

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



Infraestructuras Digitales

Contextualización e Hibridación de los Centros de Datos

Tesis para obtener el grado académico de Maestro
en Arquitectura y Procesos Proyectuales que presenta:

Lonny Randy Ponce Barrios

Carlos José Rondan Rodríguez

Asesor:

Alessandra Calmell del Solar

Lima, 2026


Informe de Similitud

Yo, Alessandra Calmell del Solar Monasi, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulada(o) Infraestructuras Digitales, de los autores Lonny Randy Ponce Barrios y Carlos José Rondán Rodríguez, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 2%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 14 de abril de 2026.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de investigación, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Lima, 16 de abril de 2026.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: Calmell del Solar Monasi, Alessandra	
DNI: 42652077	Firma
ORCID: 0000-0002-5277-2550	

INFRA- ESTRUC- TURAS DIGITALES

CONTEXTUALIZACIÓN
E HIBRIDACIÓN DE
LOS CENTROS DE DATOS

Por José Rondan y Lonny Ponce



ESCUELA DE
POSGRADO

MAESTRÍA EN
ARQUITECTURA Y
PROCESOS
PROYECTUALES

MA^PP



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ARQUITECTURA
Y PROCESOS PROYECTUALES

Tesis de maestría:

Infraestructuras Digitales:
Contextualización e Hibridación de los Centros de Datos

Autores:
José Rondan
Lonny Ponce

Profesoras / Asesoras:
Alessandra Calmell del Solar
Belén Desmaison Estrada

LIMA / PERÚ
Abril 2026

Los objetivos de este documento son enteramente académicos. Ha sido realizado durante el año 2025 a partir de los requisitos de desarrollo de tesis planteado por la cátedra, el programa de maestría y la universidad.

Queda prohibida su comercialización o su reproducción parcial o total bajo cualquier formato sin permiso expreso y firmado del autor bajo pena de sanción según las normas y leyes vigentes de autoría intelectual tanto de Universidad como del Estado.

Imagen de portada de Domiriel. (2012).

Infraestructuras Digitales

Contextualización e Hibridación de los
Centros de Datos

Palabras claves: planificación territorial, diseño
arquitectónico, tecnología, ciudad

Hoy los centros de datos aparecen con frecuencia en el debate público, no solo por las inversiones que movilizan, sino también por las crecientes demandas de energía, agua y suelo que requieren para operar. Estas exigencias han hecho visible una infraestructura que, aunque esencial para el funcionamiento de la sociedad digital, introduce presiones significativas sobre recursos naturales y urbanos en los territorios y los sistemas que los sostienen.

La tesis aborda las infraestructuras digitales, en especial los centros de datos, como tipologías emergentes cuya expansión ya no puede entenderse únicamente desde lo tecnológico, sino desde su relación con el territorio. En el contexto peruano, estas infraestructuras se insertan en territorios con condiciones desiguales de recursos y conectividad. En este sentido, el centro de datos deja de ser un objeto aislado para comprenderse como parte de un sistema que articula recursos, redes e infraestructuras, con capacidad de reconfigurar dinámicas ambientales, económicas y espaciales tanto en ciudades como en territorios no urbanos.

La investigación se estructura en torno a dos conceptos centrales. La contextualización se entiende como la capacidad de la arquitectura para responder a las condiciones específicas del territorio donde se implanta, incorporando variables como

disponibilidad de recursos, infraestructura existente y condiciones ambientales. La hibridación, por su parte, plantea la integración de programas y funciones que amplían la relación entre estas infraestructuras y su entorno, superando su carácter monofuncional. Ambos conceptos permiten vincular el análisis territorial con la definición de estrategias proyectuales.

La metodología se basa en el análisis y contraste de información técnica y casos de referencia, tanto globales como locales, con el fin de identificar patrones de localización, consumo de recursos y configuración espacial. A partir de este proceso, se construye un sistema de indicadores territoriales basado en variables como agua, energía, conectividad y uso del suelo, entendiendo el territorio como un insumo activo en la toma de decisiones y en la definición de oportunidades de proyecto.

Como resultado, la investigación desarrolla herramientas de análisis y proyecto, entre ellas una matriz multicapa que permite identificar condiciones de implantación a escala nacional y una matriz de hibridación que vincula variables territoriales con estrategias arquitectónicas. Estos instrumentos permiten articular el paso del territorio al proyecto, integrando criterios de planificación y diseño, y explorando formas de inserción más equilibradas. Los resultados se traducen en estrategias orientadas a la planificación territorial y al diseño tipológico, con el objetivo de promover una integración más sostenible de los centros de datos en los territorios donde se emplazan.

1. Introducción

8-13

- 1.1. Problema de investigación
- 1.2. Pregunta central
- 1.3. Justificación
- 1.4. Hipótesis
- 1.5. Objetivo general
- 1.6. Objetivos específicos
- 1.7. Metodología
- 1.8. Alcance

2. Escenario global

14-27

- 2.1. Crecimiento acelerado de la industria
- 2.2. Conectividad y cadenas globales de datos
- 2.3. Infraestructuras de soporte
- 2.4. Escala edificatoria
- 2.5. Tipología arquitectónica estandarizada
- 2.6. Consumo energético, hídrico y de suelo
- 2.7. Nodos geopolíticos y concentración territorial
- 2.8. Alternativas y casos internacionales

3. Escenario local

28-41

- 3.1. Situación actual de la infraestructura digital
- 3.2. Cronología de los centros de datos
- 3.3. Perú: concentración y desigualdad territorial
- 3.4. Lima Metropolitana: estructura y expansión
- 3.5. Implantación de modelo descontextualizado
- 3.6. Escenario especulativo y demanda futura

4. Territorio

42-71

- 4.1. Marco territorial
- 4.2. Metodología de análisis
- 4.3. Sistemas y configuraciones territoriales
- 4.4. Macrorregiones: centro, sur y norte
- 4.5. Ciudades: Lima, Arequipa y Talara
- 4.6. Caso Hiperescalable

5. Arquitectura

72-119

- 5.1. Hardware / software del edificio
- 5.2. Metodología territorial - proyectual
- 5.3. Hibridación de la tipologías
- 5.4. Estrategias proyectuales
- 5.5. Caso periurbano
- 5.6. Caso urbano

6. Conclusiones

122-127

- 6.1. Gobernanza territorial
- 6.2. Tipología arquitectónica
- 6.3. Prospectiva / herramientas

7. Bibliografía

128-131

8. Anexos

132-135

- 8.1. Lista de figuras



^

Fig. 1. Oficina corporativa (década de 1990). Condiciones iniciales de trabajo en la cultura digital. Fuente: The Wall Street Journal (2014).

1. Introducción

Fig. 2. Centro de datos GTD Lurín (Lima). Sala climatizada con racks para servidores.
Fuente: GTD Perú (2025). Adaptado por L. Ponce. >
Nota: Imagen ampliada con IA.

“Los centros de datos son infraestructuras que transforman el territorio donde se implantan.”

Problema de investigación

En el Perú, la incorporación reciente de centros de datos se desarrolla en un contexto territorial caracterizado por condiciones desérticas, limitada disponibilidad hídrica y una matriz energética aún dependiente de fuentes fósiles, principalmente en la franja costera del país (MINAM, 2021; WRI, 2019; IEA, 2023). En este escenario, la incorporación de infraestructuras de alta demanda energética e hídrica introduce un conflicto estructural entre la lógica de crecimiento de la infraestructura digital y las capacidades ambientales del territorio.

Cerca del 60% de los centros de datos entró en operación en la última década, evidenciando una fase reciente de expansión, mientras que el 40% restante corresponde a implementaciones previas vinculadas a servicios corporativos y telecomunicaciones. Este dato proviene del mapeo elaborado en la presente investigación, el cual permite identificar una tendencia sostenida de crecimiento, con la instalación de al menos un centro de datos por año en el país durante los últimos años. Este crecimiento ha replicado modelos industriales globales: edificios de alto consumo energético e hídrico, configuraciones herméticas y una localización concentrada en entornos urbanos, periurbanos e industriales, respondiendo a lógicas estandarizadas de eficiencia técnica que priorizan la operación interna del edificio, pero que desatienden las particularidades del territorio donde se implantan.

A ello se suma una alta concentración de población y actividades económicas en la costa, lo que incrementa la competencia por recursos estratégicos y refuerza la presión sobre sistemas ya tensionados (INEI, 2018). En este contexto, la expansión de estas infraestructuras intensifica demandas sobre agua, energía y suelo, evidenciando una desconexión entre su lógica de implantación y las capacidades ambientales del territorio.

Más que un problema exclusivamente urbano, los impactos se manifiestan en múltiples escalas: presión sobre sistemas hídricos, incremento de la demanda energética y ocupación extensiva de suelo en zonas estratégicas para el desarrollo urbano e industrial. Estas dinámicas no solo afectan la disponibilidad de recursos, sino que también condicionan la forma en que las ciudades crecen y se organizan, configurando un conflicto territorial donde infraestructuras críticas operan desvinculadas de las capacidades ambientales del territorio peruano.



Pregunta central

Frente a ello, surge la necesidad de abordar el problema desde la arquitectura, no solo como disciplina formal, sino como herramienta para articular infraestructura y territorio. La arquitectura, en este sentido, no se limita a resolver aspectos técnicos del edificio, sino que puede mediar entre requerimientos operativos y condiciones contextuales. La discusión ya no se limita a cuánto consumen estos edificios, sino a cómo se diseñan y dónde se ubican en contextos de escasez, incorporando variables territoriales como parte del proceso proyectual.

De este modo, la investigación plantea la siguiente pregunta central: ¿Cómo diseñar centros de datos en contextos territoriales caracterizados por estrés hídrico y dependencia energética, de manera que reduzcan su presión sobre los recursos y se integren a las condiciones locales? Esta pregunta abre un campo de exploración disciplinar donde el diseño arquitectónico se vincula directamente con el territorio.

Justificación

La relevancia del estudio radica en responder al crecimiento acelerado de esta infraestructura a escala global y nacional. En el Perú, el mercado de centros de datos proyecta un crecimiento sostenido hacia 2030, posicionando al país como un nodo emergente en Latinoamérica (Arizton, 2025). Esta tendencia anticipa un incremento en la demanda de recursos y en la presión sobre territorios específicos.

Este escenario proyecta un incremento sostenido en la demanda energética, hídrica y digital sobre territorios con capacidades limitadas, particularmente en la costa. Más que reiterar condiciones existentes, esta proyección permite anticipar un escenario de intensificación de las tensiones territoriales, donde la competencia por recursos estratégicos se vuelve más crítica. En este contexto, resulta indispensable comprender cómo estas infraestructuras inciden en la disponibilidad de recursos y cuáles son las oportunidades para orientar su crecimiento de manera más equilibrada.

Hipótesis

En este contexto, la hipótesis sostiene que la incorporación de estrategias de contextualización arquitectónica e hibridación programática permite reconfigurar la tipología del centro de datos, reduciendo la presión sobre recursos como agua, energía y suelo, y mejorando su relación con el entorno. Contextualizar implica reconocer las condiciones territoriales para orientar decisiones de localización y diseño, mientras que hibridar supone incorporar nuevas actividades que amplíen su vínculo con dinámicas urbanas y sociales.

Objetivo general

El objetivo general es analizar y vincular estrategias proyectuales existentes con las condiciones territoriales de la franja costera peruana, reconfigurando la tipología arquitectónica del centro de datos para integrarla a su contexto. Este enfoque no busca inventar nuevas tipologías, sino reinterpretar y articular estrategias existentes a partir de las condiciones específicas del territorio.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos son: 1) identificar indicadores territoriales vinculados a la operación de centros de datos en el Perú, como disponibilidad hídrica, capacidad energética y conectividad digital, organizando la información en una base de datos estructurada; 2) cuantificar el impacto del crecimiento de la infraestructura digital en el territorio peruano, mediante la estimación de presiones sobre recursos como agua, energía y suelo; 3) reconocer las tensiones territoriales en zonas con potencial crecimiento de centros de datos, relacionando demanda y disponibilidad de recursos; 4) vincular decisiones de diseño y programas arquitectónicos con las condiciones del territorio, integrando variables contextuales al proceso proyectual; 5) desarrollar herramientas operativas, como mapas multicapa y matrices de evaluación, que permitan sistematizar la información y apoyar la toma de decisiones; y 6) evaluar la replicabilidad de estas herramientas y estrategias en territorios con condiciones similares, ampliando el alcance de la investigación.



Fig. 3. Centro de datos Cirion Technologies LIM2 (Lurín, Lima). Implantación en parque industrial Macrópolis sobre franja costera desértica con entorno urbano-productivo [arriba]. Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 4. Centro de datos Cirion Technologies LIM1 (Santiago de Surco, Lima). Fachada hacia calle Orión con predominio de muro ciego en gran escala [abajo]. Fuente: L. Ponce (2025). Nota: Persona incorporada con IA.

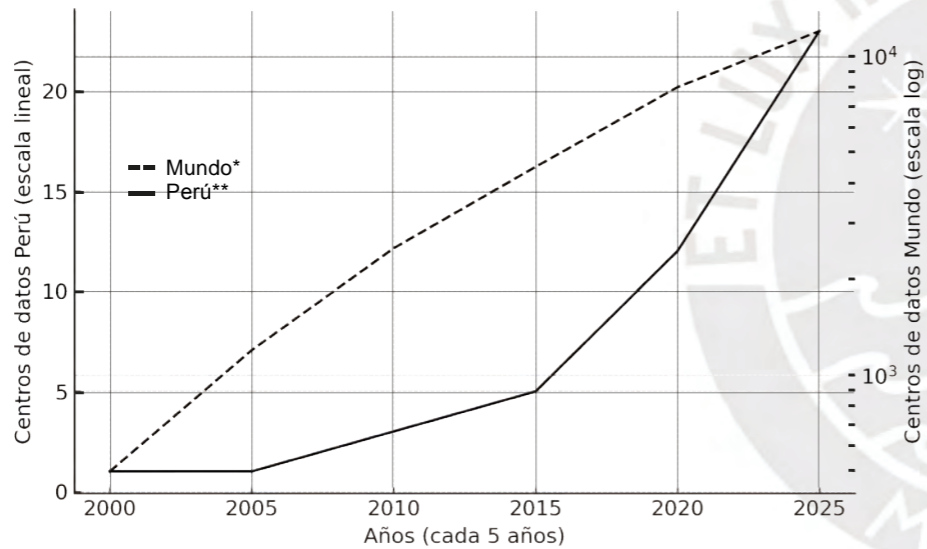
Metodología

Esta secuencia articula un proceso que va desde la construcción de información cuantificable —identificación de indicadores y medición de impactos— hasta su traducción en criterios de diseño y localización, vinculando datos territoriales con decisiones proyectuales. Asimismo, incorpora validación en contextos comparables, estableciendo una base metodológica que organiza la información y orienta su aplicación en escenarios donde las tensiones entre infraestructura digital y disponibilidad de recursos son críticas.

Alcance

El alcance de la investigación se centra en territorios de la franja costera árida del Perú con demanda potencial de infraestructura digital, caracterizados por estrés hídrico y dependencia energética. El estudio aborda tanto la escala territorial como la arquitectónica, incluyendo la incorporación de nuevas actividades en el edificio como parte de su proceso de hibridación. En este sentido, la investigación no se limita a describir una problemática, sino que propone una aproximación operativa que articula análisis territorial y exploración proyectual.

De este modo, se definen las bases conceptuales y territoriales de la investigación, situando el problema en el contexto peruano y planteando una aproximación arquitectónica orientada a reconfigurar la relación entre infraestructura digital y territorio. A partir de ello, el desarrollo de la tesis avanza desde la comprensión del fenómeno a escala global y local hasta la exploración de estrategias proyectuales aplicadas en contextos específicos, integrando análisis y diseño como parte de un mismo proceso.



“El crecimiento acelerado intensifica la presión sobre territorios con recursos limitados.”

*Proyección basada en Arizton.
**Cronología con validación satelital.

“Reconfigurar el centro de datos desde la arquitectura implica vincular decisiones de diseño con las condiciones territoriales.”

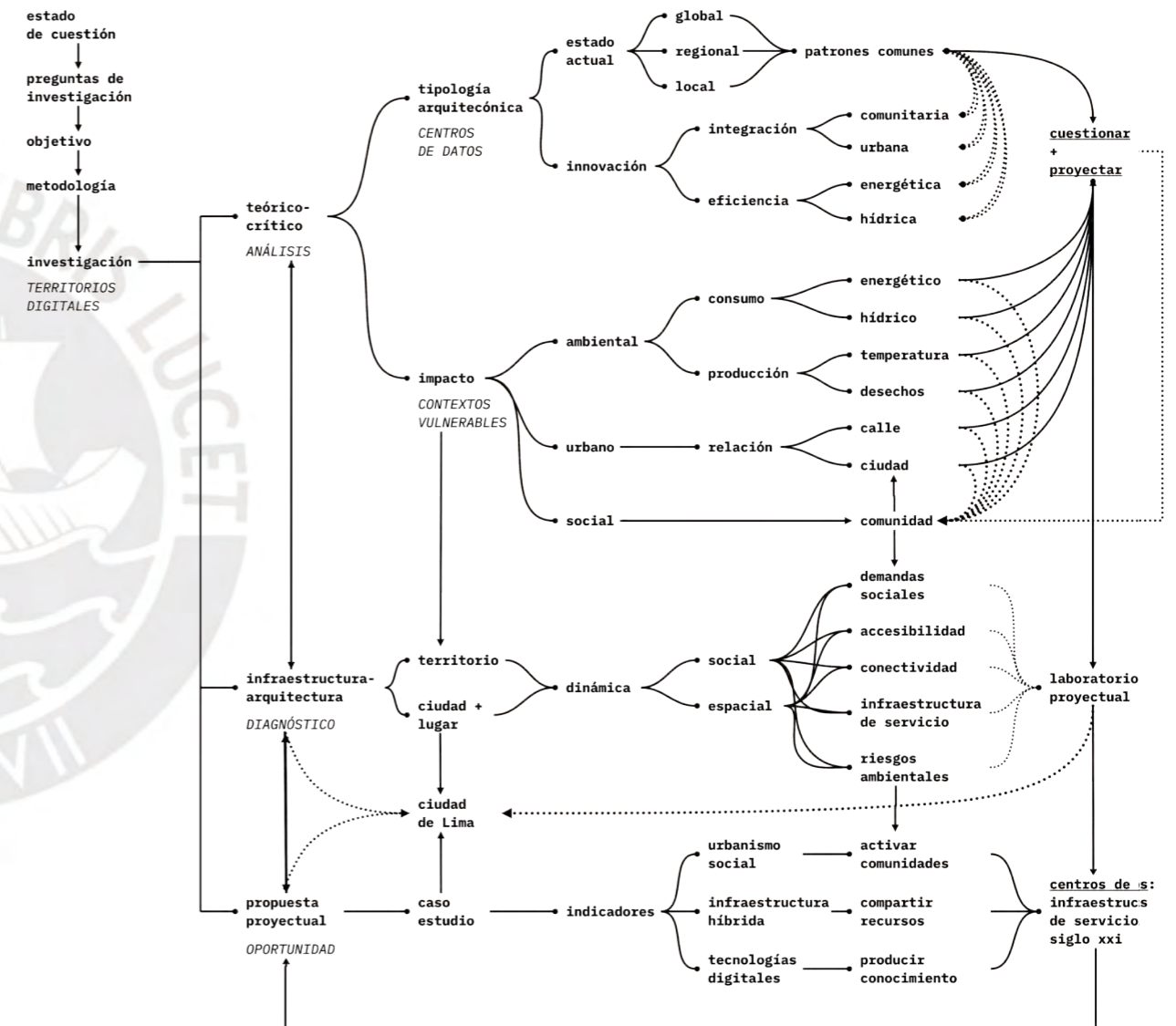


Fig. 6. Sistema de relaciones (investigación). Centros de datos: contextualización e hibridación. Fuente: L. Ponce (2025).

2. escenario global

Crecimiento acelerado de la industria

Fig. 7. Campus de IA de Amazon (Indiana, Estados Unidos). Implantación de gran escala en entorno agrícola. Fuente: CNBC (2025). Adaptado por L. Ponce. >
Nota: Imagen ampliada con IA.

“La expansión global de los centros de datos materializa la nube como una infraestructura física de escala territorial.”

El crecimiento de los centros de datos en la última década ha dejado de ser un fenómeno exclusivamente tecnológico para actuar como transformador de las dinámicas del territorio. Este proceso, rastreado desde inicios del siglo XXI, ha sido acelerado, pasando de poco más de mil a más de diez mil instalaciones distribuidas en 169 países (Data Center Map, 2025). Este aumento se ve potenciado por el incremento de usuarios digitales, la expansión de la nube y el desarrollo de la inteligencia artificial, configurando un escenario en el que a mayor demanda de datos corresponde un mayor despliegue de infraestructura física. Se proyecta que el mercado global crecerá a una tasa compuesta anual de 8.75% entre 2025 y 2030 (Arizton, 2025), evidenciando una tendencia sostenida que se materializa en la ocupación progresiva del suelo.

Este crecimiento se expresa también en su escala. Se estima que el espacio global destinado a centros de datos crecerá un 73% hacia 2026, alcanzando más de 45 millones de m² (PR Newswire, 2022), una superficie equivalente a múltiples distritos financieros o a varias ciudades intermedias latinoamericanas, e incluso comparable a aproximadamente cinco veces la extensión del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. Esta referencia permite dimensionar su magnitud en términos metropolitanos. Esta expansión responde al procesamiento masivo de datos y al aumento sostenido de servicios digitales, haciendo visible la materialidad de la nube como infraestructura física de gran escala con huella territorial concreta.

En términos regionales, Latinoamérica aparece como un mercado emergente impulsado por el aumento sostenido de su población y una mayor demanda de almacenamiento y procesamiento de datos. Sin embargo, la mayor parte de la infraestructura del continente americano se concentra en Estados Unidos y Canadá, que reúnen más del 70% de la capacidad instalada, mientras que América Latina representa una proporción menor pero en crecimiento (Statista, 2024; Credence Research, 2025). Dentro de la región, Brasil lidera con cerca del 40% del mercado, seguido por México, Chile y Colombia, mientras que el Perú representa aproximadamente el 7% del mercado regional (Credence Research, 2025). Este crecimiento se vincula también al posicionamiento estratégico dentro de redes de conectividad global, donde la llegada de infraestructura, como cables submarinos y puntos de interconexión, condiciona la viabilidad de expansión. En este contexto, el Perú se incorpora progresivamente como un nodo emergente dentro de redes de intercambio de información, aunque aún en condiciones de dependencia tecnológica.



Conectividad y cadenas globales de datos

La infraestructura digital global se articula a través de una red de más de 500 cables submarinos de fibra óptica, responsables de transportar cerca del 99% del tráfico internacional de datos (Fundación Telefónica, 2022). Estos trazados, en muchos casos superpuestos a rutas históricas de intercambio, no solo conectan continentes, sino que reproducen jerarquías geopolíticas heredadas de sistemas previos de comunicación. Desde los primeros tendidos telegráficos hasta las actuales redes digitales, la infraestructura de conectividad ha estado vinculada a relaciones de poder que condicionan el desarrollo económico y territorial de los países (Cancela, 2023).

En la actualidad, la operación de estos sistemas se concentra en grandes corporaciones tecnológicas, reforzando una estructura de control sobre el flujo de información a escala global (UNCTAD, 2023). La conectividad, en este sentido, no es únicamente un soporte técnico, sino una condición estratégica que define la posición de los territorios dentro de la economía digital. Los puntos de amarre de estos cables configuran nodos críticos que otorgan ventajas competitivas a determinados territorios, mientras otros permanecen subordinados a decisiones externas. Este sistema habilita un escenario de hiperconectividad, donde cerca del 70% de la población mundial accede a Internet (International Telecommunication Union, 2024), transformando las dinámicas sociales, económicas y culturales de las ciudades contemporáneas.

Esta conectividad sostiene actividades esenciales como educación, salud, comercio, servicios financieros y participación ciudadana. Por esta razón, el Banco Mundial reconoce el acceso digital como un habilitador fundamental del desarrollo humano, comparable al acceso al agua potable o a la electricidad (World Bank, 2021). En este contexto, la infraestructura digital deja de ser un soporte invisible para convertirse en un componente decisivo del funcionamiento contemporáneo y en el soporte físico que materializa la nube como sistema operativo del territorio, con implicancias directas en la reducción o profundización de brechas sociales y territoriales.

Infraestructuras de soporte

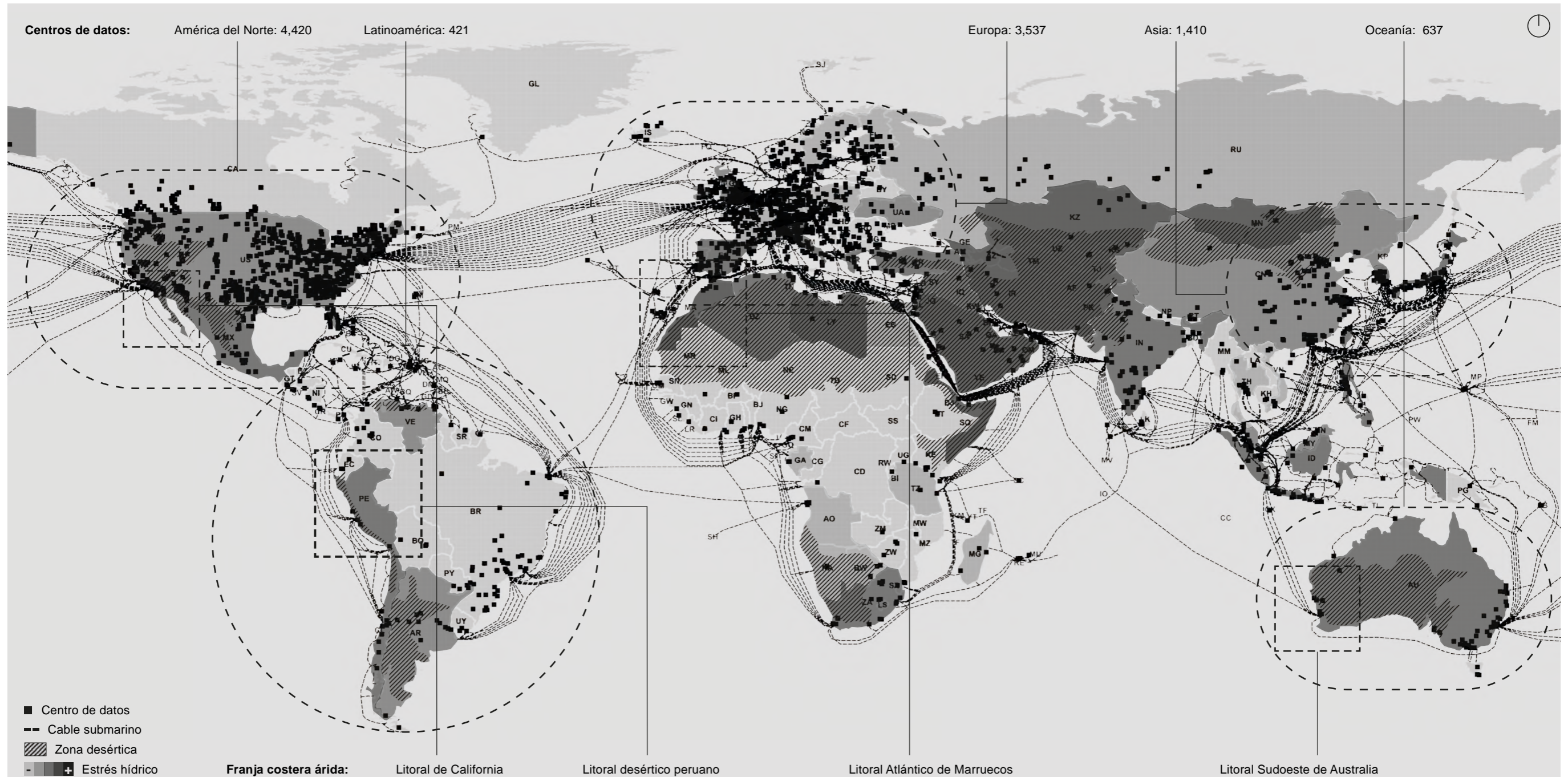
En este contexto, los centros de datos operan como infraestructura de soporte estratégica, equiparable a una subestación eléctrica o a una planta de tratamiento de agua. Su función no se limita a la gestión, almacenamiento y procesamiento de datos, sino que se integra en un entramado mayor de infraestructuras interdependientes que hacen posible la operación de los servicios digitales contemporáneos (World Bank, 2021). Para operar, dependen de redes eléctricas estables, sistemas de telecomunicaciones, plantas de tratamiento de agua, subestaciones energéticas, sistemas de respaldo y protocolos de seguridad que garantizan continuidad operativa. Esta condición los posiciona como parte de un andamiaje infraestructural donde múltiples capas interactúan simultáneamente para sostener el flujo continuo de datos.

Esta lógica de interdependencia implica que los centros de datos no pueden entenderse como edificios aislados, sino como nodos dentro de sistemas complejos. Una interrupción en el suministro eléctrico, en la conectividad o en el abastecimiento de agua puede comprometer su funcionamiento, generando efectos en cadena sobre otros servicios digitales. De este modo, su localización y diseño responden tanto a condiciones internas como a la capacidad de las infraestructuras de soporte que los rodean, estableciendo relaciones directas entre territorio, recursos y operación tecnológica. En este sentido, más que objetos autónomos, los centros de datos actúan como dispositivos articuladores dentro de redes infraestructurales mayores, cuya eficiencia depende tanto de su configuración técnica como de la calidad, estabilidad y seguridad de los sistemas que los sostienen.



^

Fig. 8. Campus de IA de Google (Oregón, Estados Unidos). Centro de datos. Fuente: Google (2024).



Infraestructura digital frente al agua

El crecimiento acelerado, la conectividad global y la dependencia de infraestructuras de soporte evidencian un patrón territorial: el desarrollo de infraestructura digital tiende a concentrarse en ciudades costeras conectadas a redes submarinas, donde convergen accesibilidad global, disponibilidad energética y proxi-

midad a grandes mercados urbanos. Esta condición convierte a los bordes marítimos, en muchos casos áridos o desérticos, en puntos estratégicos de inserción dentro de la economía digital global. El mapeo global evidencia esta lógica en territorios como el litoral de California, el atlántico de Marruecos, el suroes-

te de Australia y la costa peruana. Esta coincidencia entre conectividad estratégica y contextos ambientales limitantes evidencia una tensión estructural: la infraestructura digital se emplaza en función de redes globales más que de capacidades locales, operando en una lógica que persiste a pesar de las restriccio-

nes del entorno. Este patrón, observable en distintos contextos globales, encuentra un correlato en el caso peruano, donde la franja costera concentra tanto la conectividad como las principales dinámicas urbanas.

Fig. 9. Distribución territorial (escala global). Sistemas hídricos, naturales y de conectividad: Fuente: J. Rondan y L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Submarine Cable Map (2025) y World Resources Institute (2022). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Tamaño de los centros de datos en el mundo

escala

Centros de datos (17)

1. Facebook Forest City
2. Microsoft Quincy
3. Baidu Yangquan
4. Google Council Bluffs
5. AWS Ashburn
6. Odata Sao Paulo
7. Equinix mx2
8. Equinix st1-2
9. Atlas Benguerir
10. Ascenty Sau Paulo
11. Google Quilicura
12. Google The Dalles
13. China Mobile Inner Mongolia
14. Ascenty Vinhedo
15. Microsoft Boyton
16. China Mobile Hebei
17. Switch Cidatel campus

Ocupación y demanda de recursos

El análisis organiza casos a escala global mediante imágenes satelitales dispuestas de forma ascendente según su tamaño. A través de los indicadores L, O, E, H y U, se construye una lectura comparativa que vincula condiciones físicas y exigencias operativas. La incorporación de valores referenciales, basada en fuentes oficiales, permite establecer relaciones entre implantación, contexto y demanda de recursos. Se presenta una tendencia consistente: a mayor ocupación del lote, mayores requerimientos energéticos e hídricos, consolidando una correspondencia directa entre dimensión territorial e intensidad operativa.

*Consumo energético estimado a partir de una intensidad media de 1.0–2.0 kW/m² de superficie construida (valor adoptado: 1.5 kW/m²); basado International Energy Agency (2024).
 **Consumo hídrico estimado en relación directa al consumo energético (≈1.5 L/kWh en operación anual); basado International Energy Agency (2024).

Fig. 10. Centros de datos (escala global). Análisis espacial sobre imágenes satelitales. Fuente: Google Earth. Adaptado por L. Ponce (2025). >

L: lote
 O: ocupación
 E: consumo energético*
 H: consumo hídrico**
 U: ubicación
 (Cifras aprox.)



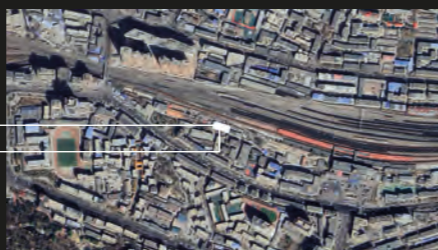
1.
 L: 415 m²
 O: 415 m²
 E: 0.6 MW
 H: 8 M/año
 O/L : 100%
 U: EE.UU.



2.
 L: 544 m²
 O: 544 m²
 E: 0.8 MW
 H: 11 M/año
 O/L : 100%
 U: EE.UU.



3.
 L: 545 m²
 O: 545 m²
 E: 0.8 MW
 H: 10 M/año
 O/L : 100%
 U: China



4.
 L: 2,909 m²
 O: 857 m²
 E: 1.3 MW
 H: 17 M/año
 O/L : 29.5%
 U: EE.UU.



5.
 L: 9,994 m²
 O: 1,834 m²
 E: 2.8 MW
 H: 36 M/año
 O/L : 18.4%
 U: EE.UU.



6.
 L: 19,546 m²
 O: 10,113 m²
 E: 15.2 MW
 H: 198 M/año
 O/L : 51.7%
 U: Brasil



7.
 L: 26,216 m²
 O: 11,327 m²
 E: 17 MW
 H: 221 M/año
 O/L : 43.2%
 U: México



8.
 L: 25,385 m²
 O: ~12,231 m²
 E: 18.3 MW
 H: 238 M/año
 O/L : 48.2%
 U: Chile



9.
 L: 68,640 m²
 O: 13,058 m²
 E: 3.7 MW
 H: 48 M/año
 O/L : 3.6%
 U: Marruecos



10.
 L: 43,578 m²
 O: 13,482 m²
 E: 16,1 MW
 H: 209 M/año
 O/L : 24.6%
 U: Brasil



11.
 L: 160,384 m²
 O: 30,665 m²
 E: 46 MW
 H: 598 M/año
 O/L : 19.1%
 U: Chile



12.
 L: 134,381 m²
 O: 32,777 m²
 E: 49.2 MW
 H: 640 M/año
 O/L : 24.4%
 U: EE.UU.



13.
 L: 378,903 m²
 O: 38,267 m²
 E: 57.4 MW
 H: 746 M/año
 O/L : 10.1%
 U: China



14.
 L: 103,896 m²
 O: 40,781 m²
 E: 61.2 MW
 H: 796 M/año
 O/L : 39.3%
 U: Brasil



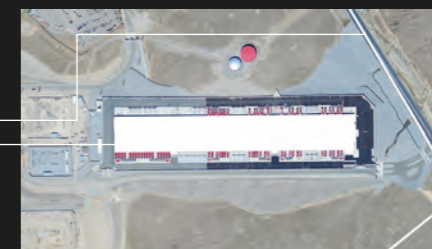
15.
 L: >100 ha
 O: 49,289 m²
 E: 73.9 MW
 H: 961 M/año
 O/L : <5%
 U: EE.UU.



16.
 L: 113,460 m²
 O: 51,758 m²
 E: 77.6 MW
 H: 1,009 M/año
 O/L : 45.6%
 U: China



17.
 L: >100 ha
 O: 55,433 m²
 E: 83.1 MW
 H: 1,080 M/año
 O/L : <5%
 U: EE.UU.



Escala edificatoria

A diferencia de otras infraestructuras históricas, los centros de datos emergen como una tipología arquitectónica propia del siglo XXI, caracterizada por su especialización técnica y su rápida expansión. Se desarrollan en múltiples escalas, desde instalaciones pequeñas (edge) hasta grandes campus hiperescalables que pueden superar las 50 hectáreas (Uptime Institute, 2023), así como centros de escala media (core) orientados a servicios de colocación, almacenamiento y gestión de datos en la nube. En los extremos, los centros hiperescalables son operados por grandes corporaciones tecnológicas y están cada vez más vinculados al desarrollo de inteligencia artificial, mientras que los de escala media responden a demandas empresariales específicas. Esta diversidad responde a distintos niveles de servicio, pero mantiene una lógica común basada en la modularidad, la repetición y la estandarización constructiva. (

La escala no es una condición neutra: establece una relación directa con el consumo de recursos y el impacto territorial. Mientras los centros pequeños se insertan en entornos urbanos como soporte de baja latencia, los de escala media y los hiperescalables requieren mayores extensiones de suelo, acceso a energía de alta capacidad y disponibilidad hídrica constante. Esta diferenciación define las escalas de interés para la investigación, centrada principalmente en centros medianos y grandes, donde la magnitud del impacto permite evaluar con mayor claridad las tensiones entre infraestructura digital y territorio.

Tipología arquitectónica estandarizada

En términos arquitectónicos, los centros de datos se configuran como edificios herméticos, altamente climatizados y orientados a garantizar la continuidad operativa. Su función principal de alojar y operar servidores condiciona su forma y consolida configuraciones repetitivas y altamente controladas. La organización interna se basa en filas de racks dispuestos en salas con control térmico constante, donde temperatura, humedad y ventilación son reguladas de manera permanente. Estos espacios operan de forma ininterrumpida, lo que exige estabilidad ambiental y sistemas redundantes que aseguren su funcionamiento continuo.

Hacia el exterior, se presentan como volúmenes cerrados, sin aperturas, con equipos técnicos visibles en cubiertas y perímetros reforzados mediante cercos o muros de seguridad. Su imagen urbana responde a la lógica de un contenedor técnico especializado, donde la expresión arquitectónica queda subordinada a la eficiencia operativa y al uso exclusivo vinculado a la operación de servidores. Esta condición monofuncional limita la incorporación de otros programas y reduce su capacidad de adaptación a contextos específicos.

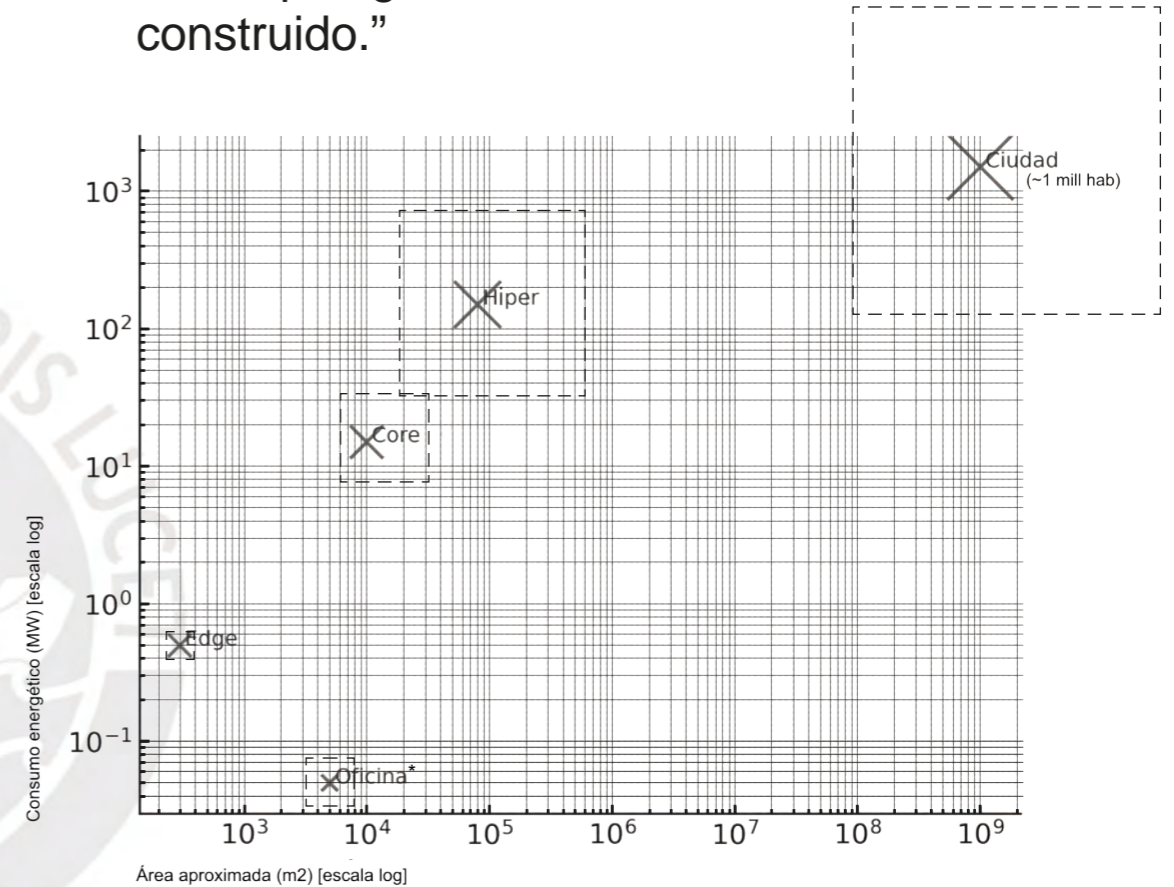
Como resultado, los centros de datos tienden a comportarse como piezas aisladas dentro del territorio, replicando un modelo estandarizado que prioriza la eficiencia técnica sobre la integración urbana y ambiental. Esta estandarización, si bien optimiza tiempos y costos de implementación, restringe la posibilidad de incorporar estrategias proyectuales adaptadas a condiciones locales, reproduciendo un modelo global indiferente a las particularidades territoriales y reforzando su carácter de infraestructura especializada con escasa interacción con el entorno inmediato.

