



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

NIVEL DE INTELIGENCIA DE LAS EDIFICACIONES EN EL DISTRITO DE SAN
ISIDRO-LIMA- HASTA EL 2022

Línea de investigación:
Construcciones sostenibles y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ingeniería

Autor

Vera Caparachin, Jose Luis

Asesor

Collins Camones, Jose Carlos
ORCID: 0000-0002-3693-3481

Jurado

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

Soto Soto, Luis

Ccasani Allende, Julián

Lima - Perú

2024



NIVEL DE INTELIGENCIA DE LAS EDIFICACIONES EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO-LIMA- HASTA EL 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	domosistemas.com Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	www.casadomo.com Fuente de Internet	1%
5	www.solerpalau.com Fuente de Internet	1%
6	www.siberzone.es Fuente de Internet	1%
7	www.innovaciondigital360.com Fuente de Internet	1%
8	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	www.computerworld.es Fuente de Internet	



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

NIVEL DE INTELIGENCIA DE LAS EDIFICACIONES EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO-LIMA- HASTA EL 2022

Línea de Investigación:

Construcciones sostenibles y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ingeniería

Autor

Vera Caparachin, Jose Luis

Asesor

Collins Camones, Jose Carlos

ORCID: 0000-0002-3693-3481

Jurado

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

Soto Soto, Luis

Ccasani Allende, Julián

Lima – Perú

2024

Dedicatoria

A mi madre BERTHA CAPARACHIN DE VERA, si estuvieras hoy a mi lado seguro que me dirías una de tus frases “Él persevera, alcanza” y a mi viejo lindo JOSE NATHANAEL VERA CARRASCO aun extraño las charlas y tus consejos. Gracias por ser mis padres.

A mi hijo JOSE MIGUEL VERA DELERNA, de niño me decía “Papá, soy uno sabio” y hoy estoy convencido que tienes razón.

Agradecimiento

A mis hermanos Flor de María, Miguel y Bertha, por su apoyo, aliento y confianza, siempre.

A mi familia Amanda Delerna, Nathaly, Jose Miguel y Joaquín Mariano, por darme su amor todo momento, los amo.

Y a todos los que hicieron posible que llegue a ser Doctor en Ingeniería. Muchas gracias.

INDICE

RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Descripción del problema	3
1.3 Formulación del Problema	5
1.3.1 <i>Problema General</i>	5
1.3.2 <i>Problemas Específicos</i>	5
1.4 Antecedentes	5
1.4.1 <i>Antecedentes Nacionales</i>	5
1.4.2 <i>Antecedentes Internacionales</i>	6
1.5 Justificación de la investigación	14
1.6 Limitaciones de la investigación	16
1.7 Objetivos de la investigación	17
1.7.1 <i>Objetivo general</i>	17
1.7.2 <i>Objetivos específicos</i>	17
1.8 Hipótesis	17
1.8.1 <i>Hipótesis General</i>	17
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Marco conceptual	18
2.1.2 <i>Definición de Edificios Domóticos e inmóticos</i>	21
2.1.3 <i>Alternativas innovadoras modernas para definir edificios inteligentes Smart vs Edificio inteligente</i>	23

2.1.4 Métodos de evaluación del desempeño	29
2.2 Aplicaciones tecnológicas modernas de los edificios inteligentes	30
2.2.1 Ver y priorizar datos	35
2.2.2 Dispositivos de seguimiento inteligente	36
2.2.3 Aplicaciones y soluciones inteligentes en el contexto de los edificios inteligentes	40
2.2.4 Sistema de calefacción, refrigeración y aire acondicionado (HVAC)	47
2.2.4.1 Termostatos Inteligentes (Smart Thermostats)	50
2.2.4.2 Calentadores de agua inteligentes (Smart Water Heaters)	51
2.2.5 Sensores y Actuadores en Edificios Inteligentes	53
2.2.6 Sistemas de Gestión e Información Energética (EMIS)	56
2.2.7 Redes y comunicación	59
2.2.7.1 método de línea de bus (Bus line)	60
2.2.7.2 Comunicación por línea eléctrica – Power line communication (PLC)	61
2.3 Ventajas de los Edificios Inteligentes	64
2.3.1 Beneficios relacionados con el ahorro de energía	64
2.3.2 Beneficios no relacionados con el ahorro de energía	68
2.3.2.1 Espacios flexibles y dinámicos	69
2.3.2.2 Mantenimiento predictivo	70
2.3.2.3 Seguridad	71
2.3.2.4 Eficiencia de los Usuarios	73
2.3.2.5 Efectos sobre el valor del edificio	74
2.4 Perspectivas y desafíos para el futuro de los edificios inteligentes	74
2.4.1 Perspectivas para el desarrollo de edificios inteligentes	75
2.4.1.1 Energía verde y producción descentralizada	76
2.4.1.2 Red inteligente y ciudades inteligentes	81
2.4.2 Desafíos en la evolución de los edificios inteligentes	85
2.4.3 Características esenciales de los Edificios Inteligentes	88
III. MÉTODO	94
3.1 Tipo de investigación	95
3.2 Población y muestra	95
3.2.1 Población	95
3.2.2 Muestra	96
3.3 Operacionalización de variables	97

3.3.1 Operacionalización de variables	97
3.4 Instrumentos	98
3.5 Procedimientos	99
3.6 Análisis de datos	100
3.7 Consideraciones éticas	100
IV. RESULTADOS	101
4.1 Interpretación de Resultados	101
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	110
5.1 Nivel descriptivo	110
VI. CONCLUSIONES	118
6.1 Conclusiones Generales	118
6.2 Conclusiones Específicas	118
VII. RECOMENDACIONES	120
7.1 Recomendaciones Generales	120
7.2 Recomendaciones Específicas	120
VIII. REFERENCIAS	123
IX. ANEXOS	131
6.1 Matriz de consistencia	131
9.2 Encuesta	132

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Contadores inteligentes	38
Tabla 2	Monitores de carga	40
Tabla 3	Concentradores inteligentes	42
Tabla 4	Electrodomésticos inteligentes.....	43
Tabla 5	Enchufes inteligentes	44
Tabla 6	Iluminación Inteligente.....	45
Tabla 7	Termostatos Inteligentes.....	51
Tabla 8	Calentadores de agua inteligentes.....	52
Tabla 9	Comparación de tecnologías inalámbricas para dispositivos inteligentes	64
Tabla 10	Ahorro de energía a través de tecnologías inteligentes	66
Tabla 11	Ahorro de energía en diversas áreas de edificios comerciales.....	67
Tabla 12	Tipos de energía verde.....	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Pirámide de edificio inteligente actualizada	9
Figura 2	Edificio inteligente, sostenible y eficiente	20
Figura 3	Características de un edificio inteligente	24
Figura 4	Adaptabilidad.....	25
Figura 5	Resumen de las características tecnológicas de los edificios inteligentes	31
Figura 6	Características de las tecnologías IoT	33
Figura 7	Edificio con tecnologías IoT aplicadas a los edificios	35
Figura 8	Protocolos Konnex, Meter-Bus	61
Figura 9	Comparativa de algunos métodos de certificación de edificios.....	68
Figura 10	La energía solar registró en 2020 138,2 GW de instalaciones en el mundo	77
Figura 11	Características de una red eléctrica inteligente versus la red eléctrica actual.....	82
Figura 12	De edificios inteligentes a ciudades inteligentes	84
Figura 13	Curva de innovación.....	85
Figura 14	Proyecto de ciudades inteligentes en todo el mundo.....	88
Figura 15	Análisis del grado de preparación de los Países Europeos	90
Figura 16	Ciudades inteligentes.....	93
Figura 17	El escenario de estudio es el distrito de San Isidro de Lima, por lo que es posible acceder a la información y reúne las condiciones que la investigación necesita.	95
Figura 18	Tipo de edificación construida.....	101
Figura 19	Aplicaciones tecnológicas modernas de los edificios inteligentes	102
Figura 20	Dispositivos de seguimiento inteligente.....	102
Figura 21	Sistema de calefacción, refrigeración y aire acondicionado	104
Figura 22	Sistemas de gestión e información energética	104
Figura 23	Redes y comunicación.....	105
Figura 24	Beneficios relacionados con el ahorro de energía	106
Figura 25	Seguridad y ciberseguridad.....	107
Figura 26	Energía verde y producción descentralizada.....	108
Figura 27	Gestión de la edificación	109
Figura 28	Equipamientos no considerados	109

RESUMEN

Objetivo: Identificar el nivel de inteligencia y los sistemas inteligentes de gestión de la construcción, así como observar cómo las nuevas tecnologías se están aplicando para optimizar el diseño y los recursos en la construcción de edificaciones en el distrito de San Isidro durante la década de 2012-2022. **Método:** con una encuesta y análisis documental, utilizando un cuestionario con 64 preguntas de naturaleza dicotómica para obtener respuestas de tipo sí/no en el nivel descriptivo. Este cuestionario fue dirigido a las empresas privadas dedicadas a la ejecución de proyectos inmobiliarios en San Isidro, así como a los residentes, supervisores y consultores de obra a través de los colegios profesionales correspondientes. **Resultado:** Se recopiló la información en una base de datos y se analizaron 64 respuestas, encontrando que el 31% de las edificaciones utilizan tecnologías inteligentes. En cuanto a la gestión de la edificación, se observó que el 32% ha trabajado con arquitectos, ingenieros y profesionales especializados en edificios inteligentes, lo cual podría atribuirse a la falta de profesionales especializados en estos rubros. **Conclusiones:** se destaca que los sistemas inteligentes de gestión de la construcción buscan mejorar la eficiencia, colaboración y transparencia en todos los aspectos de un proyecto, y que solo el 22% de los encuestados utilizó herramientas de aplicación de nuevas tecnologías para la optimización del diseño y la gestión de recursos en la construcción de edificios.

Palabras clave: Edificaciones inteligentes, tecnologías en edificaciones, evaluación de inteligencia de edificios.

ABSTRACT

Objective: To identify the level of intelligence and intelligent management systems in construction, as well as to observe how new technologies are being applied to optimize design and resources in building construction in the San Isidro district during the decade from 2012 to 2022.

Method: A survey and documentary analysis were conducted using a questionnaire with 64 dichotomous questions to obtain yes/no responses at the descriptive level. This questionnaire was directed at private companies engaged in real estate project execution in San Isidro, as well as residents, supervisors, and consultants through the corresponding professional associations. **Result:** Information was collected in a database, and 64 responses were analyzed, finding that 31% of the buildings use intelligent technologies. Regarding building management, it was observed that 32% have worked with architects, engineers, and professionals specialized in intelligent buildings, which may be attributed to the lack of specialized professionals in these areas. **Conclusions:** It is highlighted that intelligent construction management systems aim to improve efficiency, collaboration, and transparency in all aspects of a project, and that only 22% of respondents used technology application tools for optimizing design and resource management in building construction.

Keywords: Intelligent buildings, technologies in buildings, building intelligence assessment.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una gran preocupación a nivel mundial por la relación entre la actividad industrial y el medio ambiente, así como por la diversidad biológica y su relevancia para el entorno. La construcción es uno de los mayores consumidores de recursos naturales, como la madera, el agua, los minerales y la energía, y también es uno de los principales responsables de la contaminación ambiental y del calentamiento global. Se estima que alrededor del 50% de la energía consumida se utiliza en edificaciones, y que aproximadamente la misma proporción de esta energía emite dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. La revista UN Environment Programme, en su artículo informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción en 2022, indica que “En 2021, las actividades de la construcción volvieron al nivel previo a la pandemia en casi todas las grandes economías, generando un mayor uso de edificios con alto consumo energético, así como una modalidad laboral híbrida. Además, muchas economías emergentes registraron un incremento en el uso de combustibles fósiles en los edificios. Esto provocó que la demanda energética de los edificios aumentara un 4%, el más alto de los últimos diez años. Las emisiones de CO₂ procedentes de estas operaciones alcanzaron su mayor nivel jamás registrado: alrededor de 10 GtCO₂, un incremento de 5% respecto a 2020 y un 2% respecto al máximo alcanzado en 2019”.

