % la contaminación del aire en comparación con la mejor alternativa tecnológica en el momento de la evaluación, y un 87 % de CO_2 y un 86-99 % de contaminación del aire en comparación con un transbordador más antiguo existente.[63] Los costes operativos del Ellen son significativamente inferiores a los de las alternativas convencionales, lo que garantiza un tiempo de amortización de la inversión adicional de 5-8 años de funcionamiento.[64]



Danfoss Impact
Edición n.º 3

Caso: Suministro ecológico en tierra en el puerto de Scheveningen, Países Bajos



El suministro en tierra puede cargar las baterías de los buques totalmente eléctricos e híbridos utilizando energía eléctrica de la red mientras están en el puerto. En lugar de utilizar los generadores diésel a bordo, los buques alimentados con combustibles fósiles pueden aprovechar el suministro de electricidad procedente de las redes locales para alimentar todos sus equipamientos, desde las cafeteras del barco y los equipos de comunicación hasta la iluminación y la ventilación.[65] El uso del suministro en tierra significa que no se consume diésel mientras el buque está atracado, lo que a su vez significa una contaminación del aire y del ruido significativamente menores. Dado que los puertos suelen estar cerca de entornos urbanos, esto tiene un impacto positivo en los residentes locales.

El puerto de Scheveningen está situado en el centro de la costa holandesa, cerca de La Haya, y ofrece atracaderos para más de 7500 embarcaciones al año. Consta de tres áreas portuarias. Mientras que el segundo puerto ya dispone de energía en tierra para cúters, barcos pesqueros pequeños y embarcaciones de ocio, una importante nueva instalación a escala industrial en los otros dos puertos amplía la capacidad a muchos más buques, incluidos los grandes buques comerciales.

Gracias a la nueva instalación de energía en tierra, los buques pueden dejar de utilizar generadores diésel ruidosos y contaminantes mientras están atracados en el puerto. Esto elimina la contaminación del aire y reduce el ruido y las vibraciones cuando los motores del barco están al ralentí. De media, los buques del puerto de Scheveningen consumen más de 100 MWh al mes a través de la nueva fuente de alimentación en tierra.

Con un promedio de un litro por tres kWh, esto se traduce en un ahorro mensual de más de 33 000 litros de diésel marino de alta calidad.[66] Esto equivale a reducciones drásticas de la contaminación del aire y a un ahorro de aproximadamente un 60 % de CO_2 equivalente con la mezcla eléctrica holandesa actual.[67]

33 000
litros
de diésel marino de alta calidad ahorrados al mes

El futuro del transporte descarbonizado

- La relevancia de la electrificación va más allá de la electrificación de los turismos. Ya existe la tecnología para la electrificación y descarbonización de autobuses, camiones y excavadoras, así como de equipos y buques marinos como grúas, carretillas pórtico, barcos urbanos, embarcaciones de trabajo y transbordadores.

- Una mayor eficiencia puede acelerar la electrificación del transporte. Tanto en los turismos como en los vehículos pesados y en el transporte marítimo, las medidas de eficiencia pueden reducir el tamaño de las baterías necesarias y, por lo tanto, limitar la necesidad de materias primas. El aumento de la eficiencia también puede reducir la demanda de infraestructura de carga y aumentar la productividad y la autonomía del vehículo.

- La electrificación no es una cuestión de «todo o nada». Para algunos vehículos que aún no se pueden electrificar por completo, como la maquinaria del sector de la construcción y los buques de mayores dimensiones, es posible reducir el tamaño del motor diésel y electrificar componentes críticos de la máquina, permitiendo así que la mayor eficiencia de un sistema eléctrico genere ventajas significativas.

- Los buques pueden recibir energía sostenible mientras están atracados con tecnologías fácilmente disponibles, lo que reduce significativamente las emisiones y la contaminación en las zonas urbanas.

«La eficiencia energéticaes algo más que reducir la demanda. Sin ella, las ciudades no podrán acelerar la electrificación».

Kim Fausing, Presidente y CEO de Danfoss

La descarbonización del suministro energético en las ciudades

En la última parada de esta hoja de ruta de la descarbonización, nos centraremos en el suministro de energía a las ciudades. Veremos cómo las actividades que forman parte integral de la vida en las ciudades, como las compras y la gestión de residuos, pueden descarbonizarse analizando de forma holística el uso de la energía en las ciudades.

La crisis energética mundial ha desencadenado un impulso sin precedentes para la ampliación de las energías renovables. Ahora, el mundo está listo para añadir en los próximos cinco años tanta energía renovable como en los últimos 20 años.[68]

Danfoss Impact
Edición n.º 3

Por supuesto, la ampliación de las energías renovables desempeñará un papel crucial en la descarbonización de las ciudades y se necesitarán aún más infraestructuras de energía renovable. Sin embargo, si no somos eficientes en nuestro uso de la energía ecológica, la expansión del uso de las energías renovables al ritmo actual ni siquiera nos permitirá acercarnos a los objetivos climáticos globales.

El exceso de calor puede proporcionar una parte sustancial de las necesidades de calefacción y refrigeración en las ciudades. Solo en la UE, la cantidad de exceso de calor casi corresponde a la demanda energética total de la UE de calefacción y agua caliente en edificios residenciales y del sector de servicios,[69] y la situación es probablemente la misma a nivel mundial. Para aprovechar el exceso de calor, es crucial adoptar un enfoque holístico del uso de la energía en las ciudades. Puede obtener más información sobre el potencial de exceso de calor en la edición 2 de Danfoss Impact.

¿Qué es el exceso de calor? Cada vez que una máquina funciona, se genera calor. Piense en el calor que hay detrás de la nevera. Lo mismo ocurre a mayor escala con todos los supermercados, centros de datos, fábricas e instalaciones de tratamiento de aguas residuales de la ciudad. Como veremos, este calor se puede reutilizar.