Consumo energético

El consumo energético de los centros de datos constituye una de las principales problemáticas de su expansión. A escala global, representan aproximadamente el 3% del consumo eléctrico mundial, con proyecciones de incremento al 4% en la próxima década (International Energy Agency, 2024). Esta magnitud equivale a más del doble del consumo eléctrico de países como el Perú, cuyo consumo anual ronda los 55 TWh (International Energy Agency, 2023), lo que dimensiona su impacto en el sistema energético global. Este aumento está vinculado al crecimiento de la inteligencia artificial, cuyos modelos requieren altos niveles de procesamiento y almacenamiento.

Fig. 11. Recurso energético (escala-consumo). Centros de datos: edge, core e hiper. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Equinix (2024) e International Energy Agency (2024). Nota: Procesamiento de datos asistido por IA.

“El centro de datos condensa en una sola edificación consumos energéticos que superan ampliamente a otras tipologías del entorno construido.”



Clasificación**:

Edge = <500–800 m²
≈0.1–1 MW | ≈0–10 millones L/año

Mediano = 800 – 10,000 m²
≈1–15 MW | ≈10–200 millones L/año

Grande = 10,000 – 40,000 m²
≈15–60 MW | ≈200–800 millones L/año

Hiperescala = >40,000 m²
>60 MW | >800 millones L/año

Edge: Son instalaciones pequeñas y localizadas estratégicamente más cerca de los usuarios o las fuentes de datos.

Core: Edificios de mediana escala, en ciudades y periferias metropolitanas.

Hiper: Gran escala, fuera de zonas urbanas con mayores requerimientos energéticos, hídricos y de suelo para expansión.

*Oficina de referencia con ocupación promedio de 7,500 m² de área construida, utilizada como valor comparativo para dimensionar la intensidad de consumo.

**Rangos definidos a partir de la correlación entre superficie construida, capacidad instalada (MW) y tipologías operativas (edge, core, hyperscale), basados en Equinix (2024), Uptime Institute (2023) e International Energy Agency (2024), y ajustados mediante análisis comparativo de casos reales en imágenes satelitales (Google Earth).

En términos territoriales, este incremento ya evidencia efectos concretos. En países como Irlanda, el consumo eléctrico de los centros de datos pasó de representar el 5% al 18% de la demanda nacional entre 2015 y 2022 (CSO, 2023), evidenciando su capacidad de tensionar sistemas energéticos. Este patrón se observa en otras regiones, donde su expansión plantea desafíos para la planificación energética, la estabilidad de las redes y la transición hacia fuentes renovables.

Su operación continua, junto con requerimientos de climatización, redundancia y sistemas de respaldo, explica esta alta demanda. En términos comparativos, un centro de datos puede consumir entre 200 y 300 veces más energía que un edificio de oficinas de escala similar (Uptime Institute, 2023), concentrando una intensidad energética excepcional en una huella reducida y posicionándose como una de las infraestructuras más intensivas del entorno construido.

Además, una proporción significativa de la energía consumida se transforma en calor durante la operación de los equipos, pudiendo representar entre el 30% y 50% del total (International Energy Agency, 2022). En la mayoría de los casos, este calor no es reutilizado y es disipado mediante sistemas de enfriamiento, generando incrementos térmicos localizados. A ello se suma la emisión constante de ruido asociada a equipos de climatización y respaldo, una condición inherente a su funcionamiento continuo.

Consumo hídrico

En términos hídricos, la operación de los centros de datos depende del uso intensivo de agua para sistemas de enfriamiento. Este consumo se basa principalmente en agua tratada y, en muchos casos, potable, especialmente en sistemas evaporativos (International Energy Agency, 2022), lo que genera presiones sobre territorios con disponibilidad limitada. A escala global, la creciente demanda de infraestructura digital evidencia el impacto de este consumo sobre sistemas hídricos locales, particularmente en regiones con estrés hídrico.

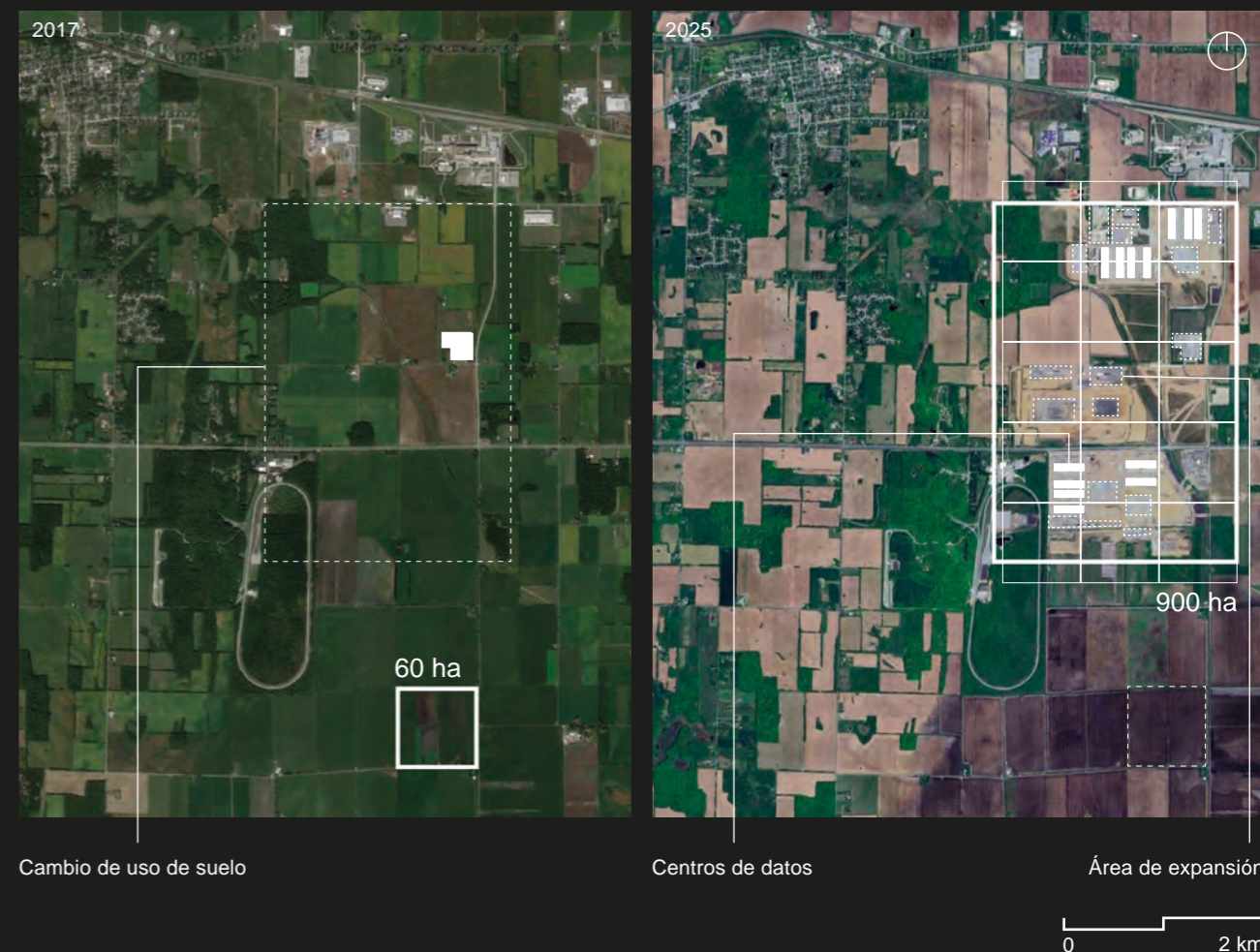
Un centro de datos de gran escala puede consumir entre 18 y 20 millones de litros de agua al día (EESI, 2025), volumen equivalente al consumo diario de una ciudad de entre 10,000 y 50,000 habitantes, como Máncora o Pacasmayo. Esta magnitud permite dimensionar la intensidad del recurso requerido para su operación continua.

En escala territorial, esta demanda compite con el consumo urbano y actividades productivas como la agricultura, especialmente donde el riego depende de fuentes limitadas. En contextos donde los centros de datos se instalan sobre suelos agrícolas o en territorios con economías dependientes del uso intensivo de agua, el enfriamiento puede desplazar recursos destinados a la producción alimentaria, intensificando conflictos por su uso y afectando dinámicas económicas locales.

Consumo de suelo

El crecimiento de los centros de datos transforma también el uso del suelo. La necesidad de grandes extensiones y la optimización de costos impulsan su localización en suelos de bajo valor, generalmente en áreas periurbanas o rurales (Uptime Institute, 2023), favoreciendo la conversión de usos productivos hacia usos industriales y alterando dinámicas territoriales.

Casos recientes evidencian esta ocupación. El campus de inteligencia artificial de Amazon en New Carlisle, Indiana, se desarrolla sobre cientos de hectáreas destinadas a infraestructura digital (The New York Times, 2024). Estas implantaciones incorporan edificios, subestaciones, sistemas de enfriamiento y reservas para expansión futura. Esta ocupación extensiva implica la transformación del suelo, incrementa la presión sobre infraestructuras viales, energéticas e hídricas, y puede fragmentar territorios productivos.



^

Fig. 12. New Carlisle, Indiana (2017–2025). Transformación de campos cultivables en campus de IA de Amazon. Fuente: Google Earth. Adaptado por L. Ponce (2025).

Nodos geopolíticos y concentración territorial

Más allá de su consumo de recursos, los centros de datos operan como nodos geopolíticos estratégicos. Al concentrar el almacenamiento, procesamiento y distribución de información, estructuran el control sobre los flujos digitales globales, convirtiéndose en infraestructuras críticas dentro de la economía contemporánea. Esta concentración se localiza principalmente en economías del norte global, consolidando asimetrías tecnológicas y condicionando la soberanía digital de otras regiones (S&P Global, 2024; UNCTAD, 2023). En este contexto, la localización física de la infraestructura adquiere una dimensión política, ya que determina quién almacena, gestiona y regula los datos. Como señala Peña (2020), la soberanía digital no solo depende del acceso a tecnologías, sino de la capacidad de los Estados para ejercer control sobre sus propios datos.

Para muchos países, esta configuración implica una dependencia estructural en el acceso, almacenamiento y gestión de información, donde los datos generados localmente suelen ser procesados fuera de su jurisdicción. De este modo, la infraestructura digital no solo organiza flujos técnicos, sino que redefine relaciones de poder a escala global.

Alternativas y casos internacionales

Frente a estas tensiones, diversos proyectos han comenzado a replantear la tipología del centro de datos desde enfoques arquitectónicos y territoriales. Proyectos como Spark 761, ubicado en un contexto urbano denso en Beijing, incorporan programas educativos y de trabajo, integrando espacio público en el borde de fachada y planteando una planta libre a nivel de calle que vincula el edificio con la ciudad (LLLab, 2025; ArchDaily, 2021). Por su parte, el centro de datos de Benguéir, en Marruecos, diseñado por AWM Architectes Urbanistes, introduce estrategias bioclimáticas mediante una envolvente sombreada y ventilada que reduce la carga térmica en un contexto de alta radiación solar (AWM Architectes Urbanistes, 2019; ArchDaily, 2023). El proyecto Silverline propone configuraciones verticales y modulares que optimizan el uso del suelo y permiten la adaptación del edificio a futuros cambios programáticos (Parker et al., 2024). A estos enfoques se suman propuestas experimentales como las de Marina Otero Verzier, que exploran la reutilización del calor residual de los servidores en sistemas productivos, como la cría de insectos para alimentación, evidenciando nuevas formas de integración entre infraestructura digital y ciclos materiales (Otero Verzier, 2023).

En conjunto, el escenario global evidencia que los centros de datos no solo constituyen una infraestructura técnica, sino un sistema territorial complejo que articula crecimiento económico, consumo intensivo de recursos y relaciones de poder. Su expansión responde a lógicas globales que frecuentemente se superponen a condiciones locales, generando tensiones entre conectividad, sostenibilidad y equidad territorial. Comprender estas dinámicas permite establecer una base crítica para analizar su desarrollo en contextos específicos, como el caso peruano, donde estas infraestructuras se insertan en territorios con limitaciones estructurales y condiciones ambientales exigentes. contextos específicos, como el caso peruano, donde estas infraestructuras se insertan en territorios con limitaciones estructurales y desafíos particulares.



Fig. 13. Centros de datos (misma escala). Comparación según ocupación de suelo (orden ascendente): 1. Win Santa Catalina (Perú); 2. GTD Lurín (Perú); 3. Google (Chile); 4. Telecom (China). Fuente: Google Earth. Adaptado por L. Ponce (2025).

3. escenario local

Fig. 14. Centro de datos WIN Santa Catalina (Lima). Relación con huaca y espacio público; fachada posterior con instalaciones visibles. >
Fuente: L. Ponce (2025).

“En el Perú, la localización de centros de datos responde principalmente a criterios operativos, antes que a una lectura integral del territorio.”

Situación actual de la infraestructura digital

En el Perú existen 23 centros de datos registrados según Data Center Map y Uptime Institute (2025), ubicados principalmente en Lima, Trujillo y Tacna. Su implantación se concentra en entornos residenciales, comerciales, financieros e industriales, condición identificada a partir del mapeo desarrollado en la investigación, y responde a la proximidad a demanda urbana, conectividad y redes existentes. Esta distribución evidencia que la localización se define por criterios operativos, más que por una lectura integral del territorio.

En el mercado peruano predominan los centros de datos de tipo colocación, es decir, instalaciones que alojan infraestructura digital de múltiples clientes en un mismo edificio, operadas por un tercero. A diferencia de los modelos hiperescalables, ausentes hasta ahora en el país, estos edificios presentan escalas intermedias, pero mantienen configuraciones técnicas similares basadas en la repetición, la modularidad y el control ambiental.

Esta condición se traduce en efectos concretos según su entorno. En zonas residenciales, la operación continua introduce emisiones de ruido y calor que conviven con la habitabilidad; en áreas comerciales y financieras, las fachadas ciegas y la baja interacción con el espacio público reducen la calidad urbana; mientras que en entornos industriales, su demanda intensiva de recursos incrementa la presión sobre infraestructuras energéticas e hídricas, además de consolidar procesos de ocupación extensiva del suelo. Más que replicar el escenario global, estos efectos evidencian cómo dichas dinámicas se manifiestan en condiciones locales específicas.

En conjunto, y como resultado del mapeo desarrollado en la tesis, la localización de centros de datos en el país responde principalmente a criterios económicos y técnicos, sin incorporar de manera explícita las particularidades del territorio. Esto se complementa con una configuración arquitectónica orientada casi exclusivamente al alojamiento de servidores, lo que refuerza su carácter monofuncional y su limitada integración con el entorno inmediato, evidenciando una brecha entre la lógica de implantación de la infraestructura digital y las condiciones locales en las que se inserta.



Cronología de los centros de datos en Perú

2000

Centros de datos (5)

1. Americatel.
2. Banco Central de Reserva del Perú.
3. Banco de Crédito del Perú La Molina.
4. Banco de la Nación.
5. BBVA Perú.

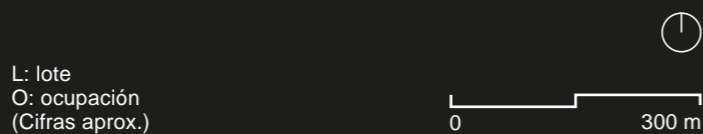
Infraestructura de uso exclusivo

Antes del año 2000, los centros de datos en el Perú responden a un modelo de infraestructura interna y de uso exclusivo, ligado a grandes organizaciones públicas y privadas. Estos espacios se integran dentro de edificios principales de empresas que gestionan altos volúmenes de información, especialmente en los sectores financiero y de telecomunicaciones, en el contexto inicial de la digitalización de la economía nacional.

Arquitectónicamente, no se trata aún de edificios especializados, sino de áreas técnicas adaptadas dentro de complejos administrativos existentes. Su diseño prioriza la seguridad física, la continuidad operativa y el control directo de los sistemas, más que la eficiencia espacial o la flexibilidad de crecimiento.

Desde el punto de vista territorial, la localización no responde a estrategias urbanas ni regionales, sino a decisiones corporativas: proximidad a áreas de gestión, disponibilidad básica de energía y control institucional del acceso. Este periodo se caracteriza por una alta centralización, baja interoperabilidad y escasa visibilidad urbana, reflejando un ecosistema digital cerrado, previo a la externalización de servicios y a la consolidación del centro de datos como infraestructura autónoma.

Fig. 15. Centros de datos en Perú (2002–2025). Análisis espacial sobre imágenes satelitales. Fuente: Google Earth. Adaptado por L. Ponce (2025). >



2020

Centros de datos (10)

6. Cirion LIM1.
7. TESAM.
8. Banco de Crédito del Perú Chorriillos.
9. Equinix LM1.
10. AI Inversiones Palo Alto II.
11. WIN Gálvez.
12. GTD Surco.
13. SUNAT Surco.
14. Bitel Perú Trujillo.
15. WIN Santa Catalina.

Modelo multiusuario de colocación

Entre los años 2000 y 2020 se consolida en el Perú una transición decisiva hacia una infraestructura digital más especializada, marcada por la aparición de centros de datos para múltiples usuarios. En este periodo se introduce con mayor claridad el modelo de colocación, que permite a distintas empresas externalizar la gestión de datos y compartir infraestructura crítica bajo estándares técnicos exigentes de seguridad, redundancia y disponibilidad operativa.

Este proceso no supone una ruptura completa con la etapa previa, sino una evolución progresiva de infraestructuras existentes, especialmente en telecomunicaciones, finanzas y administración pública. Muchas instalaciones internas son ampliadas o trasladadas a espacios con mayor autonomía técnica, incorporando climatización especializada, suministro eléctrico redundante y conectividad de alta capacidad. El centro de datos se consolida como un edificio técnico reconocible, con requerimientos propios que influyen en su diseño.

Desde una perspectiva territorial, la localización deja de ser exclusivamente corporativa y pasa a responder a criterios urbanos y de infraestructura más



complejos. La cercanía a redes de fibra óptica, subestaciones eléctricas y ejes de conectividad metropolitana se convierte en un factor determinante, al igual que la accesibilidad logística y la seguridad del entorno inmediato. Lima Metropolitana continúa concentrando la mayor parte de estas instalaciones, reforzando su rol como nodo principal del sistema digital nacional.

Sin embargo, hacia el final del periodo aparecen los primeros indicios de expansión fuera de la capital, asociados tanto al crecimiento de la demanda como a la necesidad de diversificar riesgos y mejorar la cobertura territorial. Esta etapa sienta las bases técnicas, espaciales y normativas para la posterior descentralización, posicionando al centro de datos como una infraestructura estratégica integrada al sistema urbano-productivo.

2020 - 2025

Centros de datos (8)

- 16. WIN del Sur.
- 17. NextStream Lince.
- 18. IPTP San Isidro.
- 19. NextStream Monterrico.
- 20. Claro Data Center Villa El Salvador.
- 21. GTD Lurín.
- 22. Cirion Lurín.
- 23. IPXON Lima

Adaptación y extensión estratégica

A partir de 2020, la configuración de los centros de datos en el Perú evidencia una mayor diversificación territorial y tipológica, asociada al crecimiento



de la demanda digital y a nuevas exigencias de resiliencia, escalabilidad y eficiencia. Se incrementa la instalación de centros de datos de colocación en zonas periurbanas, donde la disponibilidad de suelo, la menor presión inmobiliaria y la posibilidad de expansión futura se convierten en factores decisivos.

Paralelamente, se refuerza un proceso de descentralización, con la aparición de infraestructura digital en ciudades intermedias del país. Esta expansión responde tanto a la necesidad de reducir latencias como a estrategias de redundancia territorial y aprovechamiento de condiciones locales favorables, como marcos normativos especiales o cercanía a corredores logísticos e industriales.

Otro rasgo distintivo de este periodo es la reutilización y adecuación de edificios existentes para albergar centros de datos dentro del tejido urbano consolidado. En áreas estratégicas de Lima, especialmente próximas al centro financiero o a zonas empresariales, se opta por insertar infraestructura digital en edificaciones preexistentes, priorizando la proximidad a usuarios finales y a redes de conectividad consolidadas.

Este periodo marca el paso hacia un sistema más distribuido, híbrido y territorialmente consciente, donde los centros de datos se integran activamente a la estructura urbana, económica y regional del país.

L: lote
O: ocupación
(Cifras aprox.)

0 300 m

Fig. 15. Centros de datos en Perú (2002–2025). Análisis espacial sobre imágenes satelitales. Fuente: Google Earth. Adaptado por L. Ponce (2025).



Perú: concentración y desigualdad territorial

La infraestructura digital en el país se inserta en un sistema territorial más amplio, dependiente de redes energéticas, hídricas y de conectividad. Su distribución revela una alta concentración en el sector central, especialmente en Lima Metropolitana, donde convergen mayor capacidad instalada y demanda urbana. Al mismo tiempo, se reconoce un crecimiento territorial desequilibrado, con escasa presencia en otras regiones, lo que refuerza dinámicas de centralización. Esta configuración expone tensiones entre la capacidad instalada y la disponibilidad de recursos, particularmente en relación con el estrés hídrico y la demanda energética en zonas costeras. En conjunto, estos patrones de localización reproducen desigualdades territoriales y establecen una base crítica para orientar decisiones proyectuales futuras.

Centros de Datos (23)

Ciudad	Integrado* (A-Z)	Monofuncional**
Trujillo	Bitel Perú Trujillo	
Lima	Americatel	AI Inversiones Palo Alto II
	Banco Central de Reserva del Perú	
	Banco de Crédito del Perú La Molina	
	Banco de Crédito del Perú Chorrillos	
	Banco de la Nación	
	BBVA Perú	
		Cirion LIM1
		Cirion Lurín
		Claro Data Center Villa El Salvador
		Equinix LM1
		GTD Lurín
		GTD Surco
		IPTP San Isidro
		IPXON Lima
		NextStream Lince
		NextStream Monterrico
	SUNAT Surco	
		TESAM Data Center
		WIN DC Gálvez
		WIN DC Santa Catalina
Tacna		WIN DC del Sur

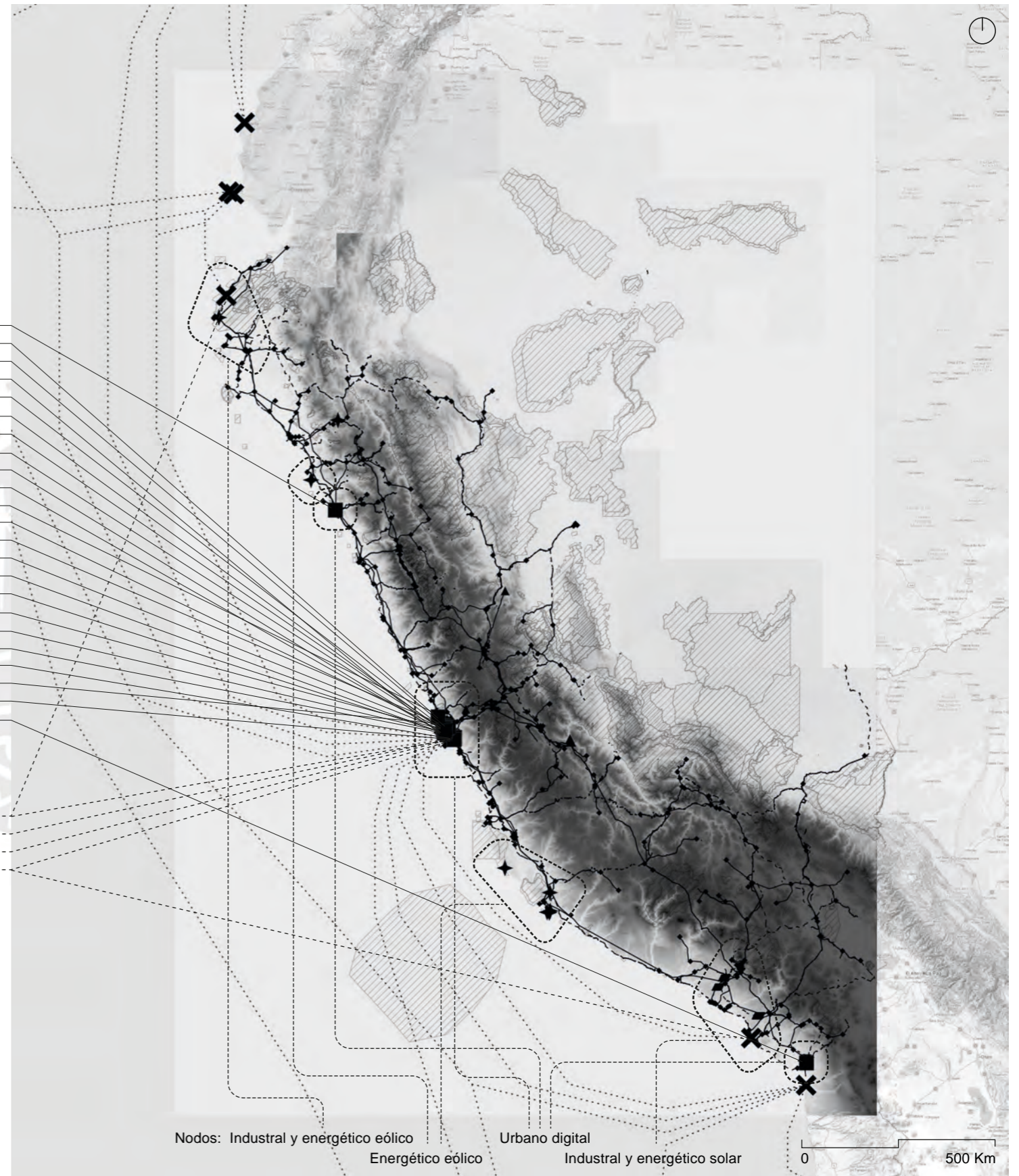
Cables submarinos (4)

Ciudad	Internacional	Nacional
Máncora & Lima	SAm-1 (South America-1)	
Lima	SPCS / Mistral (South Pacific Cable System)	
Lima	SAC (South American Crossing)	
Lima & Ilo		Fibra Óptica del Pacífico

Leyenda

- Centro de datos
- ✕ Punto de Llegada
- Nodo de datos
- Altitud
- Línea de alta tensión
- ▲ Central hidráulica
- Central solar
- ✦ Central eólica
- ▼ Central termoeléctrica
- ◆ Subestación eléctrica
- Vía nacional
- ▶ Planta de tratamiento de aguas residuales
- ▨ Áreas naturales protegidas

* Incluye programas complementarios (oficinas, retail, atención, etc.).
 ** Uso exclusivo de salas de servidores e infraestructura técnica.



Nodos: Industrial y energético eólico Urbano digital
 Energético eólico Industrial y energético solar

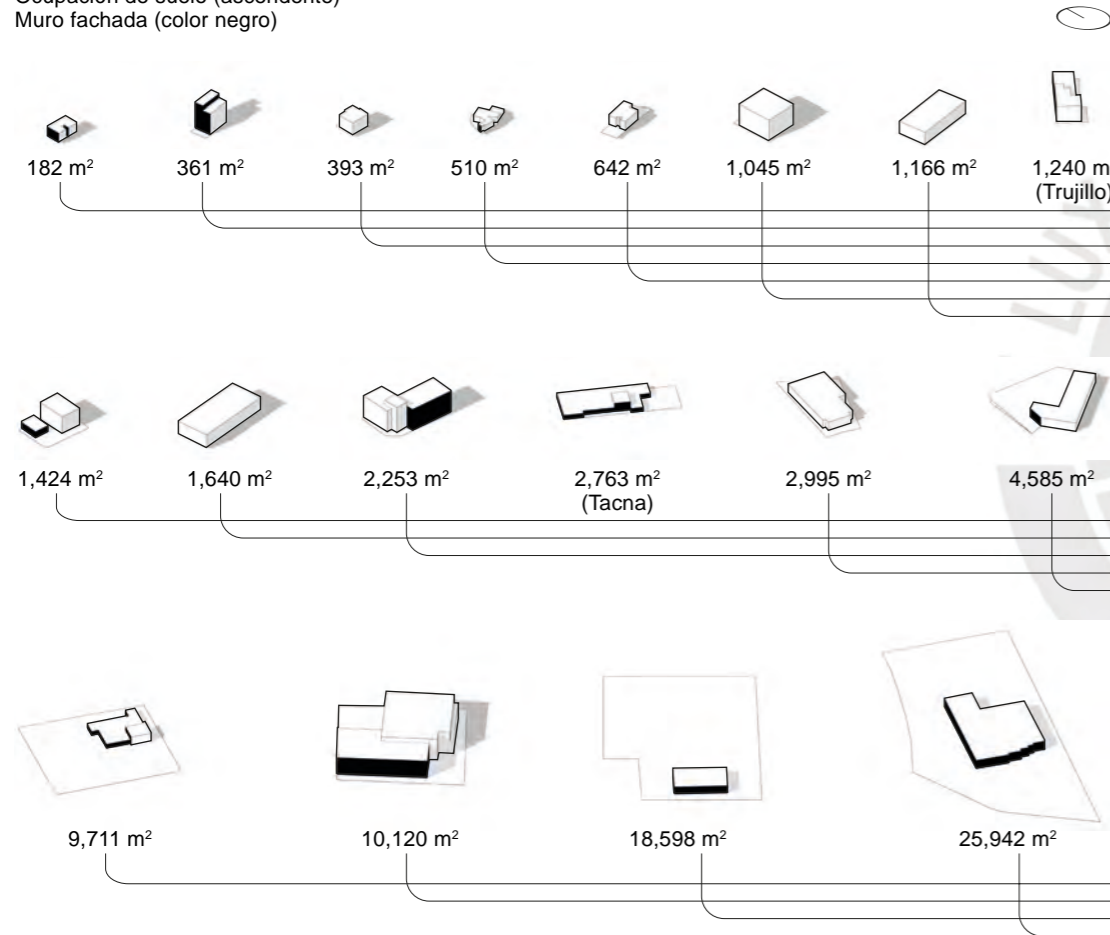
Fig. 16. Distribución territorial (Perú). Sistemas hídricos, energéticos y de conectividad. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022) y CEPLAN (2023). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Lima Metropolitana: estructura urbana y expansión periférica

En Lima Metropolitana, la infraestructura digital se articula sobre la estructura urbana existente, concentrándose principalmente en zonas financieras, comerciales y de alta densidad, donde la demanda y la conectividad son mayores. A su vez, se identifica una expansión reciente hacia el sur de la ciudad, en áreas industriales que ofrecen mayor disponibilidad de suelo y condiciones operativas favorables. Esta distribución refuerza un patrón de concentración en centralidades consolidadas, al tiempo que desplaza nuevas implantaciones hacia periferias productivas. En conjunto, esta lógica evidencia una relación directa entre infraestructura digital y estructura urbana, pero también expone limitaciones vinculadas a la presión sobre recursos y a la falta de criterios territoriales en su localización, estableciendo una base crítica para orientar futuras decisiones de implantación y adaptación en la ciudad y la necesidad de fortalecer la resiliencia de Lima frente a la expansión de la demanda digital.

Centros de Datos (18)

Ocupación de suelo (ascendente)
Muro fachada (color negro)



- Leyenda**
- Centro de datos
 - ✕ Punto de llegada
 - ▬ Nodo de datos
 - ▬ Altitud
 - Línea de transmisión
 - ▲ Central hidráulica
 - ▼ Central termoeléctrica
 - ◆ Subestación eléctrica
 - ▶ Planta de tratamiento de aguas residuales
 - ▨ Áreas naturales protegidas

* Estimación a partir de imágenes satelitales.
** Verificado mediante registro fotográfico y visitas al sitio.

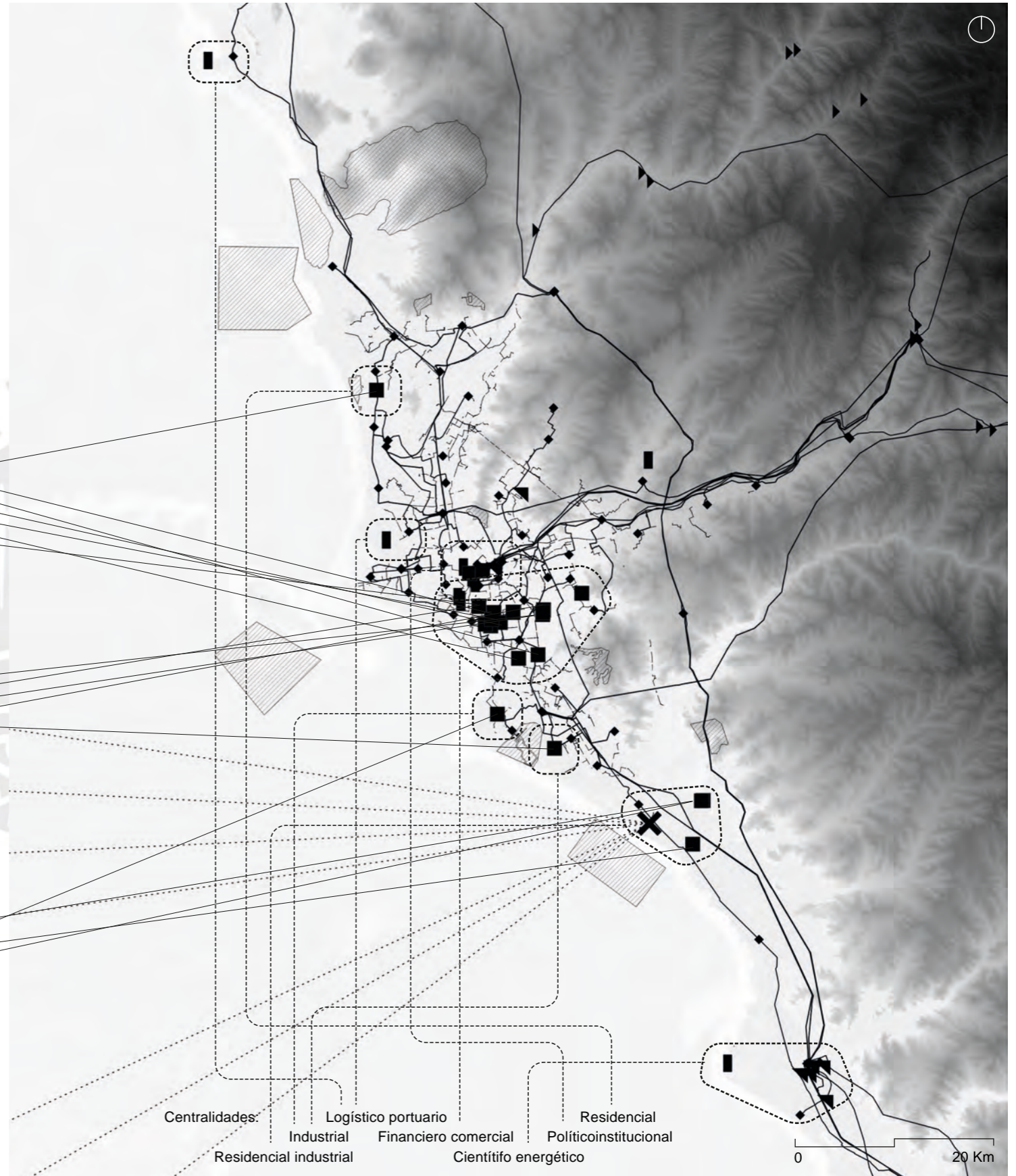


Fig. 17. Implantación territorial (Lima Metropolitana). Infraestructuras hídricas, energéticas y digitales. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022) y CEPLAN (2023). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Modelo edificatorio descontextualizado

La tipología de los centros de datos en el Perú se caracteriza por configuraciones verticales u horizontales, generalmente asentadas en lotes de alrededor de 1,000 m² en zonas urbanas y de hasta 1 hectárea en áreas industriales, con ratios de ocupación que pueden superar el 80 % en entornos consolidados. A pesar de esta variación, la constante es su condición de edificios cerrados, sin ventanas y rodeados por muros o cercos, incluso cuando se ubican en sectores urbanos activos.

El mapeo de 23 centros de datos en Lima, Trujillo y Tacna revela un patrón tipológico homogéneo. La mayoría corresponde a infraestructuras dedicadas de tipo colocación o telecomunicaciones, con áreas ocupadas que oscilan entre los 280 m² de instalaciones compactas —como WIN DC Santa Catalina o GTD Surco— y los más de 5,000 m² de campus industriales recientes, como Cirion Lurín o el centro de datos del Banco de Crédito en Chorrillos. Esta amplitud confirma la coexistencia de dos modelos: uno urbano y denso, insertado en barrios residenciales o comerciales, y otro extensivo, ubicado en suelos industriales de gran tamaño.

En el ámbito urbano consolidado, predominan los lotes pequeños y altamente ocupados. Instalaciones como NextStream Lince, IPXON Lima o AI Inversiones Palo Alto II registran ratios de ocupación cercanos al 100 %, convertidas en edificaciones compactas que eliminan casi por completo el espacio libre. Suelen presentar perímetros reducidos, entre 56 y 180 metros lineales, que refuerzan su carácter hermético y su débil relación con el entorno inmediato.

En cambio, los centros de datos ubicados en áreas industriales —como GTD Lurín, Claro Data Center o Cirion Lurín— se despliegan sobre lotes de 10,000 m² a 30,000 m², con menores porcentajes de ocupación y mayor superficie disponible para infraestructura técnica exterior. Estos casos corresponden a instalaciones más recientes (2018–2025), asociadas a potencias energéticas mayores, entre 10 y 20 MW, a diferencia de los centros urbanos más antiguos, cuya demanda se mantiene por debajo de los 2 MW.

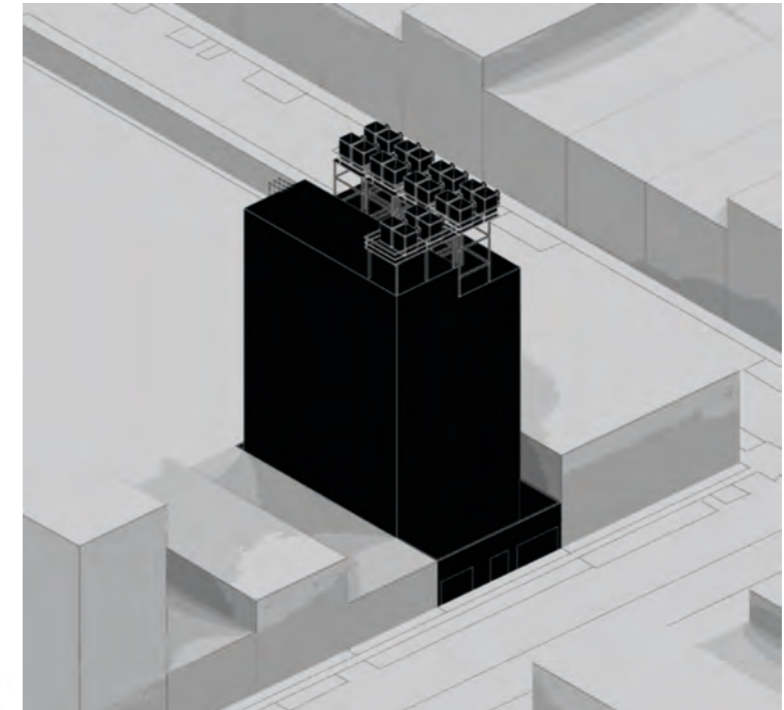
El registro histórico muestra también diferencias temporales: los centros construidos entre 2002 y 2012 tienden a ocupar lotes pequeños y presentar perímetros compactos, mientras que los inaugurados a partir de 2017 expanden su escala y se trasladan hacia suelos periféricos o industriales. Esta transición confirma la evolución de la tipología: de edificios insertos en la trama urbana hacia campus especializados con mayor acceso a energía, infraestructura vial y áreas de expansión.