Esta perspectiva no solo ha tenido efectos en el medio ambiente, sino también en aspectos sociales, como la aparición de problemas medioambientales que pueden variar en tamaño y alcance dependiendo de los actores involucrados, la cantidad de recursos invertidos en su solución, la presencia o ausencia de gobierno y la existencia de herramientas legales, políticas, administrativas y de jurisdicción adecuadas para abordarlos y gestionarlos de manera efectiva.

Las edificaciones inteligentes no solo se basan en la satisfacción de las necesidades humanas. Los edificios son un componente clave del consumo total de energía en todo el mundo. En Estados Unidos, por ejemplo, se ha registrado que los edificios representan el 41% del consumo energético total (EIA 2010), mientras que, en Europa, el porcentaje equivalente registrado en 2010 también es del 41%, siendo superado únicamente por el sector del transporte, que representa aproximadamente el 32%, y la industria, con un 25% (Bruno et al., 2010). Por lo tanto, es evidente la necesidad de desarrollar y utilizar nuevas tecnologías inteligentes y energéticamente eficientes en el sector de la construcción.

Asimismo, se produjo un avance significativo en la automatización de las instalaciones de agua, electricidad, ventilación y climatización, lo que facilitó la eficiencia y el ahorro energético. En la actualidad, la eficiencia energética se ha convertido en una prioridad, incorporando nuevos aspectos como el encendido y apagado programado y optimizado, o la limitación de la demanda eléctrica.

1.1 Planteamiento del Problema

Es importante destacar que el grado de inteligencia de un edificio depende de varios factores, como su capacidad para satisfacer las necesidades de los usuarios y respetar el medio ambiente. En este sentido, se pueden diferenciar tres niveles de inteligencia. En el grado 1, se encuentra la inteligencia básica, donde los sistemas de telecomunicaciones están automatizados, aunque no tienen un funcionamiento completamente integrado. En el grado 2, se encuentra la inteligencia media, donde los servicios de telecomunicaciones están completamente integrados en el sistema de automatización del edificio. Finalmente, en el grado 3, se encuentra la inteligencia elevada, donde los sistemas de automatización del edificio, la actividad y las telecomunicaciones

se encuentran completamente integrados. En este nivel, el sistema de automatización del edificio se divide en un sistema básico de control, un sistema de seguridad y un sistema de ahorro de energía.

En las páginas siguientes de esta tesis se describirá en detalle el concepto de edificios inteligentes, incluyendo los fundamentos y tecnologías emergentes que definen su "inteligencia". Se abordará esta temática con el objetivo de identificar las ventajas que aportan estos edificios. Por último, se llevará a cabo una clasificación del nivel de inteligencia de los edificios construidos en el distrito de San Isidro hasta el año 2022, con el fin de determinar su nivel actual. Esta clasificación se realizará según los siguientes niveles de inteligencia:

- 1.- Domótico (automatización de edificaciones- está basada en sensores)
- 2.- Smart edificio (controlado por dispositivos internos o externos)
- 3.- Edificio inteligente (sistemas de control dinámicos correctos y sistemas de control de autoaprendizaje para optimizar las variadas interacciones y sus recursos) Sería una estructura de alta tecnología que aprovecharía las últimas innovaciones en IoT, IA, energía renovable y seguridad para ofrecer una experiencia de usuario mejorada y una eficiencia energética superior.

1.2 Descripción del problema

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en el informe presentado el diciembre del 2020 señala que: los edificios son responsables del 39% de las emisiones de CO₂, un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático al atrapar el calor en la atmósfera durante cientos de años. Además, los edificios consumen el 36% de la energía mundial, siendo la calefacción, la refrigeración y la ventilación los principales consumidores de

energía al interior. La Asociación Mexicana del Edificio Inteligente y Sustentable (IMEI) añade que el 2% del espacio urbano en todo el mundo consume el 75% de la energía y emite el 80% de los gases de efecto invernadero.

Por ello, es importante la adopción de tecnologías emergentes como el Internet de las cosas (IoT), el Big Data y los sistemas inteligentes de gestión de la construcción (iBMS). Estas tecnologías pueden contribuir significativamente a hacer que los edificios sean más eficientes y sostenibles, contribuyendo a reducir la huella de carbono y, en última instancia, combatir el cambio climático.

En el Perú, la tecnología de Edificios Inteligentes ya está presente, aunque aún es un tema nuevo. La mayoría de las edificaciones que aplican esta tecnología pertenecen a empresas extranjeras, sin embargo, la inversión inicial se verá reflejada en un ahorro de energía, mayor comodidad y seguridad a largo plazo, lo que se traduce en una mayor productividad.

En el distrito de San Isidro en Lima, considerado uno de los distritos más seguros y modernos del Perú, se otorgan alrededor de 200 licencias de construcción cada año. Sin embargo, no se ha registrado la aplicación de nuevas tecnologías en todas las edificaciones, siendo únicamente los edificios comerciales o empresariales los que hacen uso de esta tecnología. (Vera, 2022).

Es por ello que es importante destacar que para evaluar el grado de inteligencia de un edificio, es necesario que cumpla con los siguientes requisitos: eficiencia en el uso de energía y recursos renovables para lograr una máxima economía, adaptabilidad a los continuos cambios tecnológicos necesarios para los ocupantes y el entorno, capacidad para proporcionar un entorno

ecológico interior y exterior habitable y sostenible, comunicación efectiva en su operación y mantenimiento y automatización de las actividades propias de un edificio.

Por consiguiente, es importante identificar el nivel de inteligencia de las edificaciones en el distrito de San Isidro para el 2022. Esto permitirá evaluar el grado de edificaciones inteligentes y sostenibles que se han construido para poder aprovechar los beneficios de la construcción inteligente.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema General

¿Cuál es el nivel de implementación de nuevas tecnologías en las edificaciones del distrito de San Isidro para que puedan ser consideradas como edificios inteligentes?

1.3.2 Problemas Específicos

- ¿Qué sistemas inteligentes de gestión de la construcción se ha aplicado en las construcciones de las edificaciones?
- ¿Qué tipo de nuevas tecnologías se están aplicadas están optimizado del diseño y los recursos en los edificios?

1.4 Antecedentes

1.4.1 Antecedentes Nacionales

Se han revisado en las instituciones universitarias en el Perú y no se han encontrado estudios o tesis que aborden la problemática en función a dichas variables de estudio. Por consiguiente, puedo afirmar que hasta la fecha el estudio tiene carácter de inédito en el Perú.

En el Perú los proyectos sobre de edificaciones inteligentes es relativamente nuevo, en su mayoría las construcciones que cuentan con esta tecnología pertenecen a edificaciones comerciales o empresariales, de empresas con capitales extranjeros. Pero podemos citar alguna referencia relacionadas al tema, como:

Noriega (2007) en su tesis “Diseño de un sistema de control de accesos orientado a un edificio de oficinas en proceso de automatización” sostiene que:

La tecnología de Edificios Inteligentes ya está presente en el país. Poco a poco las empresas se están dando cuenta que, a largo plazo, la inversión inicial que implica el uso de esta tecnología, se verá reflejada en el ahorro de energía posterior y en una mayor comodidad y seguridad de los empleados, lo que repercutirá en su productividad.

1.4.2 Antecedentes Internacionales

Un marco para evaluar edificios de oficinas inteligentes en cuatro dimensiones: ambiental, económica, sociocultural y tecnológica. Se utilizó un modelo híbrido de toma de decisiones de múltiples atributos (MADM) y se evaluó un estudio de caso de un edificio de oficinas en Taiwán. Se encontró que la dimensión tecnológica es la más importante para evaluar la sostenibilidad de los edificios de oficinas inteligentes, seguida de la dimensión económica y sociocultural. Los criterios críticos incluyen la automatización, interactividad, gestión de residuos, innovación arquitectónica y asequibilidad. Aunque el desempeño del estudio de caso fue aceptable en términos de sostenibilidad, todavía hay margen para mejorar (Sheng-H et al., 2021).

Arteconi (2021) en el libro presenta diferentes posibilidades y análisis indicando que, el sector residencial representa el 40% del uso total de energía en Europa y EE. UU., siendo la calefacción y la refrigeración en los edificios una gran parte de este consumo. Sin embargo, los

edificios también proporcionan flexibilidad energética gracias a las cargas diferibles y controladas termostáticamente que contienen. Esta flexibilidad es esencial para abordar los desafíos de los futuros sistemas de energía, especialmente en relación con la creciente participación de fuentes de energía renovables. Las estrategias de gestión del lado de la demanda (DSM) pueden utilizarse para activar la flexibilidad energética de los edificios y se pueden dividir en tres categorías principales: (i) dispositivos de uso final energéticamente eficientes; (ii) equipos, sistemas y controles adicionales para permitir la configuración de la carga (por ejemplo, almacenamiento de energía); y (iii) sistemas de comunicación entre usuarios finales y partes externas. La identificación de las diferentes tecnologías DSM y sus efectos es primordial para lograr una gestión energética eficiente.

Latifah et al. (2020) presentaron una ponencia en la Conferencia Internacional 2020 sobre TIC para una Sociedad Inteligente (ICISS), en la cual se realiza una revisión de la literatura sobre los edificios inteligentes y su capacidad para adaptarse a diferentes características en el entorno construido. En este documento, se define el concepto de edificio inteligente y se analizan aspectos como la gestión de la energía, el confort de los ocupantes y la planificación de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Además, se aborda la importancia de la visualización a través del Modelado de Información de Construcción (BIM) como una forma de compartir información. Asimismo, se destaca la necesidad de que las características de los edificios inteligentes sean compatibles con el contexto de una ciudad inteligente, y se hace hincapié en la evaluación del impacto en el confort humano y la calidad de vida. En este sentido, el proceso de evaluación siempre debe considerar el nivel de confort humano y la mejora de la calidad de vida en el futuro. Diversos estudios demuestran cómo los organismos reguladores están buscando reemplazar el tradicional sistema de gestión de edificios por el concepto de edificio inteligente,

mediante el uso beneficioso de tecnologías inteligentes que permiten el intercambio de información, satisfacen las necesidades de los usuarios y enfrentan los desafíos de la sociedad digital, al tiempo que fomentan la transparencia y generan mayor valor para las propiedades.

Kushal (2019) en su tesis titulada "Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings" (Desarrollo de un Sistema de Evaluación para Edificios Inteligentes de Oficinas), llevó a cabo un estudio con el objetivo de crear una herramienta que evaluara la inteligencia de un edificio de oficinas y estableciera un sistema de calificación y certificación para edificios inteligentes. El autor realizó un análisis exhaustivo de la literatura disponible y seleccionó criterios asociados con los edificios inteligentes para desarrollar un modelo de herramienta de evaluación.

La herramienta diseñada por Jain evaluó un total de 90 sub-servicios presentes en un edificio de oficinas. Para asignar una ponderación adecuada a cada sistema y servicio, así como a los cuatro aspectos en los que se evaluaban estos sistemas y servicios, se utilizó el método del proceso de jerarquía analítica (AHP, por sus siglas en inglés).