El uso del exceso de calor constituye la tercera palanca crucial en la hoja de ruta de la descarbonización de las ciudades. A continuación, nos centramos en tres fuentes específicas de exceso de calor en las ciudades y exploramos cómo se puede utilizar.

Un enfoque holístico del suministro energético urbano

Históricamente, el exceso de calor procedente de plantas de acero y centrales eléctricas se ha reutilizado debido a las temperaturas muy altas. Pero a medida que la tecnología ha evolucionado, muchas más fuentes que producen exceso de calor a bajas temperaturas se han vuelto viables para reutilizarse, lo que significa que incluso las ciudades sin una gran industria tienen numerosas fuentes de exceso de calor que suman una cantidad considerable de energía. El exceso de calor de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, los centros de datos, los supermercados y las estaciones de metro son ejemplos de fuentes de exceso de calor presentes en todas las ciudades.

Existen varias formas de utilizar el exceso de calor. La forma más sencilla de utilizar el exceso de calor es reintegrarlo en los mismos procesos. Una medida para utilizar el calor residual internamente es instalar una unidad de recuperación de calor. Las unidades de recuperación de calor hacen que el calor residual se pueda utilizar para procesos a un nivel de temperatura similar o más baja. Como se puede ver en el caso de los supermercados, el exceso de calor se puede utilizar para calentar la tienda y producir agua caliente sanitaria. Sin embargo, la densidad de infraestructuras en las ciudades permite utilizar el exceso de calor de forma aún más sistemática y a mayor escala a través de la integración sectorial y la distribución de energía a nivel de distrito.

La integración sectorial, o acoplamiento sectorial, hace referencia al proceso de optimización de la combinación de al menos dos sectores diferentes de demanda y producción de energía (es decir, electricidad, calefacción, refrigeración, transporte y procesos industriales). La integración sectorial consiste en maximizar las sinergias entre sectores, así como en convertir y almacenar energía. Esto puede ocurrir a pequeña y gran escala a través de la planificación urbana y las redes de distribución de energía a nivel de distrito District Energy. La planificación urbana puede aprovechar el potencial de la integración sectorial y el exceso de calor conectando a los productores de energía con los consumidores de energía a través de una red inteligente. Pueden producirse grandes sinergias cuando un productor de exceso de calor como, por ejemplo, un centro de datos, se encuentra cerca de entidades que pueden comprar y utilizar grandes cantidades de exceso de calor (por ejemplo, la horticultura). Analizar las posibilidades de tales sinergias entre los productores de energía y los usuarios en la planificación urbana se denomina planificación de agrupaciones industriales y contribuye a descarbonizar nuestro sistema energético. Además, se ha demostrado que la colaboración entre empresas cercanas proporciona beneficios económicos tanto al comprador como al vendedor.

Los beneficios de la integración sectorial pueden aumentar aún más a través de las redes District Energy de distribución de energía a nivel de distrito.

Sistemas District Energy: la descarbonización de la calefacción y refrigeración urbanas

District Energy es un sistema colectivo que suministra calefacción o refrigeración a toda una zona. Una red de District Heating aprovecha el calor de una combinación de fuentes, como las renovables (por ejemplo, solares, geotérmicas y de biomasa) y las fósiles (por ejemplo, centrales eléctricas) y lo distribuye a través de tuberías a los usuarios finales en forma de agua caliente. Por otro lado, un sistema de refrigeración de distrito enfría el agua en una planta central y luego la distribuye a través de tuberías a los usuarios finales.

Hoy en día, la gran mayoría de la producción mundial de District Energy depende de combustibles fósiles. Según la AIE, el mundo necesita duplicar la cuota de fuentes verdes en calefacción urbana para 2030 para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas.[70] Si lo conseguimos, esto ayudará a reducir las emisiones de GEI de la generación de calor en más de un tercio.

Hoy en día, los sistemas de District Energy permiten un suministro de calor descarbonizable. Una de las principales fortalezas de los sistemas de District Energy es su capacidad para integrar diferentes fuentes de calor que pueden expulsar los combustibles fósiles de la mezcla de calefacción y refrigeración. A medida que la tecnología de District Energy evoluciona, cada vez más fuentes de calor ecológicas pueden aprovecharse en el sistema. Hoy en día, el llamado sistema de District Energy de 4.ª generación permite integrar fuentes de calor de muy baja temperatura en el sistema de District Energy para proporcionar calefacción a edificios nuevos que pueden funcionar a bajas temperaturas. El hecho de que cada vez se puedan utilizar más fuentes de energía ecológicas en la calefacción y refrigeración urbanas coloca a los sistemas de District Energy en el centro de la transición ecológica.

Otra ventaja crucial de los sistemas de District Energy es que favorecen el equilibrio de la red. Uno de los principales retos a la hora de descarbonizar nuestra red y aumentar la electrificación es garantizar que el suministro coincida con la demanda. Al considerar el sistema energético de forma holística y vincular diferentes fuentes de energía, District Energy permite un uso flexible de la energía. Es decir, permite compensar las discrepancias en la oferta y la demanda para que podamos explotar toda la capacidad de la red. Equilibrar los picos será especialmente importante a medida que aumentemos el uso de energías renovables y se produzca la electrificación.

Caso: Los sistemas de refrigeración de distrito utilizan la mitad de energía que los aires acondicionados

En un sistema de refrigeración de distrito, el agua enfriada se suministra desde una central de refrigeración a edificios comerciales y residenciales a través de tuberías. El agua fría para la refrigeración de distrito se suministra a través de recursos naturales de agua fría (mar, lagos, ríos o depósitos subterráneos) o se produce a partir del calor residual de la generación de energía o las industrias, o a través de enfriadores eléctricos centrales. El agua fría del sistema de refrigeración de distrito se puede producir por la noche y distribuirse en las horas pico durante el día. Esto reduce la necesidad de capacidad del enfriador durante las horas pico de demanda y reduce los costes operativos, ya que la electricidad es más barata y las temperaturas ambiente son más bajas por la noche.