En conjunto, la tipología peruana se define por tres rasgos principales: (1) una fuerte estandarización arquitectónica que prioriza la seguridad y el control ambiental sobre la integración urbana; (2) la coexistencia de centros compactos en zonas consolidadas y campus extensivos en el borde industrial; y (3) una tendencia reciente hacia instalaciones de mayor escala asociadas a mayores requerimientos energéticos.

A pesar de esta diversidad dimensional, la constante es su condición de edificios cerrados, sin ventanas y con escasa relación con el espacio público, reafirmando su carácter de infraestructura técnica más que de equipamiento urbano.

“La diversidad de escalas responde a distintos niveles de servicio, pero mantiene una lógica arquitectónica común.”

Isometría



Sección urbana

Foto
Plano de ubicación

0 90 m

Fig. 18. Centro de datos Win Santa Catalina (Lima). Análisis arquitectónico y urbano: isometría, corte y planta. >
Fuente: J. Rondan y L. Ponce (2025).

**Escenario
especulativo**

Se proyecta que el número de centros de datos en el país podría triplicarse en los próximos diez años, con una tasa de crecimiento anual de 15.59% hacia 2029 (Arizton, 2025). Este crecimiento se apoya en la concentración de la conectividad en la costa y en la infraestructura existente, lo que sugiere que la expansión tenderá a reforzar los actuales patrones de localización. En este escenario, el aumento de la infraestructura digital no solo implica mayor capacidad tecnológica, sino también un incremento significativo en la demanda de recursos asociados a su operación.

Un centro de datos puede consumir entre 200 y 300 veces más energía que un edificio de oficinas equivalente (Uptime Institute, 2023). Considerando que Lima Metropolitana concentra una proporción significativa del consumo eléctrico nacional —estimado en más del 40% del total del país según el Balance Nacional de Energía (Ministerio de Energía y Minas, 2022)—, la incorporación de nuevas instalaciones de mediana y gran escala podría representar una fracción creciente de la demanda eléctrica urbana, equivalente al consumo de distritos completos según la escala de cada proyecto. En términos hídricos, un centro de datos de gran escala puede requerir entre 18 y 20 millones de litros de agua al día para sistemas de enfriamiento (EESI, 2025). Esta demanda adquiere mayor relevancia si se considera que Lima dispone de menos de 100 m³ de agua por habitante al año, situándose por debajo del umbral de escasez hídrica establecido internacionalmente (Aquafondo, 2020). En este contexto, la incorporación de nuevas infraestructuras intensivas en consumo introduce una presión adicional sobre sistemas de abastecimiento con capacidades limitadas.

**Demanda
futura**

En términos territoriales, esta expansión no solo incrementa la demanda de recursos, sino que también tiende a consolidarse en los mismos nodos urbanos, reforzando procesos de centralización. De mantenerse esta tendencia, la localización de nuevos centros de datos continuaría concentrándose en Lima, ocupando principalmente suelo industrial y periurbano disponible, con escalas cada vez mayores asociadas a la lógica de crecimiento del sector.

De este modo, el crecimiento proyectado de la infraestructura digital no puede entenderse únicamente como un indicador económico, sino como un proceso con implicancias directas en la planificación energética, la gestión del agua y el uso del suelo. La ausencia de criterios territoriales específicos podría intensificar la concentración de demanda en áreas ya consolidadas, ampliando brechas entre regiones y aumentando la presión sobre infraestructuras existentes.

Este escenario abre la discusión sobre cómo articular el desarrollo de la infraestructura digital con las capacidades del territorio, considerando tanto la eficiencia técnica como las condiciones ambientales y urbanas en las que se inserta.

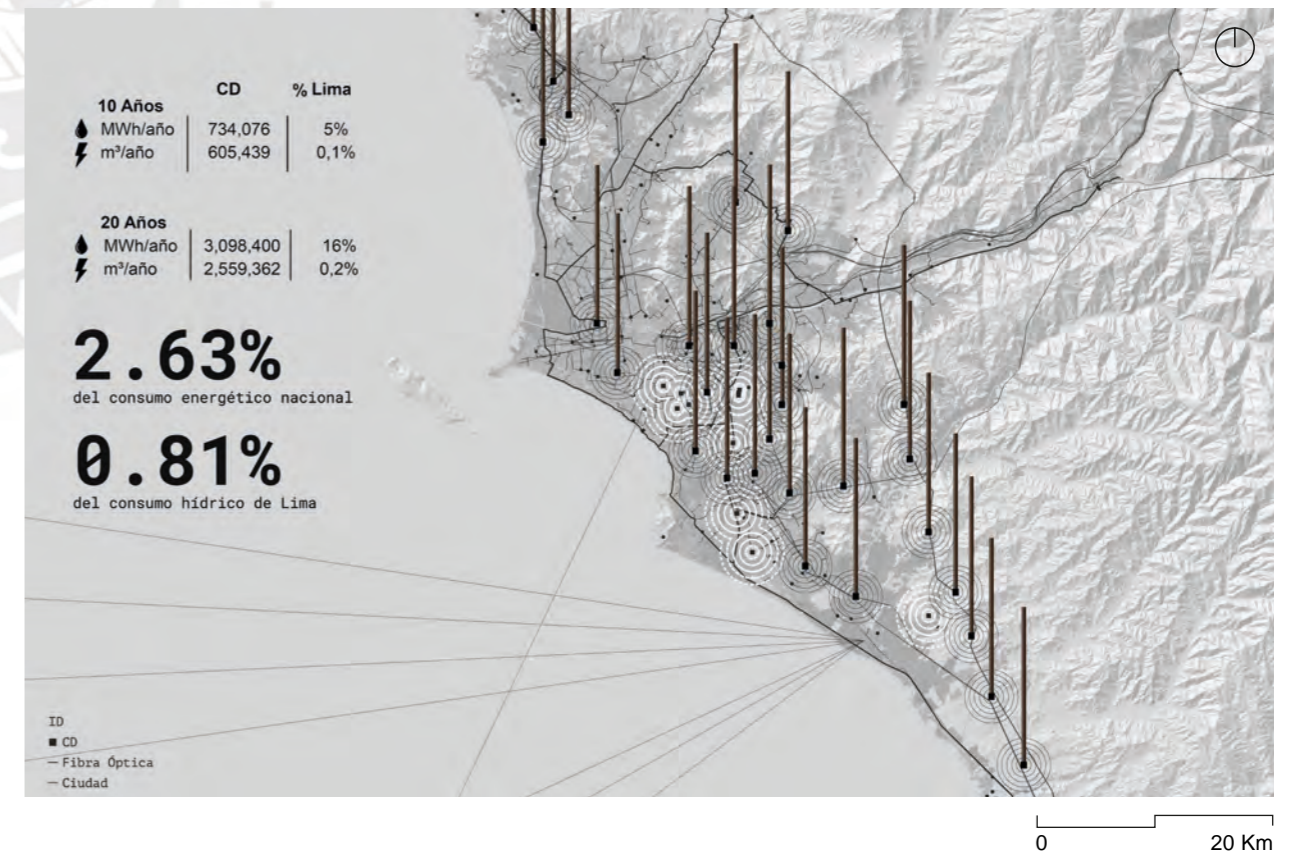
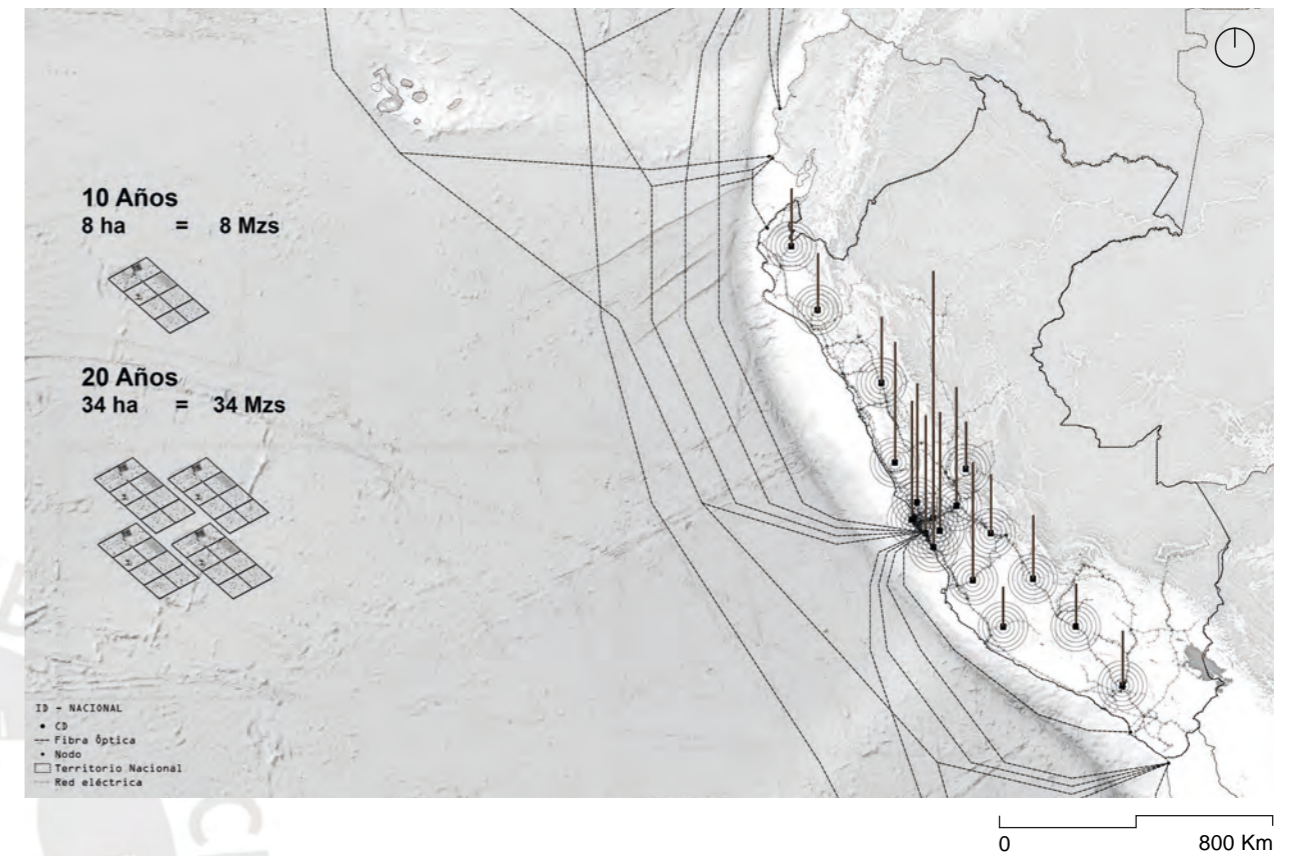


Fig. 19. Expansión desregulada (10 y 20 años). Ocupación futura del suelo por centros de datos en el Perú [arriba]. Fuente: J. Rondan (2025), basada en Arizton (2024). Nota: Proyección asistida por IA; cartografía base de Google Earth

Fig. 20. Presión sobre recursos urbanos (10 y 20 años). Consumo energético e hídrico por centros de datos en Lima Metropolitana [abajo]. Fuente: J. Rondan (2025), basada en Arizton (2024). Nota: Proyección asistida por IA; cartografía base de Google Earth.

4. terri- torio

Fig. 21. Centro de datos Cirion Lurín (Lima). Borde perimetral hacia vía industrial, con equipos energéticos visibles sobre el cerramiento. >
Fuente: J. Rondan (2025).

“Los centros de datos se implantan en sistemas territoriales donde las condiciones no siempre son compatibles.”

Marco territorial

Los criterios de localización de centros de datos han sido abordados desde distintos enfoques, que priorizan dimensiones operativas, ambientales o territoriales según la escala y los intereses involucrados. Mientras la investigación académica analiza los impactos de estas infraestructuras en el territorio y en los sistemas urbanos, particularmente en relación con el consumo de recursos, las tensiones ambientales y sus implicancias sociales (Peña, 2020; Maquieira-Alonzo, 2024), el sector privado y los reportes de la industria priorizan variables asociadas a la viabilidad operativa y económica, como el costo del suelo, la disponibilidad y estabilidad de recursos, la conectividad y el acceso a mercado (Arizton, 2025; Alvarez & Marsal, 2024).

A nivel institucional, los marcos regulatorios presentan distintos niveles de desarrollo; en el caso peruano, la normativa vigente se concentra en aspectos técnicos y operativos, sin incorporar de forma explícita criterios territoriales o ambientales. Esta condición permite la implantación de centros de datos bajo lógicas estandarizadas, replicando modelos globales de alto consumo energético e hídrico previamente identificados por la investigación académica (Colegio de Ingenieros del Perú, 2023). En conjunto, estas diferencias evidencian que no existe un único marco de evaluación, sino múltiples aproximaciones que interpretan el territorio de manera parcial.

A partir del cruce entre el análisis global y el contexto peruano, esta investigación define un conjunto de indicadores territoriales orientados a evaluar la implantación de centros de datos en función de las condiciones que hacen posible su operación. Estos indicadores no se plantean como un listado descriptivo, sino como una herramienta para interpretar el territorio, permitiendo analizar cómo la interacción entre sistemas condiciona su localización.

Los indicadores se organizan en torno a tres dimensiones principales, energía, agua y uso del suelo, complementadas por variables de conectividad y soporte urbano. Esta estructura responde a los sistemas que hacen posible la operación de estas infraestructuras, estableciendo una base común de datos provenientes de redes energéticas, hídricas, territoriales y de conectividad. A partir de esta base, se construye una lectura territorial que permite vincular la disponibilidad de recursos, la infraestructura existente y la demanda, como condiciones interdependientes en la localización de centros de datos.



Metodología de análisis

Para interpretar estos sistemas e indicadores, la investigación propone una metodología de análisis multicapa que permite leer el territorio como la superposición de infraestructuras y recursos interdependientes. Este enfoque no evalúa variables de manera aislada, sino que busca comprender las relaciones que se producen entre ellas, identificando coincidencias, tensiones y desajustes que condicionan la localización de centros de datos.

La información derivada de los indicadores se consolida en una matriz que permite identificar alternativas de localización. Este ejercicio se desarrolla mediante la construcción de diagramas basados en la superposición de capas hídricas, energéticas, de conectividad y urbano industriales, representadas en un sistema que combina latitud y altitud. Esta elección permite vincular la localización de infraestructuras con condiciones territoriales como disponibilidad de recursos, gradientes climáticos y distribución de redes, incorporando la dimensión geográfica como variable activa en el análisis.

La lectura propuesta no busca una precisión cartográfica absoluta, sino evidenciar relaciones, tensiones y desajustes entre variables que operan simultáneamente en el territorio. El desfase intencional entre capas permite interpretar el territorio como un sistema dinámico, donde las coincidencias y fricciones entre infraestructuras revelan condiciones de compatibilidad o conflicto. De este modo, el mapeo configura un campo de interacciones más que una representación fija, evidenciando la dificultad de capturar un territorio en constante transformación.

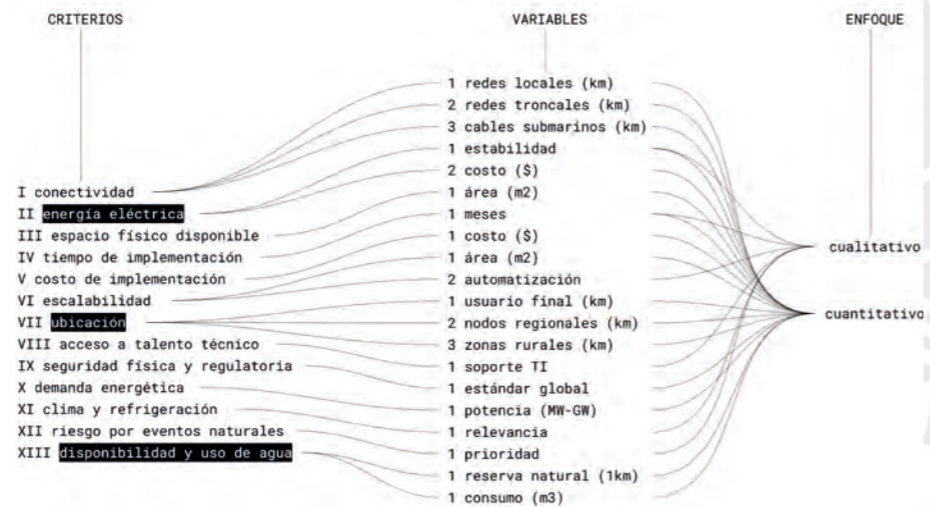
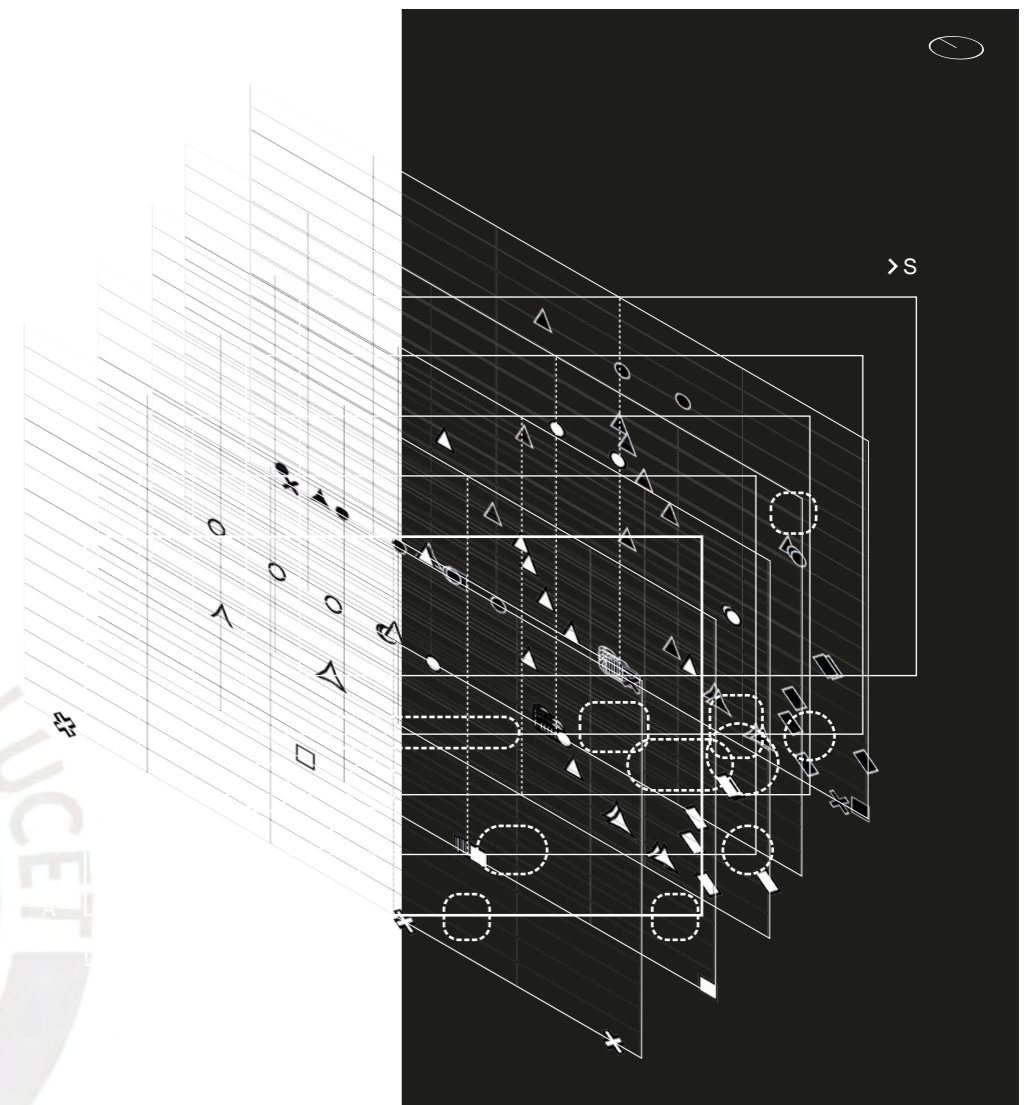


Fig. 22. Criterios de análisis (investigación). Variables para interpretación territorial con enfoque cualitativo–cuantitativo. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Equinix (2024), Knight Frank (2024) y Alvarez & Marsal (2024).

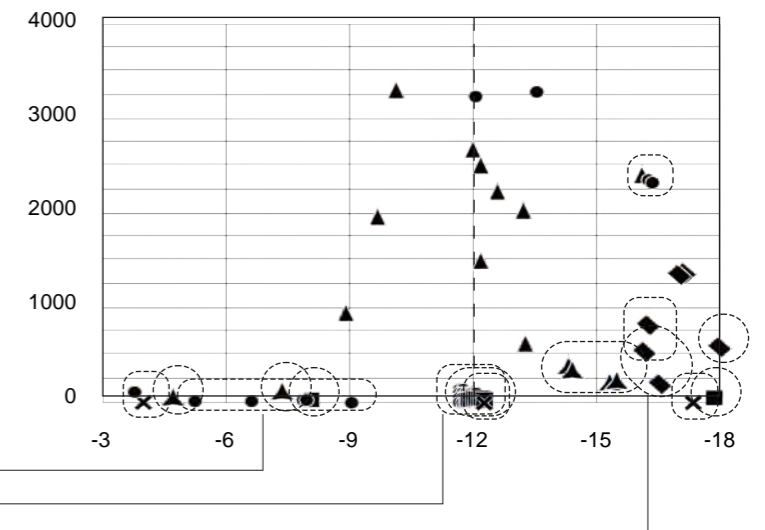
Fig. 23. Superposición de sistemas territoriales (Perú). Lectura en capas y desfase sistémico [arriba]. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018).

Fig. 24. Distribución de centros de datos (Perú). Sistemas de conectividad, energéticos y urbanos [abajo]. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025) y Uptime Institute (2025).



- Centro de datos
- ✕ Punto de llegada
- ~500 mil habitantes
- ▲ Central hidráulica
- ▬ Central solar
- ✦ Central eólica

- A: altitud
- L: latitud
- S: sur
- i: macroregión norte
- ii: macroregión centro
- iii: macroregión sur



Recursos
 La selección de indicadores responde a los sistemas territoriales que hacen posible la operación de los centros de datos. En una primera capa, se consideran los sistemas hídricos y energéticos, junto con la infraestructura eléctrica, debido a su relación directa con la continuidad operativa de estas infraestructuras. Estos indicadores permiten evaluar no solo la disponibilidad de recursos, sino también las condiciones que determinan su viabilidad en contextos específicos.

Estrés hídrico
 La relación entre demanda y disponibilidad de agua es crítica para la instalación de centros de datos, ya que muchos de estos edificios requieren agua para sus sistemas de refrigeración. En el Perú, este indicador es determinante porque la costa alberga más del 60 % de la población, pero concentra menos del 2 % del agua dulce disponible (Autoridad Nacional del Agua, 2020). Esta disparidad convierte a las regiones costeras en territorios altamente vulnerables frente a infraestructuras que incrementan la presión hídrica.

Agua tratada
 El acceso a agua tratada constituye un criterio complementario, ya que permite sustituir el uso de agua potable en procesos industriales. En el Perú, más del 80 % de las aguas residuales tratadas se descargan sin reutilización (SUNASS, 2021), lo que evidencia un potencial para su aprovechamiento en sistemas de enfriamiento. Estudios recientes señalan que el uso de agua no potable en centros de datos puede reducir significativamente la presión sobre redes urbanas de abastecimiento (International Energy Agency, 2022). Este indicador permite identificar territorios donde es posible reducir la competencia directa con el consumo urbano.

Energía renovable
 La disponibilidad de energía y su fuente es un factor determinante, considerando el alto consumo continuo de estas infraestructuras. En el Perú, la matriz eléctrica presenta aún una fuerte participación de fuentes no renovables, lo que incrementa la huella ambiental del sector (International Energy Agency, 2024). Este indicador permite priorizar territorios con acceso a fuentes renovables o con mayor capacidad instalada.

Tendido eléctrico
 La proximidad a subestaciones y líneas de alta tensión es fundamental para garantizar un suministro estable, redundante y de alta capacidad. Estudios del sector indican que distancias menores a 5 km optimizan costos de conexión y reducen riesgos operativos (Uptime Institute, 2023). En el contexto peruano, donde la infraestructura eléctrica es desigual, este criterio permite identificar áreas con capacidad real de soportar cargas críticas.

En conjunto, estos indicadores evidencian que la viabilidad de los centros de datos depende de la articulación entre disponibilidad hídrica, capacidad energética e infraestructura eléctrica. La superposición de estas variables permite identificar territorios donde la operación es factible, así como zonas donde la incorporación de estas infraestructuras podría intensificar desequilibrios existentes.

Uso del suelo
 En una segunda capa, se incorporan sistemas vinculados a la conectividad, la demanda urbana y la estructura productiva, los cuales explican los patrones de localización y concentración de estas infraestructuras en el territorio.

Centros de datos
 La densidad de infraestructura digital existente se utiliza como indicador porque revela patrones de localización y economías de aglomeración. A nivel global, una proporción significativa de nuevos centros de datos se instala cerca de otros ya existentes, aprovechando infraestructuras previas como fibra óptica, energía estable y capital humano especializado (Uptime Institute, 2023). En el Perú, este patrón explica la concentración en Lima.

Sistemas hídricos

Distribución de agua dulce
 Vertiente amazónica: ~97-98%
 Vertiente del pacífico: ~1-2%
 Vertiente del Titicaca: ~1%

Nivel de estrés hídrico
 Alto extremo: >80%
 Alto: 40-80%
 Medio-Alto: 20-40%
 Bajo-Medio: 10-20%
 Bajo: >10%

Cobertura de agua potable
 Alto extremo: >90%
 Alto: 70-90%
 Medio-Alto: 60-70%
 Bajo-Medio: 40-60%
 Bajo: 40%

Tratamiento de agua residuales
 Tratada: <80%
 Sin tratar: >20%

Reúso de agua tratada
 Reutilizada: <10%
 Descarga al mar: >90%

Sistemas energéticos

Matriz energética
 Hidroeléctrica: 50.1%
 Gas natural: 39.5%
 Eólica: 6.1%
 Solar: 2.0%
 Biocombustible: 1.0%
 Otras: 2.3%

Capacidad instalada
 Hidroeléctrica: ~5,750 MW
 Eólica: ~1,015 MW
 Solar: ~748 MW

Distribución territorial de energías renovables
 Hidroeléctrica: centro - Andes
 Eólica: costa norte y centro
 Solar: sur

Red de transmisión eléctrica
 Troncal: 500 kV
 Secundaria: 220 kV
 Subtransmisión: >138 kV

- Gradiente de magnitud
- Líneas de transmisión eléctrica
- Infraestructura identificada

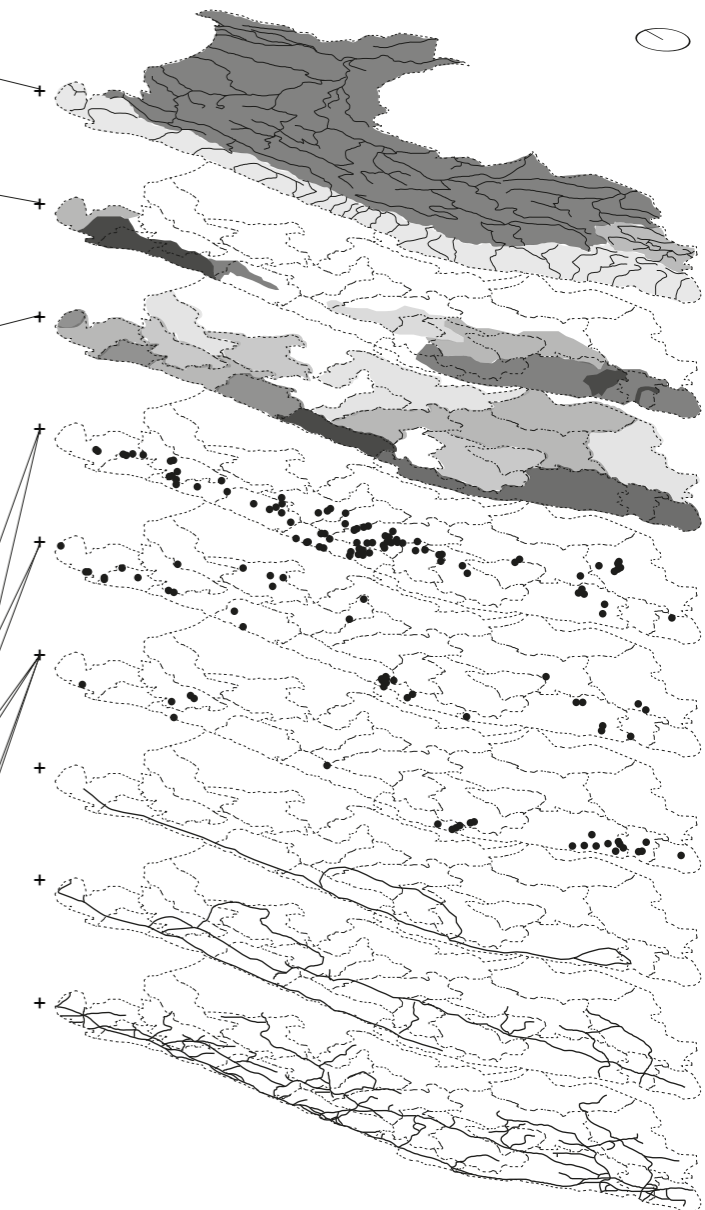


Fig. 25. Sistemas territoriales (Perú). Sistemas hídricos y energéticos.
 Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Cables submarinos

La cercanía a puntos de llegada de cables submarinos determina la latencia y la calidad del tráfico internacional de datos. Dado que más del 95 % del tráfico global circula por cables submarinos (Fundación Telefónica, 2022), este indicador resulta clave para la competitividad de estas infraestructuras. En el Perú, los puntos de amarre en la costa central refuerzan la concentración territorial.

Zona urbana

La proximidad a zonas urbanas se relaciona directamente con la demanda de datos. A nivel global, se proyecta que cerca del 80 % de la población vivirá en ciudades hacia 2050 (United Nations, 2019), tendencia que en el Perú ya supera ese porcentaje (INEI, 2022). Este indicador permite identificar territorios donde la demanda digital sostiene la operación de estas infraestructuras.

Zona industrial

Las zonas industriales concentran condiciones técnicas favorables, como redes eléctricas de alta capacidad, disponibilidad de suelo y acceso a conectividad. Reportes técnicos del sector indican que los centros de datos tienden a ubicarse en entornos industriales o próximos a ellos debido a estas condiciones operativas y a la compatibilidad de uso de suelo (Uptime Institute, 2023; Arizton, 2025). En el caso peruano, esta lógica refuerza su localización en corredores industriales costeros.

En conjunto, estos indicadores evidencian que la localización de centros de datos responde a una lógica de concentración en territorios donde convergen conectividad global, demanda urbana y soporte industrial. La superposición de estas capas permite identificar patrones de centralización y abre la posibilidad de explorar modelos alternativos de distribución territorial.

Configuraciones territoriales

A escala nacional, la superposición de indicadores evidencia una tendencia hacia la concentración de infraestructura digital en determinados nodos, donde la coincidencia de condiciones favorables refuerza procesos de centralización. Esto muestra que la localización de centros de datos depende del cruce de múltiples sistemas territoriales. Así, territorios aparentemente adecuados pueden revelar limitaciones críticas al incorporar nuevas capas de análisis, evidenciando que la viabilidad depende del equilibrio entre recursos, infraestructura y demanda.

A partir de esta lectura multicapa, se identifican dos patrones territoriales. Por un lado, un modelo de crecimiento centralizado asociado a áreas urbanas consolidadas, donde convergen conectividad, capacidad instalada y alta demanda de datos. Estas zonas, vinculadas a entornos metropolitanos e industriales, concentran condiciones técnicas que favorecen la aglomeración.

Por otro lado, emerge un modelo descentralizado en territorios con condiciones parcialmente favorables, pero con limitaciones estructurales. La disponibilidad de energía o suelo contrasta con restricciones hídricas o menor conectividad, generando escenarios donde la implantación depende de estrategias de adaptación. Este patrón es evidente en territorios costeros con estrés hídrico, donde la coincidencia entre demanda tecnológica y escasez de recursos introduce tensiones.

En conjunto, los diagramas permiten entender el territorio como un sistema y no como una superficie homogénea. La superposición de capas revela lógicas de localización y permite anticipar escenarios donde la reconfiguración de variables puede modificar las dinámicas existentes.

Sistemas de conectividad

Centros de datos
Lima: 21
Trujillo: 1
Tacna: 1

Puntos de amarre
Lima (Lurín): 3
Piura (Máncora): 1
Moquegua (Ilo): 1

Sistema de cables submarinos
Internacional: Centroamérica - Perú - Chile
Nacional: Lurín - Ilo

Sistemas urbanos

Distribución poblacional
Lima + Callao: ~37-38%
Trujillo: ~6-7%
Arequipa: ~5-6%
Piura: ~4-5%
Chiclayo: ~3-4%
Huancayo: ~2-3%
Cusco: 2-3%
Otras: ~40-43%

Jerarquía urbana
Principal: ≥1M hab.
Grande: 0.5 - 1M hab.
Intermedio: 0.1 - 0.5M hab.

Sistemas económicos-productivos

Estructura productiva
Servicios: ~60-62%
Extractiva: ~20-21%
Industria: ~15-17%

Actividades de funcionamiento continuo
Nodos logísticos: puertos + aeropuertos
ZED: Zonas económicas de desarrollo
Áreas productivas: parques industriales

- Gradiente de magnitud
- Cables submarinos
- Infraestructura identificada

“Donde convergen los sistemas, llegan los centros de datos; y con ellos, una presión creciente sobre el territorio.”

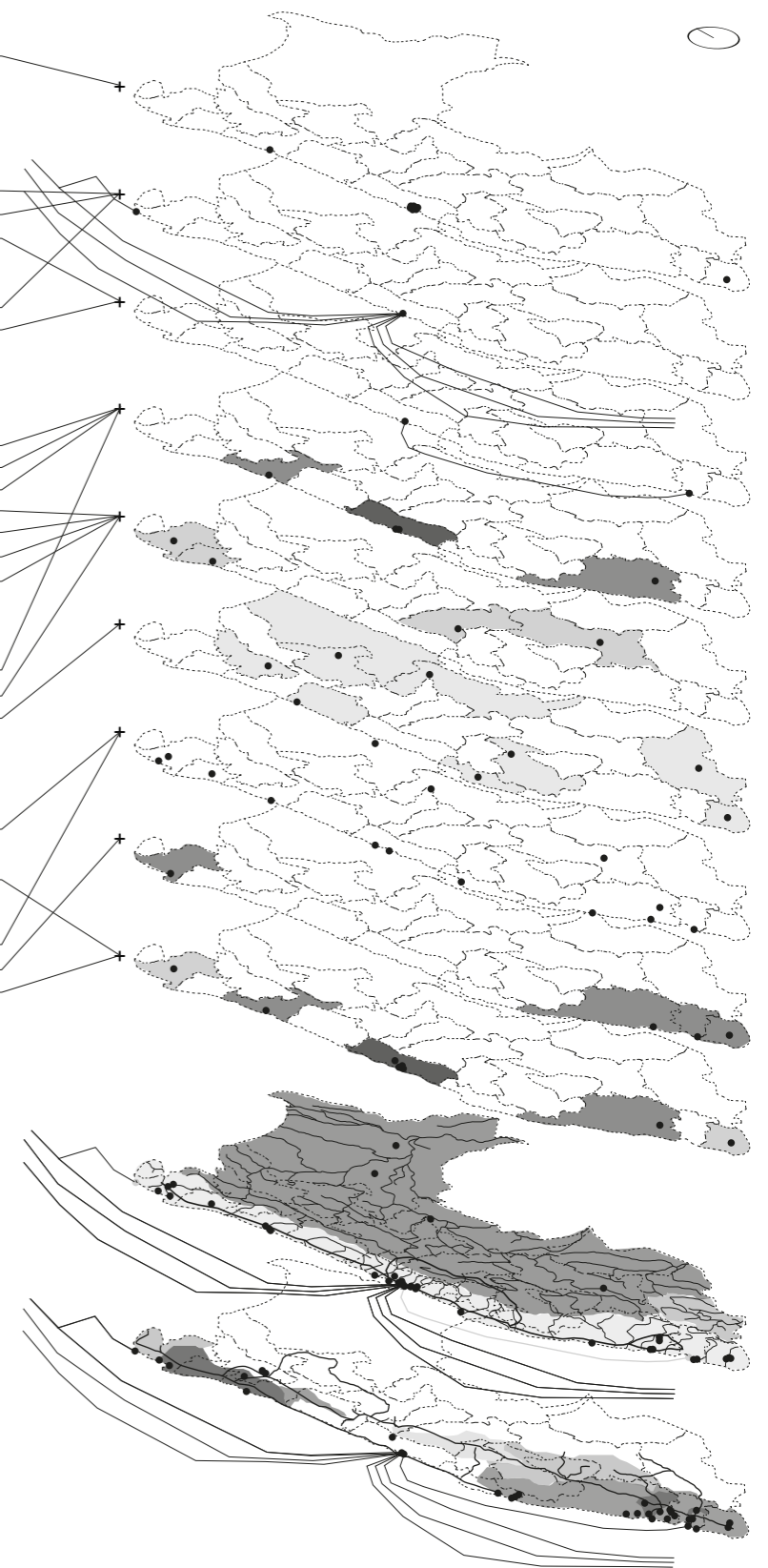


Fig. 26. Sistemas territoriales (Perú). Uso de suelo: sistemas de conectividad, urbanos y económicos-productivos. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Macroregiones

La lectura a escala macroregional permite profundizar en las tensiones que emergen del cruce de variables territoriales, evidenciando que la localización de centros de datos no responde únicamente a condiciones aisladas, sino a la interacción simultánea entre sistemas hídricos, energéticos, de conectividad, urbanos y productivos. Este enfoque permite identificar patrones diferenciados de desarrollo en las macroregiones centro, sur y norte del país.

Centro

En la macroregión centro, el cruce de variables evidencia un modelo de desarrollo altamente centralizado, donde convergen conectividad internacional, densidad urbana, infraestructura industrial y concentración de demanda digital. Esta coincidencia posiciona al territorio como principal nodo de infraestructura digital del país. Sin embargo, intensifica tensiones estructurales, especialmente entre demanda y disponibilidad de recursos. La dependencia de sistemas hídricos externos, junto con alta concentración energética y ocupación intensiva del suelo, configura un escenario donde la expansión compite con sistemas urbanos y productivos consolidados. La centralización no solo responde a ventajas acumuladas, sino que reproduce desequilibrios al reforzar la concentración de flujos, infraestructura y consumo.

Sur

En contraste, la macroregión sur presenta un desarrollo descentralizado con tensiones distintas. La disponibilidad de recursos energéticos, especialmente renovables, contrasta con limitaciones de conectividad y acceso a redes principales. A esto se suma una estructura productiva intensiva en consumo energético, generando competencia entre sectores. Las condiciones geográficas pueden favorecer ciertos aspectos operativos, pero complejizan la integración con redes existentes. Aquí, las tensiones no surgen por saturación, sino por desarticulación entre variables que no coinciden espacial ni funcionalmente, generando capacidades instaladas cuya activación depende de articular sistemas fragmentados.

Norte

Por su parte, la macroregión norte evidencia tensiones derivadas de la relación entre recursos, estructura productiva y soporte territorial. La coexistencia entre alta demanda hídrica agrícola y disponibilidad energética subutilizada genera un desajuste entre sistemas independientes. Se suma menor consolidación de conectividad y una estructura urbana dispersa, limitando economías de aglomeración. No obstante, la disponibilidad de suelo introduce una condición donde la escala no es limitante, pero sí la articulación infraestructural. Las tensiones no responden a escasez absoluta, sino a distribución desigual y falta de integración entre sistemas potencialmente complementarios.