El resultado final fue una herramienta completa que puede ser utilizada por diversos profesionales, como arquitectos, propietarios, gerentes de instalaciones, consultores de sostenibilidad de edificios, consultores de edificios inteligentes y profesionales de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). Esta herramienta permite evaluar la inteligencia de un edificio de oficinas de manera integral y facilita la toma de decisiones informadas para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los edificios.

La empresa BMS (Building Management System) en un artículo publicado febrero 2, 2018, sostiene que: "Los edificios necesitan un cerebro para controlar de forma inteligente los distintos

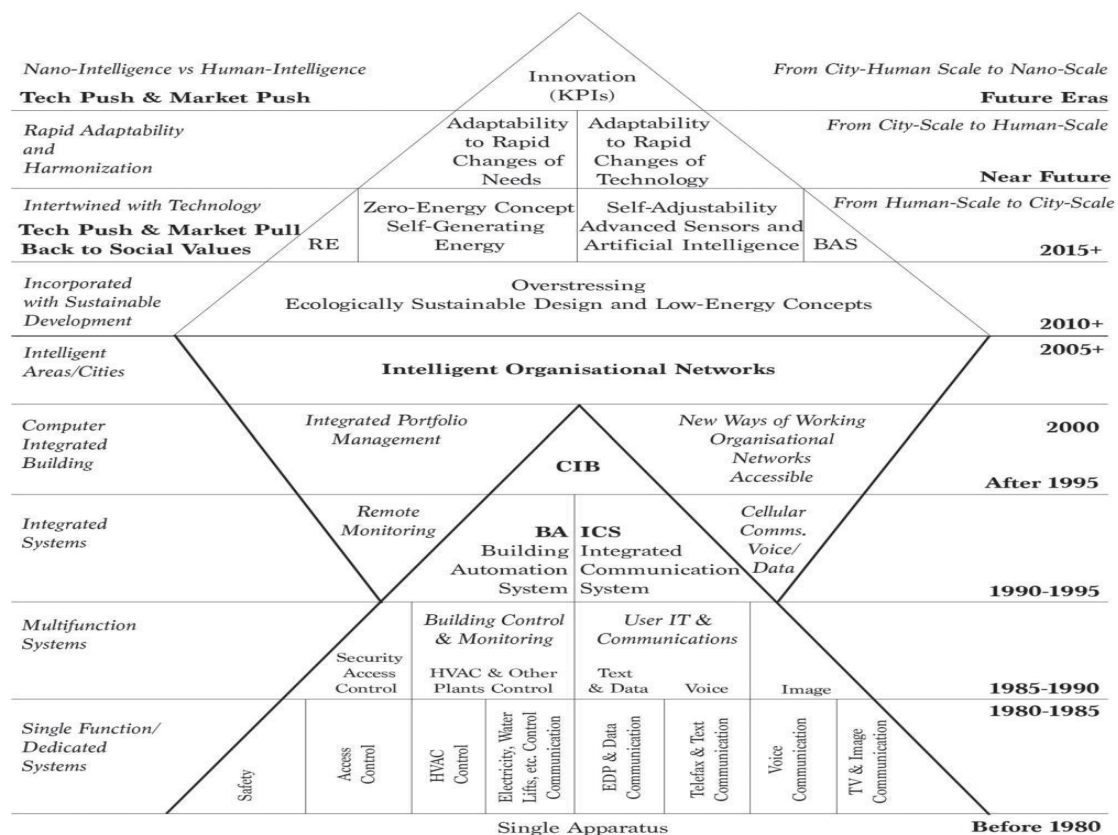
sistemas y los miles de puntos de datos que pueden generar. Una vez que estos sistemas han sido integrados, los datos de estos se asimilan y se convierten en información que permite tomar decisiones y realizar acciones para mejorar la eficacia, la comodidad y el bienestar de los ocupantes y la rentabilidad de los propietarios de los edificios.”

Un edificio inteligente va más allá de ser simplemente una estructura equipada con sensores y paneles. Los líderes empresariales inteligentes reconocen que la comunicación es un componente fundamental de una inteligencia superior. Un programa de construcción inteligente realmente efectivo combina todos los conjuntos de datos relevantes del usuario para proporcionar información clave y generar un retorno de inversión inmediato. Durante el proceso de evaluación, nos centramos en formular las preguntas adecuadas para asegurarnos de que la estrategia que recomendamos se adapte perfectamente a las necesidades de cada cliente. Escuchar atentamente tanto lo que se dice como lo que no se dice nos ayuda a anticipar las necesidades no expresadas (Cooper y Noller, 2017).

Buckman et al. (2014), en el artículo publicado "What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international perspective", analiza la evolución del concepto de "edificio inteligente" desde la década de 1980 hasta la actualidad. El objetivo de este estudio es proporcionar un marco de referencia para el diseño, evaluación y desarrollo de futuros edificios inteligentes en un futuro cercano y en las próximas eras. Y lo grafica así:

Figura 1

Pirámide de edificio inteligente actualizada



Nota. Dado el gran avance tecnológico, no cabe duda que existirá mas niveles que las KPIs. Buckman et al. (2014).

Para Ramírez (2013) presenta algunas definiciones sobre edificios inteligentes provenientes de diversos organismos especializados en el tema, estableciendo una clara diferencia entre edificios inteligentes y edificios automatizados. Actualmente, los edificios automatizados son los más comunes debido a la gran cantidad de usuarios que los utilizan. Es importante tener cuidado al interpretar las definiciones mencionadas, ya que un edificio no se considera inteligente simplemente por contar con tecnología, sino por el grado de inteligencia con el que fue diseñado, construido y operado, permitiendo su adaptabilidad a los cambios.

Ramírez (2008) en el capítulo de solución verde de las Memorias del Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño; cita el informe

"Edificación sustentable en América del Norte" de la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA) del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN), en el que se destaca que los edificios norteamericanos son responsables de emitir anualmente 2,200 millones de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera, lo que representa aproximadamente el 35% de las emisiones totales de la región. Sin embargo, gracias a las tecnologías disponibles actualmente y a las que se están desarrollando, esta cifra podría reducirse en 1,700 millones de toneladas para el año 2030, lo que equivale prácticamente a las emisiones totales del sector norteamericano del transporte en el año 2000.

Para O'Donnell y Wagener (2007) un edificio inteligente crea valor en cada una de las necesidades y requerimientos de los interesados en implementar un edificio de estas características

- Mejora la experiencia del usuario
- Mejora la experiencia de los invitados
- Atrae colaboradores (personal) de alta calidad
- Genera ambientes divertidos que inspiran, proporcionan confort, incrementa la productividad y entretenimiento
- Incrementa la diferenciación con servicios de valor agregado frente a la competencia
- Mejora el rendimiento con recursos optimizados
- Optimiza el uso de recursos
- Reduce el consumo energético y el uso de recursos naturales
- Incrementa la productividad de la fuerza de ventas
- Optimiza el uso de recursos físicos
- Mejora el rendimiento de los ambientes del edificio

- Genera nuevos ingresos a partir de nuevos servicios
- Genera nuevos modelos de negocio para incrementar la oportunidad en el mercado

Dentro de los edificios inteligentes más destacados a nivel mundial podemos mencionar:

Taipei 101 - Taipéi, Taiwán (2004): Uno de los rascacielos más altos del mundo, cuenta con sistemas avanzados de gestión de energía y un diseño sostenible.

California Academy of Sciences - San Francisco, Estados Unidos (2008): Un museo y centro de investigación con sistemas de gestión de energía inteligentes y características sostenibles.

Green Lighthouse - Copenhague, Dinamarca (2009): Un edificio sostenible que utiliza tecnologías inteligentes para minimizar el consumo de energía y maximizar la comodidad de los ocupantes.

30 The Bond - Sídney, Australia (2009): Un edificio de oficinas con sistemas avanzados de gestión de energía y control que reduce significativamente el consumo de energía.

Bank of America Tower - Nueva York, Estados Unidos (2009): Un rascacielos con certificación LEED Platinum que incorpora tecnologías inteligentes para reducir el consumo de energía y el impacto ambiental.

King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) - Thuwal, Arabia Saudita (2009): Un campus universitario diseñado con tecnologías inteligentes para maximizar la eficiencia energética y promover la sostenibilidad.

The Edge - Qatar Science & Technology Park, Catar (2009) - Un edificio de oficinas que emplea soluciones inteligentes para monitorear y optimizar el consumo de energía y la comodidad de los ocupantes.

Pixel - Melbourne, Australia (2010): Utiliza tecnologías inteligentes para monitorear y controlar el consumo de energía, la calidad del aire y el uso de los espacios.

Burj Khalifa - Dubái, Emiratos Árabes Unidos (2010): El edificio más alto del mundo, equipado con sistemas avanzados de gestión de energía y control.

The Crystal - Londres, Reino Unido (2012): Un edificio de exhibición y conferencias dedicado a la sostenibilidad y la innovación en la construcción inteligente.

One Angel Square - Mánchester, Reino Unido (2013): Diseñado con una serie de tecnologías inteligentes para minimizar el consumo de energía y reducir las emisiones de carbono.

The Edge - Ámsterdam, Países Bajos (2014): Considerado el edificio más inteligente del mundo, utiliza sensores y análisis de datos para optimizar la eficiencia energética y la comodidad de los ocupantes.

Torre BBVA - Ciudad de México, México (2015): Un rascacielos inteligente que utiliza sistemas de control avanzados y tecnologías de eficiencia energética.

Lotte World Tower- Seúl, Corea del Sur. (2017): Cuenta con sistemas eficientes de gestión de energía y agua, iluminación LED, sistemas de climatización inteligentes y un diseño orientado a maximizar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental.

Salesforce Tower - San Francisco, Estados Unidos (2018): Un edificio inteligente, incorpora tecnología y características sostenibles para maximizar la eficiencia energética. Cuenta

con sistemas de iluminación LED, gestión avanzada de energía, sistemas de control climático eficientes y tecnología de vanguardia en comunicaciones y conectividad.

Suzhou IFS - Suzhou, provincia de Jiangsu, China. (2019): Edificio moderno e inteligente, incorpora tecnología avanzada para mejorar la eficiencia energética. Cuenta con sistemas de gestión de energía, iluminación eficiente, sistemas de climatización inteligentes y otras características sostenibles.

The Edge Grand Central - Berlín, Alemania (2023): Un edificio inteligente que utiliza sensores y análisis de datos para optimizar el uso de la energía y la gestión de los espacios.

The Crystal Island - Moscú, Rusia: (En construcción) Un proyecto de rascacielos con un enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia energética, utilizando tecnologías inteligentes.

1.5 Justificación de la investigación

El uso de tecnologías emergentes en los sistemas de edificios inteligentes se basa en una serie de beneficios y ventajas que estas tecnologías pueden aportar. Algunas de las justificaciones más importantes son las siguientes:

Eficiencia energética: Las tecnologías emergentes permiten implementar sistemas de gestión energética avanzados en los edificios inteligentes. Estos sistemas pueden optimizar el consumo de energía al regular la iluminación, el control del clima, la gestión de la energía renovable y otros aspectos relacionados. Esto se traduce en un uso más eficiente de los recursos y una reducción de los costos operativos.