Alrededor del 10 % de la demanda mundial de electricidad proviene de la refrigeración de espacios y la AIE estima que, para 2050, alrededor de dos tercios de los hogares del mundo podrían tener un equipo de aire acondicionado.[71] Según estudios internacionales, la demanda de refrigeración de edificios comerciales y residenciales crecerá exponencialmente en los próximos años, especialmente en países de altos ingresos y economías emergentes como India, China e Indonesia.[72] Sin embargo, los sistemas de refrigeración de distrito utilizan la mitad de energía que los aires acondicionados y también reducen el consumo de gases fluorados perjudiciales para el medio ambiente.[73]

Los sistemas de refrigeración de distrito existentes en ciudades como París, Dubái, Helsinki, Copenhague y Port Louis han demostrado que la refrigeración de distrito puede ser más del doble de eficiente que la de los sistemas descentralizados tradicionales.[74] En Dubái, por ejemplo, el 70 % de la electricidad la consumen los aires acondicionados, y para satisfacer la demanda de refrigeración, la ciudad ha desarrollado una de las mayores redes de refrigeración de distrito del mundo. Para 2030, el 40 % de la demanda de refrigeración de la ciudad se cubrirá con refrigeración urbana.[75]

Centros de datos: de usuarios de energía a productores de energía

Hay miles de centros de datos en todo el mundo, muchos de los cuales se encuentran en ciudades.[76] Los centros de datos son simplemente edificios que proporcionan espacio, energía y refrigeración para la infraestructura de red y están llenos de diferentes cantidades de servidores. A medida que los datos se han convertido en la sangre vital de la economía digital global actual, los centros de datos se han vuelto críticos para la función de nuestras vidas y actividades diarias. Los centros de datos también son grandes consumidores de electricidad. La alimentación y la refrigeración de miles de servidores requieren mucha electricidad. Según la AIE, en 2021 los centros de datos consumieron 220-320 TWh de electricidad, o alrededor del 1 % de la demanda eléctrica final mundial [77], lo que equivale a la electricidad suficiente para alimentar entre 20 y 30 millones de hogares estadounidenses.[78] Para reducir la huella de carbono, es crucial optimizar la eficiencia energética de los sistemas de refrigeración de los centros de datos y utilizar el exceso de calor de los centros de datos. Hay varios ejemplos que muestran cómo el exceso de calor de los centros de datos se puede reutilizar para calentar edificios cercanos a través de una microrred, o bien se puede exportar a la red de District Energy más amplia.

En la ciudad de Fráncfort del Meno, hay varios proyectos en marcha con el fin de ayudar a la ciudad a extraer el exceso de calor de los centros de datos y a utilizarlo para toda su demanda de calor de hogares y oficinas privados. Se ha estimado que el calor residual de los centros de datos de Fráncfort podría, para el año 2030, cubrir toda la demanda de calor de la ciudad procedente de hogares privados y edificios de oficinas.[79]

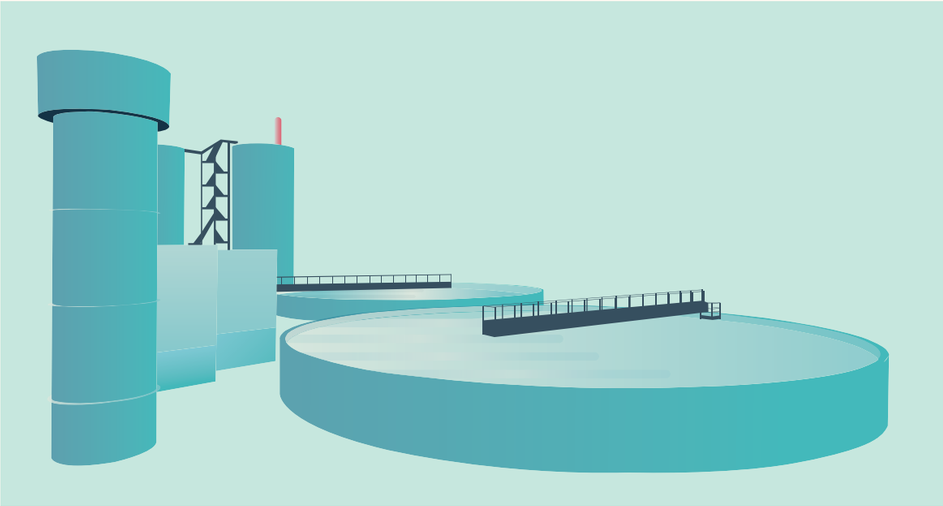
En Dublín, Amazon Web Services ha construido la primera solución sostenible a medida de Irlanda para suministrar calor con bajas emisiones de carbono a un suburbio de Dublín en proceso de crecimiento. Inicialmente, el recientemente terminado centro de datos suministrará calor a 47 000 m² de edificios del sector público. También suministrará calor a 3000 m² de espacio comercial y 135 apartamentos de alquiler asequibles. Este proyecto reducirá las emisiones de CO_2 en 1500 toneladas al año.[80]

Instalaciones urbanas de aguas residuales como productores de energía

El suministro de agua y saneamiento es una parte indispensable, pero a menudo pasada por alto, de la infraestructura urbana. Se requieren enormes cantidades de energía para proporcionar a los ciudadanos acceso a agua potable limpia y saneamiento. La mayoría de las ciudades del mundo disponen de plantas de tratamiento de aguas residuales. Y como suelen estar operadas por los municipios, pueden consumir hasta el 20 % de las facturas de electricidad municipales.[81]

Existe un potencial significativo de ahorro energético en el sector del agua a través del uso sistemático del exceso de energía. Las aguas residuales contienen cantidades significativas de energía incrustada. El lodo puede extraerse de las aguas residuales y bombearse a los digestores. Estos producen biogás, principalmente metano, que se puede quemar para producir calor y electricidad. Antes de liberar el agua limpia, se puede enfriar con una bomba de calor, que suministra calor a la red local de calefacción urbana. En consecuencia, las plantas de tratamiento de aguas residuales tienen el potencial de dejar de ser consumidores de energía para convertirse en productores de energía.