En conjunto, el análisis macroregional muestra que las tensiones territoriales responden a configuraciones específicas. Mientras el centro concentra y satura, el sur evidencia desarticulaciones, y el norte desbalances en distribución y uso de recursos. Esto refuerza la necesidad de entender el territorio como un sistema complejo, donde la viabilidad de la infraestructura digital depende de la interrelación entre variables.

Desarrollo centralizado

**Centro
(Lima, Callaco, Ica)**

Sistema hídrico
Fuente hídrica de trasvases altoandinos: >60%
Disponibilidad hídrica per cápita: ~125 m³/hab/año

Sistema energético
Demanda eléctrica nacional: ~70%
Capacidad termoelectrica instalada: ~3,000 MW
Consumo eléctrico metropolitano: >18,000 GWh/año

Sistema de conectividad
Tráfico de datos nacional: >85%
Latencia internacional: <5 ms
Cobertura nacional de fibra óptica: >70%

Sistema urbano
Densidad poblacional: ~3,800 hab/km²
Ocupación de suelo industrial formal: >90%

Sistema productivo
PBI nacional: ~45%
Consumo energético de manufactura: ~30%

Desarrollo descentralizado
**Sur
(Arequipa, Moquegua, Tacna)**

Sistema hídrico
Abastecimiento por tranvases intercuencas: >5 sistemas
Consumo hídrico minero e industrial: >25%

Sistema energético
Radiación solar: ~5.5-6.5 kWh/m²/día
Excedente de energía generada: ~30%

Sistema de conectividad
Latencia desde nodo principal: ~20-35 ms

Sistema urbano
Altitud promedio de ciudades principales: >2,300 msnm
Temperatura media anual: ~10°C-22°C

Sistema productivo
Consumo eléctrico minero (24/7): >65%
PBI minero nacional: >40%

**Norte
(Piura, Lambayeque, La Libertad)**

Sistema hídrico
Consumo hídrico agrícola: >80%
Déficit hídrico estacional: 6-8 meses
Abastecimiento por reservorios: >70%

Sistema energético
Rendimiento de generación eólica: ~40-45%
Excedente eólico sin uso: >15%

Sistema de conectividad
Uso de red dorsal nacional de fibra óptica: <10%
Latencia desde nodo principal: ~15-25 ms

Sistema urbano
Densidad poblacional: <60 hab/km²
Expansión horizontal: >40%

Sistema productivo
Demanda energética industrial: >50%
Disponibilidad de suelo eriazos estatal: >500,000 ha

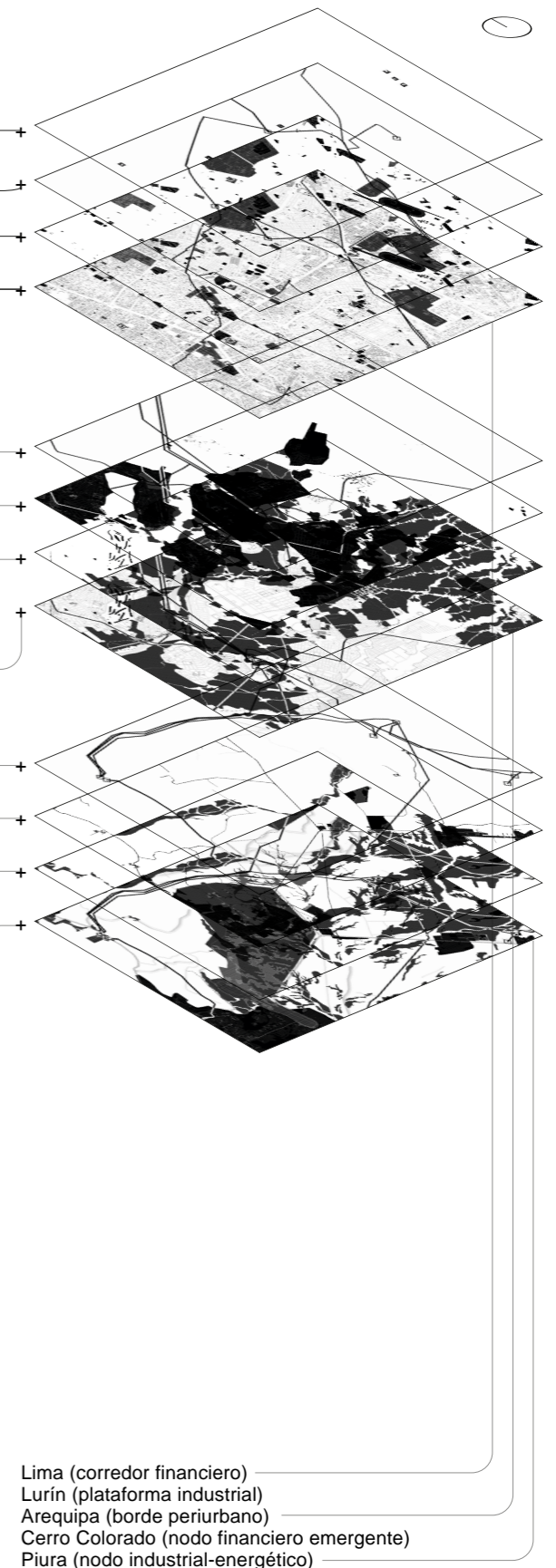


Fig. 27. Sistemas territoriales (Macroregiones). Superposición de sistemas para Lima, Arequipa y Piura. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2026), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

C

región centro

Sistema de Energía

En Lima Metropolitana, macroregión centro, el análisis no redefine los sistemas territoriales establecidos a escala nacional, sino que los operativiza en condiciones urbanas específicas, identificando cómo su superposición configura microterritorios aptos para la implantación de centros de datos.

En este contexto, la disponibilidad de fibra óptica, la capacidad de las redes eléctricas, el acceso a agua y la estabilidad energética no actúan como variables independientes, sino como condiciones simultáneas que deben coexistir en proximidad espacial. La viabilidad depende de su articulación efectiva dentro del entorno urbano.

La infraestructura eléctrica adquiere un carácter crítico en una ciudad que concentra más del 70 % de la demanda eléctrica nacional (MINEM, 2022). La proximidad a subestaciones de alta capacidad permite asegurar continuidad operativa en un sistema urbano altamente exigido.

Sistemas de conectividad

De manera complementaria, la conectividad digital se estructura a partir de la cercanía a redes troncales de fibra óptica y puntos de intercambio de datos. En el Perú, más del 85 % del tráfico de datos se concentra en Lima (OSIPTEL, 2023), lo que refuerza la necesidad de insertarse en estos corredores consolidados.

Sistemas Urbano y económico

La relación con el sistema productivo se expresa en la proximidad a entornos industriales y corporativos. En Lima, más del 90 % del suelo industrial formal se encuentra ocupado (Ministerio de Vivienda, 2023), condicionando la implantación hacia procesos de reutilización o densificación.

Sistema Hídrico

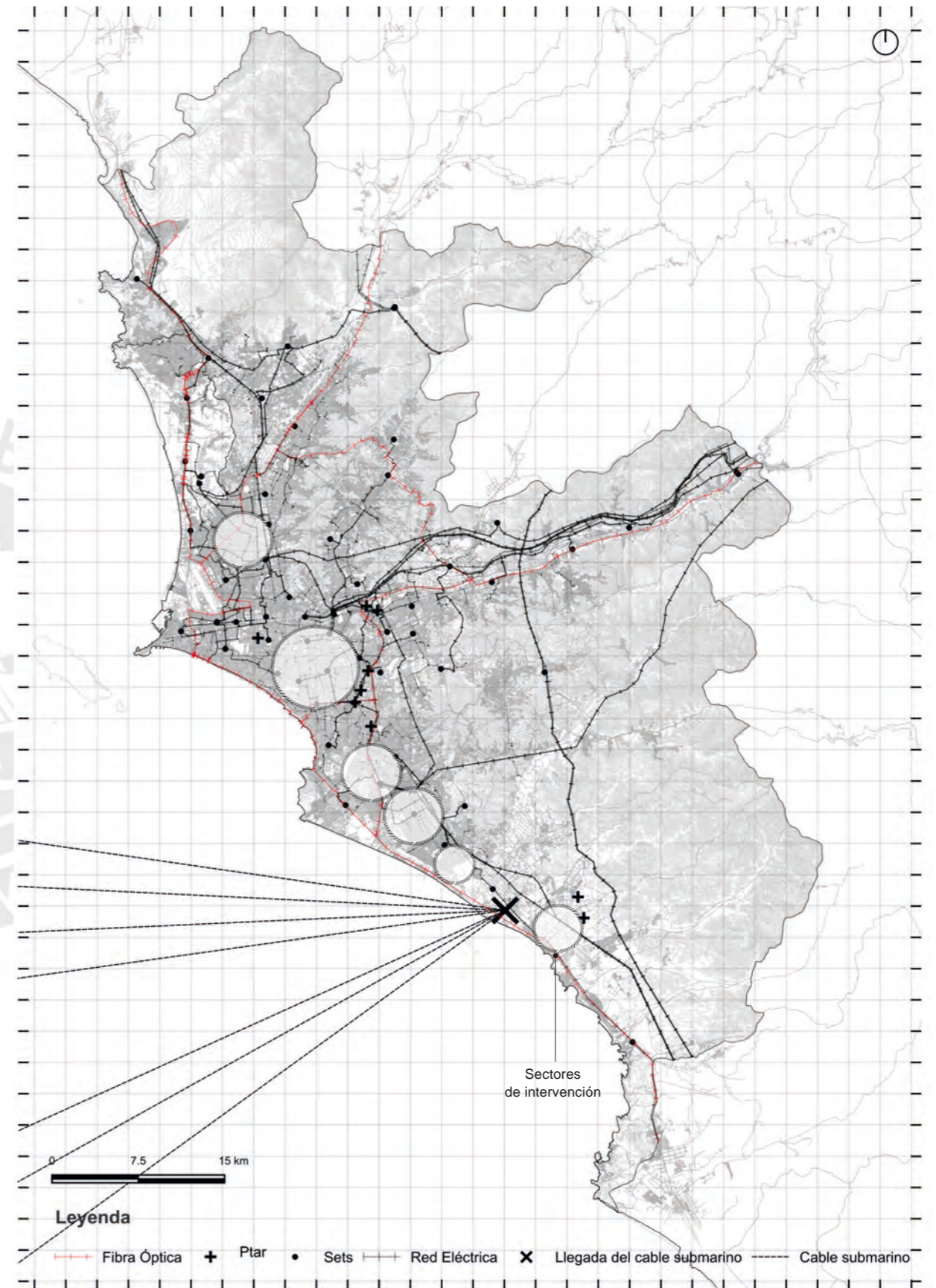
En cuanto al recurso hídrico, su uso se reconfigura bajo lógicas de eficiencia. En un contexto donde la disponibilidad es inferior a 150 m³/hab/año (Aquafondo, 2020), el abastecimiento depende de fuentes alternativas como aguas residuales tratadas, cuya reutilización en el país es menor al 10 % (SUNASS, 2021).

En conjunto, estos sistemas delimitan umbrales operativos dentro de la ciudad, definiendo dónde la implantación es posible sin intensificar tensiones existentes.



Fig. 28. Imágenes de sistemas de operatividad (Lima Metropolitana): subestación eléctrica, cobertura de internet dedicado, desarrollo urbano y tratamiento de aguas. Fuente: Diario Gestión (2023), Tecnicom (2024), Centenario Macrópolis (2024) y SUNASS (2022).

Fig. 29. Capacidad instalada (Lima Metropolitana). Sistemas de operatividad. Fuente: J. Rondan (2025), basada en IGN, MVCS, ANA y gobiernos locales. Nota: Cartografía base de Google Earth.



Sistemas Intangibles

En paralelo a las condiciones operativas, el análisis incorpora una capa orientada a restringir y proteger el territorio, estableciendo límites frente a la implantación de infraestructuras digitales y sus impactos en contextos urbanos sensibles.

Esta aproximación reconoce territorios cuya importancia radica en funciones como la regulación hídrica, la estabilidad ecológica y la mitigación de riesgos. En Lima, donde la presión urbana y la escasez de recursos coexisten, estos espacios sostienen el equilibrio territorial.

Ecosistemas y Áreas naturales protegidas

Estas áreas corresponden a sistemas ambientales, territoriales y normativos cuya alteración comprometería el equilibrio ecológico o la resiliencia urbana. En Lima, esto incluye humedales costeros, lomas, cuencas y zonas de recarga hídrica, que cumplen funciones ecosistémicas fundamentales como regulación climática, infiltración y soporte de biodiversidad.

Zonas vulnerables

Asimismo, se identifican territorios con alta exposición a riesgos naturales —como inundaciones, deslizamientos o sismos— donde la localización de infraestructuras críticas incrementaría la vulnerabilidad sistémica. La consideración de estos factores permite evitar la inserción en zonas donde el riesgo supera la capacidad de mitigación técnica.

Recursos hídricos sensibles

Los sistemas hídricos sensibles adquieren especial relevancia, no solo como fuentes de abastecimiento, sino como estructuras territoriales que deben preservarse para garantizar la continuidad del recurso. La intervención sobre ríos, acuíferos o humedales implica impactos acumulativos que exceden la escala del proyecto.

Áreas de uso restringido por Normas ambientales

A esto se suman áreas con restricciones legales o ambientales, como áreas naturales protegidas, corredores ecológicos y zonas de conservación, donde la intervención está limitada por marcos normativos específicos. Estos territorios no solo representan límites físicos, sino también límites regulatorios y éticos para la implantación.

En conjunto, esta capa define un sistema de exclusión que permite identificar no dónde es posible construir, sino dónde no debe intervenir, reforzando una lógica de mitigación territorial coherente con la tesis.

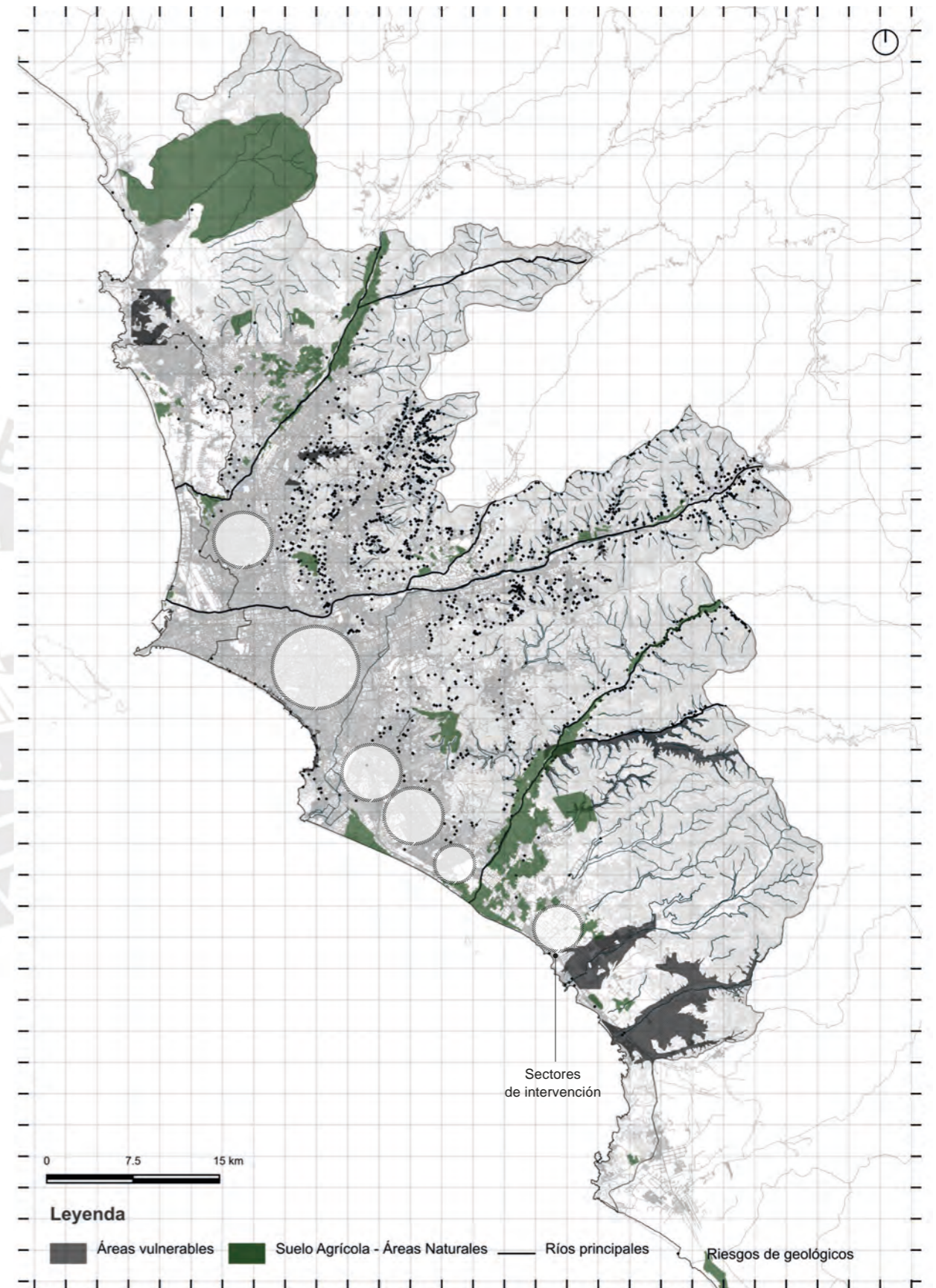


Fig. 30. Imágenes de contexto territorial (Lima–Lurín): paisaje natural y agrícola, infraestructura vial, cauce del río y humedales. Fuente: Lima Cómo Vamos (2021), TVPerú (2023), Ministerio de Defensa (2024) y Diego Pérez / SPDA (2021).

Fig. 31. Áreas naturales (Lima Metropolitana). Sistemas intangibles. Fuente: J. Rondan (2025), basada en IGN, MVCS, ANA y gobiernos locales. Nota: Cartografía base de Google Earth.

Contraste

El cruce entre sistemas operativos y sistemas intangibles se materializa a través de cartografías comparativas que permiten identificar zonas de compatibilidad y conflicto dentro del territorio urbano.

Este enfoque no busca únicamente localizar áreas óptimas, sino entender las tensiones que emergen cuando condiciones favorables coinciden con restricciones ambientales o territoriales. De este modo, territorios técnicamente aptos pueden resultar inviables al incorporar capas de protección, mientras que otros, inicialmente descartados, pueden activarse mediante estrategias de adaptación.

Contexto

La superposición de estas capas permite construir una lectura precisa del territorio, donde la implantación de centros de datos se orienta hacia espacios que cumplen simultáneamente condiciones de operatividad y compatibilidad ambiental.

Este método introduce una lógica de decisión basada en el equilibrio, donde la localización no responde a máximos de eficiencia aislada, sino a la optimización entre rendimiento técnico y sostenibilidad territorial.

En este sentido, el caso de Lima no se plantea como un modelo cerrado, sino como un sistema adaptable que requiere ser ajustado a variables específicas como condiciones climáticas, estructuras urbanas, dinámicas económicas y marcos normativos. Las cartografías, los registros y los planos operan como herramientas que permiten

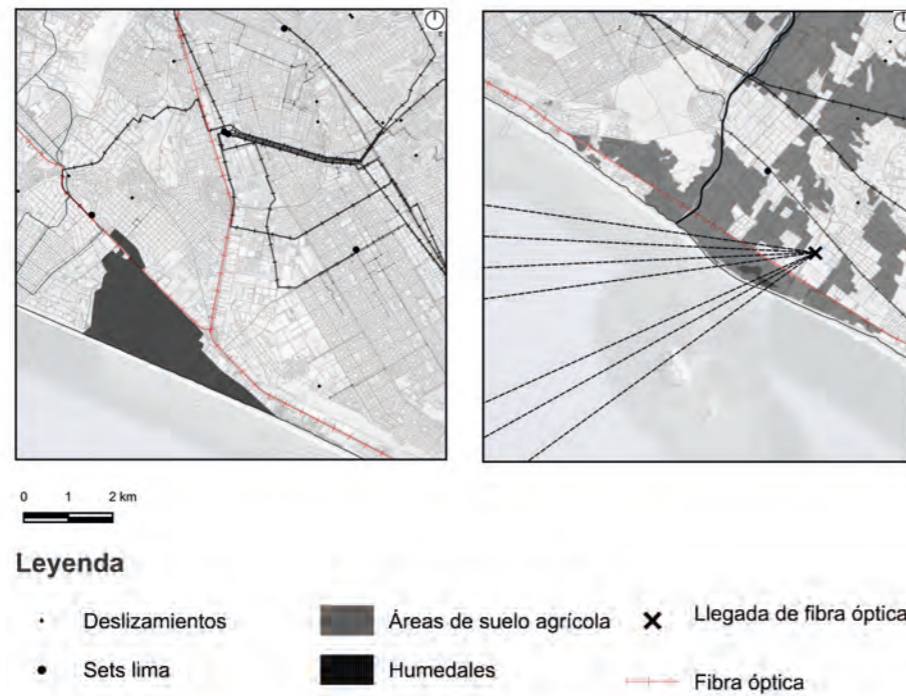
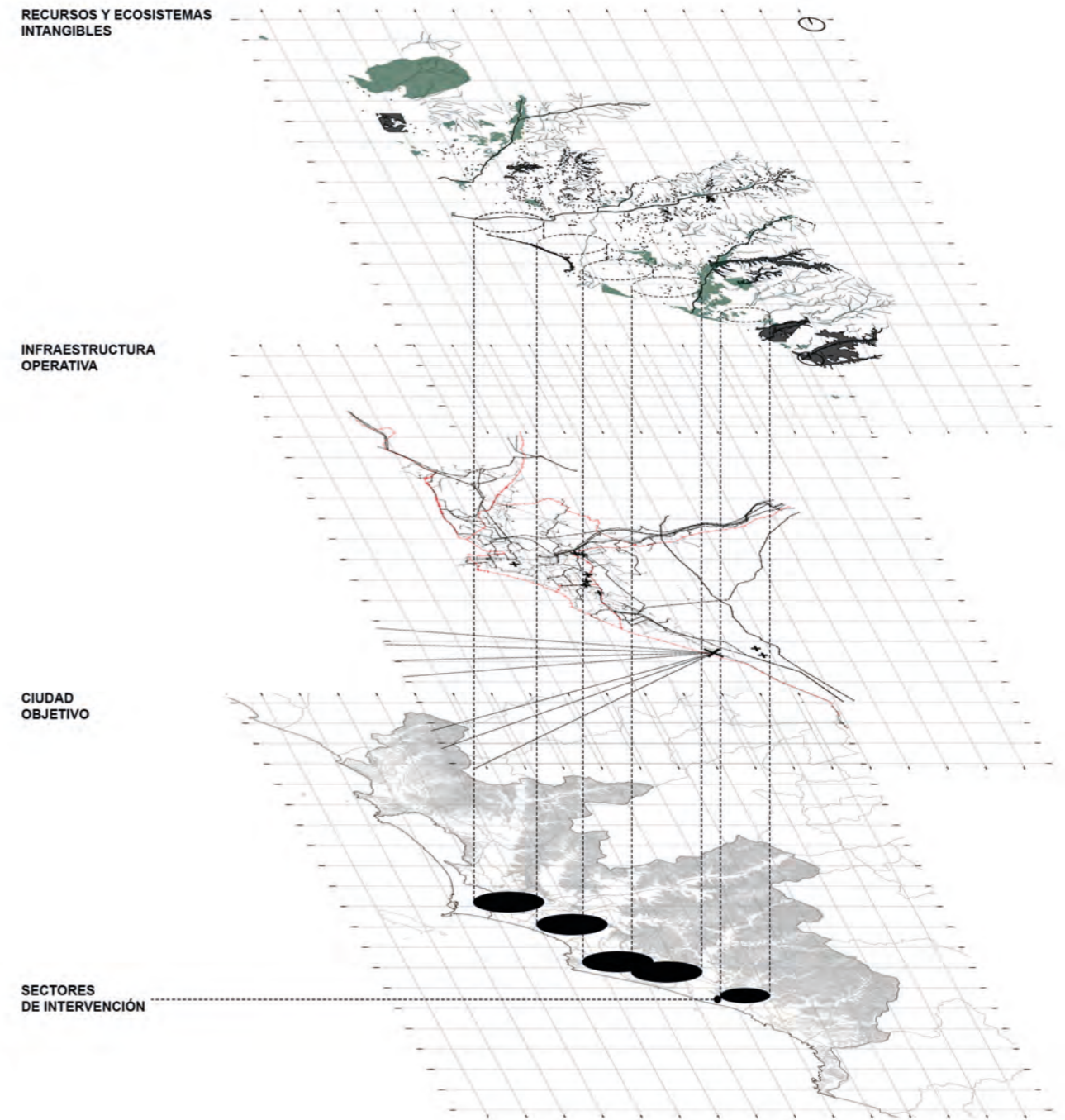


Fig. 32. Contraste territorial (Lurín, Lima). Sistemas intangibles y de conectividad.

Fuente: J. Rondan (2025), basada en IGN, MVCS, ANA y gobiernos locales. Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 33. Contraste territorial (Lima Metropolitana). Superposición de sistemas de operatividad e intangibles para localización de centros de datos. Fuente: J. Rondan (2025), basada en IGN, MVCS, ANA y gobiernos locales. Nota: Cartografía base de Google Earth.



N

región
norte

Tensión intersistémica

A escala macroregional, el análisis territorial se estructura a partir de la identificación de nodos estratégicos y su relación con sistemas que operan de manera continua sobre el territorio. A diferencia del caso de Lima, donde la concentración urbana y la demanda consolidada condicionan la localización de infraestructuras digitales, en el norte del Perú la lógica territorial se define por la presencia puntual de infraestructuras críticas y su articulación con redes de mayor alcance. Esta condición desplaza la noción de centralidad hacia una lectura basada en conectividad y soporte, donde el territorio se organiza como una red de puntos estratégicos vinculados entre sí.

El punto de amarre en Máncora introduce una condición de conexión directa con sistemas globales de información, posicionando al norte como interfaz de entrada de flujos digitales. Esta infraestructura no depende de la densidad urbana, sino de su ubicación geográfica y su relación con redes transoceánicas. En paralelo, la concentración energética en Talara se inserta en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, con una capacidad instalada en la macrozona norte que supera los 1,000 MW considerando generación térmica y eólica (MINEM, 2022). Esta disponibilidad energética se articula con el puerto de Paita, configurando un sistema logístico que vincula producción, distribución y exportación en el corredor costero.

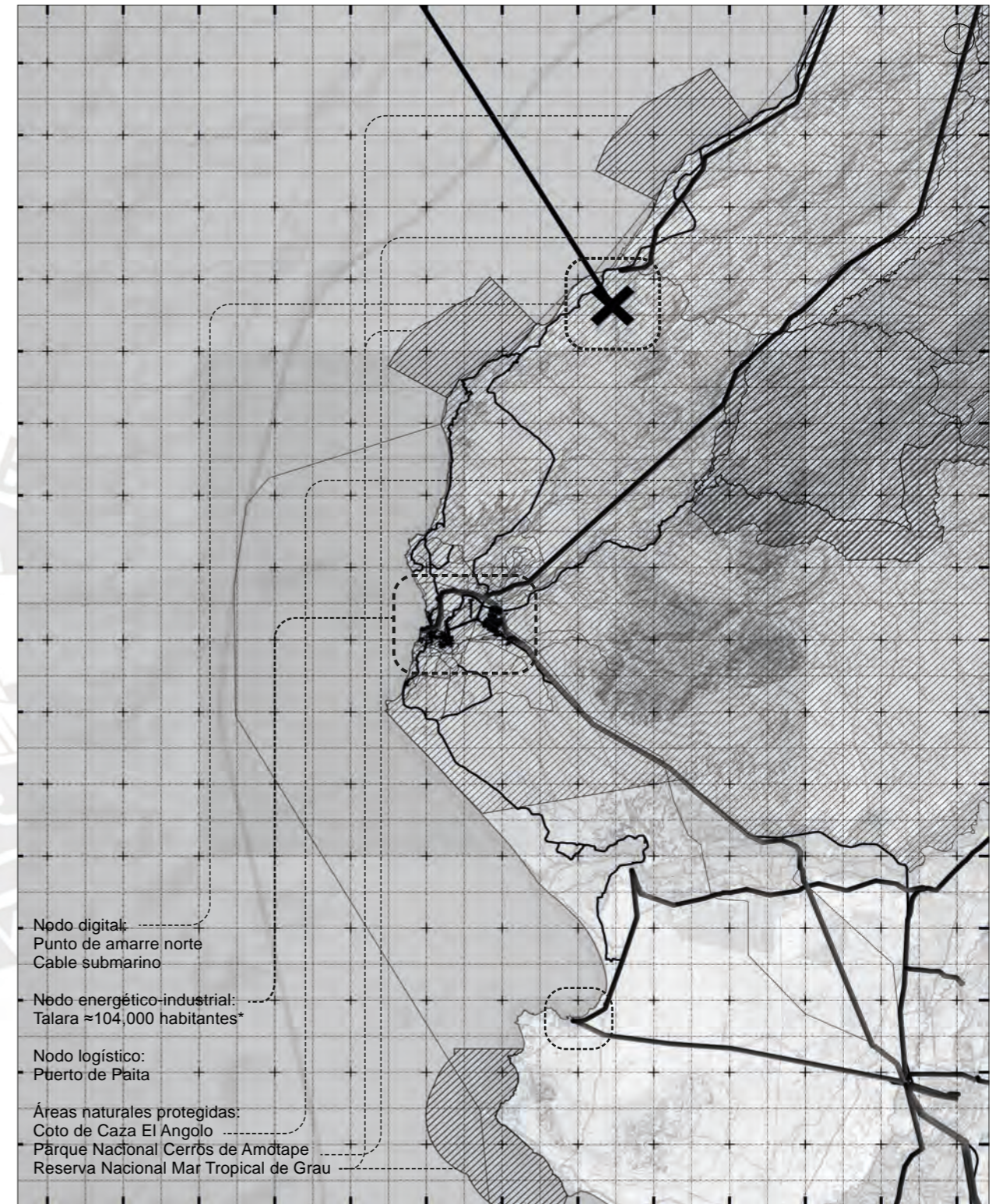
Sin embargo, esta estructura no se desarrolla en un territorio neutro. Las áreas naturales protegidas, tanto terrestres como marinas, configuran sistemas continuos que introducen restricciones a la ocupación y establecen límites operativos para la expansión de infraestructuras. Estas condiciones no solo restringen, sino que también organizan el territorio, generando vacíos y continuidades que deben ser considerados en cualquier proceso de implantación. En este sentido, el territorio se configura como un campo de tensiones entre redes técnicas de alta capacidad y sistemas ambientales que condicionan su despliegue.

Más que una localización óptima, el análisis permite reconocer un sistema territorial donde la viabilidad depende de la capacidad de articular conectividad, energía y restricciones ambientales. La implantación de nuevas infraestructuras no responde a un único factor, sino a la convergencia de condiciones que operan simultáneamente a distintas escalas, definiendo un territorio donde la lógica de red reemplaza a la lógica de concentración.



Fig. 34. Infraestructura energética (Piura). Refinería de Talara el borde costero. Fuente: Agencia Andina (2023).

Fig. 35. Componentes territoriales (macroregión norte). Energía, conectividad y redes logísticas. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.



Leyenda

- ✕ Punto de llegada
- Línea de transmisión
- ▨ Áreas naturales protegidas
- + Altitud
- *(2024, estimación INEI)

Lectura sistémica territorial

Sistemas hídricos

Drenaje estacional: Desembocadura de la Quebrada de Pariñas
 Saneamiento urbano: Planta Cerro Rajado (PTAR)
 Desalinización: Planta de la refinería de Talara

Sistemas energéticos

Refinación: Refinería de petróleo de Talara
 Generación eólica: Parque eólico de Talara
 Generación térmica: Central Malacas (gas natural)

Sistemas de conectividad

Aéreo militar: Base El Pato
 Aéreo civil: Aeropuerto Capitán FAP Víctor Montes Arias
 Vial: Red vial nacional
 Marítimo: Terminal / muelles

Sistemas urbanos

Tejido consolidado: Área urbana central
 Expansión: Periferia urbana
 Servicios funerarios: Cementerio municipal
 Educación técnica: IESTP Luciano Castillo Colonna

Sistemas económico-productivos

Industrial: Instalaciones energéticas e industriales
 Pesquero: Borde litoral productivo

Convergencia sistémica

A escala urbana, el análisis se centra en sistemas e infraestructuras que operan de forma articulada. En Talara, el sistema energético —refinación, generación térmica y eólica— se integra a redes de alta tensión, asegurando suministro continuo y condiciones de redundancia. Esta base se vincula con un sistema de conectividad diversificado que incluye infraestructura aérea, marítima y vial, consolidando la accesibilidad y su relación con redes de mayor escala.

En contraste, el sistema hídrico depende de infraestructuras puntuales como drenajes estacionales, tratamiento y desalinización, evidenciando una disponibilidad limitada y fragmentada. El sistema urbano se organiza entre áreas consolidadas y expansiones periféricas asociadas a la actividad industrial. La superposición de estos sistemas permite reconocer relaciones directas entre energía, agua, conectividad y ocupación del suelo, definiendo un territorio donde la implantación responde al equilibrio entre condiciones operativas y restricciones ambientales.



Leyenda

■ Humedad

— Línea de transmisión

■ Infraestructuras intersistémicas

Fig. 36. Componentes urbano-industriales (Talara, Piura). Convergencia de infraestructuras y condiciones ambientales. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

P

“En procesos de expansión urbano-industrial sobre suelo agrícola, su desarrollo depende de articularse con sistemas productivos del territorio.”

Suelo agrícola + energía disponible + demanda puntual → compacto → CD pequeño especializado

Expansión periurbana

En el contexto sur de Arequipa, el mapeo multicapa identifica el sector de Characato como un territorio donde convergen sistemas urbanos, agrícolas y energéticos en proximidad directa. A diferencia del caso metropolitano, la localización de infraestructura digital no responde a alta densidad urbana, sino a la superposición de recursos en un entorno periurbano. La coexistencia de suelo agrícola activo, áreas en expansión y soporte energético configura tensiones entre producción, crecimiento urbano y operación técnica.

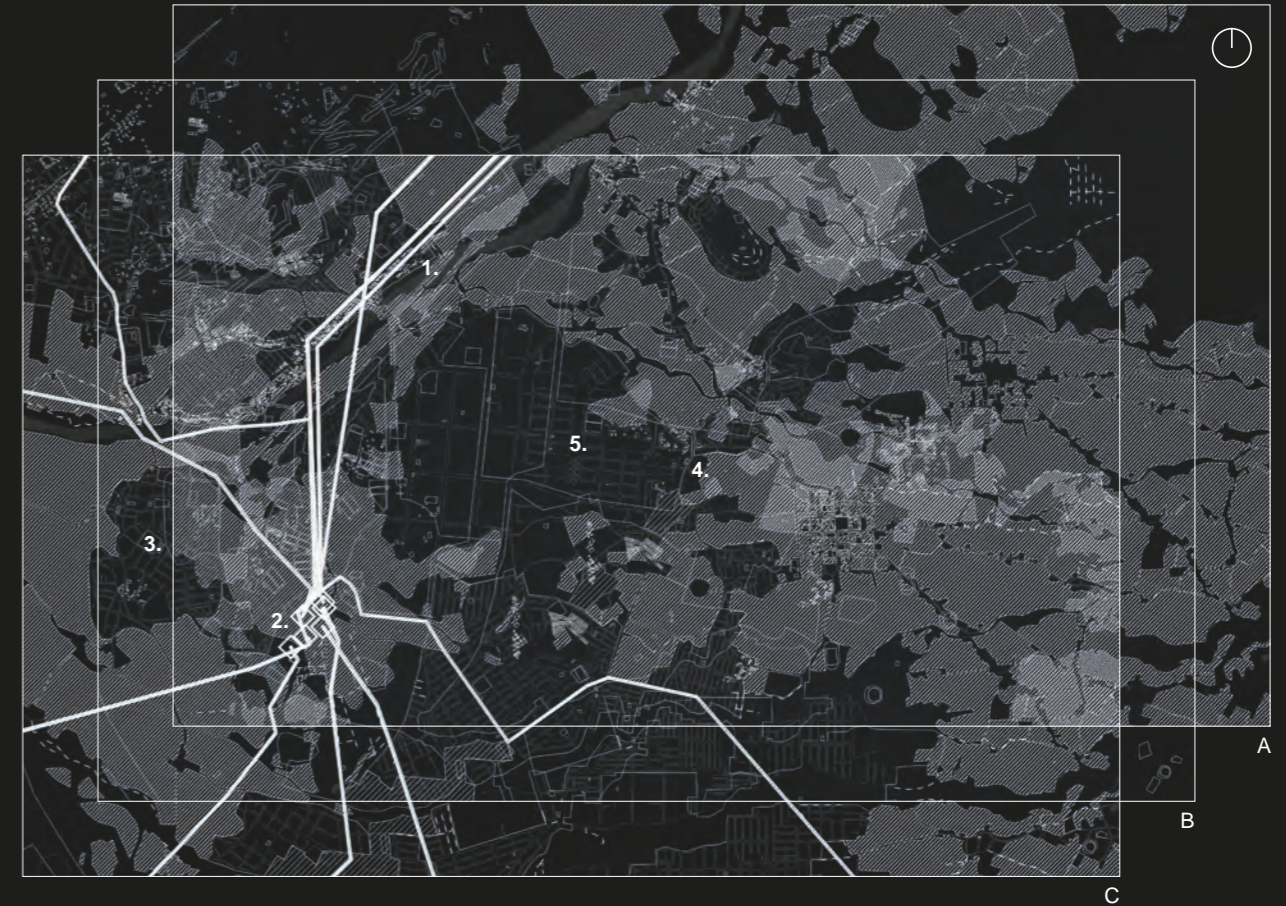
Este territorio se caracteriza por la expansión urbana sobre suelos productivos, incrementada en más de 40% en las últimas dos décadas (INEI, 2017; Ministerio de Vivienda, 2020). La proximidad entre lo urbano y lo rural genera un límite difuso, donde la disponibilidad de suelo no implica aptitud para infraestructuras intensivas. En este contexto, la implantación de centros de datos introduce competencia directa con el uso agrícola, en un entorno donde el riego depende del río Socabaya y presenta variaciones estacionales (Autoridad Nacional del Agua, 2020).

A nivel energético, la convergencia de líneas de 220 kV y 138 kV configura un nodo favorable que garantiza capacidad y suministro continuo. Sin embargo, esta condición contrasta con las restricciones hídricas del entorno, evidenciando una tensión estructural entre energía disponible y agua limitada.

El cruce de variables permite identificar un escenario donde la disponibilidad relativa de suelo, en contraste con su valor productivo, favorece configuraciones de baja ocupación, crecimiento progresivo y estrategias de implantación por etapas. A su vez, la presencia de aguas residuales tratadas abre la posibilidad de incorporar sistemas de reutilización, articulando la infraestructura digital con dinámicas territoriales existentes.

En conjunto, este caso evidencia que en territorios periurbanos la infraestructura digital se define por la coexistencia de sistemas en tensión, donde el territorio orienta tanto la implantación como sus formas de crecimiento e integración con el entorno.

Fig. 37. Sistemas periurbanos (Characato, Arequipa). Sistemas energéticos, hídricos y productivos [arriba]. Fuente: L. Ponce (2026), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.



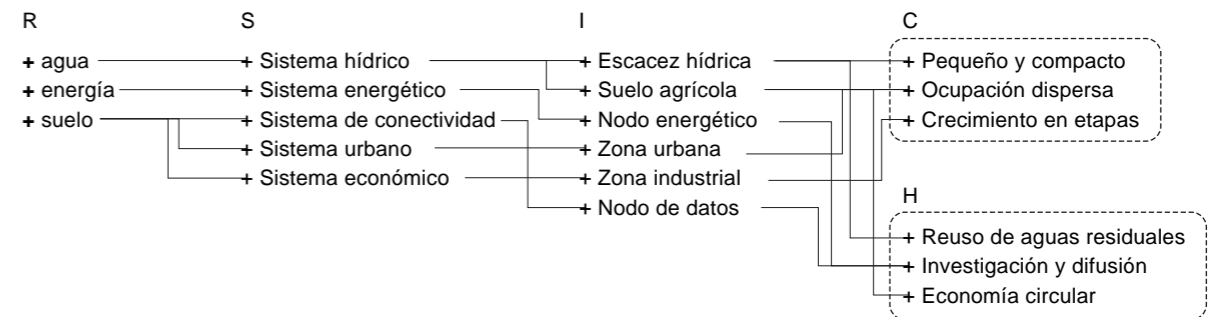
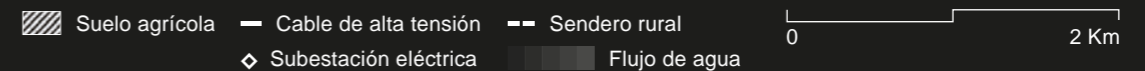
Borde periurbano, Arequipa

A = suelo agrícola: parcelas cultivables, flujo hídrico

B = suelo urbano: zonas residencial, industrial

C = zonificación periurbana: viviendas, equipamientos

1. Río Socabaya 2. Zona industrial Umamalpa 3. Cementerio de Socabaya 4. Observatorio y centro meteorológico de Characato 5. Plaza de Asoyich



R: recursos S: sistema I: indicador C: contextualización H: hibridación

Fig. 38. Configuración en suelo agrícola (escala pequeña). Componentes territorial-proyectuales [abajo]. Fuente: L. Ponce (2026).