Mejora del confort y bienestar: Las tecnologías emergentes ofrecen la posibilidad de crear entornos más confortables y saludables para los ocupantes de los edificios. Por ejemplo, se pueden

utilizar sensores y sistemas de automatización para regular la temperatura, la calidad del aire, la iluminación y el ruido de forma adaptativa, según las necesidades y preferencias individuales. Esto contribuye a mejorar la productividad y el bienestar de las personas que trabajan o viven en el edificio.

Gestión y mantenimiento inteligentes: Las tecnologías emergentes permiten implementar sistemas de gestión y mantenimiento predictivo en los edificios inteligentes. Mediante el análisis de datos en tiempo real y el uso de algoritmos avanzados, se pueden identificar patrones de funcionamiento, predecir fallas o problemas potenciales, y programar el mantenimiento de forma proactiva. Esto ayuda a reducir los tiempos de inactividad, optimizar los recursos y prolongar la vida útil de los equipos y sistemas del edificio.

Seguridad y protección: Las tecnologías emergentes como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (machine learning) permiten mejorar los sistemas de seguridad en los edificios inteligentes. Se pueden implementar sistemas de videovigilancia inteligente, detección de intrusos, control de accesos y gestión de emergencias más eficientes y efectivos. Esto proporciona un entorno más seguro para los ocupantes y los activos del edificio.

Flexibilidad y adaptabilidad: Las tecnologías emergentes permiten que los edificios inteligentes sean más flexibles y adaptables a diferentes necesidades y cambios en el tiempo. Por ejemplo, se pueden utilizar sistemas de automatización y gestión centralizada para reconfigurar rápidamente los espacios, ajustar las configuraciones de iluminación o climatización, y adaptar la distribución de energía según los requerimientos cambiantes. Esto facilita la optimización de los espacios y la capacidad de respuesta a las necesidades de los usuarios.

Por lo tanto, la evaluación del grado de inteligencia de las edificaciones en el distrito de San Isidro para el año 2022 es fundamental para identificar el nivel de construcciones inteligentes y sostenibles, y aprovechar así los beneficios que ofrecen, como la eficiencia energética, la sostenibilidad ambiental y una comunicación efectiva en la operación también el mantenimiento de los edificios para sus y nuevos habitantes. Los avances tecnológicos y la demanda de eficiencia e implementación de edificios inteligentes pueden contribuir a la reducción del consumo de energía, la optimización de recursos y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, además de generar oportunidades de negocio en el sector de la construcción.

Nuestro punto de partida para identificar el estado del uso de tecnologías emergentes en los sistemas de edificios inteligentes en el distrito de San Isidro durante la última década será identificar el grado de inteligencia de las edificaciones construidas en dicha zona. Esto implica evaluar cómo se controlan, monitorean y coordinan las acciones de los subsistemas, así como la interacción con los residentes y usuarios del edificio. Es importante tener en cuenta que la falta de lineamientos y guías en diferentes aspectos técnicos de la construcción de edificios inteligentes incrementa el riesgo de discrecionalidad por parte de las autoridades competentes. Esta situación a menudo deriva en un desconocimiento del uso de las tecnologías. Por esta razón, es fundamental llevar a cabo una evaluación para que los datos obtenidos ayuden a las autoridades competentes a gestionar el uso eficiente de la energía y del agua, así como a utilizar recursos y materiales que no perjudiquen el medio ambiente.

1.6 Limitaciones de la investigación

No hay limitaciones respecto a la realización del estudio por factores de tiempo o recursos en forma general puesto que son aspectos controlados en forma programada.

1.7 Objetivos de la investigación

1.7.1 Objetivo general

Identificar el nivel implementación de tecnologías en las construcciones para ser considerado edificios inteligentes en el distrito de San Isidro.

1.7.2 Objetivos específicos

- Identificar los sistemas inteligentes de gestión de la construcción se han aplicado en las construcciones de las edificaciones.
- Identificar como las nuevas tecnologías se están aplicada en el optimizan del diseño y los recursos en los edificios.

1.8 Hipótesis

1.8.1 Hipótesis General

Las tecnologías aplicadas en la construcción determinan el grado alcanzado de inteligencia de las edificaciones.

1.8.2 Hipótesis Especifica

- La gestión en la construcción determina el grado de inteligencia de las edificaciones.
- El diseño influye positivamente en los edificios inteligentes

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Definición de Edificios Inteligentes

Frente a los grandes avances tecnológicos y la creciente demanda de comodidad y eficiencia en nuestra vida diaria, se ha observado que la construcción de edificios requiere de un concepto apropiado de edificaciones inteligentes. Aunque existen más de treinta proposiciones diferentes sobre la relación entre inteligencia y edificios, no hay una definición universalmente aceptada.

A principalmente a principios de la década de 1980, un gran número de científicos considero que la definición de edificios inteligentes debería estar está relacionada dentro de un proceso automatizado, porque a través de ella podría monitorizar, examinar, regular y coordinar una serie de sistemas integrados, con el objetivo de maximizar su rendimiento técnico, el ahorro de costes de inversión y mantenimiento, así como la adaptabilidad del edificio; sin embargo no tuvieron en cuenta al factor humano y la capacidad de los edificios inteligentes para “aprender y adaptarse”, lo que les permite adaptar sus funciones de acuerdo con las necesidades y deseos del usuario y el medio ambiente.

La definición de edificios inteligentes varía según la fuente. Según el Intelligent Building Institute del Reino Unido, “un edificio inteligente proporciona un entorno productivo y rentable a través de la optimización de sus estructuras, sistemas, servicios y gestión e interrelaciones entre ellos”. Y Según Wigginton (2002) en los Estados Unidos, un edificio inteligente crea un entorno que maximiza la eficacia del edificio para los ocupantes y permite una gestión eficiente de los recursos con costos mínimos de vida útil de hardware e instalaciones. Según, El Grupo de Energía y

Estrategia del Politécnico de Milán, un edificio inteligente como aquel cuyos sistemas se gestionan de forma inteligente y automatizada, a través de una infraestructura de supervisión y control, para optimizar el consumo de energía, el confort y la seguridad de los ocupantes, garantizando la integración con el sistema eléctrico.

Si consideramos la siguiente información, en Italia durante el año 2018, el volumen total de negocios relacionados con las inversiones en edificios inteligentes alcanzó los 3.600 millones de euros. De esta cifra, se distribuyó casi por igual entre dispositivos y soluciones para edificios (41%, o 1.470 millones de euros), tecnología de automatización (31%, o 1.100 millones de euros) y plataformas de gestión y control (28%, o 1.020 millones de euros). Es importante destacar que las inversiones en hardware y software predominaron en comparación con la parte de ingeniería de la planta, lo que demuestra la creciente importancia del componente digital. Sin embargo, no se ha considerado el elemento de conectividad. Estas condiciones pueden venir dadas fundamentalmente por dos aspectos:

- Condiciones ambientales: las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar...) afectan a la demanda energética del edificio y sus condiciones de confort.
- Condiciones de uso: el uso que se lleva a cabo en el edificio puede variar notablemente lo que da lugar a cambios en muchos parámetros como por ejemplo la generación de contaminantes en el aire interior, necesidad de iluminación, ganancias internas etc. Un ejemplo de variación de condición de uso son los cambios que se producen en la ocupación del edificio.

En consecuencia, un edificio inteligente tiene la capacidad de ajustar el funcionamiento de sus sistemas a las variaciones mencionadas anteriormente. Además, se están investigando y desarrollando materiales que también pueden adaptar su comportamiento físico. Por ejemplo, se han destacado los materiales con cambio de fase, que pueden modificar su estado (sólido o líquido) según la temperatura del entorno, lo que les permite almacenar o ceder energía al edificio de manera eficiente.

Figura 2

Edificio inteligente, sostenible y eficiente



Nota. La imagen ilustra que los elementos de una vivienda inteligente deben ser controlados desde un dispositivo electrónico. (Soler y Palau, 2017)

A partir de esta definición, podemos comprender que un diseño óptimo para un edificio inteligente debe incluir un sistema que funcione con una plataforma digital, la cual, a través de software de supervisión y control, sensores electrónicos, telecomunicaciones y seguridad, busca automatizar el edificio por completo y controlar el derroche de energía y la emisión de sustancias

nocivas al medio ambiente. Gracias a esto, las edificaciones pueden ser más eficientes, seguras y ecológicas.

De acuerdo a lo descrito podemos proponer los pilares del concepto de edificaciones inteligentes como se presenta a continuación:

1. Aprovechamiento del espacio y flexibilidad
2. Satisfacción y comodidad humana
3. Imagen de integración tecnológica avanzada
4. Proceso de construcción y edificación
5. Eficiencia en el trabajo
6. Eficiencia de costos operativos y mantenimiento con énfasis en eficiencia
7. Medidas de seguridad y mantenimiento de la seguridad-desastres naturales
8. Respeto al medio ambiente-salud y ahorro de energía.

2.1.2 Definición de Edificios Domóticos e inmóticos

La domótica es el conjunto de tecnologías y sistemas electrónicos aplicados al control y automatización inteligente de una vivienda o edificación, con el objetivo de mejorar la seguridad, el confort y la eficiencia energética.

La Inmótica engloba un conjunto de tecnologías destinadas al control y la automatización inteligente de edificaciones no residenciales, tales como hoteles, centros comerciales, instituciones educativas, hospitales y otros espacios comerciales. Su propósito es facilitar una gestión eficiente del consumo energético, así como mejorar la seguridad, el confort y la comunicación entre los usuarios y el sistema. Esta infraestructura abarca la totalidad del edificio, ya sea de carácter público o privado, lo que implica que su sistema de control y automatización sea altamente complejo. A

pesar de esto, la supervisión y gestión pueden llevarse a cabo desde una única computadora con las capacidades necesarias para asumir esta tarea. Esta central se encarga de administrar redes de comunicación, sistemas informáticos y otras tecnologías relevantes.

En relación a los términos domótica e inmótica, generalmente se coincide, al menos, en las funcionalidades que se refieren a la automatización de las instalaciones para mejorar la seguridad, la eficiencia energética y el confort. El concepto de edificio inteligente aborda un alcance más amplio que los términos domótica (automatización de las instalaciones en el hogar) e inmótica (automatización de las instalaciones en edificios comerciales como oficinas, hospitales, etc.).

Las partes que componen un sistema domótico e inmótico pueden variar dependiendo de las necesidades de la vivienda o edificación, pero en general se pueden identificar las siguientes:

Sensores: Son dispositivos que captan información del entorno y envían señales al sistema para que éste actúe en consecuencia. Ejemplos de sensores son los detectores de movimiento, los sensores de temperatura, de humedad, de luminosidad, entre otros.

Actuadores: Son los dispositivos que ejecutan las acciones que el sistema domótico ha programado en base a la información captada por los sensores. Ejemplos de actuadores son los motores eléctricos que controlan las persianas, los sistemas de iluminación, los sistemas de climatización, entre otros.

Central de control: Es el cerebro del sistema domótico. Se encarga de recibir la información de los sensores y emitir las órdenes correspondientes a los actuadores. La central de control puede ser un dispositivo físico o una aplicación de software que se ejecuta en un ordenador, una tableta o un teléfono inteligente.

Red de comunicación: Es el medio por el cual se transmiten las señales entre los diferentes elementos del sistema domótico. Puede ser una red cableada, una red inalámbrica o una combinación de ambas.

Interfaces de usuario: Son los dispositivos que permiten al usuario interactuar con el sistema domótico. Pueden ser pantallas táctiles, teclados, mandos a distancia, aplicaciones de software, entre otros.

Dispositivos periféricos: Son los dispositivos que complementan el sistema domótico, como cámaras de seguridad, sistemas de audio y video, electrodomésticos inteligentes, etc.