Caso: Producción de energía a partir de aguas residuales



En la ciudad de Aarhus, Dinamarca, la planta de tratamiento de aguas residuales de Marselisborg (WWTP), operada por Aarhus Vand, ha logrado reducir el consumo energético y, al mismo tiempo, aumentar la producción de energía. En el periodo comprendido entre 2016 y 2021, la planta de tratamiento de aguas residuales de Marselisborg produjo casi un 100 % más de energía de la necesaria para el tratamiento de aguas residuales. La energía producida cubrió las necesidades de todo el ciclo del agua de un área urbana de 200 000 personas, incluida la distribución de agua potable y la recuperación de aguas residuales de las viviendas, desacoplando así esencialmente el agua de la energía. El retorno de esta inversión fue de 4,8 años. Se estima que la optimización y la digitalización de los procesos han contribuido al 70 % de las mejoras.[82]

El Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas 6.3 aboga por una reducción del 50 % de las aguas residuales sin tratar para 2030.[83] Equipar las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes y futuras con tecnologías de vanguardia podría ahorrar 300 millones de toneladas de emisiones equivalentes de CO_2 al año. Además, ahorraría 350 TWh de energía al año,[84] lo que supone aproximadamente una décima parte del suministro energético de Alemania.[85] Por último, el calor sobrante de los efluentes se puede bombear a las redes de calefacción urbana, lo que podría proporcionar entre el 10 y el 15 % de la demanda mundial de calor residencial.[86]

Es posible ahorrar

300 millones de toneladas

de emisiones equivalentes de CO_2 al año

Caso: Sus compras pueden calentar su hogar

Los supermercados son una parte integral de las ciudades de todo el mundo, ya que proporcionan un acceso cómodo a la comida y a los suministros domésticos. Sin embargo, también se encuentran entre los edificios comerciales con un mayor consumo energético.[87]

En el Reino Unido, los supermercados consumen aproximadamente el 3 % de la producción de electricidad del país.[88] Mantener los alimentos frescos en expositores de refrigeración y congeladores representa la mayor parte del consumo energético de un supermercado. Puede parecer ilógico, pero las vitrinas refrigeradas, los congeladores y los frigoríficos producen una cantidad significativa de calor. Todo aquel que haya sentido alguna vez la calidez procedente de detrás de su frigorífico puede confirmarlo. Estos sistemas de refrigeración generan cantidades significativas de exceso de calor, que a menudo se liberan a la atmósfera.

Pero esto no tiene por qué ser así. La tecnología de recuperación de calor existente puede reutilizar el exceso de calor de las vitrinas refrigeradas para calentar el agua utilizada en el supermercado, así como el edificio, y el exceso de calor no reutilizado en el supermercado puede suministrarse a la red de calefacción urbana. En una pequeña ciudad del sur de Dinamarca, el supermercado local SuperBrugsen ha ahorrado una cantidad considerable de energía mediante la monitorización de los sistemas de refrigeración y la reutilización y venta del exceso de calor de sus sistemas de refrigeración. **Desde 2019, el 78 % del consumo de calor de SuperBrugsen ha sido cubierto por el calor reutilizado de los procesos de refrigeración.** Y el supermercado ha vendido 134 MWh a otros edificios locales a través de la red de distribución de calefacción District Heating.[89]

78 %

del consumo de calor cubierto por el calor reutilizado de los procesos de refrigeración

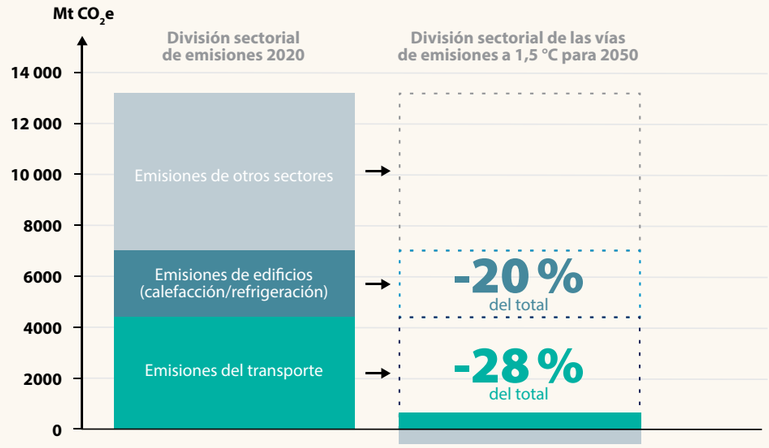
Ahorrar energía. Electrificar. Integrar.

Tres pasos para descarbonizar las ciudades

Observando los diversos ejemplos y sectores examinados anteriormente, podemos ver tres tendencias clave capaces de impulsar una transición ecológica exitosa en las ciudades: 1) Ahorrar energía, 2) Electrificar y 3) Integrar.