M

“En un entorno de alta compresión urbana, el centro de datos integra a dinámicas intensivas que refuerzan su relación con la ciudad.”

Densidad urbana + suelo limitado + conectividad intensiva → vertical → CD mediano híbrido

Densidad urbana y concentración digital

En el contexto metropolitano de Lima, el mapeo multicapa identifica un sector que articula el centro financiero de San Isidro con el entorno comercial del Jockey Plaza como uno de los territorios con mayor concentración de infraestructura digital del país. Este ámbito presenta una superposición intensiva de sistemas urbanos, energéticos y de conectividad, donde la localización de centros de datos responde a su proximidad a nodos corporativos, subestaciones eléctricas y redes de fibra óptica, generalmente a distancias menores a 1–3 km.

El sector se inserta en un entorno de densidad urbana promedio entre 3,000 y 4,000 hab/km² (Lima Cómo Vamos, 2015; INEI, 2022) y elevado valor del suelo en zonas corporativas (Ministerio de Vivienda, 2023), condiciones que restringen la expansión horizontal y generan un escenario de compresión territorial. En este contexto, la infraestructura digital compite con usos consolidados, condicionando su implantación en lotes existentes.

La proximidad a infraestructuras energéticas garantiza estabilidad, pero intensifica la demanda sobre redes existentes en una ciudad con consumos superiores a 18,000 GWh/año (MINEM, 2022). A su vez, la disponibilidad hídrica inferior a 150 m³/hab/año (Aquafondo, 2020) introduce una presión adicional sobre un sistema urbano en equilibrio crítico, mientras que la conectividad refuerza esta concentración al permitir operar con latencias reducidas.

La coincidencia entre densidad urbana, energía localizada y conectividad intensiva se traduce en configuraciones compactas y verticales, donde el centro de datos se inserta en estructuras existentes y se adapta a un entorno altamente consolidado. En conjunto, este caso evidencia que, en contextos urbanos densos, la infraestructura digital se define por la interacción entre limitaciones y oportunidades territoriales, condicionando tanto su implantación como su forma arquitectónica.

Fig. 39. Sistemas urbanos (San Isidro, Lima). Sistemas energéticos, de conectividad y financieros [arriba]. Fuente: L. Ponce (2026), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.



Corredor financiero, Lima

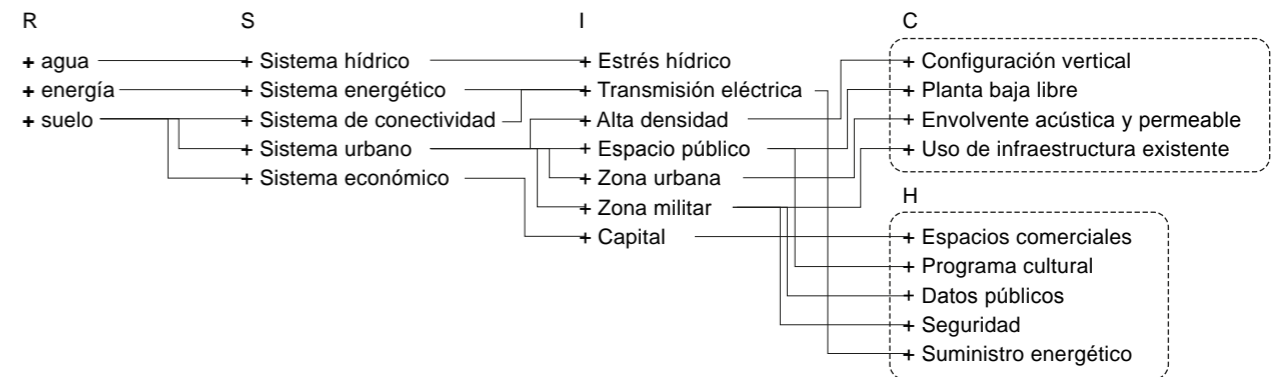
A = infraestructura digital: centros de datos

B = suelo urbano: zonas residencial, esparcimiento, comercial, industrial, militar

C = densidad urbana: viviendas, equipamientos

1. Polo financiero San Isidro 2. Polo comercial Jockey Plaza 3. Urbanización Industrial El Pino 4. Emporio textil Gamarra 5. Cuartel General del Ejército del Perú

- Zona comercial
- Zona industrial
- Zona militar
- Cable de alta tensión
- Subestación eléctrica
- Centro de datos



R: recursos S: sistema I: indicador C: contextualización H: hibridación

Fig. 40. Configuración en alta densidad (escala media). Componentes territorial–proyectuales [abajo]. Fuente: L. Ponce (2026).

G

“En territorios de baja ocupación vinculados a nodos estratégicos, su implantación se articula con el sistema territorial existente.”

Suelo disponible + energía renovable + baja presión urbana → extensivo → CD grande por fases

Disponibilidad de suelo en sistemas energéticos

En la costa norte del Perú, el mapeo multicapa identifica el entorno de la base aérea El Pato, en Talara, como un territorio donde convergen sistemas energéticos, logísticos y de soporte estratégico en un contexto de escasez hídrica extrema. A diferencia de contextos urbanos y periurbanos, la localización de infraestructura digital no responde a densidad poblacional, sino a la disponibilidad de infraestructura crítica y su articulación con redes nacionales. La coexistencia de suelo disponible, equipamiento militar y redes energéticas configura un escenario donde la implantación responde a criterios de soporte técnico.

Este territorio presenta condiciones ambientales restrictivas, con disponibilidad de agua superficial limitada y variable. La franja costera norte está sujeta a alta variabilidad climática asociada al fenómeno El Niño, generando tanto escasez como episodios de exceso (Autoridad Nacional del Agua, 2020; SENAMHI, 2023). En este contexto, el acceso al recurso hídrico es intermitente y localizado, con presencia de humedad en capas subterráneas y acumulación estacional aprovechable en cotas bajas.

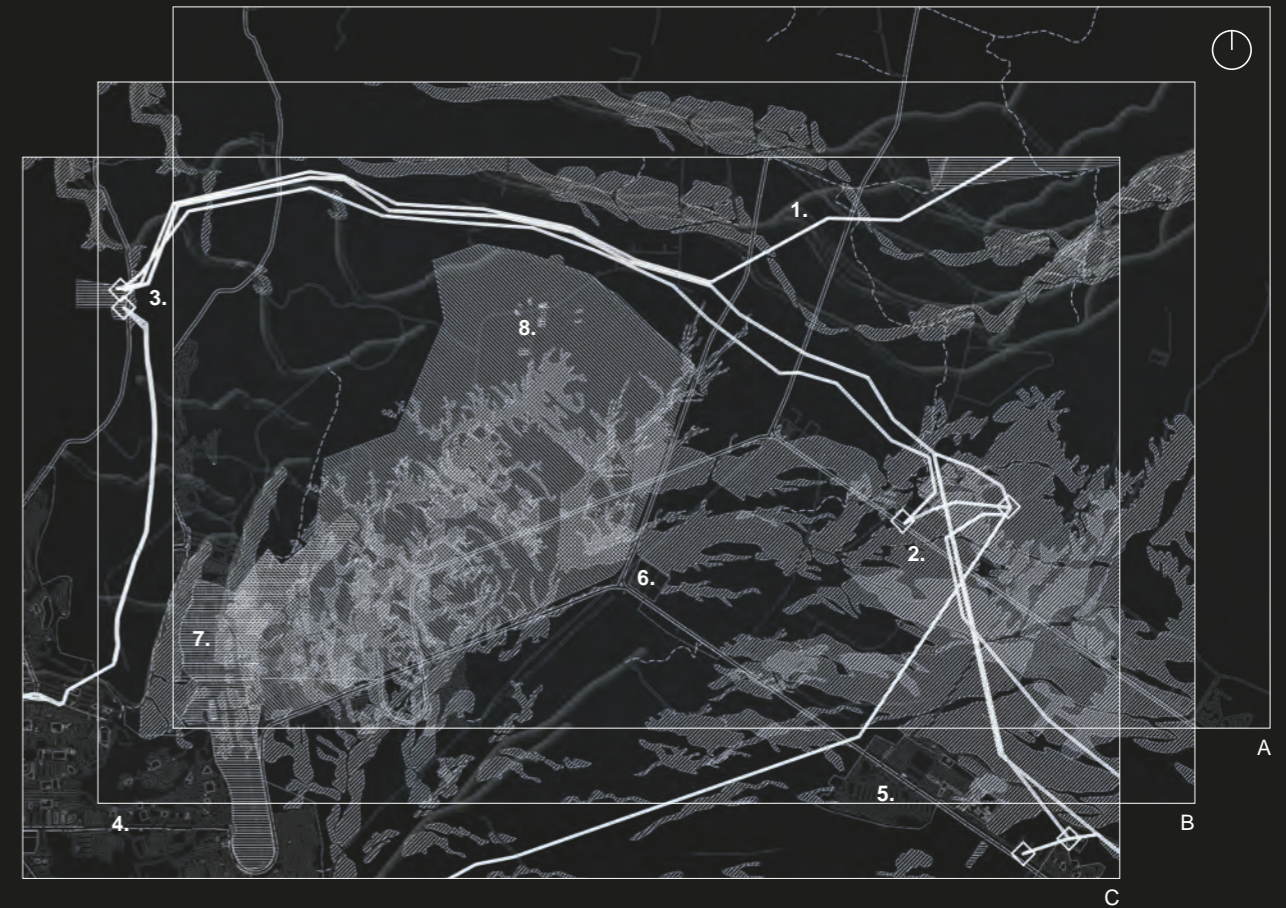
A nivel energético, el área presenta una condición altamente favorable. Talara concentra uno de los mayores potenciales eólicos del país y cuenta con infraestructura de transmisión de 220 kV conectada al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (Ministerio de Energía y Minas, 2022), garantizando suministro estable y de gran capacidad. Esta disponibilidad energética contrasta con las limitaciones hídricas, evidenciando una tensión estructural entre abundancia de energía y escasez de agua.

La articulación con redes logísticas y de transporte consolida un sistema territorial donde nuevas infraestructuras operan como extensiones de redes existentes. El cruce de variables permite identificar un escenario de ocupación extensiva, donde la infraestructura puede desplegarse aprovechando la amplitud territorial y ajustándose a condiciones ambientales específicas.

En conjunto, este caso evidencia que en territorios de escasez extrema la infraestructura digital se define por la adaptación a condiciones ambientales variables y por su articulación con infraestructuras estratégicas, donde el territorio orienta tanto la implantación como sus lógicas de organización y proyección futura.

Fig. 41. Sistemas territoriales (Talara, Perú). Sistemas energéticos, hídricos y logísticos [arriba]. Fuente: L. Ponce (2026), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 42. Configuración en suelo logístico (escala grande). Componentes territorial-proyectuales [abajo]. Fuente: L. Ponce (2026).



Nodo industrial-energético, Piura.

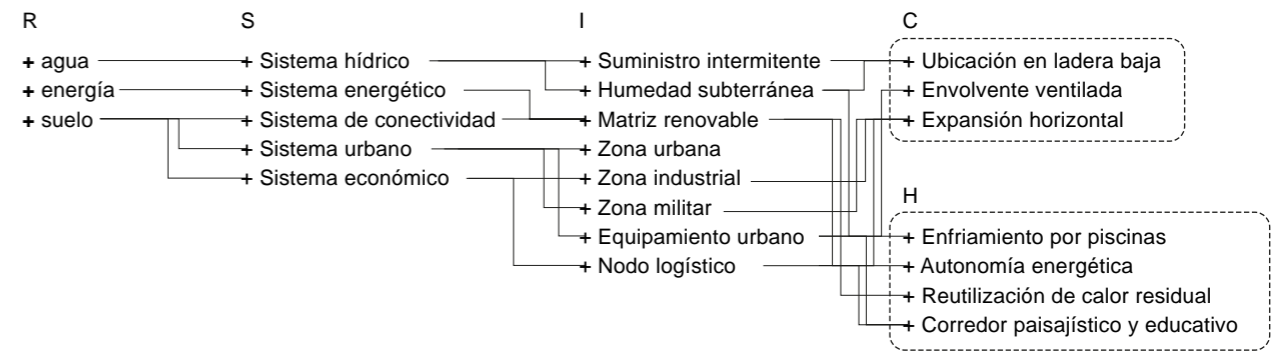
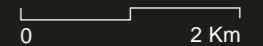
A = accesibilidad: vías, caminos

B = suelo permeable: huella de humedad, flujo hídrico

C = configuración urbana: zonas residencial, industrial, militar

1. Quebrada Pariñas 2. Central eólica Talara 3. Subestación Enel 4. Talara 5. Urbanización Sacobsa 6. Cementerio municipal 7. Aeropuerto internacional Capitán FAP Víctor Montes Arias 8. Base aérea militar El Pato

- Zona industrial
- Zona militar
- Suelo húmedo
- Cable de alta tensión
- Subestación eléctrica
- Sendero rural
- Flujo de agua



R: recursos S: sistema I: indicador C: contextualización H: hibridación

“La convergencia operativa sistémica reduce la presión territorial sobre los recursos.”



Integración territorial

En Characato, la baja demanda y la sensibilidad ambiental condicionan una implantación donde el centro de datos no aparece como objeto autónomo, sino como parte de un sistema científico mayor. Asociado al observatorio, se agrupa con otras infraestructuras para compartir recursos y reducir impactos, operando desde la convergencia más que desde la autonomía. En este contexto, su escala, forma y presencia se subordinan al equilibrio territorial, evitando competir con las lógicas agrícolas y paisajísticas existentes.

La estrategia espacial refuerza esta integración. El enterramiento parcial aprovecha la inercia térmica del suelo para estabilizar temperaturas y disminuir la demanda energética, reduciendo la dependencia de sistemas mecánicos intensivos. Sobre este, una cubierta productiva restituye continuidad al paisaje agrícola, permitiendo que la infraestructura opere simultáneamente como soporte técnico y superficie activa. El edificio no ocupa suelo: lo reconfigura, lo densifica y lo devuelve operativo. A nivel ambiental, el sistema se inserta en un valle interandino donde los ciclos hídricos y agrícolas ya están consolidados. Más que introducir nuevas dinámicas, el proyecto optimiza intercambios existentes: reduce cargas energéticas, controla ganancias térmicas y utiliza la cubierta como interfaz productiva. En este sentido,

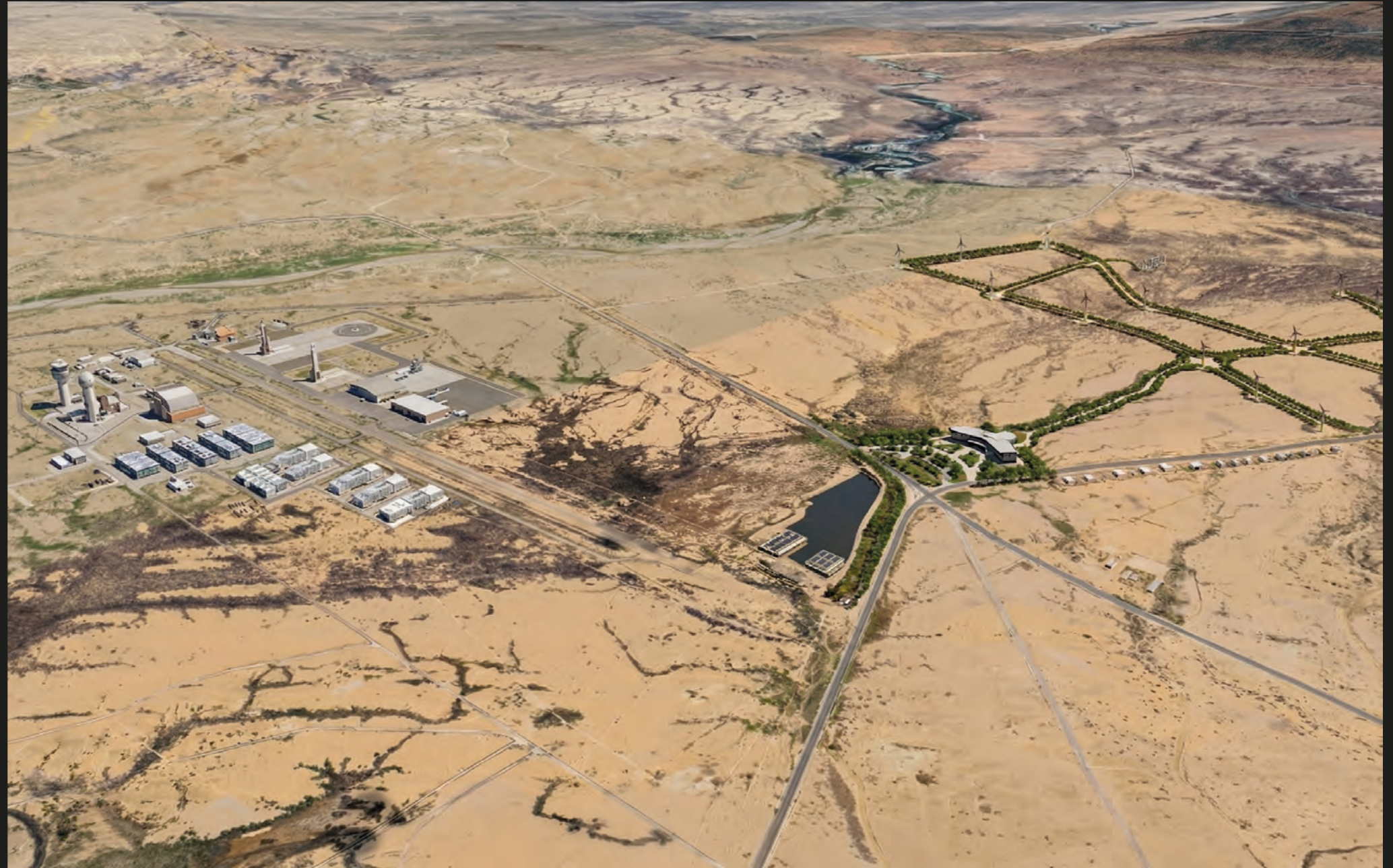
el centro de datos se acopla a lógicas territoriales preexistentes, articulando energía, suelo y producción sin alterar sus equilibrios. Así, el centro de datos se compacta, se integra y se vuelve casi invisible. Su legitimidad no está en su expresión formal, sino en su capacidad de coexistir con el territorio sin intensificar sus presiones ni interrumpir sus dinámicas.

^

Fig. 43. Complejo energético–digital (Characato, Arequipa). Integración con sistemas agrícolas y territoriales [izquierda]. Fuente: L. Ponce (2026). Nota: Imagen generada con IA, editada por autor.

Fig. 44. Configuración territorial (Characato, Arequipa). Articulación con tejido agrícola, asentamientos urbanos y soporte energético-científico [derecha]. Fuente: L. Ponce (2026), basada en Google Earth.

“La infraestructura se configura en relación con los sistemas que estructuran el territorio.”



Articulación infraestructural

En Talara, la lógica se invierte. A pesar de la extrema condición hídrica, la alta demanda energética y la presencia de infraestructura existente permiten que el centro de datos se exprese y se consolide como pieza visible dentro del territorio. No se oculta ni se diluye: se articula con sistemas energéticos, logísticos e hidráulicos, operando como nodo activo dentro de una red mayor que concentra flujos y capacidades.

La implantación asume una escala expandida, donde la proximidad a fuentes de energía y a infraestructuras de soporte permite organizar un campus. Esta condición habilita relaciones más intensivas entre programas, donde el centro de datos no solo consume recursos, sino que también redistribuye y optimiza su uso. Aquí, la eficiencia no depende de reducir presencia, sino de intensificar vínculos: reutilización de calor, coordinación de redes y acoplamiento con infraestructuras existentes. El proyecto se entiende como plataforma, más que como edificio aislado. En este contexto, su visibilidad adquiere sentido territorial. Puede consolidarse como referencia, no desde la forma icónica, sino desde su capacidad de hacer legibles los sistemas que articula y de estructurar nuevas dinámicas alrededor suyo. La infraestructura digital deja de ser fondo y pasa a ser estructura.

Ambas aproximaciones evidencian que la infraestructura digital no responde a un modelo único. En Characato se compacta y se integra; en Talara se expande y se expresa. Esta diferencia no es solo formal, sino también operativa, ya que define cómo se organizan los recursos, cómo se articulan los sistemas y qué rol asume la infraestructura dentro del territorio. En ambos casos, su configuración es una consecuencia directa de las condiciones territoriales que la hacen posible, más que de una tipología predefinida.

^

Fig. 45. Centro de datos hídrico-árido (Talara, Perú). Articulación entre infraestructura, agua y territorio [izquierda]. Fuente: L. Ponce (2026). Nota: Imagen generada con IA, editada por autor.

<

Fig. 46. Implantación de campus IA (Talara, Perú). Integración con sistemas energéticos e hídricos a escala territorial [derecha]. Fuente: L. Ponce (2026), basada en Google Earth.

5 arqui- tectura

Fig. 47. Centro de datos Equinix LM1 (Lima). Área técnica y de respaldo energético con equipos diésel como fuente principal. >
Fuente: L. Ponce (2025).

“El centro de datos se redefine como una infraestructura híbrida, capaz de articular técnica, programa y entorno.”

Hardware / Software

Un centro de datos no es simplemente un “no-lugar”, entendido como un espacio funcional y anónimo sin identidad ni relación con su entorno (Augé, 1992). Es un edificio que se emplaza en un territorio real, con personas, ritmos y tensiones que ya se situaban ahí mucho antes de que estas infraestructuras se construyeran. En ciudades consolidadas, en periferias que todavía están creciendo o incluso en zonas rurales donde todo parece más frágil, estos edificios terminan transformando para bien o para mal los sistemas urbanos, ecológicos y sociales que los rodean. Por eso, su diseño no debería quedarse solo en resolver lo técnico; también tienen que asumir que ocupan un rol dentro del paisaje y el entorno urbano, como una pieza que conversa con lo que sucede a su alrededor, integrando dimensiones sociales, culturales y económicas.

Desde esta mirada, el centro de datos se entiende como un organismo híbrido: altamente técnico, pero también capaz de recibir otros programas, transformar al entorno o generar vínculos con las comunidades cercanas. No se trata de reducir el diseño arquitectónico a propuestas superficiales o estéticas, sino de aceptar su complejidad y aprovecharla para que sea más clara, más eficiente y también más sostenible en el tiempo.

En ese cruce, la arquitectura actúa como un puente entre dos capas que se complementan: el hardware —la estructura, los equipos, lo físico— y el software —el clima, el suelo, el agua, las personas, las dinámicas del territorio que, sin decir nada, terminan condicionando su funcionamiento. Diseñar un centro de datos no es diseñar una máquina aislada; es siempre diseñar la interfaz entre esos dos mundos.

Y en ese sentido, la arquitectura se vuelve una herramienta para repensar su papel frente a la crisis hídrica, el cambio climático, la creciente presión sobre los ecosistemas del territorio y la transición digital. La idea es imaginar cómo esta tecnología puede convivir con el territorio, sin ocultarse, pero tampoco imponiéndose de manera brusca. Una infraestructura que no solo busca ocupar un espacio, sino que también lo lee, lo interpreta y lo ayuda a transformarse.



Metodología proyectual

Se propone un enfoque metodológico orientado a la adaptabilidad y a la mitigación de impactos en ciudades o regiones del Perú que cumplan con los alcances de territorialización establecidos en capítulos anteriores. Este enfoque busca establecer criterios de implantación y diseño capaces de responder a las particularidades ambientales, infraestructurales y sociales de cada contexto. Para ello, la metodología se estructura a partir de dos aspectos fundamentales :

En primer lugar, se definen tipologías proyectuales definidas a partir de sus criterios de emplazamiento y escala operativa, distinguiendo entre centros de datos urbanos y periurbanos. Esta diferenciación permite reconocer las distintas condiciones territoriales en las que estas infraestructuras pueden insertarse y, a partir de ello, formular una metodología de hibridación entre infraestructura digital y territorio.

En ámbitos urbanos, la integración se orienta hacia programas de carácter social vinculados a las personas y al entorno inmediato, con el objetivo de establecer nuevas relaciones entre estas infraestructuras y la ciudad. En contextos periurbanos, en cambio, la hibridación se articula con sistemas de generación, gestión y optimización de recursos, aprovechando la disponibilidad territorial y la proximidad a infraestructuras energéticas o ambientales.

A partir de este proceso se establecen los lineamientos rectores que definen la postura conceptual del proyecto, orientada a la integración programática y territorial de los centros de datos en dos tipos de localizaciones, con el propósito de generar impactos positivos en los contextos donde se emplazan. De estas premisas derivan ocho estrategias proyectuales que orientan el diseño arquitectónico de cada centro de datos, las cuales abordan distintas cualidades espaciales, ambientales y tectónicas, tales como el sistema constructivo, el confort térmico, la temporalidad y adaptabilidad de las estructuras, así como la incorporación de programas complementarios que amplían la relación entre la infraestructura digital y su entorno.

En segundo lugar, se define la localización estratégica dentro de las ciudades objetivo o casos de estudio. La selección del emplazamiento se fundamenta en un análisis de cartografía de contrastes, técnica que permite superponer variables geográficas, ambientales e infraestructurales para identificar condiciones favorables de implantación. Mediante el cruce de capas de vulnerabilidad ecológica y áreas de oportunidad infraestructural, se reconocen sectores de fricción mínima para la implantación de estas infraestructuras críticas, reduciendo potenciales conflictos territoriales y optimizando su relación con el entorno.

De este modo la metodología traduce los principios teóricos en soluciones técnicas, espaciales y programáticas orientadas a la integración sostenible de la infraestructura digital en su contexto territorial.

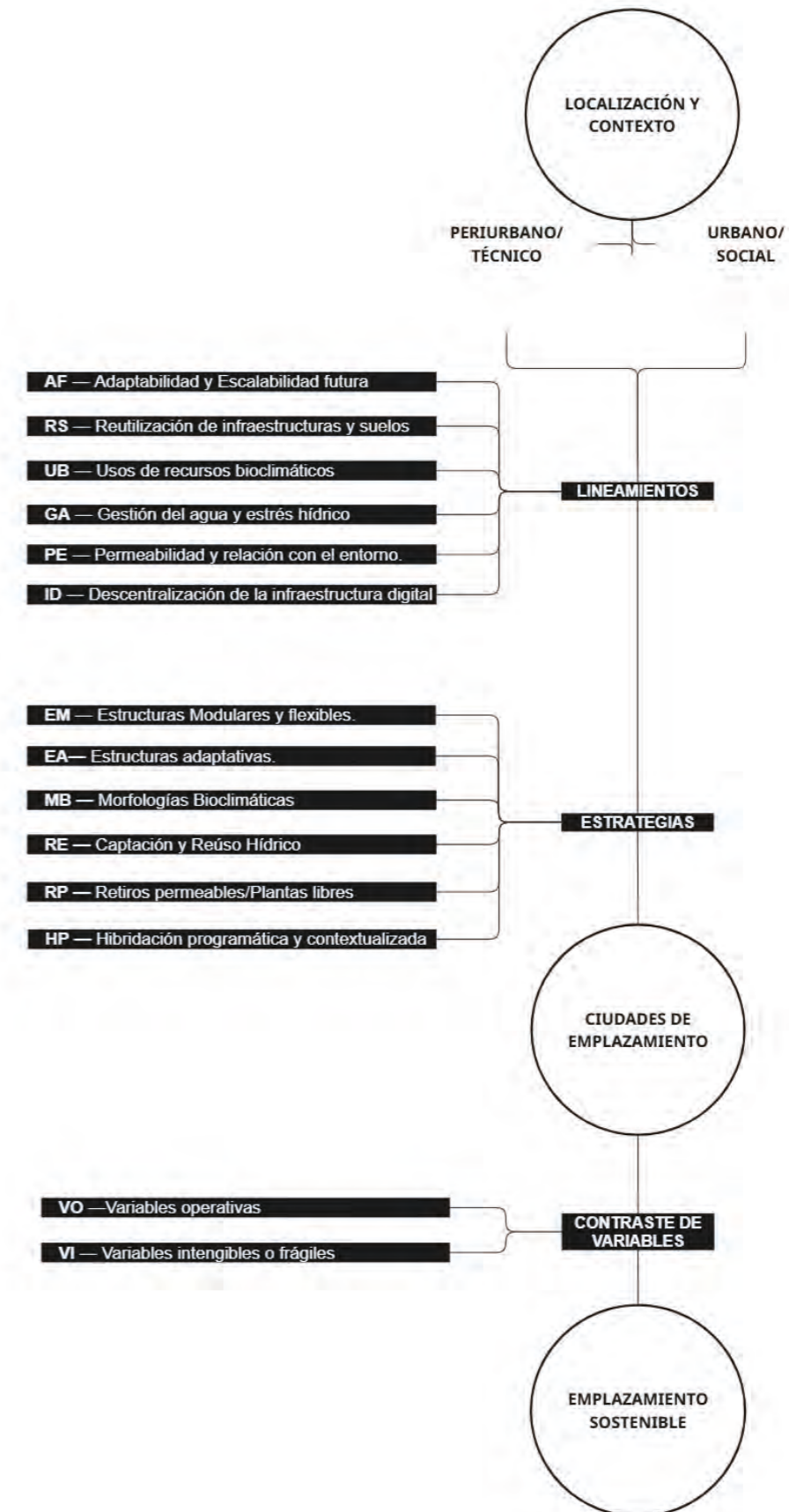


Fig. 48. Metodología proyectual (investigación). Lineamientos y estrategias generales. >
Fuente: J. Rondan (2025).

Primeras interpretaciones de hibridar

A partir de la noción de edificio híbrido planteada por Joseph Fenton (1985), quien lo define como la coexistencia de múltiples programas dentro de una misma estructura, es posible entender la arquitectura como un sistema capaz de integrar distintas lógicas operativas. A diferencia del uso mixto, el edificio híbrido no se limita a la superposición de funciones, sino que establece relaciones de interdependencia espacial, en las que circulaciones, infraestructuras y dinámicas sociales son compartidas y articuladas de manera conjunta. En este sentido, el presente trabajo propone una reinterpretación del concepto, ampliando su alcance hacia una comprensión más integrada entre programa, soporte técnico y contexto urbano.

Hibridar el almacenamiento

En contextos más contemporáneos, aunque sustentados en tipologías tradicionales, la biblioteca se configura como un claro ejemplo de hibridación programática, al integrar diversas funciones dentro de una misma estructura. Al igual que los centros de datos, estas infraestructuras se orientan al almacenamiento de información específica; sin embargo, la biblioteca trasciende esta condición al articular espacios de conocimiento con espacios de encuentro colectivo. De este modo, el almacenamiento deja de entenderse como una función aislada y se vuelve difuso, dando lugar a dinámicas donde lo informacional, lo social y lo espacial se entrelazan.

El MareNostrum 5, en el Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) en Barcelona, España, es una máquina de última generación que procesa y almacena información. Sirve para realizar investigaciones científicas complejas, con capacidades de procesamiento que aumentan constantemente. Desarrolla líneas de investigación en ciencias de la computación, ciencias de la vida, ciencias de la tierra, entre otras. Es un espacio que busca aportar a la investigación, pero que además cuenta con programas que buscan difundir el aporte que se viene realizando, a fin de generar mayor acceso y comprensión de estos avances.

Este tipo de interacciones acerca estos nuevos conocimientos, los procesos y la tecnología a los ciudadanos, creando una sinergia que aproxima lo que antes parecía intangible, en un nuevo modo de hibridación. La búsqueda proyectual propone crear nuevas sinergias que generen relaciones entre las personas, así como con los diferentes componentes de un edificio; en este caso, el centro de datos como caso de estudio buscará explorar nuevas formas de hibridación.

“La hibridación transforma infraestructuras técnicas en espacios capaces de generar nuevas relaciones.”

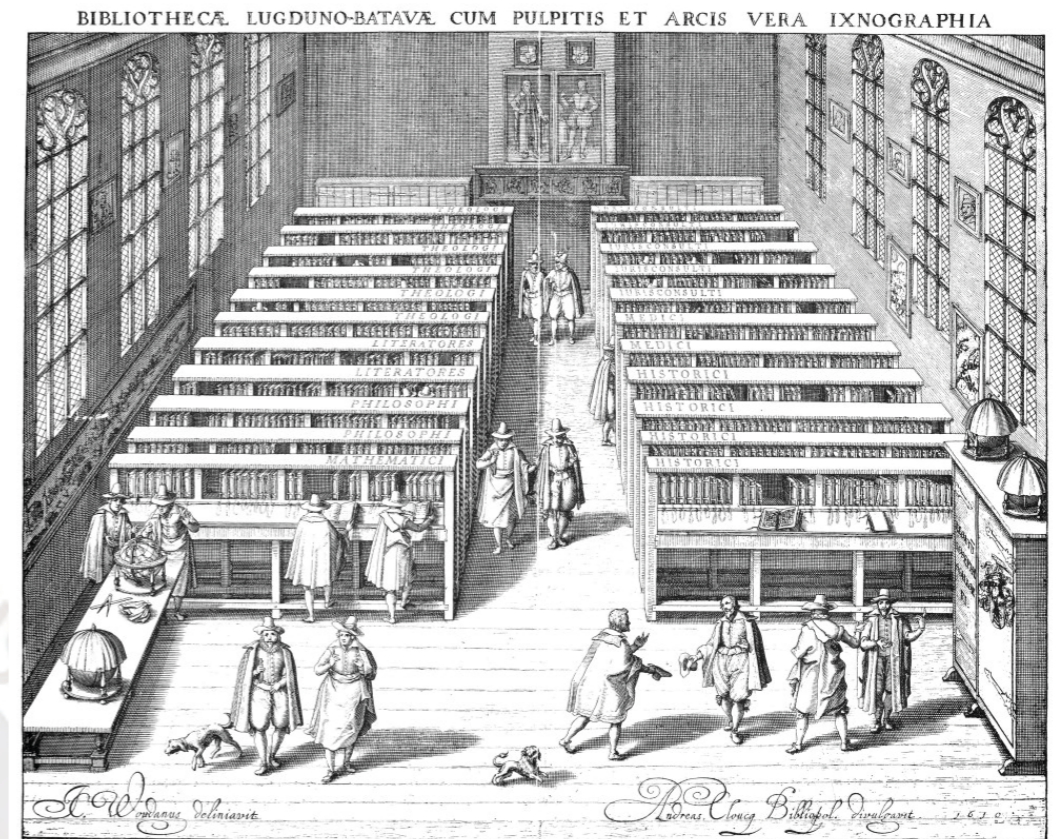


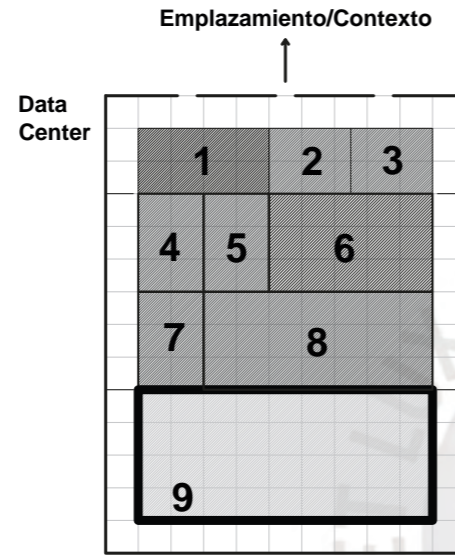
Fig. 49. Biblioteca de la Universidad de Leiden (Países Bajos). Grabado de sala de estantes de libros [arriba].
Fuente: Woudanus, J. C., grabado por Swanenburgh, W. (ca. 1610).

Fig. 50. Superordenador MareNostrum 4 (Centro Nacional de Supercomputación). Sala de servidores [abajo].
Fuente: Martidaniel (2017). >

Repensar la tipología

El requerimiento proyectual desde la idea de la hibridación, nos obliga a entender de manera técnica los componentes generales de un centro de datos, para ello existen tres partes básicas que deben visibilizarse dentro de un centro de datos, las áreas de soporte, donde se proyectan distintos tipos de mantenimiento y supervisión técnica realizada por personal calificado en tiempo real; las áreas grises, que corresponden a los espacios técnicos que permiten la correcta operatividad del centro de datos, como por ejemplo cuartos eléctricos y de refrigeración; y por último las salas blancas, siendo estas últimas críticas para el almacenamiento y funcionamiento final de los centros de datos, ya que en ellas se ubican los servidores que almacenan información.

La decisión proyectual desde la superposición e hibridación programática en centros de datos plantea el reto de garantizar una correcta y segura segregación de usos teniendo en cuenta los espacios de soporte que deben mantener consideraciones estrictas de operación.



Componentes

- Espacios de soporte** Áreas que soportan la gestión, operación humana, seguridad y logística.
- Espacios grises** Infraestructura técnica como equipos de energía, enfriamiento y distribución eléctrica.
- Salas Blancas** Servidores, racks, almacenamiento y dispositivos de red.

Programa del Centro de Datos

- 1 - 3 | Soporte** Gestión administrativa, telecomunicaciones externas y personal operativo fuera del CD.
- 4 - 5 | Infraestructura** Puntos de entrada de servicios y salas críticas de energía (UPS/Generadores) y climatización.
- 6 - 7 | Control y Red** Centro de operaciones (NOC) y salas de comunicaciones internas para distribución de red.
- 8 | Logística** Áreas de servicio, almacenamiento de repuestos y zonas de carga/descarga.
- 9 | Sala Blanca** Núcleo del CPD donde se aloja exclusivamente el equipamiento de procesamiento y servidores.

Materialización de la hibridación en centros de datos

Partiendo de la comprensión técnica del centro de datos, la propuesta busca hacer tangibles sus componentes infraestructurales para identificar posibles estrategias de hibridación arquitectónica.

Por un lado evaluamos los espacios de soporte, los cuáles albergan mayor presencia de usuarios in situ y presentan niveles de criticidad operativa relativamente bajos en comparación con las salas blancas, condición que permite explorar su proximidad con programas complementarios de carácter más públicos o de funciones internas.

Desde otro ángulo, el funcionamiento mismo de los centros de datos y los servidores generan flujos energéticos y materiales significativos. El calor residual producido en las salas blancas, así como el agua que se usa para el sistema de enfriamiento y climatización, configuran un metabolismo técnico susceptible de ser reaprovechado.

Desde esta perspectiva, la infraestructura digital no solo se entiende únicamente como consumidora de recursos, sino como potencial generador de energía térmica y ciclos hídricos desde un enfoque circular. Esta lógica permite pensar una segunda forma de hibridación, de fondo técnico o metabólico, proyectado a partir de principios de economía circular y simbiosis energética.

Tipos de hibridación

Una hibridación espacial-programática (HP)
vinculada a los niveles de criticidad y ocupación humana.

Una hibridación metabólica-infraestructural (HT)
Derivada del reaprovechamiento de flujos energéticos y materiales.