2.1.3 Alternativas innovadoras modernas para definir edificios inteligentes Smart vs Edificio inteligente

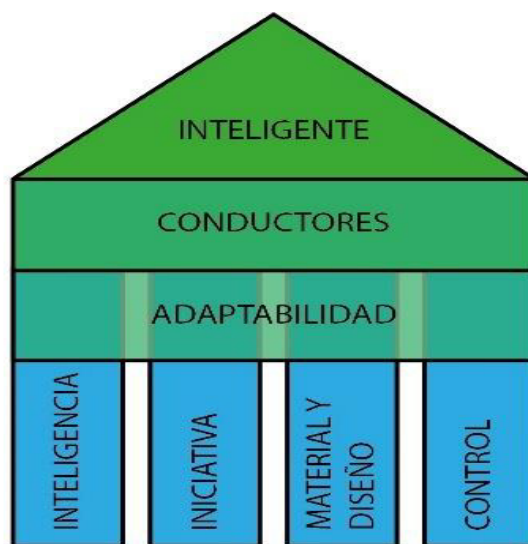
Para Buckman et al. (2014) un Edificio Inteligente es una evolución del concepto de Edificio Inteligente Smart en el cual la inteligencia es uno de los cuatro pilares esenciales, como se muestra en la Figura 3, para crear un edificio sostenible del futuro. A lo largo del artículo, el término "Smart Building" se utilizará en lugar del término obsoleto "Intelligent Building".

La adaptabilidad es un elemento fundamental y coherente entre los cuatro pilares (ver figura 3), ya que la IA es de primordial importancia en el aprendizaje del funcionamiento del edificio y sus ocupantes. Esto permite que el edificio se prepare para situaciones antes de que ocurran, en lugar de reaccionar ante ellas. Por lo tanto, los edificios inteligentes son aquellos que combinan inteligencia, tecnología, control y materiales de construcción en un sistema integral, centrado en la adaptabilidad en lugar de la reactividad. Su objetivo es responder a los factores que impulsan la evolución de los edificios, como la eficiencia energética, la durabilidad, el confort y la satisfacción del usuario. La abundante información proveniente de diversas fuentes permitirá

que estos sistemas sean flexibles y que un edificio inteligente se ajuste a diferentes contextos y cambios a lo largo del tiempo.

Figura 3

Características de un edificio inteligente



Nota. Los cuatro pilares que pueden definir la inteligencia de un edificio, Buckman et al. (2014).

Adaptabilidad

Para definir los edificios inteligentes, existen alternativas innovadoras modernas como la distinción entre "Smart Building" y "Edificio inteligente". Además, la adaptabilidad es una característica principal y cohesiva que se presenta en todos los aspectos de un edificio inteligente.

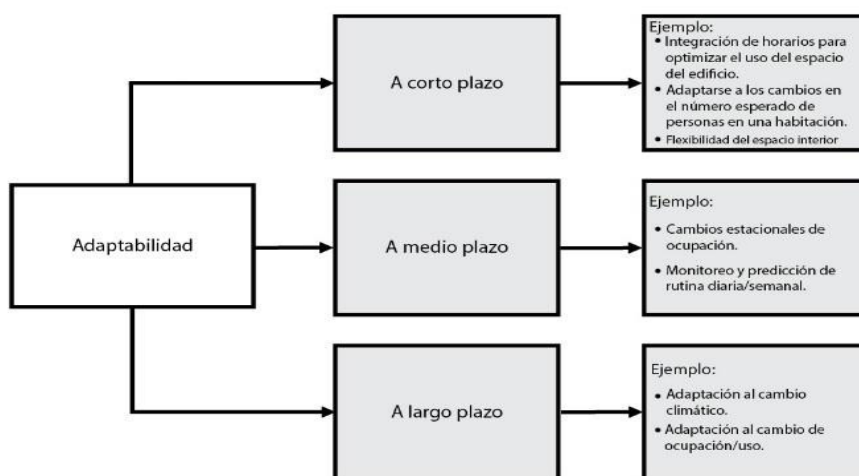
La adaptabilidad permite que el edificio se prepare para eventos específicos antes de que ocurran, utilizando la información recopilada. Esto es esencial para el funcionamiento exitoso de un edificio inteligente, tanto dentro como fuera del edificio, a través de varias fuentes. En contraste, un edificio reactivo solo puede responder a un evento después de que ha ocurrido.

Un edificio inteligente es capaz de adaptar sus funciones y forma física a estos eventos. Por ejemplo, la adaptabilidad de un edificio se puede percibir en la forma en que ajusta su temperatura para mantener la comodidad de los ocupantes en diferentes momentos del día y estaciones, cambios en la ocupación de un espacio por parte de los ocupantes y el uso del edificio, y la percepción de diferentes condiciones climáticas. De esta manera, se puede mantener y/o incrementar la eficiencia energética y la satisfacción de los vecinos.

Para Panchalingam y Chan (2019) la investigación sobre el desarrollo de la IA es un método mediante el cual la inteligencia puede volverse adaptativa, como se requiere en la definición anterior, y puede usarse junto con los otros tres pilares para crear un edificio inteligente. De esta forma, si un edificio no cumple con sus requisitos de diseño, los sistemas del edificio pueden recopilar información sobre el motivo y ajustar su funcionamiento para construir a los niveles deseados en situaciones futuras correspondientes.

Figura 4

Adaptabilidad



Nota. Adaptabilidad de un edificio inteligente Buckman et al. (2014).

A plazo corto, por ejemplo: Integración de horarios para optimizar el uso del espacio del edificio. Adaptarse a los cambios en el número esperado de personas en una habitación -

Flexibilidad del espacio interior

A plazo medio: Cambios de ocupación estacionales - Cambios de ocupación estacionales

A largo plazo: Adaptación al cambio climático - Adaptación al cambio de ocupación/Uso

Control en Edificios Inteligentes

El control en el diseño de edificios modernos es un aspecto crucial que puede tener distintas interpretaciones. Por un lado, los edificios diseñados en base al control humano asumen que el manejo será de acuerdo con lo diseñado. Por otro lado, los edificios automatizados se diseñan en base a condiciones ambientales teóricas y el uso teórico de sus sistemas. Sin embargo, ambos casos están sujetos a cambios durante la construcción y puesta en marcha que pueden diferir de su intención original de diseño.

Otra alternativa es la incorporación de sensores y dispositivos IoT (Internet de las cosas) en el diseño del edificio, para recopilar información sobre el consumo de energía, la calidad del aire y otros factores importantes. Estos datos se utilizan para optimizar el funcionamiento de los sistemas del edificio y mejorar la eficiencia energética, al mismo tiempo que se asegura un ambiente cómodo para los habitantes.

En la actualidad, se reconoce la importancia de involucrar a los ocupantes en el control del entorno de los edificios para permitirles tener un mayor grado de confort y bienestar. Diversas

investigaciones han demostrado que no existe un conjunto específico de condiciones que sean adecuadas para todos los residentes y que cierto grado de control sobre el ambiente de trabajo puede tener beneficios tales como una mayor comodidad y calidad de iluminación. Debido a la naturaleza multidimensional del confort. Para Buckman et al. (2014) después de estudiar varias condiciones que gustan y disgustan a los residentes, concluyó que a los residentes les gustan las situaciones normales a las que están acostumbrados. A pesar de esto, lograr satisfacer todos los requisitos de los ocupantes de la mejor manera posible es difícil de alcanzar en los edificios tradicionales.

Por tanto, es necesario encontrar un equilibrio entre el control del entorno por parte de los usuarios y la creación de condiciones fiables, confortables y estables, que permitan a los sistemas del edificio gestionar eficientemente el consumo energético. Los edificios inteligentes son aquellos que logran encontrar ese equilibrio, combinando el control humano y la automatización de edificios con el objetivo de conseguir los mejores resultados de adaptación posibles tanto para los habitantes de los edificios como para los propios edificios. Además, la tecnología de realidad virtual y aumentada se puede utilizar para permitir a los ocupantes del edificio visualizar y controlar los sistemas de iluminación, temperatura y seguridad de manera intuitiva y fácil de usar.

Sistema operativo en el contexto de Smart Buildings

En el contexto de edificios inteligentes, un edificio inteligente como aquel que integra sus principales sistemas en una red común y que necesita un sistema operativo, además del sistema inteligente simple (Robey et al., 2002). Este sistema operativo, en el contexto de edificios no

domésticos, consiste en la combinación de hardware y/o software para tratar sistemas fragmentados, incompatibles y no propietarios con el objetivo de optimizar la operación del edificio. Además, para mejorar la eficiencia energética y aumentar el confort en los edificios, se utiliza el método de eficiencia operativa, que consiste en recopilar información de uso. Esta información se combina con los sistemas de información y gestión de energía, y los sistemas de control de edificios en tiempo real para recopilar datos del entorno. Es esencial recopilar información en tiempo real para obtener mayores beneficios.

Un sistema operativo puede trabajar automáticamente en un edificio. Por ejemplo, si una habitación se queda libre por un tiempo prolongado, el sensor apagará las luces, la computadora o los equipos que estén prendidos innecesariamente. Si hay suficientes personas en una habitación, los sensores activarán acciones y redefinirán el suministro de aire en función de las personas presentes. Otro ejemplo es el uso de un sistema de reservas en un centro educativo. Si hay espacios restringidos u ocupados en un edificio y personas ingresan al edificio buscando un espacio, se les indicará un espacio que pueda estar libre sin reserva previa. Además, cuando se reserva un espacio indicando el número de personas, por ejemplo, una sala de reuniones, el sistema ajustará el funcionamiento del sistema para poder acomodar la cantidad específica de personas, configurando las condiciones de calefacción, refrigeración y ventilación para maximizar la eficiencia y lograr condiciones confortables para los presentes.

Materiales y construcción en el contexto de Smart Buildings

Para construir un edificio inteligente, es fundamental prestar atención a los materiales y las características constructivas, que constituyen uno de los cuatro pilares que definen este tipo de

edificios. En este sentido, la construcción de un edificio inteligente debe ser coherente con las funciones inteligentes que se le asignen, y los materiales utilizados deben ser capaces de adaptarse y facilitar los cambios de uso y entorno.

Es igualmente importante considerar la estructura interna del edificio, que debe ser dinámica y adaptable a las necesidades de sus habitantes. En este sentido, las aplicaciones de los materiales y la construcción de los edificios inteligentes se refieren, por ejemplo, a la adaptación de la estructura del edificio a los requisitos climáticos futuros.

Las tecnologías de la envolvente del edificio y las ventanas, por ejemplo, permiten ajustar el sombreado de las ventanas para lograr los niveles de brillo deseados y mejorar la eficiencia energética del edificio. Además, es fundamental considerar la adaptación y estabilidad del edificio ante posibles movimientos telúricos.

2.1.4 Métodos de evaluación del desempeño

La capacidad de "aprender y adaptar" su operación a las necesidades del usuario y las limitaciones ambientales será lo que diferenciará a los edificios inteligentes de los del pasado. Este proceso dinámico tiene como una de sus principales características la capacidad del propio edificio inteligente de evaluar su desempeño.

Para evaluar el desempeño de los edificios inteligentes, es fundamental considerar su capacidad para adaptarse a las necesidades del usuario y las limitaciones ambientales, lo que implica un proceso dinámico en el que el propio edificio inteligente evalúa su desempeño. En este sentido, existen varios métodos de evaluación propuestos por investigadores, como el "Modelo de

proceso posterior a la ocupación" (POE), el método de clasificación de edificios, la magnitud de la integración de sistemas y el índice de edificios inteligentes.