Basándose en los escenarios de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y el IPCC, un análisis de Navigant ha cuantificado la adopción de tecnología en la ruta del 1,5 °C en una selección de ciudades en Europa, EE. UU. y China.[90] Las emisiones procedentes del transporte y de la calefacción y refrigeración de edificios representan más de la mitad de las emisiones urbanas. Para que las ciudades alcancen el objetivo de 1,5 °C en 2050, deberá reducirse el 28 % de las emisiones procedentes del transporte, el 20 % de los edificios de calefacción y refrigeración y el 52 % de otros sectores, incluida la electrificación de los vehículos pesados. El estudio de Navigant revela que los edificios energéticamente eficientes y la electrificación del transporte, ambos habilitados por la integración sectorial, pueden cerrar la mitad de la brecha en las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero necesarias para mantenerse por debajo del objetivo de 1,5 °C. Y esto solo tiene en cuenta las tecnologías existentes. Además, las medidas de eficiencia energética en otros sectores, como los vehículos pesados, pueden contribuir aún más. Echemos un vistazo más de cerca a estos tres principales impulsores de l reducción de las emisiones urbanas.

Figura 3: Hacia el objetivo de 1,5 °C en zonas urbanas



El transporte generará un 28 % de reducción de emisiones, la calefacción y refrigeración de edificios generará una reducción del 20 % y los demás sectores generarán un 52 %. El transporte no puede llegar a las cero emisiones.[91]

Ahorrar energía

Las medidas de eficiencia energética pueden reducir enormemente la cantidad de energía que utilizamos en nuestras ciudades, ahorrar costes y mejorar la salud y el bienestar de los ciudadanos. Aunque las medidas de eficiencia a menudo se asocian a los edificios, es posible reducir el desperdicio de energía en muchos aspectos de nuestra vida en las ciudades. Como hemos visto en el caso de la construcción, una mejor eficiencia del sistema en vehículos pesados puede reducir significativamente el consumo de diésel y allanar el camino para la electrificación reduciendo el tamaño de las baterías necesarias en la excavadora más eficiente. Lo mismo ocurre con los turismos, donde los módulos de potencia eficientes pueden aumentar la autonomía del vehículo, aumentando eficazmente la adopción de los vehículos eléctricos por parte del mercado. Además, todo, desde centros de datos hasta instalaciones de aguas residuales y supermercados, puede reducir el consumo energético mediante la monitorización y el ajuste del consumo energético.

Sin embargo, si nos fijamos solo en los edificios, estos representan el 28 % de todas las emisiones mundiales de CO_2 relacionadas con la energía[92] y el 40 % del uso de energía primaria urbana.[93] La calefacción y refrigeración ineficientes de los edificios son, por lo tanto, las principales causas de emisiones y contaminación del aire en todo el mundo.

Para que las ciudades permanezcan por debajo de 1,5 °C en 2050, el 20 % de la reducción de emisiones proviene de los edificios, incluida una serie de medidas de eficiencia energética, como se puede ver en el capítulo 1. Esto equivaldría a pasar de 2500 millones de toneladas de emisiones anuales en 2020 a 0 millones de toneladas en 2050, lo que supone por sí solo el 10 % de las emisiones anuales actuales de las zonas urbanas de todo el mundo. Esto requerirá la adopción urgente de la tecnología existente para crear una calefacción y refrigeración energéticamente eficientes en los edificios urbanos. Esto significa que la tasa de renovación de los edificios, que ahora suele ser inferior al 1 %, tendrá que aumentar hasta aproximadamente el 2-3 % para que las ciudades alcancen el objetivo de 1,5 °C.[94] Por lo tanto, varias ciudades tendrían que triplicar sus actividades de renovación actuales. Incluso entonces, la transformación de los edificios existentes podría tardar 30 años o más.

La eficiencia energética es crucial para cumplir nuestros objetivos de cero emisiones netas. De hecho, a nivel mundial, una mayor eficiencia energética puede generar un tercio de la reducción de emisiones necesaria para alcanzar las cero emisiones netas.[95] Sin un aumento constante de la eficiencia energética, simplemente no podremos construir energías renovables con la suficiente rapidez como para cumplir con los objetivos climáticos globales. Las medidas de eficiencia energética reducen la presión sobre las redes eléctricas y aumentan la proporción de energías renovables en la mezcla de energías urbanas. Además, debido al crecimiento de las poblaciones y a la creciente demanda de energía, un mayor enfoque en el desperdicio de energía será cada vez más importante en la futura lucha contra el cambio climático. Por ejemplo, las demandas de refrigeración aumentarán significativamente en las ciudades, donde el efecto de isla de calor urbano puede aumentar las temperaturas en 3-4 °C en relación con las zonas circundantes. Además, los beneficios de la eficiencia energética van más allá del clima. La eficiencia mejorada y la demanda energética evitada relacionada podrían contribuir a reducir las facturas energéticas de los hogares mundiales en al menos 650 000 millones de dólares al año para 2030,[96] mientras también promueven la salud y el bienestar de los miles de millones de personas que viven en las ciudades.

Electrificar

La electrificación desempeñará un papel fundamental en la transición ecológica. Especialmente en el transporte urbano, debe haber una aceleración drástica. Del mismo modo, se necesita una atención urgente para acelerar la electrificación del transporte pesado, así como de la industria marítima. Como hemos visto, ya existen las tecnologías necesarias para la electrificación completa de camiones, barcos urbanos, embarcaciones de trabajo y transbordadores, así como equipos que operan en puertos como carretillas pórtico y grúas.