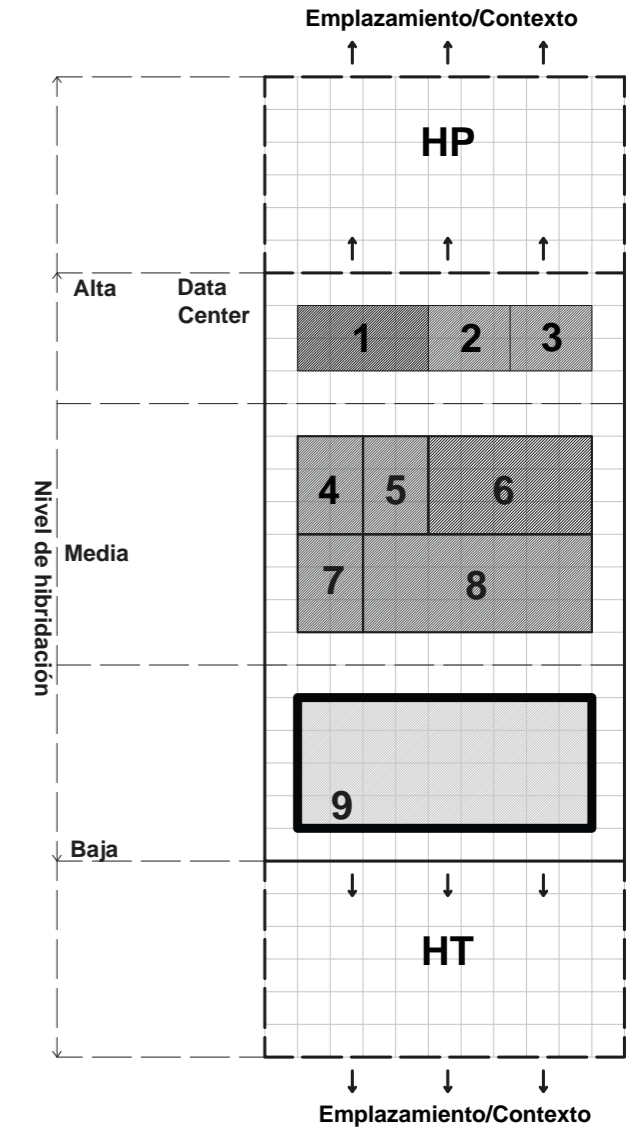


Fig. 51. Zonificación técnica (centro de datos). Configuración compacta. Fuente: J. Rondan (2025), basada en TIA-942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers.

Fig. 52. Zonificación híbrida (centro de datos). Integración de programas. Fuente: J. Rondan (2025), basada en TIA-942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers.

Centros de datos urbanos

En la ciudad, los centros de datos no necesariamente requieren un programa social compatible con el tipo de información que almacenan. Más bien, estos nuevos programas funcionan como una envolvente o nexo capaz de activar la relación entre este nuevo edificio híbrido infraestructural y las dinámicas de la ciudad.

El componente y programa incorporado no responde al contenido digital almacenado, sino al contexto urbano específico. Tras descifrar las condiciones del emplazamiento, se define un enfoque particular de hibridación: el centro de datos se articula con programas orientados a los ciudadanos y al entorno inmediato, estableciendo vínculos con las dinámicas culturales, sociales y económicas del sector.

El proyecto propone repensar estos programas como dispositivos de integración y transformación urbana, a partir de un sistema híbrido, contextual y atemporal. De este modo, se posibilita la incorporación de usos diversos que responden a las condiciones territoriales del lugar, consolidando la infraestructura digital como un agente activo dentro del tejido urbano.

Esto permite incorporar programas con los siguientes usos:

-Educativos:

Institutos tecnológicos, biblioteca, laboratorios de investigación, campus IA.

-Infraestructura y servicios urbanos:

Estaciones de micromovilidad, centros cívicos, espacios públicos, miradores, centros de atención al ciudadano.

-Comercio:

Oficinas, comercio zonal y distrital, centro logístico intermodal, hub de comercio mayorista, espacios feriales.

-Medio ambiente:

Huertos urbanos, observatorio ambiental, estaciones de transferencia energética, invernaderos.

-Seguridad:

Centros de control y operaciones, centro de coordinación de emergencias, centro de control de transporte y logística o bases militares.

-Cultura:

Centros de cultura audiovisual y digital, escenarios móviles, museos, espacios escénicos, pabellones culturales.

Bajo este enfoque de hibridación, los programas pueden coexistir dentro de un mismo bloque, generando mayor complejidad y una relación más activa con el entorno, respondiendo a las condiciones culturales, sociales, territoriales y económicas del lugar.

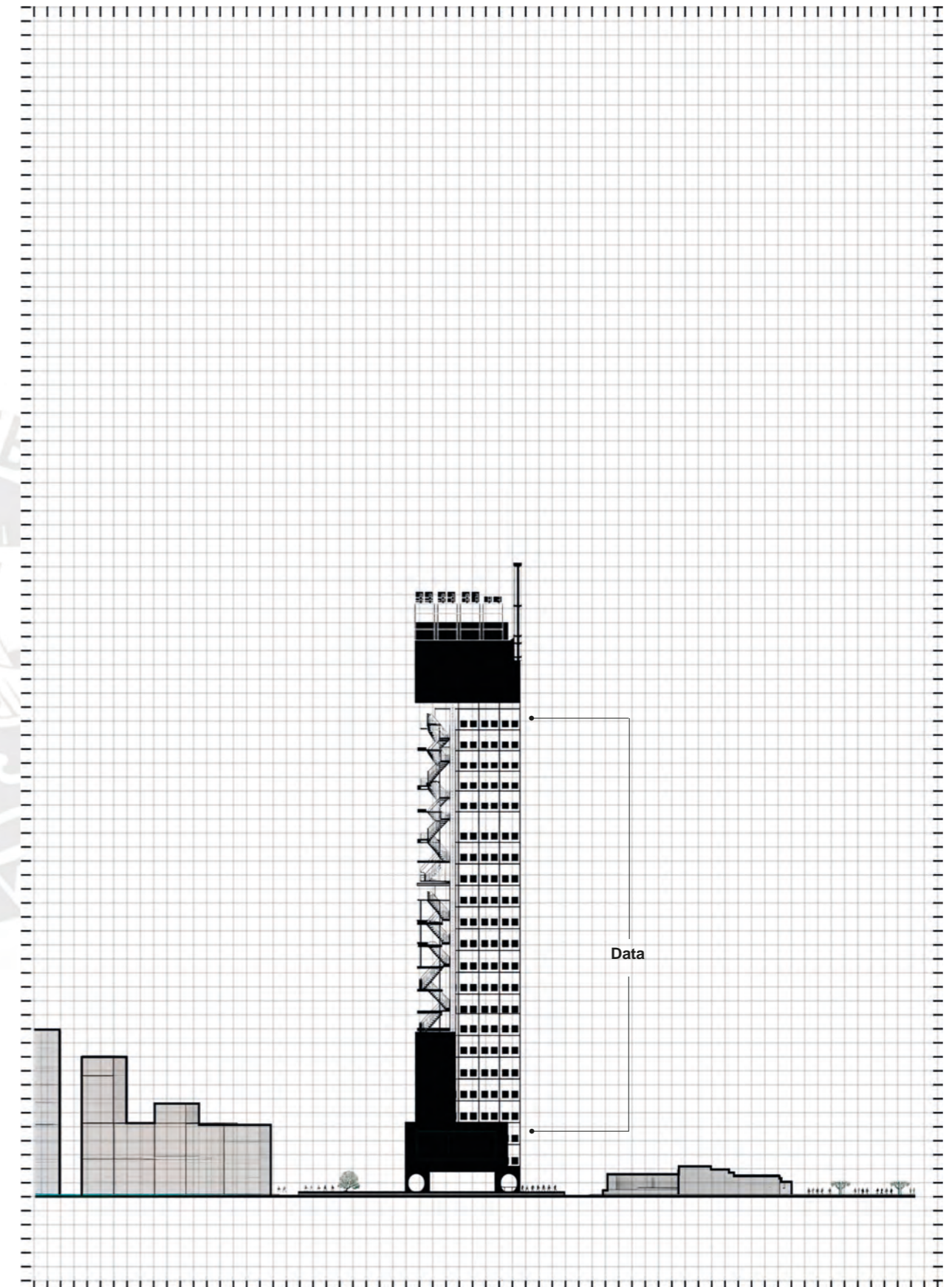


Fig. 53. Centro de datos (densidad urbana). Desarrollo vertical.
Fuente: J. Rondan (2025). >

Centros de datos periurbanos

En áreas periurbanas, por el contrario, la estrategia se orienta de manera más directa a mitigar el impacto sobre los recursos ambientales mediante la hibridación con sistemas de generación de energía, infraestructura ecológica y gestión integral de recursos.

En este contexto, el énfasis en un programa de carácter ambiental responde, en primera instancia, a la mayor demanda energética que presentan los centros de datos de gran escala en comparación con aquellos de escala urbana, lo que exige estrategias activas, de recuperación, de producción y eficiencia que trasciendan el funcionamiento técnico. En segundo lugar, su localización fuera del tejido urbano consolidado demuestra la ausencia de un entorno social demográficamente relevante, por lo que no generan un vacío urbano del tal forma que los urbanos.

La hibridación, por lo tanto, no se formula como estrategia de integración social, sino como una operación de integración territorial y ecosistémica, desplazando el foco desde la activación urbana hacia la responsabilidad ambiental y la transformación productiva del paisaje.

En estos territorios, los centros de datos puede funcionar con:

-Sistemas de energía renovable:

Solar, eólica, geotérmica o híbrida.

-Infraestructuras de almacenamiento energético:

Baterías, hidrógeno, sistemas térmicos.

-Gestión del agua:

Recuperación de aguas residuales, enfriamiento eficiente, recarga de acuíferos.

-Procesos de economía circular:

Reaprovechamiento de calor residual, compostaje, integración productiva).

-Infraestructuras ambientales:

Corredores ecosistémicos, vegetación, captura de carbono.

-Sistemas productivos territoriales:

Invernaderos tecnificados, agricultura modular, biofabricación, microindustrias vinculadas a energía y agua recuperada.

De este modo, el centro de datos no solo reduce su impacto, sino que contribuye a mejorar las condiciones del territorio periurbano, actuando como un catalizador de regeneración ambiental y energética.

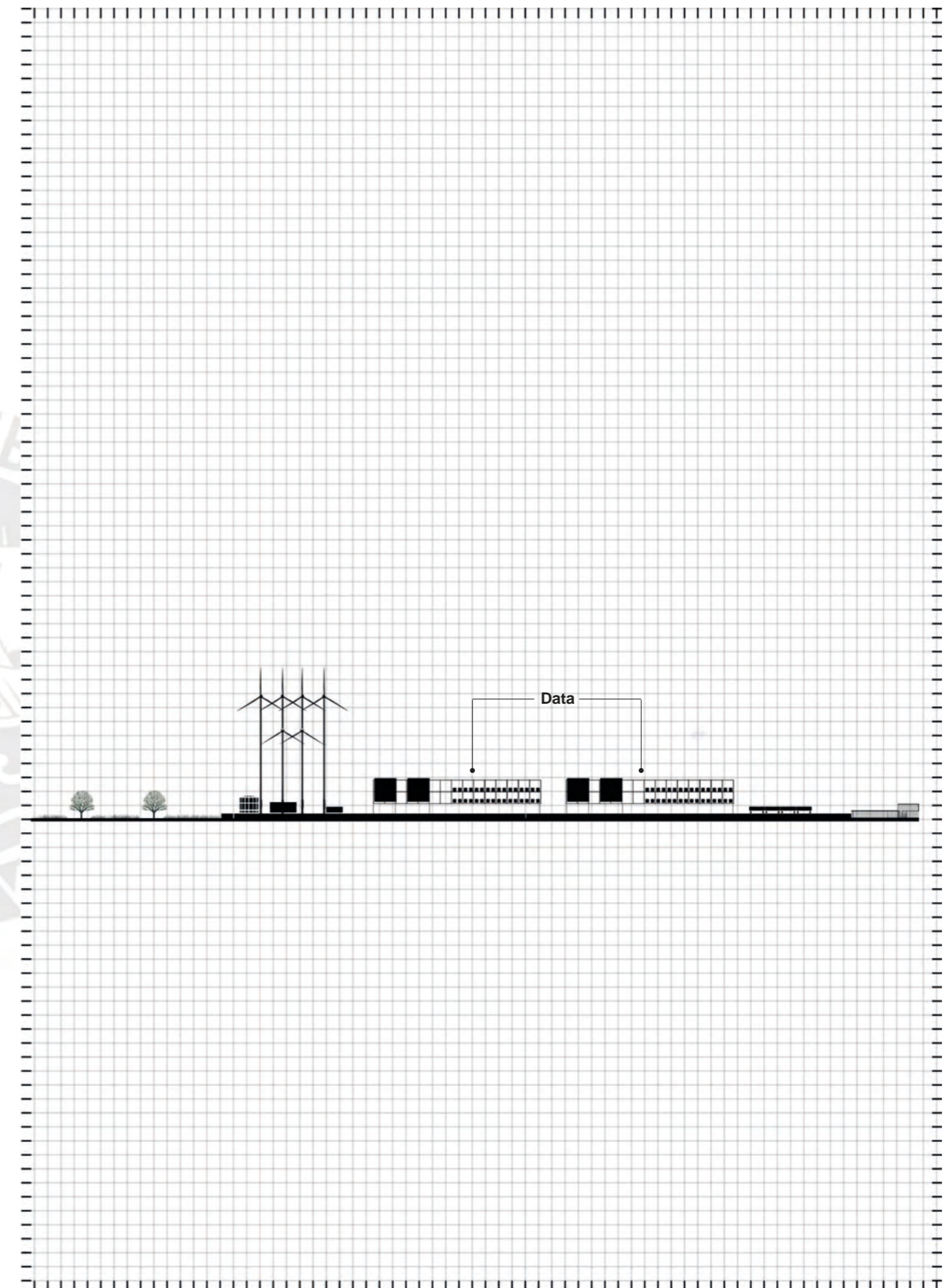
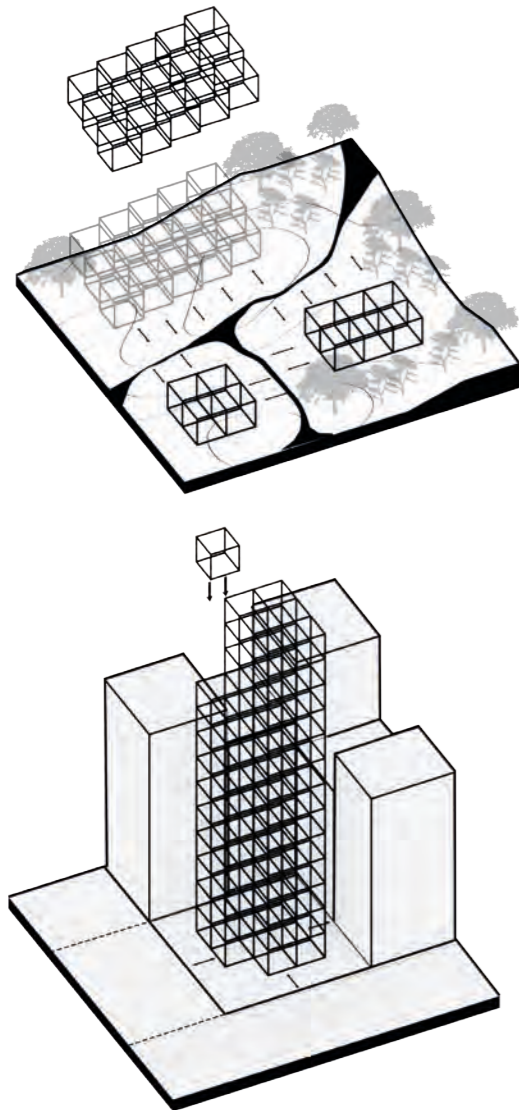


Fig. 54. Centro de datos (expansión periurbana). Desarrollo horizontal. >
Fuente: J. Rondan (2025).

Estrategias Constructivas

Desde un enfoque constructivo, los lineamientos se fundamentan en criterios de optimización técnica y eficiencia temporal. De estas premisas emanan estrategias de modulación sistémica y adaptabilidad estructural, permitiendo que la arquitectura no solo agilice sus procesos de montaje, sino que posea la capacidad de evolucionar y reconfigurar ante los cambios tecnológicos, funcionales y programáticos propios de un programa de centro de datos.

Estructuras Modulares



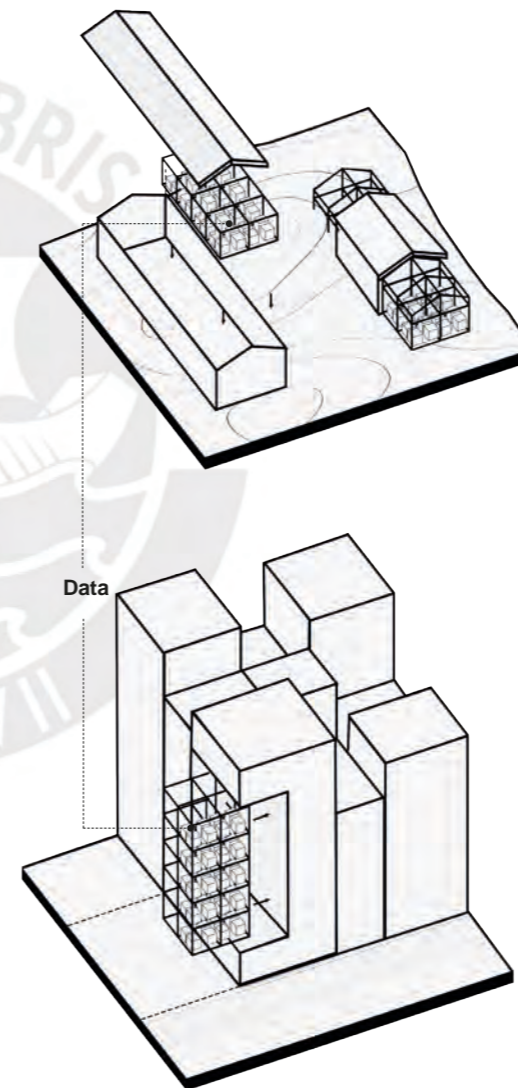
Las estructuras modulares y prefabricadas optimizan la operatividad del centro de datos al reducir costos y complejidad técnica. Este sistema permite una arquitectura flexible y adaptable mediante una grilla tridimensional preferentemente ortogonal que facilita el montaje y la incorporación de diversos programas. Asimismo, permite futuras ampliaciones sin limitar espacialidad.

La morfología del proyecto periurbano se organiza bajo una lógica de extensión horizontal, respondiendo a la escala y el ritmo del territorio periurbano en lugar de la verticalidad densa del centro urbano. Esta disposición permite que la grilla estructural se descomponga y se adapte a la continuidad de la topografía, evitando imponer un volumen monolítico ajeno al contexto. Al privilegiar el desarrollo en planta mediante la modulación, el edificio se integra como un estrato más del paisaje, asumiendo el plano del suelo como un soporte sensible y preservando la integridad del sustrato agrícola mediante una huella dispersa y controlada.

La estructura urbana se configura como una infraestructura de ensamble, donde la verticalidad deriva del apilamiento sistémico de componentes modulares. Esta estrategia de ocupación puntual minimiza la huella sobre el terreno sin comprometer la capacidad técnica del programa. La altura es, por tanto, la consecuencia de un sistema constructivo que prioriza la compacidad y la eficiencia del suelo urbano.

Bajo esta lógica, el edificio opera como un soporte dinámico que superpone estratos modulares según la demanda del tejido. No se proyecta un volumen cerrado, sino un sistema de componentes cuya grilla estructural garantiza la adaptabilidad y el crecimiento. El ensamble define así una pieza de infraestructura flexible, capaz de insertarse con coherencia técnica en la complejidad de la ciudad contemporánea.

Estructuras Adaptativas



La adaptabilidad de la estructura permite imaginar su funcionamiento junto a distintos tipos de programas arquitectónicos, sin quedar atada a un solo uso ni a una sola época o temporalidad. Esta cualidad hace que el edificio pueda transformarse, crecer o incluso desmontarse según las necesidades del entorno, manteniendo siempre un carácter flexible y casi efímero.

La estructura modular y adaptable actúa como un soporte abierto capaz de asimilar el ritmo cambiante de la ciudad y los territorios periurbanos, garantizando la vigencia del edificio ante la evolución de las demandas urbanas. Su capacidad de integración en preexistencias de menor escala como naves industriales o edificios en desuso alejados, visibiliza la oportunidad de habitar la infraestructura de datos de manera atemporal. Estos sistemas de fácil anclaje no solo funcionan como nexo para nuevos programas, sino que permiten revalorizar y repensar el patrimonio arquitectónico degradado.

En contextos urbanos donde la disponibilidad de suelo o lotes libres es limitada, la posibilidad del reciclaje adaptativo y la compatibilidad estructural abre la oportunidad de reimaginar edificios en desuso como soportes para nuevas infraestructuras.

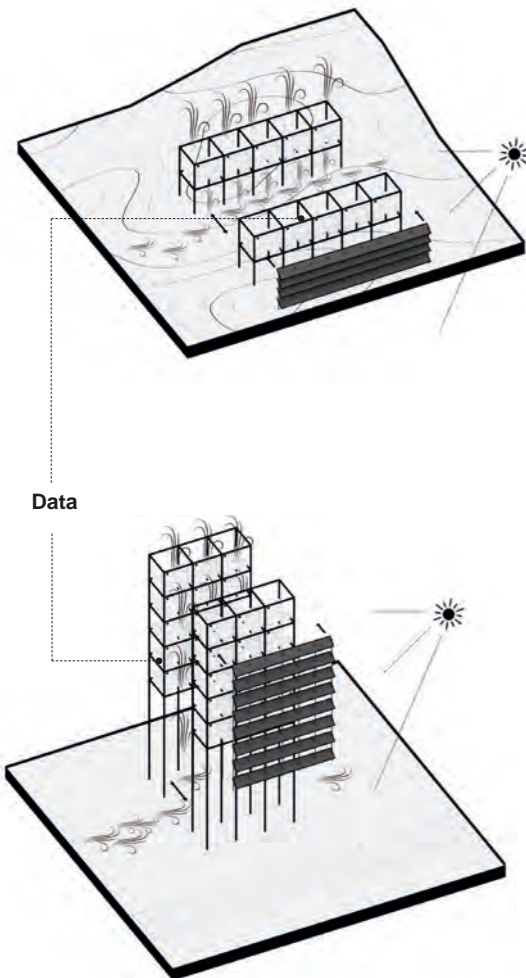
Este sistema permite insertar programas educativos, tecnológicos o productivos sin consumir nuevo territorio, revitalizando preexistencias y aportando valor al espacio urbano. Estas estructuras adaptativas generan una efimeridad funcional capaz de sintonizar con las dinámicas urbanas actuales, permitiendo que el programa evolucione a la par de las necesidades de la ciudad.

Fig. 55. Estrategias constructivas (centro de datos). Estructuras modulares y adaptativas. >
Fuente: J. Rondan (2025).

Estrategias Bioclimáticas

Los lineamientos bioclimáticos parten de una lectura técnica del clima y el territorio. Cada decisión arquitectónica actúa como un regulador pasivo que, a través de la morfología, maximiza el confort térmico y reduce la demanda energética. Bajo una lógica de economía circular y reutilización de recursos, el proyecto prioriza la gestión eficiente de elementos críticos, fortaleciendo la simbiosis entre la infraestructura y los ciclos naturales de su contexto de implantación.

Confort Térmico

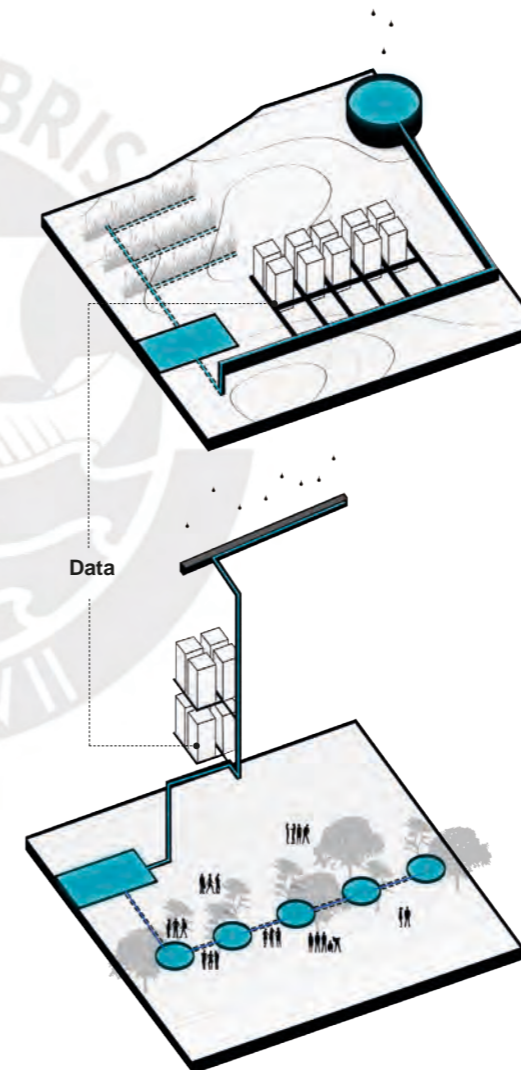


La respuesta arquitectónica a los factores bioclimáticos, como la orientación solar, los vientos dominantes, la temperatura y la conductividad del suelo, la humedad relativa y las precipitaciones, se concibe como un proceso donde el edificio regula flujos de calor, aire y radiación.

Para ello, la arquitectura incorpora envolventes adaptativas con control de calor y absorción solar, pieles de ventilación variable que modulan la radiación y disipan calor, así como baffles y filtros climáticos que direccionen los flujos de aire según los gradientes térmicos locales. En entornos periurbanos, y de morfología horizontal, los servidores o salas blancas se plantean con vacíos entre bloques, garantizando disipar el calor y no acumularlos de manera tan compacta.

La propuesta urbana-vertical incorpora coberturas bioclimáticas y pieles vivas que garantizan la eficiencia térmica ante la alta carga calórica de las salas blancas. Esta verticalidad permite una ventilación optimizada basada en principios termodinámicos: el diseño aprovecha el efecto chimenea para canalizar el calor ascendente, facilitando su disipación pasiva. Además, este flujo permite la recuperación de calor residual para proporcionar calefacción a programas públicos o viviendas cercanas, transformando el desperdicio energético en un recurso para la ciudad.

Captación y Reuso hídrico



El edificio incorpora un ciclo hídrico cerrado que reutiliza agua tratada para el enfriamiento de los servidores en las salas blancas. Tras absorber el calor, el agua se recircula hacia sistemas de enfriamiento híbridos, reduciendo el uso de agua potable y manteniendo condiciones térmicas estables.

El proyecto prioriza la autonomía hídrica mediante la integración de plantas de tratamiento (PTAR) y, en contextos costeros, el uso de tecnología de desalinización. El recurso captado se procesa para alimentar los sistemas de enfriamiento, evitando la presión sobre las redes de agua potable locales. Bajo una lógica de metabolismo circular, el agua es tratada en un ciclo cerrado de refrigeración y los excedentes son filtrados para el riego de cultivos o mantenimiento de áreas verdes. Esta estrategia garantiza un flujo permanente que revaloriza el recurso hídrico, transformando la infraestructura en un nodo de soporte ambiental para el territorio.

Al organizar los sistemas hídricos de manera vertical del edificio, el agua tratada puede moverse con menor esfuerzo y ocupar menos espacio en planta. Los núcleos y fachadas técnicas se vuelven lugares donde el agua circula, se almacena o vuelve a usarse, integrándose de forma natural en el edificio sin afectar el tejido urbano.

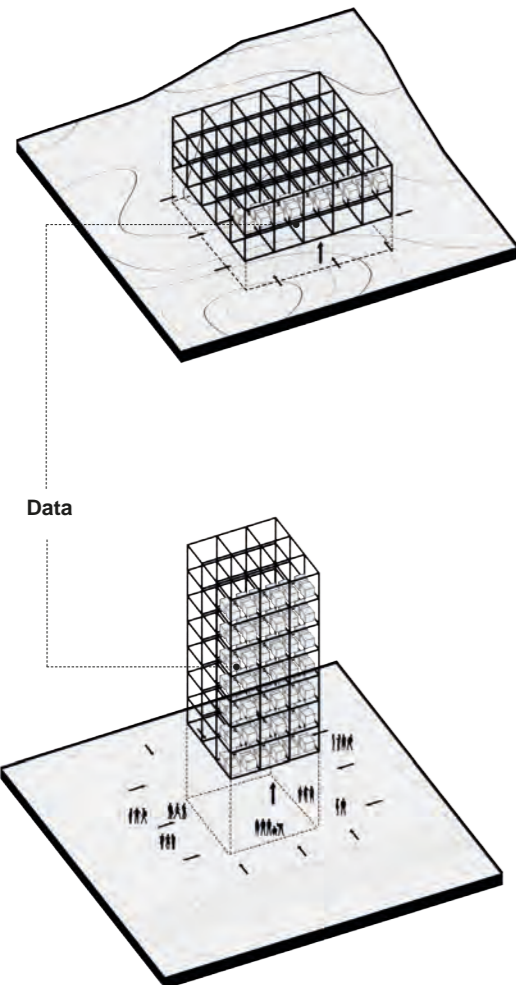
Esto permite que incluso en zonas muy densas, donde la demanda hídrica es alta, el edificio funcione como un pequeño ecosistema: recoge, reutiliza y devuelve agua con menos impacto, manteniéndose en equilibrio con la ciudad que lo rodea; permitiendo, por ejemplo el reuso hídrico en espacios públicos o el riego de aguas verdes.

Fig. 56. Estrategias bioclimáticas (centro de datos). Confort térmico y captación y reuso hídrico. Fuente: J. Rondan (2025).

Estrategias de integración

El enfoque programático se centra en la hibridación de usos, promoviendo la convergencia de diversos perfiles de usuario en un mismo ecosistema. Mediante la implementación de plantas libres y una rigurosa ortogonalidad estructural, el espacio se libera de jerarquías fijas, permitiendo una adaptación eficaz ante la inserción de nuevos programas.

Plantas Libres



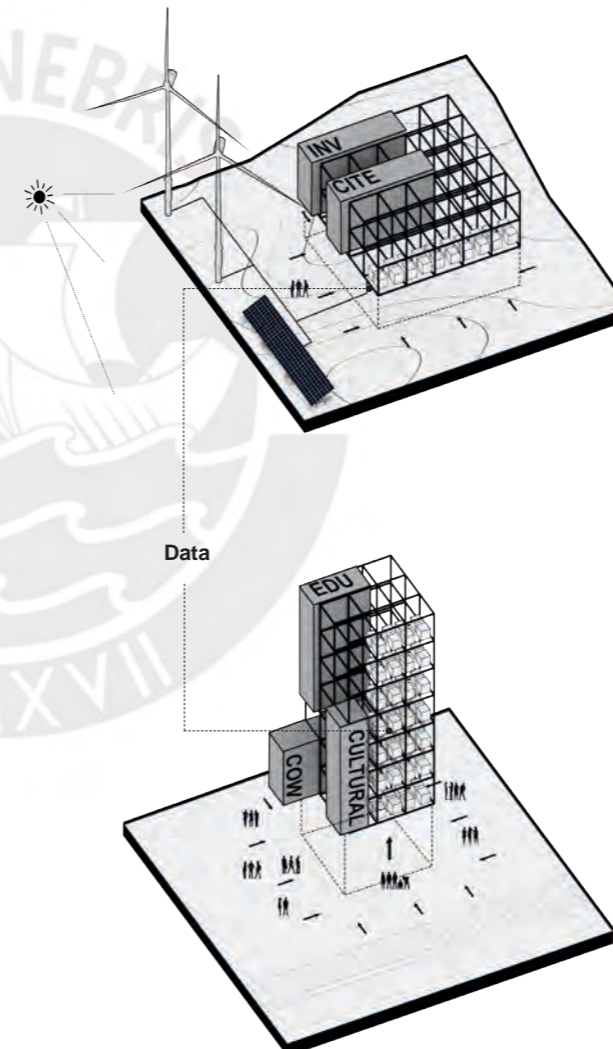
La planta libre libera el suelo para conectar el espacio público con el paisaje, preservando la integridad de los suelos productivos. Mediante una huella mínima, se garantiza el mantenimiento técnico y la continuidad del territorio, integrando la tecnología sin fragmentar el entorno.

El edificio se proyecta elevado del suelo para evitar la alteración y degradación del suelo productivo, garantizando su preservación y evitando procesos de compactación, impermeabilización o depredación del sustrato agrícola. Los apoyos sobre la cota cero, se proyectan siendo ellos los mínimos necesarios para poder mantener el edificio bien estructurado y seguro, evitando tabiquerías o losas sobre el piso. La elevación de la estructura, nos permite también poder dividir lo más público de lo privado, considerando las áreas grises, blancas y de personal técnico apartado de las posibles áreas de hibridación.

Siguiendo los principios mencionados, la elevación del edificio en entornos urbanos, libera el nivel del suelo y recupera espacio en contextos de alta densidad, donde la superficie disponible es limitada. Esta planta libre puede transformarse en umbrales públicos, zonas de encuentro o áreas verdes elevadas, generando un soporte abierto que mejora la relación del edificio con la ciudad.

Al levantar el volumen principal, la arquitectura reduce su impacto directo sobre el terreno y permite que el espacio inferior se adapte con el tiempo a nuevas dinámicas urbanas sin necesidad de grandes intervenciones. La planta libre ofrece un espacio adaptable que puede reorganizarse según nuevas demandas. Permite que el edificio evolucione con el tiempo y responda a cambios tecnológicos o sociales sin quedar obsoleto.

Hibridación Programática



En el caso de un centro de datos periurbano, la correspondencia programática se basa en su capacidad de hibridar infraestructura digital con sistemas de gestión de recursos, bajo este enfoque.

En el caso de un centro de datos periurbano, la correspondencia programática se basa en su capacidad de hibridar infraestructura digital con sistemas de gestión de recursos, bajo este enfoque. En conjunto, estos posibles programas proyectan al centro de datos como un nodo capaz de activar un ecosistema tecnológico y productivo integrado al territorio. Considerando el reuso hídrico y energético, la hibridación para buscar la economía circular de ellas, como poder activar y funcionar invernaderos, piscinas.

En ciudades densas, donde cada metro cuenta, la hibridación programática permite que el centro de datos actúe como un edificio mixto que combina infraestructura digital con programas urbanos. En vertical se superponen usos compatibles, se propone el insertar no solo desde el espacio, sino desde la idea de encapsular actividades urbanas en un edificio híbrido.

Esta integración convierte al centro de datos en un motor urbano capaz de aportar servicios, actividad y espacio social, evitando que funcione como un volumen aislado y fomentando una relación más estrecha entre tecnología y ciudad. La hibridación programática mezcla funciones para generar nuevas relaciones entre tecnología, comunidad y territorio. Permite que infraestructuras como estas convivan con programas públicos y ambientales, incluso en contextos frágiles o en transformación.

Fig. 57. Estrategias de integración (centro de datos). Plantas libres e hibridación programática. >
Fuente: J. Rondan (2025).

Casos de estudio

El capítulo de territorio define las variables de análisis que estructuran la investigación. A partir de estas, se establecen niveles de capacidad y tensión en cada contexto, correspondientes a Lima Metropolitana y Arequipa. Estos resultados se sintetizan en el diagrama radial y el cuadro comparativo, los cuales permiten una lectura integral de las relaciones entre recursos disponibles, demandas y condicionantes territoriales.

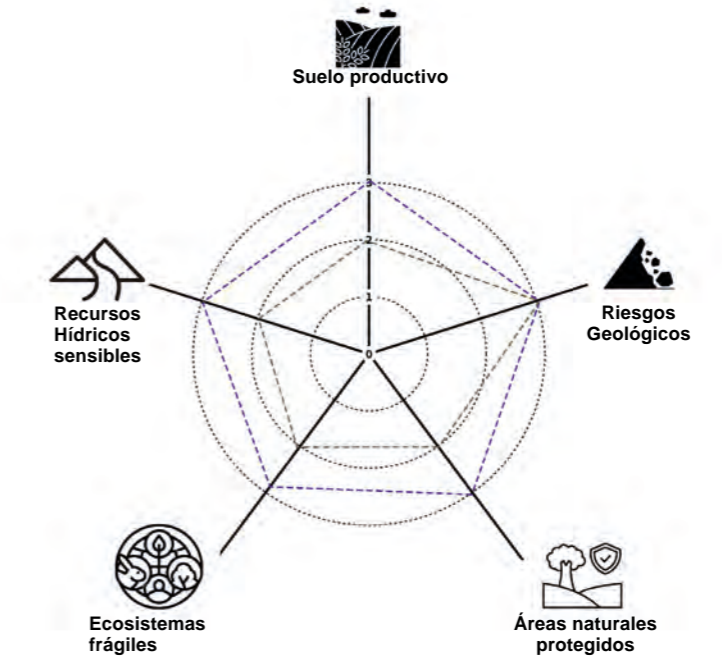
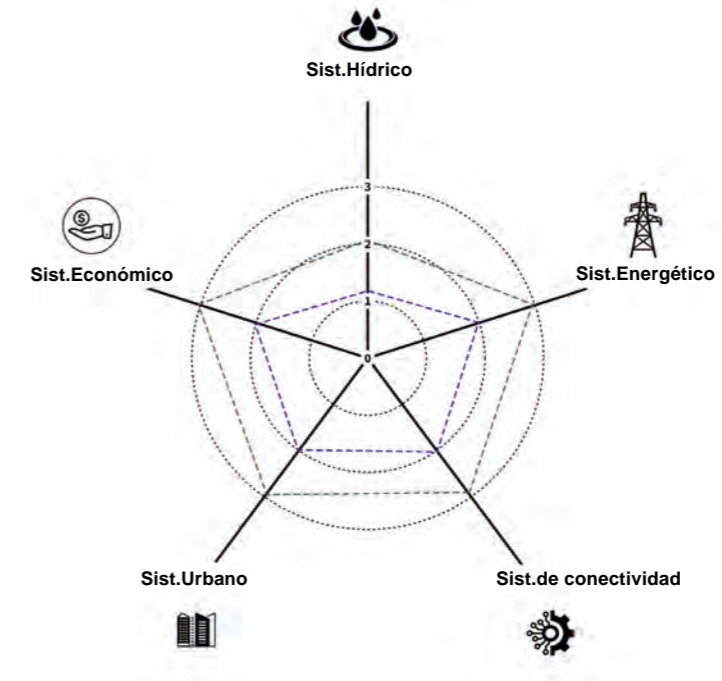
Como se observa en la figura, Lima presenta mayores niveles de capacidad en los sistemas económico, energético y de conectividad, mientras que Arequipa evidencia condiciones más favorables en términos de recursos territoriales y menor presión sobre ciertos sistemas. En este marco, el estrés hídrico se reconoce como un factor transversal en ambos contextos, condicionando el desarrollo de estrategias bajo un enfoque sostenible.

Asimismo, la localización de las propuestas se define a partir de las exclusiones territoriales y las áreas intangibles identificadas, en concordancia con las operativas del método y las cartografías de contraste. Estas herramientas delimitan zonas de no intervención y orientan la toma de decisiones para el emplazamiento de centros de datos.

Sistemas operativos

Sistema (Variable)	Lima (Lurín / P. Hermosa)	Valor	Arequipa (Cerro Colorado)	Valor
Sistema Económico	Soporte a cadena logística y tecnológica.	3	Soporte a economía digital y científica.	2
Sistema Urbano	Suelo de expansión periurbano (Horizontal).	3	Trama urbana consolidada en expansión (Verticalidad)	2
Sistema Hídrico	Estrés hídrico, con sistema de agua consolidado.	2	Escasez hídrica, con sistema de agua consolidado.	1
Sistema Energético	Capacidad industrial de alta potencia	3	Red de alta tensión consolidada (220kV).	2
Sistema de Conectividad	Soporte a cadena logística y tecnológica.	3	Nodo regional estratégico (Aeropuerto/Dorsal).	2
Recursos intangibles				
Suelo Productivo	Suelo Clase I y II en proceso de degradación por habilitaciones industriales.	2	Andenería histórica fragmentada por viviendas y comercio.	3
Riesgos Geológicos	Suelo arenoso con riesgo moderado de licuación.	3	Peligro de lodo y piedras (huaicos) en lluvias.	3
Áreas Nat. Protegidas	Proximidad inmediata a Lomas de Lurín y zona de amortiguamiento litoral.	2	Cercanía a zonas de protección de volcanes.	3
Ecosistemas Frágiles	Ecosistema de desierto costero con flora y fauna en estado de vulnerabilidad.	2	Bioma de cuenca seca con flora nativa de arbustos y pajonales.	3
Recursos Hídricos Sensibles	Acuíferos sobreexplotados; nula precipitación y veda de nuevas pozos.	2	Dependencia de un río que se seca en verano.	3

Casos de estudio



| Arequipa | Valor Nulo Bajo Medio Alto
 | Lima | 0 1 2 3

Fig. 58. Variables cuantificadas (casos de estudio). Comparación radial de sistemas y recursos. Fuente: J. Rondan (2025).