Entre estos métodos, el "Modelo de proceso posterior a la ocupación" (POE) de Preiser destaca por su enfoque, tres etapas, que comienzan con la identificación de directrices de recopilación de datos compatibles, continúan con una prueba piloto para su evaluación y mejora, y finalizan con la recopilación y análisis de datos mediante un análisis comparativo.

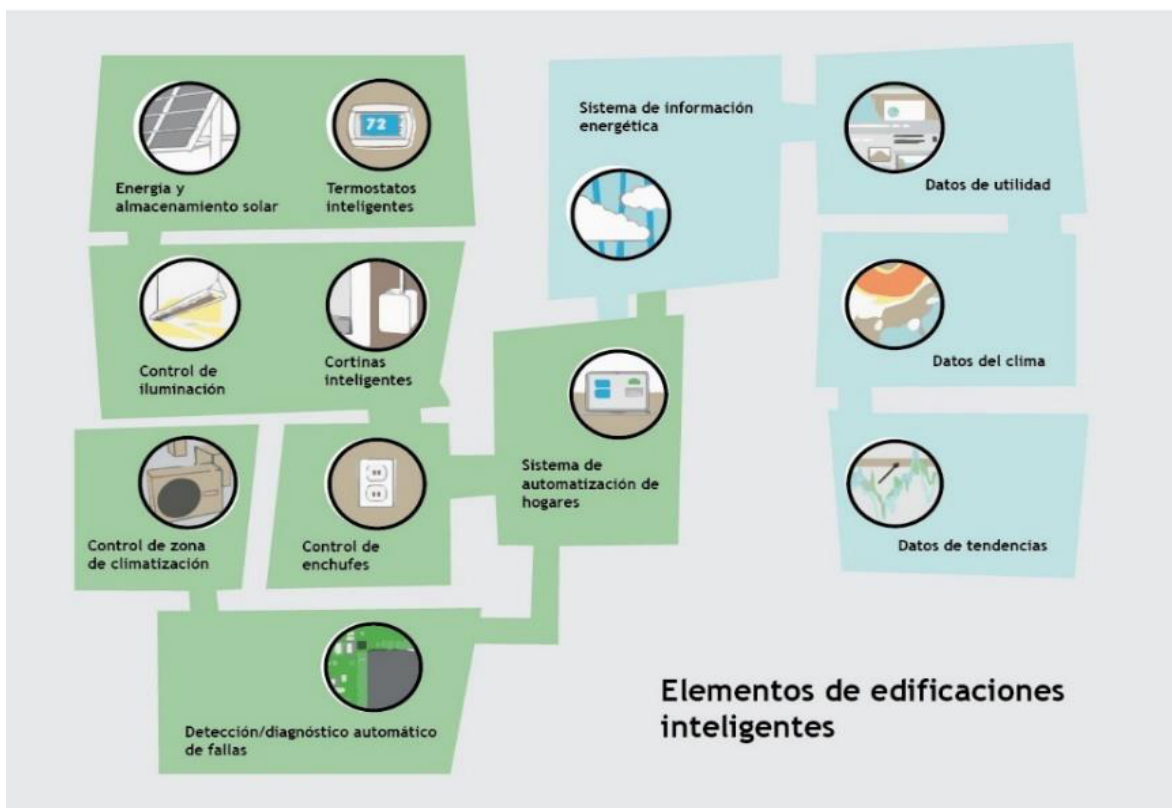
Aunque el POE puede ser útil a largo plazo, los expertos señalan que todavía enfrenta dificultades en términos de objetividad, principalmente de naturaleza intra sistémica, ya que los programadores pueden ignorar elementos importantes o pequeñas diferencias en las formas pueden desviar los resultados. Sin embargo, la identificación de estos problemas permite a los investigadores proponer criterios que pueden mejorar la precisión y la eficiencia de estos métodos.

2.2 Aplicaciones tecnológicas modernas de los edificios inteligentes

En la definición de Buckman et al. (2014) sobre edificios inteligentes se presentan las tecnologías modernas utilizadas en la actualidad. Las tecnologías emergentes de los sistemas avanzados e innovadores aplicados a los edificios inteligentes incluyen dispositivos inteligentes, tipos de redes, tipos de sensores y características que hacen que un edificio sea inteligente. podemos apreciarlo gráficamente en la figura 5.

Figura 5

Resumen de las características tecnológicas de los edificios inteligentes



Nota. Los avances tecnológicos han hecho que los productos tecnológicos sean más accesibles. Peterson (2016).

Para centrar el tema con propiedad primero veremos conceptos de las tecnologías modernas de las edificaciones inteligentes, que se aplicación en muchas ramas tecnológicas y está entrelazado con la existencia y evolución de los edificios inteligentes.

La tecnología clave que se utiliza en los edificios inteligentes es el “Internet de las cosas” (IoT), que permite conectar dispositivos a través de internet para intercambiar información y transferir datos a otros sistemas.

Internet de las cosas (IoT)

Actualmente, es común observar cómo las personas acceden a internet y redes digitales desde sus dispositivos móviles y computadoras para chatear, compartir información, realizar compras y mucho más. En este contexto, la IoT surge como una herramienta para conectar "cosas" a través de internet y permitir el intercambio de información entre ellas, así como la transferencia de datos a otros dispositivos y sistemas. La información compartida puede ser variada, desde detalles sobre los objetos involucrados hasta aspectos del entorno en el que se encuentran, medidos mediante diversos tipos de sensores. Estos objetos físicos pueden contar con tecnologías integradas que les permiten conectarse a la red y ser considerados "inteligentes". El término IoT se refiere a los dispositivos conectados, su forma de comunicarse e intercambiar datos, las tecnologías que los hacen posibles y los objetivos que se persiguen con ellos. De acuerdo con Singh, S. y Singh, N. (2015), la IoT es la red de objetos físicos que contienen tecnología integrada para comunicarse y detectar o interactuar con sus estados internos o el entorno externo.

La ciencia de la computación y las comunicaciones han experimentado un gran progreso en los últimos años, lo que ha dado lugar al término "Internet de las cosas" (IoT). Esta industria está creciendo rápidamente y ha cambiado la forma en que vivimos, trabajamos, viajamos, y más. Además, se ha convertido en la base de la nueva transformación digital de las ciudades, organizaciones y sociedades en general, siendo una parte integral de los desarrollos relacionados con los edificios inteligentes. En la figura 6 podemos ver el ciclo de implementación del IoT.

Figura 6*Características de las tecnologías IoT*

Nota. Ciclo de implementación del Internet de las cosas (IoT). Tomado de Singh et al. (2015).

Building Internet of Things (BIOt)

El Building Internet of Things (BIOt) promete reducciones de costos y mejoras en la eficiencia y la capacidad de transformación, pero para capturar estos beneficios, las empresas necesitarán una infraestructura de red moderna. La naturaleza de la IoT radica en conectar lo que no está conectado, lo que explica por qué el mercado de IoT está creciendo rápidamente. En 2014, la inversión mundial en IoT alcanzó los 656.000 millones de dólares, y se espera que en 2020 supere los 1,7 billones de dólares.

Algunos investigadores consideran que el sistema BIOt es un "automatización de edificios" (BAS) "mejorado", ya que los sistemas IoT permiten tomar decisiones complejas y orientadas a objetivos que superan las capacidades humanas. Por ejemplo, mientras que un BAS puede decir

"apagar las luces a las 9 p.m.", un sistema habilitado para IoT puede decir "apagar las luces en todas las habitaciones vacías" o incluso "asignar recursos HVAC de acuerdo con la cantidad de ocupantes en cada habitación". Se espera que el mercado BAS tradicional crezca de 75.000 millones de dólares en 2019 a 121.500 millones de dólares en 2024, lo que indica un crecimiento anual del 10,12 %. Los expertos creen que gran parte de este crecimiento se debe a los continuos desarrollos e implementaciones de BIoT.

La arquitectura de IoT es un sistema de elementos que integran una estructura de red y servicios informáticos que funcionan con los protocolos y estándares de seguridad establecidos. Según Gluhak et al. (2011), el funcionamiento de algunos dispositivos afecta el funcionamiento de otros, por lo que la aplicación de BIoT es una opción atractiva para los edificios inteligentes debido a su eficiencia energética. Además, es interesante que la información de los dispositivos monitoreados no solo se dirija a un sistema de control central, sino que también se pueda transferir a otros dispositivos, lo que permite que el edificio tenga reacciones oportunas para optimizar el consumo de energía o mejorar la seguridad.

Aunque la infraestructura de IoT se basa en "cosas" conectadas, tanto las ventajas como los riesgos están relacionados con las tecnologías de red, así como con los sistemas y aplicaciones creados en base a este principio. En teoría, todo puede conectarse a Internet utilizando tecnologías IoT, incluidos objetos físicos y organismos vivos, incluidos animales y humanos. Los dispositivos y componentes de IoT tienen componentes electrónicos integrados, como sensores y actuadores, electrónica de comunicación/conectividad y software para recibir, filtrar e intercambiar datos sobre sí mismos, su estado y su entorno.

Una vez definido el IoT, podemos proceder al análisis y evaluación de las aplicaciones tecnológicas modernas en edificios inteligentes.

Figura 7

Edificio con tecnologías IoT aplicadas a los edificios



Nota. Beneficios de una red de edificios inteligentes. Tomada de Gobierno de España, Ministerio para la transformación digital y de la función pública, (2018)

2.2.1 Ver y priorizar datos

En un edificio los datos o requerimientos pueden variar desde el punto de vista, imaginemos al administrador del edificio los datos importantes y útiles son para el funcionamiento del edificio, como el consumo energético horario y los costes que conlleva, así como los errores y averías de los equipos del edificio. Mientras que al propietario o residente que son útiles pueden ser la temperatura ambiente o la calidad del aire.

Para Vaidyanathan et al. (2013) se ha demostrado que el uso de paneles y aplicaciones fáciles de usar en teléfonos inteligentes puede inducir cambios pequeños pero efectivos en el comportamiento del usuario en términos de conservación de energía.

Presentar los datos de acuerdo a su importancia ayuda al usuario a interpretar mejor la información que recibe; sin embargo, la priorización la cantidad de datos en forma adecuada de edificios inteligentes ayuda a minimizar la confusión.

Cuando se instalaron por primera vez los primeros sistemas en las edificaciones inteligentes, proporcionaban una gran cantidad de información que confundía a los usuarios y, como resultado, no se podían tomar medidas para mejorar el funcionamiento del edificio. Los sistemas de edificios inteligentes más efectivos contienen algoritmos que priorizan las funciones más importantes a medida que el administrador considere oportunas.

Los sistemas modernos no solo permiten a las personas decidir qué información reciben, sino también cómo desean recibirla. Durante la última década, los usuarios de tecnología se han acostumbrado a recibir notificaciones constantes a sus computadoras, teléfonos móviles y tabletas, provocando distracción y molestias; en el futuro el desafío para las empresas de software de construcción inteligente limitará las notificaciones en solo lo esencial para el usuario.

2.2.2 Dispositivos de seguimiento inteligente

Contadores inteligentes

Los contadores inteligentes es una pieza básica para la digitalización de las redes, aportan información detallada, mejoran la prestación y calidad del servicio. Tiene una amplia aplicación en el campo del desarrollo de redes inteligentes, edificios inteligentes, hogares inteligentes y en el futuro será una de las tecnologías fundamentales para el desarrollo de ciudades inteligentes. Su aplicación se refiere tanto a edificios residenciales como a empresas para registrar el consumo de gas, agua electricidad, etc.