Si todas las zonas urbanas de Europa, EE. UU. y China electrificaran su transporte privado y público, contribuirían al 28 % de la reducción de emisiones que es necesaria para alcanzar el objetivo de 1,5 °C del Acuerdo de París,[97] y eso sin tener en cuenta el potencial de electrificar los vehículos pesados. Sin embargo, la contribución varía por región y por ciudad: 17 % en Europa, 24 % en EE. UU. y 37 % en China.[98]

A medida que descarbonicemos progresivamente nuestra generación de electricidad, también tendremos que electrificar las industrias y los edificios de nuestras ciudades que antes funcionaban con combustibles fósiles. Por ejemplo, la sustitución de las calderas de combustibles fósiles por bombas de calor más eficientes muestra cómo la eficiencia energética y la electrificación son, en muchos casos, dos lados de la misma moneda. La electrificación puede conducir a reducciones de emisiones, tanto sustituyendo la energía de combustibles fósiles por la generación de electricidad renovable, como ahorrando energía gracias a la mayor eficiencia de las tecnologías eléctricas. Por ejemplo, los buques eléctricos con batería son casi el doble de eficientes que los buques con motor de combustión interna, y una mayor eficiencia compensará el mayor precio de los buques eléctricos teniendo en cuenta una vida útil de 20-25 años.[99]

Al electrificar el transporte, podemos reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la contaminación del aire, que amenaza cada vez más la salud de los habitantes de las ciudades. Las tecnologías de electrificación disponibles actualmente tienen el potencial de reducir las emisiones de NO_x en un 90 % por pasajero-kilómetro para 2050. [100]

Integrar

La integración sectorial es un facilitador de la eficiencia energética y la electrificación. En las zonas urbanas, la alta densidad de edificios, infraestructuras y servicios significa que podemos conectar a los consumidores de energía urbana con los productores de energía y beneficiarnos de subproductos como el exceso de calor. Por lo tanto, la integración sectorial es una forma eficaz de ahorrar grandes cantidades de energía, aumentando así la cuota de energía renovable en la mezcla energética urbana y acelerando la transición a un sistema de energía electrificado alimentado por energía renovable.

La integración sectorial, y más específicamente los sistemas de energía de distrito, son una forma eficaz de convertir y almacenar energía y estabilizar la red, lo que solo será más importante en el futuro, ya que el suministro fluctuante de energía renovable en el sistema energético aumentará significativamente. Uno de los principales retos a la hora de descarbonizar nuestra red y aumentar la electrificación es garantizar que el suministro coincida con la demanda. Al conectar diferentes fuentes de energía, la integración sectorial con el almacenamiento de energía térmica permite un uso flexible de la energía y permite compensar las discrepancias en la oferta y la demanda, para que podamos explotar toda la capacidad de la red.

Como hemos visto en los supermercados, los centros de datos y las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, hay muchas fuentes de exceso de calor inexplotadas en nuestras ciudades que se pueden utilizar en otros lugares. **De hecho, según una estimación reciente, el exceso de calor de fuentes accesibles en zonas urbanas puede cubrir el 10 % de la demanda energética total de la Unión Europea.** [101] Al utilizar el exceso de calor para la calefacción y la refrigeración, podemos ahorrar el mayor valor (cada vez más verde) de la electricidad para los sectores del transporte y la industria.

Política

Recomendaciones

Una descarbonización profunda de las ciudades requiere un enfoque integral y holístico que implique a múltiples partes interesadas, incluidos gobiernos locales, empresas y residentes. A continuación, se presentan algunas de las iniciativas cruciales, aunque la lista no es exhaustiva.

Las estrategias sistemáticas de ahorro energético pueden ahorrar energía en todos los sectores.

- La reducción del desperdicio de energía en todos los sectores comienza con el mapeo del uso de la energía para identificar áreas de mejora. Establecer un mandato de planificación energética, establecer objetivos y planes ambiciosos y factibles a corto, medio y largo plazo, y un marco normativo adecuado para incentivar las inversiones.
- Aprovechar primero los beneficios rápidos, ya que esto puede aprovechar la financiación para una renovación más profunda o proyectos de nueva construcción sostenibles. Entre las ganancias rápidas se incluyen la optimización de los sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación en el parque de edificios públicos (consulte las pág. 10-11). Estas medidas se pueden implementar inmediatamente con unos tiempos de amortización muy cortos y sin comprometer los esfuerzos de ahorro energético a largo plazo.
- Diseñar e implementar códigos energéticos obligatorios para edificios nuevos y existentes con el fin de acelerar la transición hacia edificios con cero emisiones de carbono y aumentar la tasa de renovación del parque de edificios.
- Establecer estándares mínimos de rendimiento energético para apoyar la adopción de equipos energéticamente eficientes. Las etiquetas de energía pueden estimular aún más el mercado y son más adecuadas para productos listos para usar con consumidores finales como grupos objetivo principales.
- Establecer estrategias de renovación a largo plazo, incluida una regulación e incentivos adecuados para estimular la renovación, utilizar energías renovables e impulsar las tasas de renovación de los edificios existentes. Actualmente, las tasas de renovación suelen ser inferiores al 1 % y deben aumentar al menos al 2-3 % al año en la mayoría de las regiones para alcanzar los 1,5 °C en 2050.[102]
- Incentivar la sustitución de los sistemas técnicos de construcción que funcionan con combustibles fósiles para la calefacción espacial, el agua caliente sanitaria y la refrigeración por aquellos otros que utilizan energía renovable, como bombas de calor o redes de distribución District Energy.
- Garantizar o facilitar el acceso a la financiación para la implementación. Una forma de hacerlo es utilizando o pidiendo modelos de negocio financieros innovadores como ESCO.

Danfoss Impact
Edición n.º 3

Electrificar el transporte a través de inversiones, regulación e incentivos

- Invertir ahora en la electrificación de la flota de la ciudad (vehículos, autobuses, barcos urbanos, transbordadores). Recuerde que la electrificación parcial del transporte pesado también implica un ahorro significativo de costes y energía y puede llevarse a cabo de inmediato.
- Invertir en infraestructura de carga eléctrica e incentivar la instalación de puntos de carga en lugares públicos y semi-públicos como edificios de oficinas, aparcamientos, supermercados y atracciones turísticas. Introducir incentivos para aparcar y otros incentivos fiscales para avanzar hacia la electrificación del transporte.
- Si la política nacional lo permite, utilizar la normativa local y las opciones de permisos para crear obras de bajas o cero emisiones y electrificar el tráfico de mercancías y entregas de mercancías de última milla en el centro de la ciudad.
- Utilizar acuerdos de franquicia con operadores de transporte público para hacer cumplir los objetivos de cero emisiones para autobuses, taxis y más.
- Incentivar la instalación de suministro eléctrico en tierra en los puertos y presentar un plan sobre cómo abordar que todas las embarcaciones utilicen suministro eléctrico en tierra cuando estén atracados.