Peri-urbano

Zona industrial de Lurín - Punta hermosa.

Al analizar posibles localizaciones para un proyecto de esta naturaleza, resulta pertinente considerar la ciudad de Lima, y en particular su sector sur. En esta zona, la infraestructura de fibra óptica se encuentra previamente instalada, además de la cercanía de la llegada de los cables submarinos de fibra óptica, la conectividad es estable y, en los últimos años, el territorio ha comenzado a consolidarse como un poco de interés para nuevas inversiones y emplazamiento de centros de datos.

Este contexto presenta una condición compleja, caracterizada por la coexistencia de áreas áridas, fragmentos de suelo agrícola aún activos y extensos vacíos industriales con proyectos a futuro. Esta combinación ha propiciado procesos recientes de especulación comercial sobre el suelo, así como un crecimiento urbano no planificado. A ello se suma que Lima concentra la mayor población del país y, dentro de ella, Lima Sur representa aproximadamente entre el 25 % y 30 % de la población metropolitana, lo que evidencia su peso demográfico a escala urbana y asegura una demanda sostenida de servicios de almacenamiento y procesamiento de datos a nivel regional.

La propuesta se construye a partir de este escenario y plantea la interrogante de cómo intervenir un entorno altamente fragmentado sin intensificar sus problemáticas existentes. En este contexto, el centro de datos periurbano se concibe como un dispositivo capaz de contribuir a la reorganización territorial y del correcto manejo de sus recursos, a partir de una lectura crítica de sus límites y potencialidades.

Fig. 59. Zona industrial Macrópolis (Lurín, Lima). Vista aérea.
Fuente: Centenario (2025).





Fig. 60. Centro de datos periurbano (Transecto Lima Sur). Lectura territorial.
 Fuente: J. Rondan (2025), basada en IGN, MVCS, ANA y Open Buildings (Google). Nota: cartografía base de Google Earth.

Crterios

El proyecto se fundamenta en dos pilares: por un lado, el reconocimiento del territorio como condición activa, y por otro, la implementación de estrategias arquitectónicas sistémicas que permiten una hibridación técnica ajustada a las condiciones específicas del lugar. A partir de esta articulación, la propuesta no se limita a responder al contexto, sino que opera desde él, integrando variables ambientales, productivas e infraestructurales en un mismo sistema. Esto permite una operación precisa y situada, donde la relación entre entorno y arquitectura no es pasiva, sino optimizada.

Para el caso de estudio en Lurín, se observa y analiza el territorio según sus componentes y condicionantes. El diseño aprovecha la pendiente natural del terreno como un recurso operativo estratégico, permitiendo que la gravedad guíe la circulación hídrica y reduzca la necesidad de bombeo. A partir de esto, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y los centros de datos se integran en un sistema hídrico articulado, donde el agua deja de ser un residuo para convertirse en un recurso gestionado en distintas etapas.

Paisaje y el flujo hídrico

El agua residual es tratada en la PTAR mediante procesos primarios, secundarios y un tratamiento terciario de filtración. Una vez alcanzada una calidad adecuada, se incorpora a un sistema de recirculación donde participa en el enfriamiento del centro de datos a través de intercambiadores de calor, evitando contacto directo con los equipos.

Luego de este primer uso, el agua es derivada hacia distintos programas según su calidad y temperatura. Por un lado, se destina a actividades agrícolas bajo condiciones controladas, principalmente mediante riesgo por goteo y en cultivos específicos o invernaderos, aprovechando su temperatura residual para estabilizar el microclima. Por otro lado, se utiliza en procesos fabriles ligeros como limpieza, acondicionamiento o apoyo en microprocesos agroindustriales donde no se requiere agua potable, pero sí un recurso controlado.

El sistema no plantea un circuito cerrado absoluto, sino como un esquema de reutilización en cascada, donde el agua es aprovechada en múltiples etapas antes de su disposición final. Parte de este caudal puede infiltrarse de manera controlada en el suelo, contribuyendo a la recarga hídrica del territorio, especialmente en un contexto como Lurín, donde la gestión eficiente del agua es clave. De esta manera el proyecto articula infraestructura digital, regadío y procesos industriales ligeros a través de un mismo sistema hídrico, optimizando el uso del recurso y reduciendo su impacto ambiental sin depender de soluciones externas.

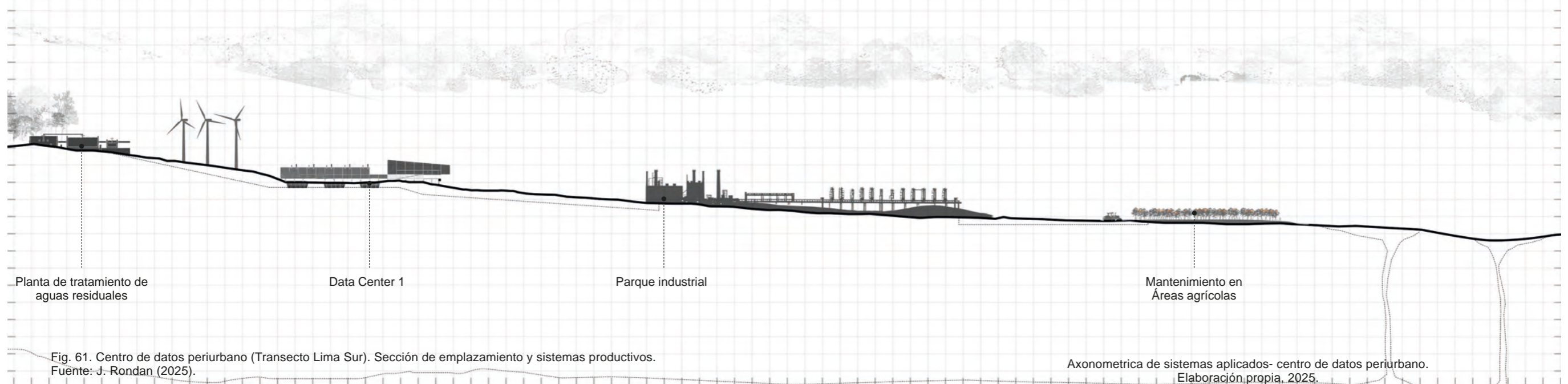


Fig. 61. Centro de datos periurbano (Transecto Lima Sur). Sección de emplazamiento y sistemas productivos.
Fuente: J. Rondan (2025).

Axonometrica de sistemas aplicados- centro de datos periurbano.
Elaboración propia, 2025.

Programa Técnico

El edificio deberá albergar todos los espacios técnicos necesarios para que el sistema de almacenamiento de información y digitales funcionen de manera segura y continua. Esto incluye las salas grises, donde se concentran los equipos de soporte; los ambientes destinados al almacenamiento y recibimiento de energía; las salas blancas, donde opera la infraestructura crítica y servidores de almacenamiento de datos; y las áreas de control, desde donde se supervisa y gestiona todo el funcionamiento. En conjunto, estos espacios permiten que el flujo de datos se produzca sin interrupciones y con altos estándares de confiabilidad.

La determinación de las áreas técnicas y superficies techadas, responde directamente a la proyección de inversión y a los requerimientos de procesamiento según el rubro específico del centro de datos

Hibridación contextualizada

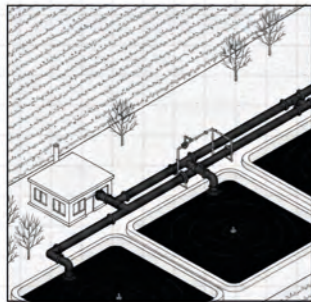
Una vez emplazado, el proyecto se configura como una infraestructura operativa que articula el uso del calor y del agua recuperados del centro de datos a escala del edificio. El calor residual se concentra, se transforma y reusa para facilitar programas como módulos de secado agrícola o biomasa, donde se desarrollan procesos de deshidratación de productos del valle. A medida que esta energía se disipa, puede ser utilizada en espacios de menor exigencia térmica como invernaderos de cultivo controlado, generando una gradiente que estructura el conjunto. En paralelo, el agua tratada se incorpora al sistema mediante circuitos controlados, permitiendo su uso tanto en el enfriamiento técnico como en actividades productivas específicas.

Bajo esta lógica el programa hibridado se organiza con carácter de agroindustrial ligera integrada, orientada a procesos de acondicionamiento, secado y empaque de productos agrícolas al valle de Lurín. Se incorporan módulos de cultivo de alta rotación, así como áreas de limpieza, recorte y preparación, priorizando operaciones de baja complejidad técnica.

De este modo, el edificio deja de entenderse como un contenedor de programas y pasa a operar como un sistema activo, donde infraestructura digital y producción se articulan a través de flujos de energía y materia, permitiendo una configuración adaptable y eficiente en el tiempo.

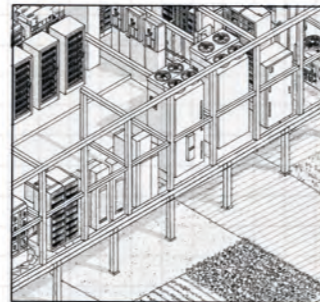
Infraestructura de soporte hídrico

- Tratamiento de aguas residuales.
- Lagunas de oxidación.



60 % Data Center Salas blancas

- Salas grises
- Salas Operativas



40 % Programa productivo Agroindustria ligera

- Invernaderos / cultivos protegidos
- Secado agrícola
- Microprocesos agroindustriales
- Uso de calor residual y agua recuperada de industria ligera

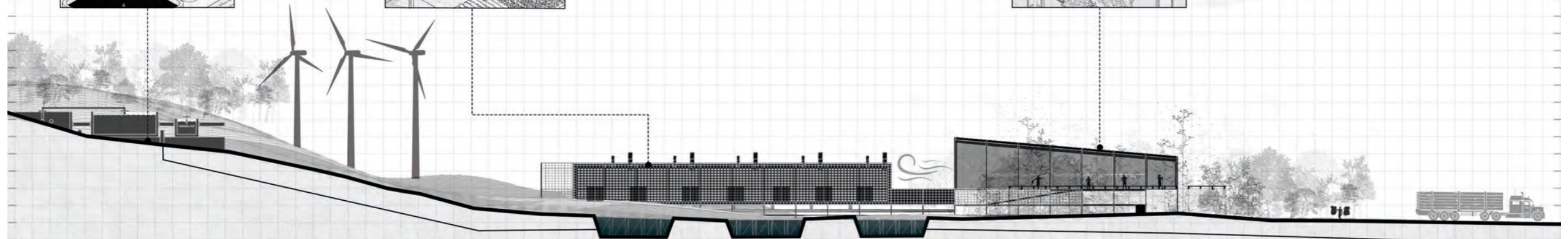
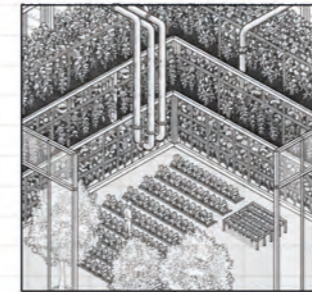


Fig. 62. Centro de datos periurbano (Transecto Lima Sur). Sección de estrategias proyectuales. Fuente: J. Rondan (2025).

Sistema Metabólico

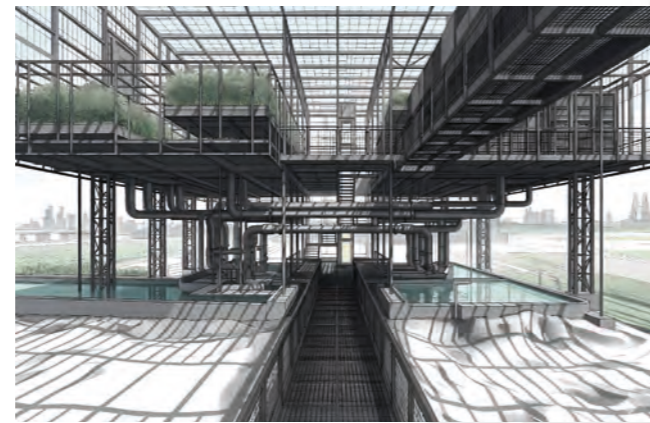
Como resultado de la modulación estructural, la implantación sobre apoyos mínimos y la incorporación de criterios pasivos de control climático, el proyecto opera como un sistema integrado donde cada decisión técnica se traduce en rendimiento operativo.

El agua tratada se incorpora al sistema mediante reservorios que no solo regulan su disponibilidad, sino que aportan inercia térmica al funcionamiento del centro de datos. La elevación del edificio permite compatibilizar esta infraestructura con el suelo natural, manteniendo su continuidad y facilitando el mantenimiento y ensamblaje técnico.

La disposición fragmentada del volumen, junto con su orientación y envolventes, optimiza la ventilación y reduce la demanda energética, mientras que el uso de fuentes renovables complementa el funcionamiento del sistema. En este marco, el calor residual generado no se disipa, sino que se incorpora como insumo para microprocesos agrícolas específicos.

Así el proyecto se configura como un sistema acoplado dónde estructura, clima, energía y programa operan de una manera coordinada, mas que como estrategias independientes.

Sistemas de soporte a nivel de suelo.



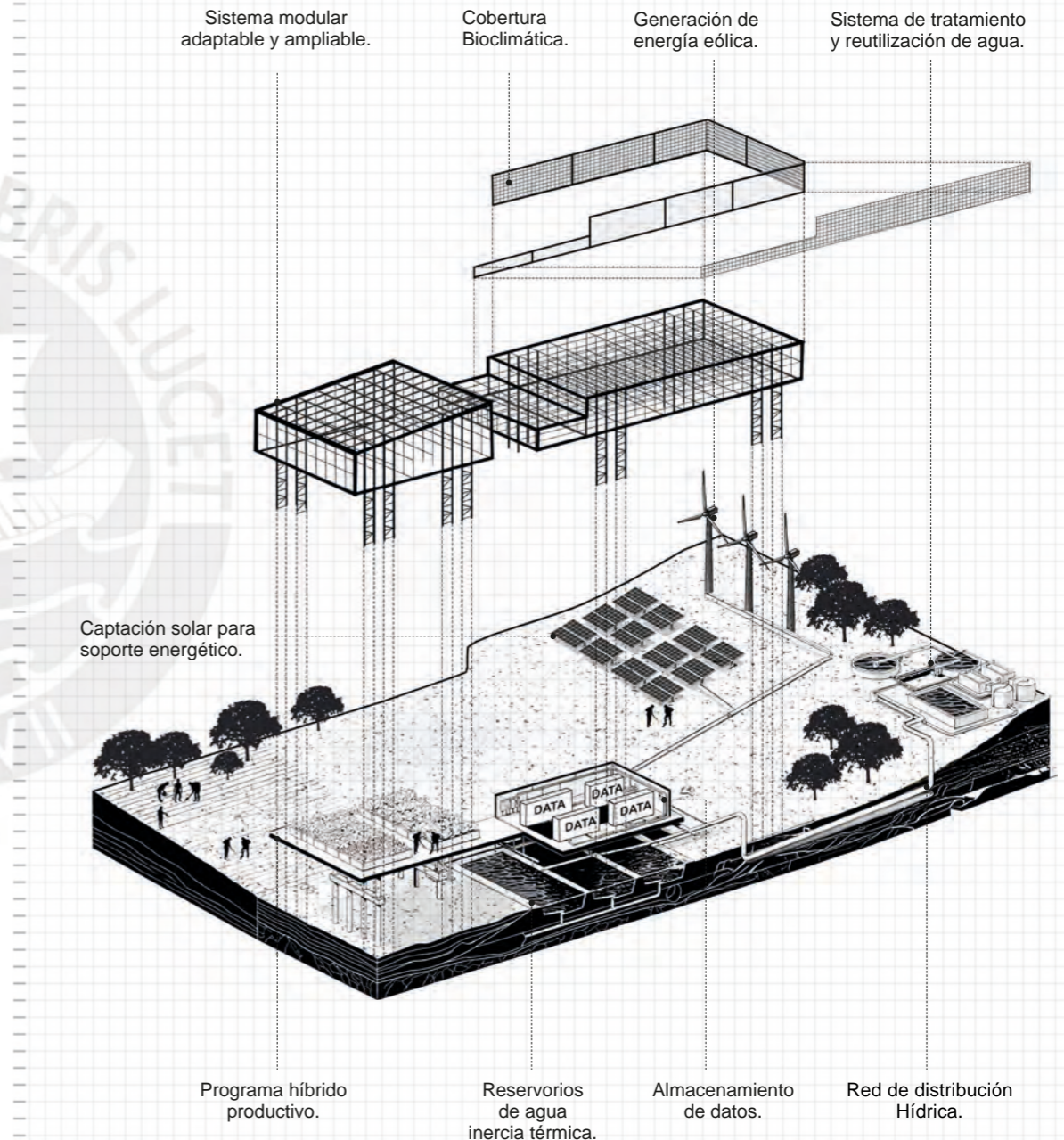
Áreas de operación técnica y secado agrícola productivo.



Fig. 63. Operación híbrida (centro de datos periurbano). Área técnica y producción. Fuente: J. Rondan (2025). Nota: Imágenes generadas con IA, editadas por autor.

Fig. 64. Sistemas operativos (centro de datos periurbano). Integración de infraestructuras energéticas, hídricas y productivas. Fuente: J. Rondan (2025).

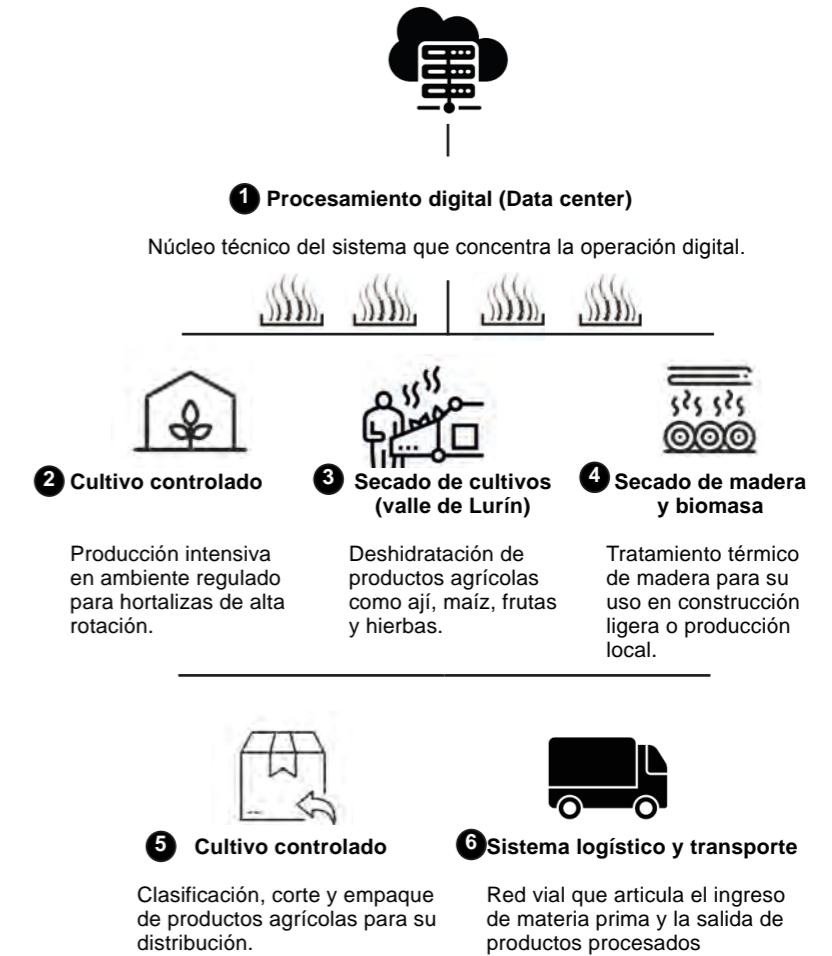
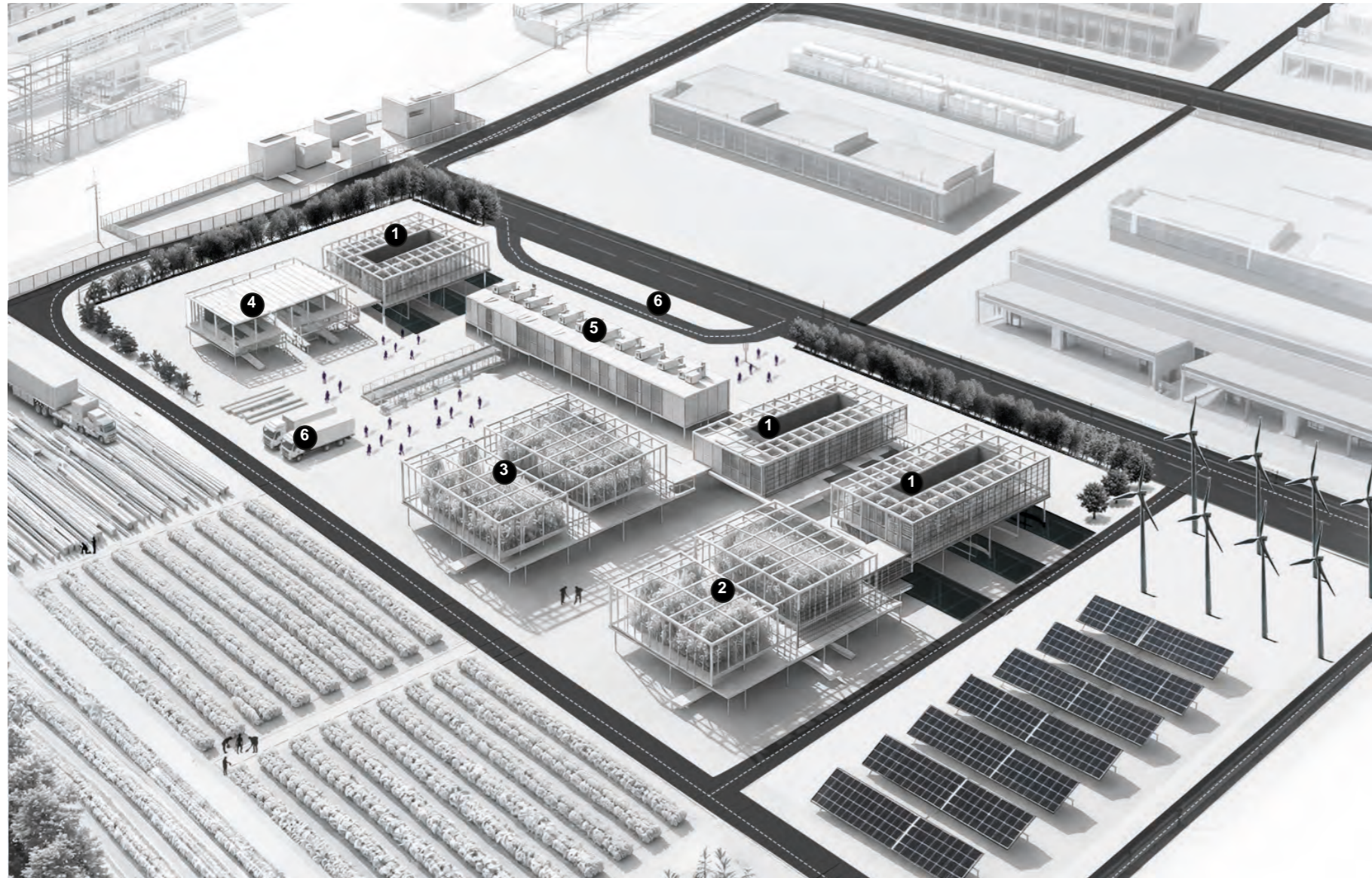
Axonometría de sistema modular y metabólico



CENTRO DE DATOS HÍBRIDO PERIURBANO



Fig. 65. Centro de datos periurbano (Lurín, Lima). Desarrollo digital en entorno industrial-productivo.
Fuente: J. Rondan (2025).



Programa Sistematizado

El proyecto se estructura a partir de una lógica modular que permite la expansión progresiva del programa. Más que un edificio cerrado, se plantea como un sistema abierto de unidades articuladas, donde cada módulo incorpora un uso específico pero mantiene vínculos funcionales con los demás.

En relación con su implantación, el conjunto se organiza a partir de las vías existentes, que permiten el ingreso de recursos y su distribución dentro del sistema. Los flujos acceden por la franja inferior del proyecto, donde se ubican las áreas de recepción y procesamiento inicial, estableciendo un punto claro de entrada.

Desde este punto, los recursos se distribuyen hacia los distintos módulos productivos: cultivo controlado, secado agrícola y tratamiento de madera y biomasa. Estos programas se articulan como una secuencia continua, permitiendo que los procesos se encadenen de manera eficiente dentro del conjunto.

La barra longitudinal actúa como un eje logístico que concentra las operaciones de acondicionamiento, empaque y almacenamiento, organizando la transición entre las distintas etapas del proceso. A partir de este eje, los productos son reinsertados en la red vial superior, permitiendo su salida y distribución hacia el mercado.

De este modo, el proyecto no solo agrupa programas, sino que estructura un sistema operativo claro donde la arquitectura organiza los flujos de entrada, transformación y salida, consolidándose como una infraestructura productiva articulada.

Fig. 66. Centro de datos periurbano (Lurín, Lima). Programa híbrido en entorno industrial-productivo. Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 67. Centro de datos periurbano (Lurín, Lima). Articulación programática del sistema híbrido. Fuente: J. Rondan (2025).



Infraestructura Evolutiva

El programa se concibe desde una lógica productiva compatible con el contexto inmediato: un semiterritorio árido interrumpido por tejidos agrícolas dispersos y lotes industriales, en búsqueda de nuevas formas de integración. La temporalidad se entiende no como el fin del edificio, sino como una variable activa de diseño; mediante sistemas constructivos reversibles y ensamblajes desmontables, la arquitectura permite que los programas muten según las exigencias del entorno.

Se proyectan escenarios donde el desmantelamiento de salas blancas y componentes técnicos no implique demolición, sino la liberación de espacio para nuevas infraestructuras. Esta flexibilidad redefine el centro de datos: deja de ser un volumen cerrado para convertirse en un soporte evolutivo capaz de reintegrarse en ciclos productivos en entornos como el sur de Lima.



Fig. 68. Centro de datos periurbano (Lurín, Lima). Integración con sistemas productivos y energéticos [izquierda].
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 69. Infraestructura evolutiva (Lurín, Lima). Escenarios de transformación y desmontaje progresivo [derecha].
Fuente: J. Rondan (2025).



Urbano

Zona urbana de Arequipa

Considerando otros imaginarios posibles, la inserción de un centro de datos no tiene por qué limitarse a ciudades capitales. La tesis busca, incluso, poner en crisis las teorías que asocian estas infraestructuras únicamente con zonas de alta centralidad o con corredores altamente técnicos al situarlo en contextos que no responden a esa lógica como áreas empresariales en expansión en ciudades como Arequipa, o en bordes urbanos con dinámicas fragmentadas donde se abre la posibilidad de cuestionar cómo estas arquitecturas pueden operar en territorios menos evidentes y cómo afectarán, a su vez, a los sistemas urbanos existentes.

De la misma manera, incorporar escenarios de crisis hídrica permite tensionar aún más el discurso, reconociendo que tanto la escasez de agua como la creciente presencia de centros de datos son fenómenos inevitables en el futuro cercano. Al enfrentarse a territorios donde el recurso hídrico es limitado, la tesis no solo propone soluciones técnicas, sino que invita a reflexionar sobre qué significa insertar estas infraestructuras en contextos vulnerables, qué responsabilidades adquieren y cómo pueden transformarse para coexistir con sus propios impactos.

En este sentido, el centro de datos puede ubicarse dentro de tejidos mixtos —desde zonas corporativas consolidadas en Lima hasta parques empresariales emergentes en provincias—, pero manteniendo los lineamientos generales del sistema. La variación del contexto permite que el proyecto, no solo se adapte, sino que revele sus limitaciones, contradicciones y oportunidades, demostrando que estas infraestructuras pueden leerse como herramientas críticas y proyectuales a la vez.

Fig. 70. Zona financiera (Cerro Colorado, Arequipa). Vista aérea.
Fuente: City Towers Perú (s.f.).





Zona de nuevas oficinas y comercio.



Áreas residenciales



Áreas de suelo productivo segregado



Leyenda

Sistemas Operativos

- Vías Principales
- I.Educativas
- Edificaciones
- +++ Línea de trans. eléctrica

Sistemas intangibles

- Suelo Agrícola
- Áreas verdes
- ≡ Riegos geológicos

0 100 200 m

Fig. 71. Centro de datos urbano (Transecto Arequipa). Lectura territorial.
Fuente: J. Rondan (2026), basada en IGN, MVCS, ANA y Open Buildings (Google). Nota: cartografía base de Google Earth.

Programa Técnico

El edificio, al igual que el caso periurbano, proyecta albergar los espacios técnicos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento eficiente y seguro del centro de datos en un entorno urbano o en crecimiento. Esto incluye las salas grises para equipos de soporte y mantenimiento, áreas específicas para la recepción y distribución de energía, las salas blancas para el manejo de servidores y sistemas de refrigeración, y espacios de control donde se supervisa la operatividad del centro.

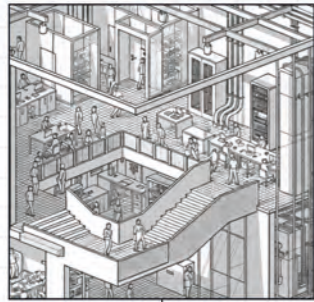
En un contexto urbano, estos espacios se integran en un diseño que no solo responde a las necesidades tecnológicas, sino que también se adapta a las dinámicas cambiantes de la ciudad, considerando la accesibilidad, la conectividad y la posibilidad de expansión conforme la ciudad se desarrolla.

Hibridación contextualizada

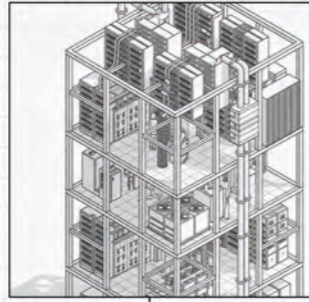
La propuesta establece una relación simbiótica con el tejido urbano mediante niveles inferiores permeables que actúan como extensiones del espacio público. En esta base convergen programas sociales, culturales y comunitarios que coexisten con oficinas e incubadoras tecnológicas. Esta apertura dinamiza el entorno y convierte la actividad ciudadana en flujos de información constantes, procesados y almacenados por la infraestructura de datos integrada en el edificio.

Ante el estrés hídrico, la arquitectura incorpora una estrategia de metabolismo circular. Se diseñan reservorios vinculados al paisaje que funcionan como dispositivos de captación para el reuso del agua en el enfriamiento de salas blancas y riego garantizando la eficiencia operativa mientras regenera el ecosistema urbano circundante.

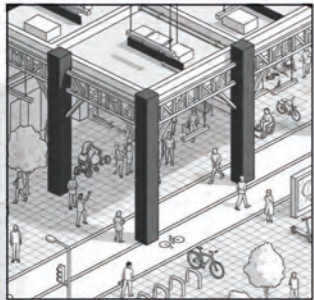
15% Oficinas
-Co-Working



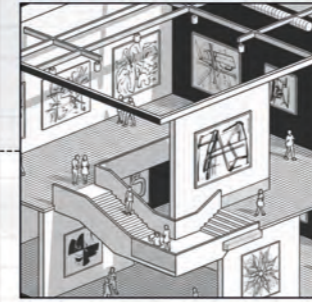
50% Data Center
-Salas Blancas
-Salas grises
-Salas Operativas



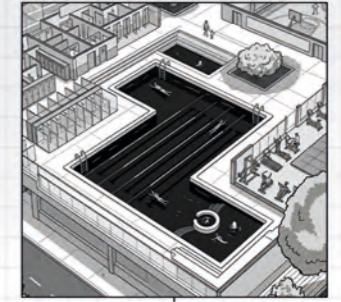
15% Comercio
-Comercio local
-Movilidad sostenible



20% Cultural
-Museo
-Centro Cultural
-Talleres de arte



Salud y deporte.
-Espacios deportivos.
-Piscinas recreativas y terapéuticas



Espacio urbano
-Reservorios
-Red térmica urbana y residencial

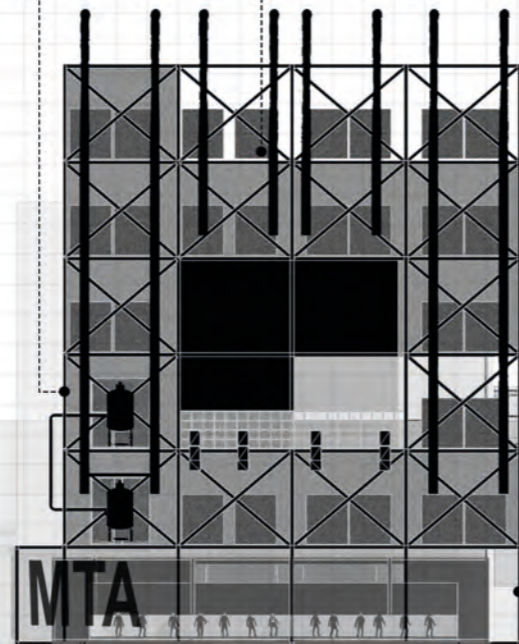
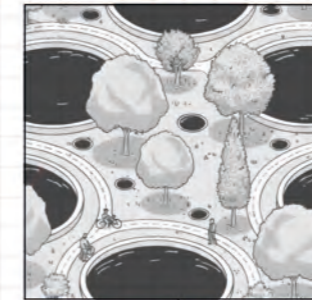


Fig. 72. Centro de datos urbano (Arequipa). Sección de estrategias proyectuales. Fuente: J. Rondan (2026).

Sistema Urbano

El centro de datos urbano propone seguir la lógica de las estrategias del discurso proyectual, mediante el uso de estructuras modulares y adaptables que pueden insertarse tanto en construcciones existentes como en obra nueva, haciendo visible su posible condición temporal.

Asimismo, plantea la reutilización del agua proveniente de las salas blancas, la cual se almacena en reservorios para su posterior uso en el mantenimiento de espacios públicos. A esto se suma la incorporación de programas anexos que no interfieren con su funcionamiento y que, a diferencia del modelo periurbano, buscan generar un mayor vínculo entre las personas y los espacios públicos, tanto en el exterior como al interior del edificio.

El modelo también considera la reutilización del calor residual para la calefacción de los programas insertados e híbridos, así como su posible transferencia hacia programas cercanos, ya sea en otras infraestructuras o en el espacio público. En este sentido, la primera planta libre, destinada a usos comerciales y públicos, busca activar este modelo híbrido urbano y reforzar su relación con la ciudad.

De este modo, el centro de datos se posiciona no solo como una infraestructura tecnológica, sino también como un activador del espacio público y un soporte hídrico y térmico dentro del entorno urbano.

Relación de sala de servidores con el entorno.



Hibridación de sala de servidores y oficinas.

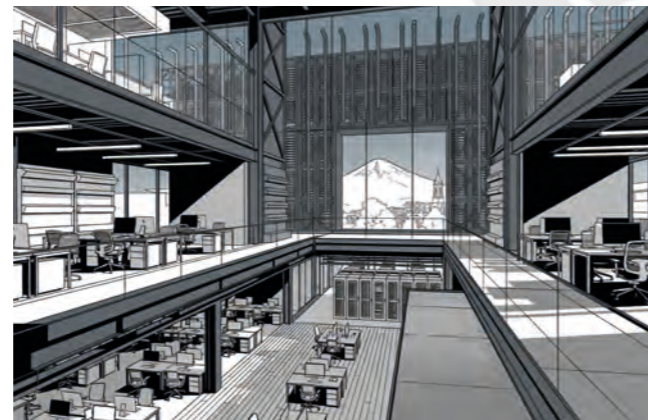


Fig. 73. Permeabilidad (centro de datos urbano). Núcleo de servidores y entorno.
Fuente: J. Rondan (2025). Nota: Imágenes generadas con IA, editadas por autor.

Axonometría de sistema híbrido urbano

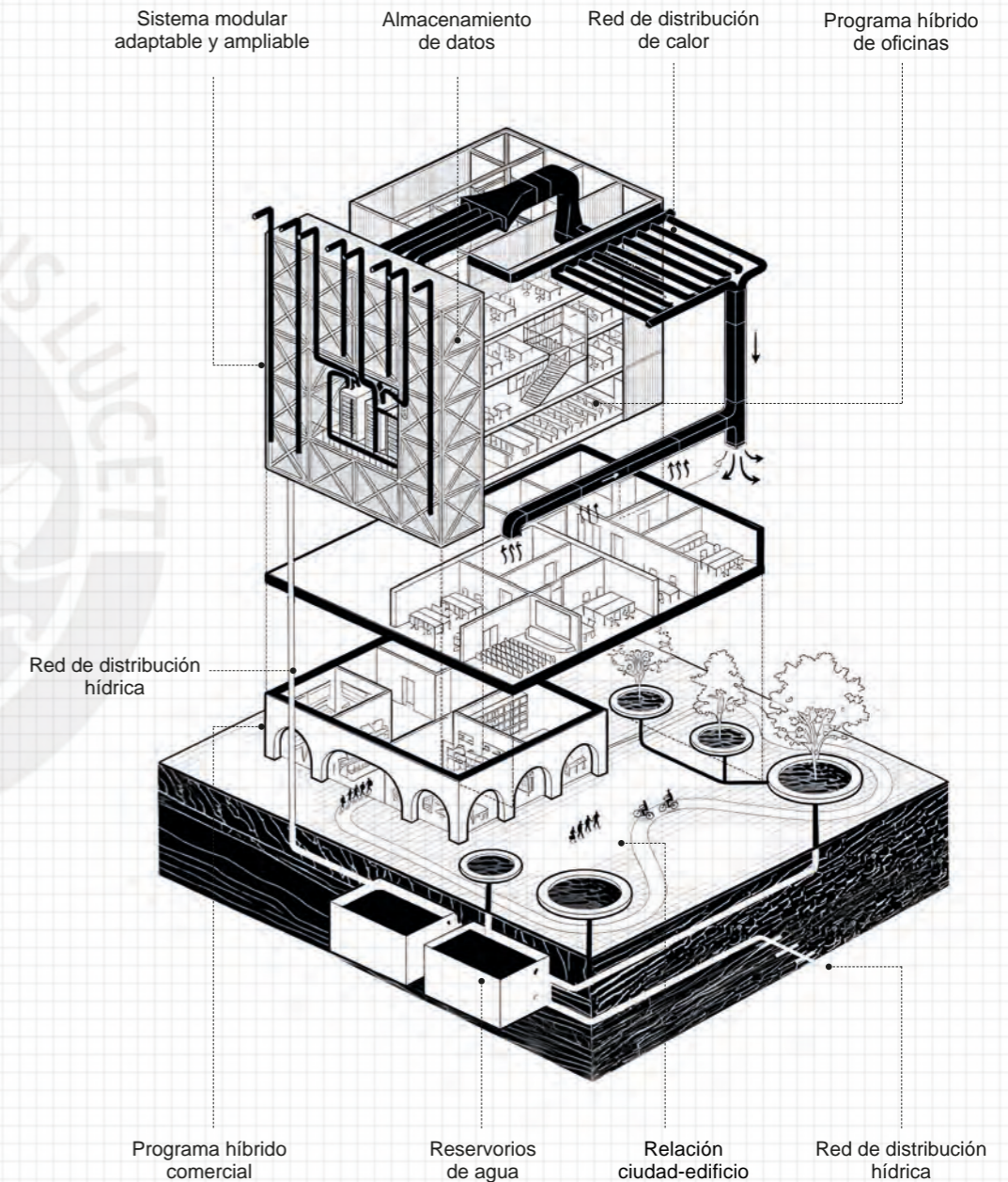


Fig. 74. Sistemas operativos (centro de datos urbano). Integración de infraestructuras energéticas, hídricas y urbanas.
Fuente: J. Rondan (2025).