Los contadores inteligentes proporcionan una comunicación bidireccional entre los consumidores y suministro del servicio, con el objetivo de dar al consumidor la información necesaria para la gestión eficiente de su consumo (Cook et al., 2012). También, pueden proporcionar datos (en tiempo real) para varios propósitos y tipos de usuarios.

Su funcionamiento consiste en recopilar datos de uso en forma remota para enviar estos datos automáticamente a las empresas prestadoras del servicio, proporcionando beneficios tanto a la empresa prestadora del servicio, como, supervisando el uso de la red, proporciona mejor e información más detallada y detecta los problemas emergentes; y a los usuarios, como, ayuda a los clientes a ajustar sus patrones de uso para reducir las facturas, Informa a los usuarios sobre cortes o interrupciones del servicio e intervenir más rápidamente en caso de falla y conduce a facturas más precisas basadas en el uso real.

Con el estado actual de electrificación y digitalización y las demandas cada vez mayores de energía eléctrica, combinadas con la integración de nuevas fuentes de energía (principalmente renovables), los medidores inteligentes se consideran esenciales para el sector eléctrico y forman la base para un mayor desarrollo de las energías renovables. fuentes de energía, coches eléctricos, etc. Sin embargo, como en todos los entornos conectados, este desarrollo ha generado muchas preguntas e inquietudes con respecto a la ciberseguridad (Hess, 2014). En la tabla 1 se observa las características de los contadores inteligentes.

Tabla 1*Características de los contadores inteligentes (Smart Meters)*

Característica	Descripción
Función principal	Recopilación y transmisión de datos energéticos al consumidor final.
Funciones específicas	- Proporciona información detallada de consumo en tiempo real.
	- Capacita a los usuarios para tomar medidas basadas en la información recibida.
	- Permite el control remoto del consumo y ajustes de energía.
Medios de interfaz	Teléfonos inteligentes, aplicaciones en red y software de computadora.
Tipos de comunicación	- Wi-Fi: Conexión inalámbrica para transmitir datos dentro de la red del hogar.
	- LAN: Utiliza la red de área local para la comunicación interna.
Tipo de interacción	Bidireccional entre la compañía de energía y el usuario:
	- La compañía de energía recopila datos precisos de consumo para facturación y gestión.
	- Los usuarios pueden monitorear su consumo en tiempo real y realizar ajustes para ahorrar energía.
	- Los usuarios pueden recibir sugerencias y retroalimentación de la compañía de energía para un consumo eficiente.

Monitores de carga

El nombre proviene de una actividad concreta específica como contabilidad del procesamiento de señales. Utilizando datos de consumo de energía que puede ser agregados de un solo instrumento instalado en el tablero de distribución de energía principal y usará el algoritmo propuesto para desagregar los datos de consumo de energía de los dispositivos seleccionados. A partir de la medida de corriente y voltaje consumidas por un conjunto de cargas, se usan técnicas para asignar a cada carga individual una potencia consumida individuales de distintos

electrodomésticos y medidas de alta frecuencia de la potencia agregada de la casa, el objetivo es reducir significativamente el costo y el tiempo en la auditoría de energía del hogar.

Para poder monitorear y controlar el consumo de energía en edificios inteligentes, es necesario conocer el perfil de carga de cada consumidor diferente. Su principio de funcionamiento tiene que ver con el cálculo de la carga a partir del conjunto de parámetros eléctricos que puede medir el aparato de medida en un tiempo determinado (Argatu, 2018). Para estimar el consumo de energía, es necesario monitorear la calidad de la energía suministrada, y para lograr este objetivo, existen varias soluciones que se pueden implementar.

La única solución que tiene aplicación práctica hoy en día se basa en el uso de un único dispositivo de monitoreo inteligente (Método de carga no intrusiva - Non-intrusive load monitoring - NILM). Según la potencia nominal de cada dispositivo, es posible decidir cuáles funcionan y cuáles no funciona. (Seritan et al., 2016).

El monitoreo de carga no intrusivo (NILM) se ha convertido en un importante tema de estudio, ya que brinda beneficios tanto a los consumidores como a las empresas de servicios públicos. El análisis de las señales de los contadores inteligentes es útil para identificar patrones de consumo y comportamientos de los usuarios, con el fin de realizar predicciones y optimizaciones para anticipar el uso de electrodomésticos en el hogar. (Marchesoni et al., 2020). En la tabla 2 se observa las características y descripción de los monitores de carga.

Tabla 2*Características de los monitores de carga (Load Monitors)*

Característica	Descripción
Función principal	Recopilación de datos de energía de dispositivos individuales.
Funciones específicas	- Se instala entre la salida eléctrica y el dispositivo para medir el consumo.
	- Proporciona datos de consumo en tiempo real.
	- Algunos modelos ofrecen información sobre los precios de la energía.
Medios de interfaz	Pantalla incorporada en el dispositivo.
Tipos de comunicación	No aplica. Los monitores de carga suelen operar de forma autónoma sin comunicación externa.
Tipo de interacción	Unidireccional, del dispositivo al usuario:
	- Los usuarios pueden observar el consumo de energía en tiempo real en la pantalla del dispositivo.
	- La información proporcionada permite tomar decisiones informadas sobre el uso de energía.
	- Algunos modelos brindan detalles sobre los costos asociados al consumo energético.

2.2.3 Aplicaciones y soluciones inteligentes en el contexto de los edificios inteligentes

Ahora vamos a profundizar en las tecnologías modernas que existen en los edificios inteligentes y uno de sus componentes básicos son los dispositivos inteligentes. De acuerdo con el estudio sobre dispositivos inteligentes que promovió la Comisión Europea, un dispositivo que admite flexibilidad en el lado de la demanda y que es capaz de responder automáticamente a estímulos externos, para información de precios, señales de control directo y/o medidas (principalmente tensión y frecuencia); La respuesta es un cambio en el patrón de consumo de electricidad de los electrodomésticos. Esta definición no es particularmente consistente con la definición ampliamente utilizada de dispositivo inteligente. Usualmente el término “inteligente”

se utiliza cuando un servicio o producto está conectado o tiene la capacidad de conectarse a otros servicios o productos, a través de un tipo de red que opera en base a las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), para controlar y optimizar los sistemas de gestión de edificios.

Muchas organizaciones están trabajando para equipar edificios con tecnologías que permitirán a los residentes usar un solo dispositivo para controlar todos los dispositivos electrónicos en un entorno. Estas soluciones se centran principalmente en el control ambiental, la gestión de la energía, la vida asistida, el confort y la comodidad. Estas soluciones se basan en plataformas abiertas que utilizan una red de sensores inteligentes para proporcionar información sobre el estado del edificio. Estos sensores se refieren a sistemas de control como la producción y medición de energía, calefacción, refrigeración y aire acondicionado (sistemas HVAC), iluminación, seguridad y KPI ambientales (indicadores clave de rendimiento). Esta información es accesible a través de varios métodos, como pantallas táctiles, teléfonos inteligentes, etc.

En este capítulo se propone una lista que describe las principales características de los sistemas de dispositivos conectados de edificios inteligentes, en cuanto a su UI (Interfaz de Usuario), hardware y software inteligente.

Concentradores inteligentes (Smart Hubs)

Los Smart Hubs, también conocido como concentradores administrables o concentrador domótico o el cerebro de una casa inteligente. Son dispositivos que reúnen muchos dispositivos inteligentes conectados en un entorno inteligente. Su función principal es integrar las funciones de todos estos dispositivos y comunicarse de forma coordinada permitiendo el intercambio de datos. En la tabla 3 se observa las características y descripción de los concentradores inteligentes.

Tabla 3*Características de los concentradores inteligentes (Smart Hubs)*

Característica	Descripción
Función principal	Facilita la conexión e integración de dispositivos conectados en un ecosistema inteligente.
Funciones específicas	- Ofrece control remoto de dispositivos conectados desde una única plataforma.
	- Actúa como intermediario para la comunicación entre diferentes dispositivos.
	- Proporciona acceso a Internet para habilitar funciones conectadas.
	- Puede ofrecer funciones de entretenimiento, como reproducción de medios.
Medios de interfaz	Aplicaciones de monitorización de sistema, redes y teléfonos inteligentes.
Tipos de comunicación	- Wi-Fi: Utilizado para la conectividad inalámbrica a Internet y la comunicación entre dispositivos.
	- Bluetooth: Usado para la comunicación cercana entre dispositivos.
Tipo de interacción	Bidireccional:
	- Permite a los usuarios controlar y monitorear dispositivos desde la plataforma del concentrador.
	- Facilita la transferencia de datos y comandos entre dispositivos conectados.
	- Los dispositivos pueden enviar información y recibir instrucciones a través del concentrador.

Electrodomésticos inteligentes (Smart Appliances)

Los dispositivos inteligentes, son dispositivos que incorporan tecnologías de comunicación para gestionarse de manera remota a través de dispositivos móviles como teléfonos, tablets, ordenadores o asistentes virtuales, ofreciendo así diversas funciones, como flexibilidad en términos de demanda. Desde el punto de vista energético, los dispositivos inteligentes pueden recibir, comprender y actuar sobre la señal que reciben del usuario, ajustando su funcionamiento;

gracias a la conectividad inalámbrica entre sistemas domotizados. En la tabla 4 se observa las características y descripción de los electrodomésticos inteligentes.

Tabla 4

Características de los electrodomésticos inteligentes (Smart Appliances)

Característica	Descripción
Función principal	Dispositivos con capacidad de comunicación con el usuario y otros dispositivos y servicios.
Funciones específicas	- Establece comunicación con contadores inteligentes para monitorear el consumo energético.
	- Permite ajustes del modelo de consumo para mayor eficiencia.
	- Capacidad de adaptar el consumo según la energía local producida.
	- Soporte para tarifas dinámicas de energía, permitiendo ajustes según costos variables.
Medios de interfaz	Pantallas incorporadas en dispositivos, aplicaciones en red y pantallas en periféricos.
Tipos de comunicación	- Comunicación por cable: Conexiones físicas para transmisión de datos confiable.
	- Wi-Fi: Comunicación inalámbrica para conectividad a redes y dispositivos.
	- Bluetooth: Comunicación cercana para interacción entre dispositivos.
Tipo de interacción	Bidireccional:
	- Los usuarios pueden monitorear y controlar electrodomésticos a través de pantallas y aplicaciones.
	- Los electrodomésticos pueden recibir y ejecutar comandos para ajustar el consumo y operación.
	- La comunicación con contadores inteligentes permite un consumo más eficiente y consciente.

Enchufes inteligentes (Smart Plugs)

Los enchufes inteligentes se conectan a los enchufes existentes y convierten un dispositivo antiguo en uno "inteligente" a través de sus características inteligentes. Los enchufes inteligentes permiten el control remoto del dispositivo como encender, apagar los dispositivos que estén conectados y proporcionan datos sobre el consumo del dispositivo. Detalles ver tabla 5

Tabla 5

Características de los enchufes inteligentes (Smart Plugs)

Característica	Descripción
Función principal	Control y monitorización de aparatos eléctricos a través de conectividad inteligente.
Funciones específicas	- Ofrece control remoto de dispositivos enchufados desde una plataforma digital.
	- Facilita la comunicación con el usuario para la gestión del consumo energético.
	- Interacción con Smart Hubs para una integración más amplia en sistemas inteligentes.
Medios de interfaz	Aplicaciones en red y teléfonos inteligentes.
Tipos de comunicación	Wi-Fi: Permite la comunicación inalámbrica entre el enchufe y la red local.
Tipo de interacción	Bidireccional:
	- Los usuarios pueden controlar los dispositivos conectados mediante aplicaciones y plataformas digitales.
	- Los enchufes inteligentes pueden enviar datos sobre el consumo y el estado de los dispositivos al usuario.
	- Interacción con Smart Hubs para una gestión más centralizada y coordinada de los dispositivos.