La planificación energética integral puede aprovechar las sinergias entre sectores.

- En general, la planificación obligatoria de la calefacción y la refrigeración permitirá a las ciudades evaluar el potencial y hacer el mejor uso posible de los recursos disponibles localmente. La planificación debe cubrir todos los componentes del sistema energético urbano: edificios residenciales y de servicios, calefacción y energía, industria, transporte, agua y tratamiento de residuos.
- Dependiendo del sistema energético existente, la planificación energética puede revelar tanto el potencial a pequeña escala (como la formación de los incentivos adecuados para la recuperación de calor) como el potencial de oportunidades a mayor escala, como la implementación de la calefacción de distrito. Es crucial que el alcance de la planificación del calor sea amplio y detallado, e incluya también posibles fuentes futuras de exceso de calor, como las instalaciones Power-to-X.
- Ampliar y descarbonizar la calefacción y la refrigeración urbanas siempre que sea posible, incluida la combinación con bombas de calor, y liderar el camino conectando edificios públicos.

Danfoss Impact
Edición n.º 3

Referencias

1. IEA (2021). Empowering Cities for a Net Zero Future, p. 3

2. IEA (2021). Empowering Cities for a Net Zero Future, p. 3

3. Bloomberg (2023). Warming Above 1.5C Likely in Near Term Unless World Acts Now, UN Says

4. IPCC (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change, p. 16

5. UN General Secretary (2023). Antoniou Guterres: Comments on Release latest IPCC report.

6. IPCC (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change, p. 68

7. IPCC (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change, p. 22

8. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 6

9. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 18

10. Navigant (2020). How to reach the 1,5C target in urban areas, p. 3

11. World Green Buildings (2019). Bringing embodied carbon upfront, p. 16

12. C40 Cities (2018). 19 Global Cities Commit to Make New Buildings "Net-Zero Carbon" by 2030

13. Harvard School of Engineering and Applied Sciences (2022). In a hotter world, air conditioning isn't a luxury, it's a lifesaver.

14. IEA (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector, p. 143

15. IEA (2022). Technology and Innovation: Pathways for Zero-carbon-ready Buildings by 2030 - Introduction

16. Ecofys (2017). Optimizing the energy use of technical building systems – unleashing the power of the EPBD's Article 8, p. 55-60

17. Eu.bac (2017). White Paper on Room Temperature Controls, p. 4

18. Optimising the energy use of technical building systems, Ecofys, p. 59 (apo-nid205381.pdf)

19. Danfoss. Leanheat – for building owners

20. IEA (2022). Heat Pumps, p. 110

21. IEA (2022). Heat Pumps

22. IEA (2022). Heat Pumps, p. 15

23. IEA (2022) Transport: Tracking progress

24. OECD (2020). Decarbonising Urban Mobility with Land Use and Transport Policies, p. 4

25. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 17

26. WHO (2021). New WHO Global Air Quality Guidelines aim to save millions of lives from air pollution.

27. European Commission (2014). Questions and Answers on the Commission strategy for reducing Heavy-Duty vehicles' fuel consumption and CO2 emissions: HDVs comprise of busses, trucks and coaches (more than 3.5 tonnes or 8 seats)

28. IEA (2022). Transport: Tracking progress

29. Due to a variance in terminology across sources, we refer to both "passenger vehicles" and "cars" in this section. Generally, cars, light trucks, and light vans are categorized as passenger vehicles, while heavy vans, city buses, long-distance buses, and semi-trucks (lorries) are categorized as "heavy duty vehicles" alongside construction vehicles and other large machinery.

30. IEA (2022). Transport sector CO2 emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030.

31. IEA (2023). Global EV Outlook 2023: Catching up with climate ambitions, p. 14

32. IEA (2023). Global EV Outlook 2023: Catching up with climate ambitions, p. 15

33. Regjeringen.no (2021). Norway is electric

34. California Air Resources Board (2022). California moves to accelerate to 100% new zero-emission vehicle sales by 2035

35. The Economist (2023). Cobalt, a crucial battery material, is suddenly superabundant

36. Wang, H., Feng, K., Wang, P. et al. (2023). China's electric vehicle and climate ambitions jeopardized by surging critical material prices. Nature Communications, 14 (1246).

37. IEA (2022). Global electric car sales have continued their strong growth in 2022 after breaking records last year

38. Businesswire (2022). Global and China Automotive IGBT and SiC Industry Report 2022

39. IDTechEx (2023). Power Electronics for Electric Vehicles 2023-2033 (Sample pages) p. 6

40. Power Electronics Europe (2018). Issue 3 p 22-25. SiC-Based Power Modules Cut Costs for Battery-Powered Vehicles

41. Power Electronic News (2022). The Role of SiC in E-Mobility

42. Danfoss calculations.

43. European Commission (2023). European Green Deal: Commission proposes 2030 zero-emissions target for new city buses and 90% emissions reductions for new trucks by 2040.