CENTRO DE DATOS HÍBRIDO URBANO

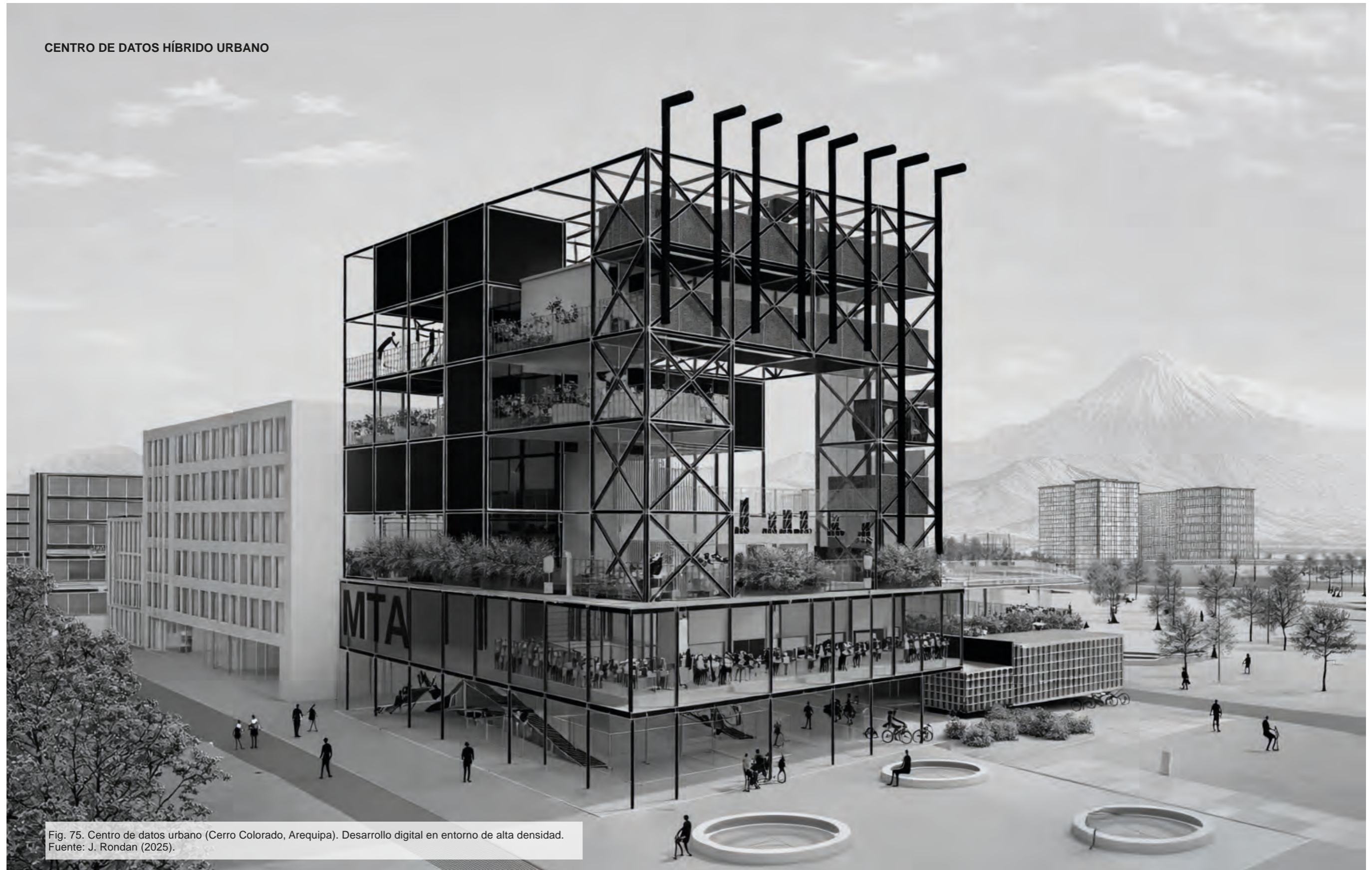
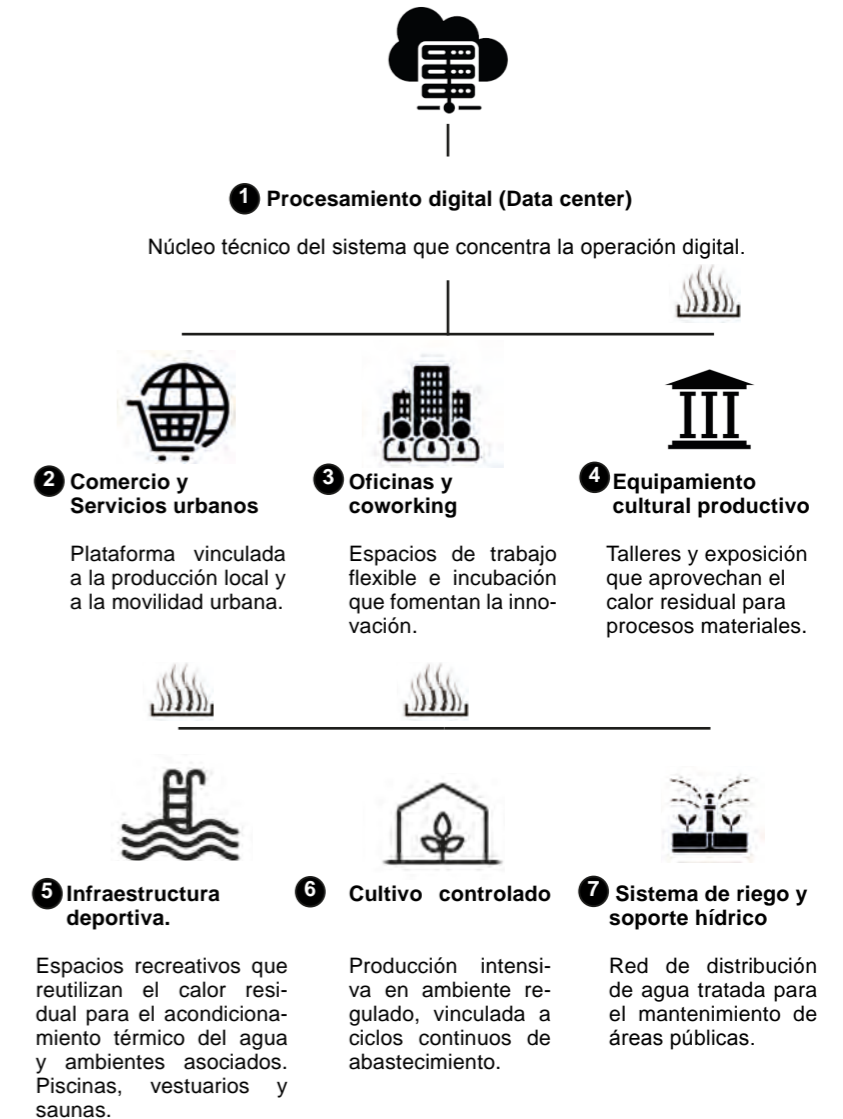


Fig. 75. Centro de datos urbano (Cerro Colorado, Arequipa). Desarrollo digital en entorno de alta densidad.
Fuente: J. Rondan (2025).



Programa Sistematizado

A partir de esta base operativa, el proyecto traslada la infraestructura hacia una dimensión activa dentro de la ciudad, donde los flujos térmicos e hídricos no se limitan al funcionamiento interno, sino que se extienden como soporte de nuevos usos colectivos. El calor residual se redistribuye mediante una red integrada que permite su aprovechamiento en distintos puntos del conjunto, transformándolo en un recurso capaz de activar programas urbanos.

Esta energía se emplea en el acondicionamiento de espacios deportivos, como piscinas, vestuarios y saunas, así como en talleres donde el calor facilita procesos materiales y productivos. De manera complementaria, la estabilidad térmica permite el desarrollo de cultivos controlados en entornos urbanos, mientras que la energía disponible se integra a sistemas de carga vinculados a la movilidad, ampliando su impacto más allá del edificio.

Fig. 76. Centro de datos urbano (Arequipa). Programa híbrido en entorno urbano.
Fuente: J. Rondan (2026).

Fig. 77. Centro de datos urbano (Arequipa). Articulación programática del sistema híbrido.
Fuente: J. Rondan (2025).

De este modo, la propuesta no añade simplemente nuevos programas, sino que los articula a partir de una infraestructura energética compartida, donde el calor organiza relaciones, usos y dinámicas dentro del entorno urbano.



Infraestructura Evolutiva

Esta configuración no solo resuelve la inserción urbana, sino que anticipa la obsolescencia: mientras el basamento se establece como una pieza permanente y permeable, los niveles superiores operan bajo una lógica de ocupación transitoria.

Sobre esta base se eleva una estructura modular tipo exoesqueleto, diseñada para permitir ampliaciones o ajustes programáticos según la demanda. Los servidores, al poseer ciclos de vida efímeros, refuerzan esta condición de reversibilidad; tanto los componentes técnicos como el soporte que los sostiene están pensados para un desmontaje limpio, sin recurrir a demoliciones. Este escenario permite que el edificio se amolde al ritmo cambiante de la ciudad.

Fig. 78. Centro de datos urbano (Arequipa). Inserción en tejido urbano y espacio público [izquierda].
Fuente: J. Rondan (2026).

Fig. 79. Infraestructura evolutiva (Arequipa). Escenarios de ocupación y transformación progresiva [derecha].
Fuente: J. Rondan (2026).



6. conclusiones

Fig. 80. Centro de Economía Digital Spark 761 (China). Espacio público y primer nivel permeable a nivel de calle. Fuente: Fernando Guerra | FG+SG (2024). Adaptado por L. Ponce. >
Nota: Imagen ampliada con IA.

Hacia una gobernanza del territorio digital

La investigación muestra que los centros de datos ya no pueden entenderse solo como equipamientos tecnológicos, sino como infraestructuras que reconfiguran el territorio peruano. Al concentrarse en la franja costera —una región altamente urbanizada, energéticamente exigida y con fuerte estrés hídrico—, estos edificios se superponen a vulnerabilidades preexistentes y amplifican tensiones sobre agua, energía y suelo. El territorio digital peruano se revela así como un sistema simultáneamente estratégico y frágil: estratégico por su potencial para articularse a redes globales de datos, y frágil por la dependencia de recursos críticos cuya disponibilidad no está garantizada.

Los ocho indicadores territoriales trabajados en la tesis no solo permiten identificar dónde es viable instalar nuevos centros de datos, sino también dónde no deberían ubicarse sin condiciones ambientales claras. El cruce de estrés hídrico, energía renovable, zonas industriales, cables submarinos y concentración urbana demuestra que la expansión digital no puede seguir solo la lógica del mercado o la especulación, sino que debe someterse a umbrales de riesgo y capacidad del territorio. El mapa multicapa propuesto configura, en ese sentido, una primera herramienta de gobernanza del territorio digital: desplaza la discusión desde el inventario de metros cuadrados hacia la gestión de recursos y vulnerabilidades.

En este marco, la descentralización no aparece como un eslogan, sino como una necesidad estructural. Casos como Chimbote, Piura–Talara o determinados nodos industriales costeros evidencian que existen alternativas a la hiperconcentración limeña, siempre que las nuevas implantaciones se articulen con energía renovable, agua reciclada y suelos previamente utilizados. El territorio digital que propone la tesis no es una red homogénea de cajas negras, sino un sistema de nodos diferenciados, calibrados según su contexto hídrico, energético y urbano.



Arquitectura: del contenedor hermético al edificio contextualizado e híbrido.

Desde la arquitectura, la investigación confirma que la tipología dominante del centro de datos en el Perú responde a un modelo estandarizado, hermético y monofuncional que poco dialoga con su entorno. Sin embargo, al someter esta tipología al lente de la contextualización y la hibridación, la tesis demuestra que estos edificios pueden operar como artefactos arquitectónicos capaces de responder al clima, al paisaje y a la ciudad. La envolvente deja de ser un mero límite técnico para convertirse en un espesor activo que regula intercambios térmicos, acústicos y visuales, adaptado a las condiciones específicas de cada región.

La hibridación programática se plantea como una respuesta directa a la condición de “caja cerrada” que caracteriza a los centros de datos actuales. Incorporar programas mixtos —educativos, públicos, logísticos o de servicio urbano— no busca romantizar la infraestructura, sino reconocer que su escala e inversión la convierten en una oportunidad para devolver algo al entorno que la sostiene. En contextos urbanos densos, esta hibridación puede traducirse en frentes activos, espacios públicos protegidos o programas comunitarios asociados a la energía y los datos; en contextos industriales o portuarios, puede materializarse en equipamientos de soporte a las cadenas productivas o a los nuevos ecosistemas tecnológicos.

La comparación con casos internacionales y académicos, como Spark 761, Benguérir o Silverline, permite extraer principios más que fórmulas. La tesis concluye que no se trata de importar modelos, sino de reinterpretar tres operaciones arquitectónicas claves para el contexto peruano: compactar donde el suelo es escaso, verticalizar donde la ciudad lo exige y reprogramar infraestructuras existentes donde el territorio ya está equipado. En todos los casos, el centro de datos deja de ser un objeto genérico para convertirse en una tipología capaz de negociar con el clima, la topografía, la trama urbana y las expectativas sociales.

Herramientas: lineamientos y estrategias

Las herramientas desarrolladas —mapa multicapa, indicadores territoriales, ranking de ciudades y matriz de hibridación programática— constituyen uno de los aportes centrales de la tesis. Más allá de la precisión de los datos, sometidos a la rapidez de cambio del sector, lo relevante es el cambio de marco de decisión que proponen: la localización y el diseño de centros de datos dejan de ser decisiones exclusivamente técnicas o comerciales y se convierten en decisiones territoriales y arquitectónicas informadas.

La matriz de hibridación y los lineamientos tipológicos funcionan como puentes entre escala territorial y escala edificatoria. Permiten que el “dónde” y el “cómo” de los centros de datos no se definan en momentos separados, sino como parte de una misma operación de proyecto. Seleccionar un nodo territorial implica, al mismo tiempo, asumir un determinado régimen hídrico, energético y urbano; y cada decisión arquitectónica —envolvente, altura, ocupación de suelo, programa mixto— se entiende como una forma concreta de mitigar o intensificar esas condiciones.

Si bien la tesis no desarrolla un proyecto arquitectónico completo ni una propuesta normativa cerrada, sí deja planteado un conjunto de criterios transferibles a políticas públicas, instrumentos de planificación urbana y decisiones de inversión. En particular, coloca sobre la mesa la necesidad de que el Estado, los gobiernos locales y los actores privados incorporen indicadores ambientales y sociales en sus evaluaciones, y reconozcan a los centros de datos como infraestructuras de impacto territorial equivalente al de puertos, aeropuertos o centrales energéticas.

Fig. 81. Centro de datos SGTm (Marruecos). Envolvente ventilada como filtro solar en fachada. Fuente: AWM Architectes (2019). Adaptado por L. Ponce. > Nota: Imagen ampliada con IA.



En conjunto, el trabajo confirma la hipótesis que guía la tesis: los centros de datos, como tipologías emergentes, pueden contextualizarse e hibridarse al caso peruano, pero solo si se asumen como parte de un proyecto territorial y arquitectónico más amplio, y no como simples contenedores técnicos al margen de la ciudad. El territorio aporta límites y oportunidades; la arquitectura, herramientas para negociar con ellos. Entre ambos se construye la posibilidad de una infraestructura digital que no solo soporte el crecimiento de los datos, sino que contribuya a un uso más justo y sostenible de los recursos del país.

Prospección proyectual

Las conclusiones no cierran el tema, sino que abren una agenda de trabajo: profundizar en simulaciones técnicas de consumo de agua y energía, ensayar prototipos arquitectónicos híbridos en emplazamientos concretos, y avanzar hacia marcos regulatorios que integren la dimensión digital en la planificación del territorio. La tesis se propone, así, como un punto de partida: una invitación a pensar los centros de datos no solo como máquinas de cálculo, sino como piezas críticas en la construcción de los territorios que queremos habitar en el siglo XXI.



Fig. 82. Compost computacional (San Sebastián). Instalación de vermicompostaje alimentada por calor de servidores.
Fuente: Tabakalera / Ars Electronica (2023), proyecto de Marina Otero Verzier. Adaptado por L. Ponce. >
Nota: Imagen ampliada con IA.

Bibliografía

- AIPRM. (2024).** AI Statistics 2024. <https://www.aiprm.com/ai-statistics/#top-10-ai-statistics-2024>
- Alvarez & Marsal. (2024).** Global Data Centre Insights 2024. <https://www.alvarezandmarsal.com/insights/global-data-centre-insights-2024>
- Agencia Andina. (2022).** Empresas de hidrocarburos pagaron US\$ 1,689.2 millones de regalías al Estado. <https://andina.pe/agencia/noticia-empresas-hidrocarburos-pagaron-16892-millones-regalias-al-estado-923942.aspx>
- Aquafondo. (2020).** Huella hídrica de los usuarios de agua de Lima Metropolitana. <https://aquafondo.org.pe/huella-hidrica-de-lima-metropolitana-una-valiosa-herramienta-para-concientizar-sobre-el-estres-hidrico-que-enfrenta-lima/>
- Arizton. (2025).** Global Data Center Market: Investment prospects in 9 regions and 53 countries 2025–2030. <https://www.arizton.com/market-reports/data-center-market-investment-forecast>
- Arizton. (2025).** Peru Data Center Market: Analysis investment & growth. <https://www.arizton.com/market-reports/peru-data-center-market>
- Augé, M. (1992).** Los no lugares: Pasajes a una antropología de la sobremodernidad. Gedisa.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2020).** Política y estrategia nacional de recursos hídricos. <https://www.ana.gob.pe>
- Autoridad Nacional del Agua. (2024).** Portal de datos espaciales y recursos hídricos. <https://www.ana.gob.pe>
- AWM Architectes Urbanistes. (2019).** Data Center Benguérir. https://www.awmountassir.ma/awm_projet/data-center-benguerir/
- Banco Mundial. (2016).** World Development Report 2016: Digital dividends. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/1683bbba-c275-580a-a2f5-c74f805b3679>
- Cancela, E. (2023).** Utopías digitales: Imaginar el fin del capitalismo. Verso Books.
- Centenario Macrópolis. (2024).** Desarrollo urbano sostenible – Macrópolis. <https://macropolis.pe/sostenibilidad/>
- Central Statistics Office (CSO). (2023).** Data Centres Metered Electricity Consumption 2022. <https://www.cso.ie/en/releasesandpublications/ep/p-dcmecc/datacentresmeteredelectricityconsumption2022/keyfindings/>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2024).** Red Hidrográfica Nacional [Capa de datos espaciales, Escala 1:100,000]. SIGRID. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigrdiv3/>
- City Towers Perú. (s.f.).** Zona urbana, residencial y financiera en Arequipa [Fotografía]. Instagram. <https://www.instagram.com/elsiitio/>
- Climate Camp Ireland. (2023).** Vampite Protesters Claim Renewables Being Hoovered up to Greenwash Data Centres. <https://climatecampireland.ie/2023/10/27/elementor-3713/>
- CNBC. (2025).** Amazon opens \$11 billion AI data center in rural Indiana as rivals race to break ground. <https://www.cnbc.com/2025/10/29/amazon-opens-11-billion-ai-data-center-project-rainier-in-indiana.html>
- Credence Research. (2025).** Latin America Internet data center (IDC) market. https://www.credenceresearch.com/report/latin-america-internet-data-center-idc-market?utm_source=chatgpt.com#summary
- CSTIC TV. (2025).** Fibra óptica: Así se conecta el Perú con Latinoamérica y el mundo. https://blog.cstictv.com/fibra-optica-asi-se-conecta-el-peru-con-latinoamerica-y-el-mundo/?utm_source=chatgpt.com
- Data Center Map. (2025).** Data centers. <https://www.datacentermap.com/datacenters/>
- Diario Gestión. (2023).** Distriluz invertirá S/ 1,461 mlls. al 2026 en subestaciones y otras obras. Gestión. <https://gestion.pe/economia/empresas/conelsur-adquiere-subsidiarias-electricas-de-buenaventura-y-gold-fields-noticia/>
- DW. (2025).** Chilean environmental activists block construction of Google AI data center over drought concerns. <https://www.dw.com/en/chilean-environmental-activists-block-construction-of-google-ai-data-center-over-drought-concerns/video-71397452>
- Environmental and Energy Study Institute (EESI). (2025).** Data centers and water consumption. https://www.eesi.org/articles/view/data-centers-and-water-consumption?utm_source=chatgpt.com
- EFE. (2025).** Quilicura: El polo chileno por los centros de datos que lucha por mantener vivo su humedal. <https://efe.com/medio-ambiente/2025-11-10/quilicura-santiago-chile-centros-de-datos-google-lucha-humedal/>
- El Peruano. (2024).** Perú, destino clave para inversión en centros de datos. https://www.elperuano.pe/noticia/246195-peru-destino-clave-para-inversion-en-centros-de-datos?utm_source=chatgpt.com
- Fenton, J. (1985).** Hybrid buildings. Princeton Architectural Press.
- Foro Económico Mundial. (2025).** La geopolítica de la IA y los centros de datos en la era de la rivalidad tecnológica. https://es.weforum.org/stories/2025/07/la-geopolitica-de-la-ia-y-los-centros-de-datos-en-la-era-de-la-rivalidad-tecnologica/?utm_source=chatgpt.com
- Fundación Telefónica. (2022).** El mapa de los cables submarinos de Internet: Las vías ocultas que conectan el mundo. <https://espacio.fundaciontelefonica.com/noticia/el-mapa-de-los-cables-submarinos-de-internet-las-vias-ocultas-que-conectan-el-mundo/>
- Google. (2023).** Open Buildings dataset: V3 South and Southeast Asia, Africa, Latin America [Dataset]. <https://sites.research.google/open-buildings/>
- Graham, S., & Marvin, S. (2001).** Splintering urbanism: Networked infrastructures, technological mobilities and the urban condition.
- Instituto Geográfico Nacional. (2024).** Base de datos cartográfica nacional. <https://www.gob.pe/ign>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018).** Perú: Perfil sociodemográfico. Informe Nacional. Censo 2017. <https://www.inei.gob.pe>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2022).** Perú: Estimaciones y proyecciones de población 1950–2050. <https://www.inei.gob.pe>
- International Energy Agency (IEA). (2022).** Data centres and data transmission networks. <https://www.iea.org>
- International Energy Agency (IEA). (2023).** Peru energy outlook. <https://www.iea.org>
- International Energy Agency (IEA). (2024).** Energy and AI: World Energy Outlook special report. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>
- International Telecommunication Union (ITU). (2024).** Measuring digital development: Facts and figures 2024. <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/facts-figures-2024/>
- Koolhaas, R., & OMA. (2019).** Modulor vs. rack de centro de datos [Instalación fotográfica]. E-flux Architecture. <https://www.e-flux.com/architecture/intelligence/310404/data-architectures>
- Lima Cómo Vamos. (2021).** Paisaje natural y zona agrícola – Lurín. <https://www.limacomovamos.org/tag/lurin/>
- LLLab. (2025).** Spark 761 – Beijing Digital Economy AIDC. <https://www.goood.cn/spark-761-beijing-digital-economy-aidc-by-lllab.htm>
- Maquieira-Alonzo, J. (2024).** Infraestructura de inteligencia artificial en Sudamérica: Una estrategia regional ante desafíos geopolíticos y ambientales. Ambientales. Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital (RLESD), 4, 1–35.
- Martidaniel. (2017).** Superordenador MareNostrum 4 en el Centro Nacional de Supercomputación [Fotografía]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2017_BSC_Superordenador_MareNostrum-4_Barcelona-Supercomputing-Center.jpg
- Ministerio de Defensa. (2024).** Sobrevuelo por los cauces de los ríos Chillón, Rímac y Lurín [Fotografía]. Wikimedia Commons. https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Sobrevuelo_por_los_cauces_de_los_r%C3%ADos_Chill%C3%B3n,R%C3%ADmac_y_Lur%C3%ADn-_54326300184.jpg
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2022).** Balance nacional de energía 2022. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/5575775-balance-nacional-de-energia-2022>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2023).** Planes de Desarrollo Urbano (PDU) y zonificación. <https://www.gob.pe/vivienda>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2021).** Informe nacional del estado del ambiente. <https://www.gob.pe/minam>
- Otero Verzier, M. (2023).** En las entrañas de la nube: Arquitectura y centros de datos.
- Parker, B., Oh, C., Dong, Z., & Ibrahim, J. (2024).** Silverline: A new model for data centers in the age of AI. Verticalities at the edge of the cloud. <https://www.gsd.harvard.edu/project/2024-plimpton-poorvu-design-prize-first-prize-silverline/>
- Peña, P. (2025).** ¿Qué diablos es la Inteligencia Artificial sostenible? Instituto Latinoamericano de Terraformación (ILT). <https://terraforminglatam.net/que-diablos-es-la-inteligencia-artificial-sostenible>
- Pérez, D. (2021).** Los Pantanos de Villa: La única área protegida del Perú dentro de una ciudad [Fotografía]. Actualidad Ambiental. <https://www.actualidadambiental.pe/reportaje-revela-contaminacion-en-pantanos-de-villa-debido-a-desmon-te-basura-y-quema-de-cables/>

Bibliografía

PR Newswire. (2022). Global data centre market report 2022–2026: 73% growth in worldwide data centre raised floor space over four years. https://www.prnewswire.com/news-releases/global-data-centre-market-report-2022-2026-73-growth-in-worldwide-data-centre-raised-floor-space-over-four-years-301658558.html?utm_source=chatgpt.com

S&P Global. (2024). Geopolitics, data sovereignty & data center security. https://www.spglobal.com/en/research-insights/special-reports/look-forward/data-center-frontiers/geopolitics-data-sovereignty-data-center-security?utm_source=chatgpt.com

Statista. (2024). Internet usage in Latin America – Statistics & facts. <https://www.statista.com/topics/2432/internet-usage-in-latin-america/#topicOverview>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS. (2021). Diagnóstico de aguas residuales en el Perú. <https://www.sunass.gob.pe>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2022). Sunass presenta reporte sobre el estado de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Plataforma digital única del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/612260-sunass-presenta-reporte-sobre-el-estado-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales>

Tecnicom. (2024). Mapa de cobertura de internet dedicado – Lima. <https://tecnicom.net/servicio/internet-empresarial/internet-dedicado>

Telecommunications Industry Association. (2020). Telecommunications infrastructure standard for data centers (ANSI/TIA-942-B). Fiber Optics 4 Sale. <https://www.fiberoptics4sale.com/blogs/archive-posts/95047686-cabling-a-data-center-to-tia-942-standard>

TeleGeography. (2024). Submarine cable map. <https://www.submarinecablemap.com>

The New York Times. (2025). At Amazon's biggest data center, everything is supersized for A.I. <https://www.nytimes.com/2025/06/24/technology/amazon-ai-data-centers.html>

TVPerú. (2023). Estas son las 137 zonas críticas en las cuencas de ríos Chillón, Rímac y Lurín. <https://www.tvperu.gob.pe/novedades/tvperu/estas-son-las-137-zonas-criticas-en-las-cuencas-de-rios-chillon-rimac-y-lurin>

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2023). Las desigualdades amenazan una brecha más amplia a medida que aumentan los flujos de datos. https://unctad.org/es/news/las-desigualdades-amenazan-una-brecha-mas-amplia-medida-que-aumentan-los-flujos-de-datos-de-la?utm_source=chatgpt.com

Uptime Institute. (2024). Global data center survey results 2023. <https://uptimeinstitute.com/resources/research-and-reports/uptime-institute-global-data-center-survey-results-2023>

Uptime Institute. (2025). Uptime Institute issued awards. <https://uptimeinstitute.com/uptime-institute-awards/list>

World Resources Institute (WRI). (2019). Aqueduct water risk atlas. <https://www.wri.org>

Woudt, J. C. (ca. 1610). Interior de la Biblioteca de la Universidad de Leiden [Grabado]. Wikimedia Commons. https://en.wikipedia.org/wiki/Leiden_University_Library#/media/File:Woudanus1.jpg

Lista de figuras

Fig. 1. Oficina corporativa (década de 1990). Condiciones iniciales de trabajo en la cultura digital. Fuente: The Wall Street Journal (2014).

Fig. 2. Centro de datos GTD Lurín (Lima). Sala climatizada con racks para servidores. Fuente: GTD Perú (2025). Adaptado por L. Ponce. Nota: Imagen ampliada con IA.

Fig. 3. Centro de datos Cirion Technologies LIM2 (Lurín, Lima). Implantación en parque industrial Macrópolis sobre franja costera desértica con entorno urbano-productivo. Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 4. Centro de datos Cirion Technologies LIM1 (Santiago de Surco, Lima). Fachada hacia calle Orión con predominio de muro ciego en gran escala. Fuente: L. Ponce (2025). Nota: Persona incorporada con IA.

Fig. 5. Crecimiento acumulado (2000–2025). Centros de datos en Perú y el mundo. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2024) y Arizton Advisory & Intelligence (2024). Nota: Procesamiento de datos asistido por IA.

Fig. 6. Sistema de relaciones (investigación). Centros de datos: contextualización e hibridación. Fuente: L. Ponce (2025).

Fig. 7. Campus de IA de Amazon (Indiana, Estados Unidos). Implantación de gran escala en entorno agrícola. Fuente: CNBC (2025). Adaptado por L. Ponce. Nota: Imagen ampliada con IA.

Fig. 8. Campus de IA de Google (Oregón, Estados Unidos). Centro de datos. Fuente: Google (2024).

Fig. 9. Distribución territorial (escala global). Sistemas hídricos, naturales y de conectividad. Fuente: J. Rondan y L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Submarine Cable Map (2025) y World Resources Institute (2022). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 10. Centros de datos (escala global). Análisis espacial sobre imágenes satelitales. Fuente: Google Earth. Adaptado por L. Ponce (2025).

Fig. 11. Recurso energético (escala-consumo). Centros de datos: edge, core e hiper. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Equinix (2024) e International Energy Agency (2024). Nota: Procesamiento de datos asistido por IA.

Fig. 12. New Carlisle, Indiana (2017–2025). Transformación de campos cultivables en campus de IA de Amazon. Fuente: Google Earth. Adaptado por L. Ponce (2025).

Fig. 13. Centros de datos (misma escala). Comparación según ocupación de suelo (orden ascendente): 1. Win Santa Catalina (Perú); 2. GTD Lurín (Perú); 3. Google (Chile); 4. Telecom (China). Fuente: Google Earth. Adaptado por L. Ponce (2025).

Fig. 14. Centro de datos WIN Santa Catalina (Lima). Relación con huaca y espacio público; fachada posterior con instalaciones visibles. Fuente: L. Ponce (2025).

Fig. 15. Centros de datos en Perú (2002–2025). Análisis espacial sobre imágenes satelitales. Fuente: Google Earth. Adaptado por L. Ponce (2025).

Fig. 16. Distribución territorial (Perú). Sistemas hídricos, energéticos y de conectividad. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022) y CEPLAN (2023). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 17. Implantación territorial (Lima Metropolitana). Infraestructuras hídricas, energéticas y digitales. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022) y CEPLAN (2023). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 18. Centro de datos Win Santa Catalina (Lima). Análisis arquitectónico y urbano: isometría, corte y planta. Fuente: J. Rondan y L. Ponce (2025).

Fig. 19. Expansión desregulada (10 y 20 años). Ocupación futura del suelo por centros de datos en el Perú [arriba]. Fuente: J. Rondan (2025), basada en Arizton (2024). Nota: Proyección asistida por IA; cartografía base de Google Earth.

Fig. 20. Presión sobre recursos urbanos (10 y 20 años). Consumo energético e hídrico por centros de datos en Lima Metropolitana [abajo]. Fuente: J. Rondan (2025), basada en Arizton (2024). Nota: Proyección asistida por IA; cartografía base de Google Earth.

Fig. 21. Centro de datos Cirion Lurín (Lima). Borde perimetral hacia vía industrial, con equipos energéticos visibles sobre el cerramiento. Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 22. Criterios de análisis (investigación). Variables para interpretación territorial con enfoque cualitativo-cuantitativo. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Equinix (2024), Knight Frank (2024) y Alvarez & Marsal (2024).

Fig. 23. Superposición de sistemas territoriales (Perú). Lectura en capas y desfase sistémico [arriba]. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018).

Fig. 24. Distribución de centros de datos (Perú). Sistemas de conectividad, energéticos y urbanos [abajo]. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025) y Uptime Institute (2025).

Fig. 25. Sistemas territoriales (Perú). Sistemas hídricos y energéticos. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 26. Sistemas territoriales (Perú). Uso de suelo: sistemas de conectividad, urbanos y económicos-productivos. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 27. Sistemas territoriales (Macroregiones). Superposición de sistemas para Lima, Arequipa y Piura. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2026), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 28. Imágenes de sistemas de operatividad (Lima Metropolitana). Subestación eléctrica, cobertura de internet dedicado, desarrollo urbano y tratamiento de aguas. Fuente: Diario Gestión (2023), Tecnicom (2024), Centenario Macrópolis (2024) y SUNASS (2022).

Fig. 29. Capacidad instalada (Lima Metropolitana). Sistemas de operatividad. Fuente: J. Rondan (2025), basada en IGN, MVCS, ANA y gobiernos locales. Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 30. Imágenes de contexto territorial (Lima–Lurín). Paisaje natural y agrícola, infraestructura vial, cauce del río y humedales. Fuente: Lima Cómo Vamos (2021), TVPerú (2023), Ministerio de Defensa (2024) y Diego Pérez / SPDA (2021).

Fig. 31. Áreas naturales (Lima Metropolitana). Sistemas intangibles. Fuente: J. Rondan (2025), basada en IGN, MVCS, ANA y gobiernos locales. Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 32. Contraste territorial (Lurín, Lima). Sistemas intangibles y de conectividad. Fuente: J. Rondan (2025), basada en IGN, MVCS, ANA y gobiernos locales. Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 33. Contraste territorial (Lima Metropolitana). Superposición de sistemas de operatividad e intangibles para localización de centros de datos. Fuente: J. Rondan (2025), basada en IGN, MVCS, ANA y gobiernos locales. Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 34. Infraestructura energética (Piura). Refinería de Talara el borde costero. Fuente: Agencia Andina (2023)

Fig. 35. Componentes territoriales (macroregión norte). Energía, conectividad y redes logísticas [izquierda]. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 36. Componentes urbano-industriales (Talara, Perú). Convergencia de infraestructuras y condiciones ambientales [derecha]. Fuente: L. Ponce (2025), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 37. Sistemas periurbanos (Characato, Arequipa). Sistemas energéticos, hídricos y productivos [arriba]. Fuente: L. Ponce (2026), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 38. Configuración en suelo agrícola (escala pequeña). Componentes territorial-proyectuales [abajo]. Fuente: L. Ponce (2026).

Fig. 39. Sistemas urbanos (San Isidro, Lima). Sistemas energéticos, de conectividad y financieros [arriba]. Fuente: L. Ponce (2026), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Lista de figuras

Fig. 40. Configuración en alta densidad (escala media). Componentes territorial–proyectuales [abajo].
Fuente: L. Ponce (2026).

Fig. 41. Sistemas territoriales (Talara, El Pato). Sistemas energéticos, hídricos y logísticos [arriba].
Fuente: L. Ponce (2026), basada en Data Center Map (2025), Uptime Institute (2025), MINEM (2022), CEPLAN (2023) e INEI (2018). Nota: Cartografía base de Google Earth.

Fig. 42. Configuración en suelo logístico (campus IA). Componentes territorial–proyectuales [abajo].
Fuente: L. Ponce (2026).

Fig. 43. Complejo energético–digital (Characato, Arequipa). Integración con sistemas agrícolas y territoriales [izquierda].
Fuente: L. Ponce (2026). Nota: Imagen generada con IA, editada por autor.

Fig. 44. Configuración territorial (Characato, Arequipa). Articulación con tejido agrícola, asentamientos urbanos y soporte energético-científico [derecha].
Fuente: L. Ponce (2026), basada en Google Earth.

Fig. 45. Centro de datos hídrico–árido (Talara, Perú). Articulación entre infraestructura, agua y territorio [izquierda].
Fuente: L. Ponce (2026). Nota: Imagen generada con IA, editada por autor.

Fig. 46. Implantación de campus IA (Talara, Perú). Integración con sistemas energéticos e hídricos a escala territorial [derecha].
Fuente: L. Ponce (2026), basada en Google Earth.

Fig. 47. Centro de datos Equinix LM1 (Lima). Área técnica y de respaldo energético con equipos diésel como fuente principal.
Fuente: L. Ponce (2025).

Fig. 48. Metodología proyectual (investigación). Lineamientos y estrategias generales.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 49. Biblioteca de la Universidad de Leiden (Países Bajos). Grabado de sala de estantes de libros [arriba].
Fuente: Woudanus, J. C., grabado por Swanenburgh, W. (ca. 1610).

Fig. 50. Superordenador MareNostrum 4 (Centro Nacional de Supercomputación). Sala de servidores [abajo].
Fuente: Martidaniel (2017).

Fig. 51. Zonificación técnica (centro de datos). Configuración compacta.
Fuente: J. Rondan (2025), basada en TIA-942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers.

Fig. 52. Zonificación híbrida (centro de datos). Integración de programas.
Fuente: J. Rondan (2025), basada en TIA-942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers.

Fig. 53. Centro de datos (densidad urbana). Desarrollo vertical.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 54. Centro de datos (expansión periurbana). Desarrollo horizontal.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 55. Estrategias constructivas (centro de datos). Estructuras modulares y adaptativas.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 56. Estrategias bioclimáticas (centro de datos). Confort térmico y captación y reuso hídrico.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 57. Estrategias de integración (centro de datos). Plantas libres e hibridación programática.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 58. Variables cuantificadas (casos de estudio). Comparación radial de sistemas y recursos.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 59. Zona industrial Macrópolis (Lurín, Lima). Vista aérea.
Fuente: Centenario (2025).

Fig. 60. Centro de datos periurbano (Transecto Lima Sur). Lectura territorial.
Fuente: J. Rondan (2025), basada en IGN, MVCS, ANA y Open Buildings (Google). Nota: cartografía base de Google Earth.

Fig. 61. Centro de datos periurbano (Transecto Lima Sur). Sección de emplazamiento y sistemas productivos.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 62. Centro de datos periurbano (Transecto Lima Sur). Sección de estrategias proyectuales.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 63. Operación híbrida (centro de datos periurbano). Área técnica y producción.
Fuente: J. Rondan (2025). Nota: Imágenes generadas con IA, editadas por autor.

Fig. 64. Sistemas operativos (centro de datos periurbano). Integración de infraestructuras energéticas, hídricas y productivas.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 65. Centro de datos periurbano (Lurín, Lima). Desarrollo digital en entorno industrial–productivo.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 66. Centro de datos periurbano (Lurín, Lima). Programa híbrido en entorno industrial–productivo.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 67. Centro de datos periurbano (Lurín, Lima). Articulación programática del sistema híbrido.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 68. Centro de datos periurbano (Lurín, Lima). Integración con sistemas productivos y energéticos [izquierda].
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 69. Infraestructura evolutiva (Lurín, Lima). Escenarios de transformación y desmontaje progresivo [derecha].
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 70. Zona financiera (Cerro Colorado, Arequipa). Vista aérea.
Fuente: City Towers Perú (s.f.).

Fig. 71. Centro de datos urbano (Transecto Arequipa). Lectura territorial.
Fuente: J. Rondan (2026), basada en IGN, MVCS, ANA y Open Buildings (Google). Nota: cartografía base de Google Earth.

Fig. 72. Centro de datos urbano (Arequipa). Sección de estrategias proyectuales.
Fuente: J. Rondan (2026).

Fig. 73. Permeabilidad (centro de datos urbano). Núcleo de servidores y entorno.
Fuente: J. Rondan (2025). Nota: Imágenes generadas con IA, editadas por autor.

Fig. 74. Sistemas operativos (centro de datos urbano). Integración de infraestructuras energéticas, hídricas y urbanas.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 75. Centro de datos urbano (Cerro Colorado, Arequipa). Desarrollo digital en entorno de alta densidad.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 76. Centro de datos urbano (Arequipa). Programa híbrido en entorno urbano.
Fuente: J. Rondan (2026).

Fig. 77. Centro de datos urbano (Arequipa). Articulación programática del sistema híbrido.
Fuente: J. Rondan (2025).

Fig. 78. Centro de datos urbano (Arequipa). Inserción en tejido urbano y espacio público [izquierda].
Fuente: J. Rondan (2026).

Fig. 79. Infraestructura evolutiva (Arequipa). Escenarios de ocupación y transformación progresiva [derecha].
Fuente: J. Rondan (2026).

Fig. 80. Centro de Economía Digital Spark 761 (China). Espacio público y primer nivel permeable a nivel de calle. Fuente: Fernando Guerra | FG+SG (2024). Adaptado por L. Ponce. Nota: Imagen ampliada con IA.

Fig. 81. Centro de datos SGTM (Marruecos). Envolvente ventilada como filtro solar en fachada.
Fuente: AWM Architectes (2019). Adaptado por L. Ponce. Nota: Imagen ampliada con IA.

Fig. 82. Compost computacional (San Sebastián). Instalación de vermicompostaje alimentada por calor de servidores.
Fuente: Tabakalera / Ars Electronica (2023), proyecto de Marina Otero Verzier. Adaptado por L. Ponce. Nota: Imagen ampliada con IA.