44. International Council on Clean Transportation (2022). The evolution of heavy-duty vehicles in China: A retrospective evaluation of CO2 and pollutant emissions from 2012 to 2021., p. 4

45. GlobalNewsWire (2022). Global Electric Bus Markets Report 2022-2027 – Reduction in Battery Prices & Increasing Demand for Emission-Free and Energy-Efficient Mass Transit Solutions

46. World Resources Institute (2019). Barriers to Adopting Electric Buses, p. 5

47. IDTechEx (2022). Electric Construction Machines Vital for Greener Construction.

48. JRC (2022). CO2 emissions of all world countries.

49. KOMATSU (2010). Introduction of Komatsu genuine hydraulic oil KOMHYDRO HE.

50. Danfoss (2023). FPC2023 Danfoss, p. 12.

51. Danfoss (2023). FPC2023 Danfoss, p. 9.

52. Danfoss (2022). Danfoss Digital Displacement & Editron: An efficient electro-hydraulic system for mobile applications.

53. Construction Europe (2023). Danfoss Q&A: Technology to reduce excavator energy consumption.

54. UNCTAD (2015). Review of Maritime Transport

55. European Commission (2023). Reducing emissions from the shipping sector

56. IMO (2020). Fourth IMO Greenhouse Gas Study, p. 2, Table 1. The global shipping emissions are 1056 Mt CO2, the average emissions from vessel-based and voyage-based international shipping are 829.5 Mt, leaving 226.5 Mt as domestic shipping emissions – about one fifth of the global shipping emissions.

57. Safety4Sea (2020). Do you know what happens to a ship when it's too old to sail anymore?

58. Danfoss (2019). Goodbye to NOx gases: on board a fully electric workboat.

59. Interferry (2021). Economic Impact of the global ferry industry, p. 4

60. SOIC (2019). Youtube video: Ferry happiness

61. Happiness Is a Hybrid-Electric Ferry - IEEE Spectrum

62. Ship Technology (2017). New hybrid electric ferry launched in Taiwan.

63. Eferry (2020), E-ferry project - Evaluation of the E-ferry, p. 118-119. The CO¯2 and air pollution savings are derived from Table 52. E-ferry green electricity is considered zero emission, so the table presents absolute emissions. The savings are expressed as percentage reduction from an LMG50.1 to an e-ferry running on electricity from the Danish grid mix 2019.

64. Eferry (2020), E-ferry project - Evaluation of the E-ferry, p. 108-109

65. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 22

66. Danfoss (2018). Scheveningen harbor environmentally upgrades with clean shore power, p. 2

67. Marine diesel: 3.10669 kg CO2e/Liter marine diesel (DEFRA conversion factors 2022) x 33,000 Litres saved marine diesel = 102,521 kg CO2e. Electricity: 0.402 kg CO2e/kWh (European Environmental Agency's Netherland GHG emission intensity of electricity generation) x 100,000 kWh = 40,200 kg CO2e. The savings are 61% from marine diesel emissions to electricity emissions.

68. IEA (2022). Renewable power's growth is being turbocharged as countries seek to strengthen energy security

69. Connolly, D., et al. (2013). Heat Roadmap Europe 2: Second Pre-Study for the EU27. Department of Development and Planning, Aalborg University, p. 54

70. IEA (2022). District Heating

71. IEA (2018). The Future of Cooling, p. 26 & 59

72. IEA (2018). The Future of Cooling, p. 11

73. Danfoss (2016). Making the case for district cooling, p. 3

74. Danfoss (2016). Making the case for district cooling, p. 3

75. MarkNtel (2023). UAE District Cooling Market Research Report: Forecast (2023-2028)

76. Statista (2022). Data Centers – statistics & facts

77. IEA (2022). Data Centres and Data Transmission Networks

78. EIA (2022). How much electricity does an American home use?. A US household uses 10,632 kWh/year. Datacenters consume 220-320 TWh/year and 1 TWh = 1x109 kWh. 220x109 kWh / 10,632 kWh/household = 20x106 households and 320x109 kWh / 10,632 kWh/household = 30x106 household. Thus 20 to 30 million households can be powered by 220 to 320 TWh.

79. eco Association of the Internet Industry (2021). Data centres as Gamechangers for Urban Energy Supply: City of Frankfurt am Main Could Cover Most of its Heating Needs by 2030 with Waste Heat.

80. SDCC (2023). Tallaght District Heating Network and Energy Centre officially opened.

81. Copeland & Carter (2017). Energy-Water Nexus: The Water Sector's Energy Use, Congressional Research Service, p. 6

82. Danfoss (2022). A path to an energy neutral water sector

83. United Nations (2022). Goal 6 Ensure access to water and sanitation for all

84. DHI A/S (2022). Analysis of the potential contribution to energy and climate neutrality from Danish technology within the global wastewater sector, p. 4

85. IEA (2022). Europe. Germany's total energy supply in 2020 was 11,654,314 TJ, equivalent to 3237 TWh. 350 TWh / 3237 TWh = 0.11, or about one tenth.

86. DHI A/S (2022). Analysis of the potential contribution to energy and climate neutrality from Danish technology within the global wastewater sector, p. 4

87. Government of Canada (2019). Energy benchmarking for supermarkets and food stores

88. The Grocer (2022). How supermarkets can recycle energy to beat rising costs

89. Danfoss (2022). The local supermarket, the power of excess heat, p. 4

90. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 5: London (UK), Rotterdam (The Netherlands), New York (US), and Shanghai (China).

91. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 5

92. World Green Buildings (2019). Bringing embodied carbon upfront, p. 16

93. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 6

94. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 7

95. IEA (2022). The Value of urgent action on energy efficiency, p. 7

96. IEA (2022). The Value of urgent action on energy efficiency, p. 3

97. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 18

98. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 18

99. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 22

100. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 17

101. Lygnerud, K. & Langer S. (2022). Urban Sustainability: Recovering and Utilizing Urban Excess heat. Energies 15(24), 9466

102. Navigant (2020). How to reach the 1,5 °C target in urban areas, p. 7

whyee.com

Obtenga más información sobre cómo las soluciones de eficiencia energética pueden acelerar la transición ecológica.

© Danfoss 2024