Iluminación Inteligente (Smart Lights)

La iluminación inteligente es una tecnología diseñada para la eficiencia energética, el confort y la seguridad. Las luces inteligentes tienen tecnología de control automático incorporada además de la función de iluminación estándar. Estos productos están equipados con sensores para controlar la iluminación por control remoto o por voz y programar las luces para que se enciendan o apaguen, también con microprocesadores que les permiten ajustarse en función de condiciones como la luz ambiental y la capacidad según las preferencias del usuario, permitiendo minimizar el uso innecesario de luz y energía en sus hogares. En la tabla 6 se observa las características y descripción de la iluminación inteligentes.

Tabla 6

Características iluminación inteligente (Smart Lights)

Característica	Descripción
Función principal	Dispositivos de iluminación con capacidades de conectividad avanzada.
Funciones específicas	- Incorpora sensores de luz para ajustar la intensidad según las condiciones ambientales.
	- Detecta movimiento para encender/apagar las luces automáticamente.
	- Permite el control remoto de las luces a través de plataformas digitales.
	- Posibilidad de reducir la intensidad de la luz y cambiar su color.
	- Ofrece programación de iluminación para crear escenas y horarios personalizados.
	- Interactúa con centros inteligentes para una gestión más integral del hogar.
	- Proporciona interacción directa con los usuarios para ajustes personalizados.
Medios de interfaz	Aplicaciones en red y teléfonos inteligentes.
Tipos de comunicación	Wi-Fi: Habilita la comunicación inalámbrica entre las luces y la red local.
Tipo de interacción	Bidireccional:

Característica	Descripción
	- Los usuarios pueden controlar las luces a través de aplicaciones y plataformas digitales.
	- Las luces inteligentes pueden enviar datos sobre su estado y consumo al usuario.
	- La interacción con centros inteligentes permite una gestión cohesiva y automatizada del hogar.

Sombreado inteligente

Aproximadamente un tercio del uso de energía de los sistemas HVAC, en edificios comerciales se debe a la pérdida y entrada de calor a través de las ventanas (Lee et al., 2013). Los sistemas de protección solar (toldos) han demostrado ser una medida de bajo costo para limitar la radiación solar y el calor, al ser controlados manualmente han sido generaba una incomodidad, luego se reemplazaron por sistemas con soluciones motorizadas, en las que el funcionamiento se controla mediante interruptores manuales o temporizadores, pero no terminan de ser una buena solución. Además, el uso de lunas polarizadas es una tecnología bastante antigua (3M obtuvo la primera patente en 1966) los beneficio que se conseguía eran mejoran el confort, aumentan la privacidad, reducen la decoloración, reducen el resplandor y aumentan la seguridad de bienes y personas, y sus desventajas son absorber todo el espectro de la luz solar, limitando así el calor y la luminosidad del edificio.

Estas tecnologías tradicionales han seguido evolucionando dando paso a los sistemas de protección solar controlados automáticamente, reaccionando automáticamente a los cambios de temperatura del ambiente interno y externo. Su funcionamiento se basa en sensores, que miden la temperatura interior y exterior del edificio o la posición del sol y ajustan la altura de los toldos en

consecuencia. Estos sistemas también se pueden combinar con sistemas de iluminación o sistemas de gestión de edificios para un mejor rendimiento.

Para los acristalamientos sin teñir, existen películas adicionales, como películas reflectantes dobles o películas de control solar, que se pueden aplicar sobre ellas (GSA 2014). También existen películas y vidrios inteligentes activas o electrocrómicas que se controlan eléctricamente. Estos ayudan a controlar la luz solar y la transferencia de calor solar. El color de este vidrio cambia según un voltaje bajo, dependiendo de la intensidad de la luz y/o la temperatura. Su aplicación se ha extendido en los últimos años por la disponibilidad de tamaños más grandes, su potencia inalámbrica y mayores capacidades de gestión de la luz del día. (Sanders, 2015).

2.2.4 Sistema de calefacción, refrigeración y aire acondicionado (HVAC)

Las siglas provienen de una suma de palabras en inglés Heating – Ventilation - Air conditioning; en español, Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado.

Este sistema básicamente hace referencia a la climatización (calefacción y refrigeración) y ventilación. Para conseguir calefacción usa intercambiadores de calor, bombas de calor o resistencias eléctricas; para conseguir refrigeración utilizan una serie de compresores, para comprimen un gas para conseguir dar aire frío.

Es el sistema de mayor consumo energético de los edificios inteligentes. La cantidad de energía necesaria para suministrar y distribuir aire en un edificio es enorme, alcanzando el 40% del consumo energético total de un edificio comercial (EIA 2016). Los sistemas HVAC de algunos

edificios consumen aún más energía, ya que un gran porcentaje de ellos están sobredimensionados para el espacio al que sirven. (Haynes, 2016).

El uso de sistemas de control HVAC se considera fundamental para el ahorro energético de un edificio. Desafortunadamente, los administradores de edificios a menudo administran las funciones de estos sistemas incorrectamente a través de prueba y error.

Los sistemas HVAC inteligentes tienen el potencial de reducir significativamente el desperdicio de energía, manteniendo o incluso mejorando el nivel de comodidad de las personas dentro del edificio. El software de construcción inteligente puede recopilar información de varios tipos de sensores en varias partes de un edificio e interpretarla en tiempo real a través de la nube. Se han desarrollado varios algoritmos basados en redes neuronales y aprendizaje automático en el contexto del software de construcción inteligente para optimizar la supervisión y el control de los sistemas HVAC. Estos métodos de control avanzados pueden limitar el consumo de HVAC en espacios vacíos de un edificio, limitar el uso durante los períodos pico e identificar fallas y problemas en el sistema.

los mayores beneficios de los sistemas inteligentes de control HVAC es que optimizan la cantidad de aire frío y caliente que ingresa a un edificio. El control de operación de HVAC puede optimizar el suministro de aire de muchas maneras, utilizando datos de varios parámetros. La optimización mediante sistemas de control inteligente se puede realizar en función de los datos recopilados de los sensores de capacidad, temperatura, calidad del aire, niveles de dióxido de carbono, humedad del aire y presión estática del conducto. Por ejemplo, un sistema de control de ventilación de un edificio inteligente puede medir los niveles de dióxido de carbono en un espacio

ocupado y ajustar el suministro de aire, sin afectar el suministro al resto del edificio. En consecuencia, también puede funcionar un sistema de calefacción y/o refrigeración (aire acondicionado). De esta manera, se pueden ahorrar cantidades significativas de energía al calentar, enfriar y ventilar un edificio.

Los sistemas HVAC inteligentes incluso pueden admitir métodos sofisticados de recopilación y procesamiento de datos analíticos. Hasta hace poco y, en muchos casos, incluso hoy en día, los administradores de edificios se han limitado a mirar los datos sin procesar de las facturas de energía. Esto en sí mismo es limitante porque los datos en los que se basan no pueden proporcionar información clara sobre el rendimiento del sistema y las interacciones dentro de él. Además, estos datos no se basan en tiempo real, sino más a menudo en datos de una base de tiempo más larga (generalmente mensual). Los sistemas de control HVAC inteligentes, que tienen sistemas de análisis de datos incorporados, pueden proporcionar a los administradores de edificios datos históricos y en tiempo real sobre el rendimiento del sistema, lo que les permite ajustar su operación en consecuencia para reducir el desperdicio de energía.

Además de los beneficios energéticos de los sistemas de control HVAC inteligentes, sus capacidades no terminan ahí. Las fugas, los bloqueos y el desgaste son sucesos comunes en un sistema HVAC y, si no se detectan a tiempo, el desperdicio de energía puede ser enorme. Por lo general, estos problemas no se detectan hasta la próxima inspección de mantenimiento del edificio o hasta que se perciba el efecto de la falla en la operación del edificio. Esto puede durar desde unos pocos días hasta meses después de ocurrido el daño. Por el contrario, incluso en los sistemas con

las funciones inteligentes más básicas, existe la capacidad de predecir errores y detectar de inmediato anomalías que evitan fallas en el sistema.

Para Kang et al., (2016) limitar el funcionamiento del sistema HVAC a los períodos en que el edificio está desocupado, para reducir el consumo de energía y detectar y diagnosticar fallas en el sistema, los sistemas de control HVAC inteligentes pueden limitar el uso del sistema durante los períodos pico mediante la gestión de la demanda y la respuesta a ella, reduciendo así la intensidad de la carga en la red eléctrica. Sin embargo, debido a que la tecnología de las redes inteligentes aún no se ha implementado, es difícil calcular en qué medida logran su objetivo.

2.2.4.1 Termostatos Inteligentes (Smart Thermostats)

La función principal de los termostatos es medir, manejar y regular la temperatura en un determinado lugar, la evolución a termostatos inteligentes es que se pueden programar su funcionamiento y utilizar IA, para mejorar el funcionamiento del sistema HVAC en función de los datos recopilados por los medidores y sensores inteligentes. Los termostatos inteligentes, son dispositivos que te permite ahorrar energía eléctrica, también pueden registrar la temperatura interior y exterior, el tiempo de actividad del sistema, limitar el consumo en espacios vacíos de un edificio, detectar fallas y reducir el uso durante períodos de alta demanda. Toda esta información se presenta de forma comprensible y significativa para el usuario.

Estos dispositivos se pueden controlar desde dispositivos móviles, se pueden manejar tiempo real y gracias al WIFI. En la tabla 7 ver características y descripción de los termostatos inteligentes

Tabla 7*Características de los termostatos inteligentes (Smart Thermostats)*

Característica	Descripción
Función principal	Controla la temperatura con ajustes de consumo variables para mayor eficiencia.
Funciones específicas	- Realiza autoaprendizaje de patrones de consumo para optimizar la gestión térmica.
	- Permite habilitar/deshabilitar límites operativos para adaptarse a preferencias y condiciones cambiantes.
	- Facilita la comunicación y control remoto a través de plataformas digitales.
	- Detecta movimiento para ajustar la temperatura en función de la ocupación.
	- Interactúa con otros dispositivos inteligentes para una automatización más completa.
Medios de interfaz	Monitores de dispositivos, monitores periféricos y aplicaciones en red.
Tipos de comunicación	de Wi-Fi: Posibilita la comunicación inalámbrica entre el termostato y la red local.
Tipo de interacción	Bidireccional:
	- Los usuarios pueden ajustar la temperatura a través de monitores y aplicaciones.
	- Los termostatos inteligentes pueden enviar datos sobre el estado y consumo al usuario.
	- Interacción con otros dispositivos inteligentes para una optimización conjunta del hogar.

2.2.4.2 Calentadores de agua inteligentes (Smart Water Heaters)

Los calentadores inteligentes, al igual que los convencionales, tienen como función el de calentar el agua y mantenerla a temperatura constante. Estos los calentadores de agua inteligentes

tienen módulos de display inteligentes con WiFi integrado que permite al usuario calentar agua solo cuando sea necesario, a través de un medio de interfaz como un teléfono inteligente.

Sin embargo, además de esta función básica, los calentadores de agua inteligentes tienen otras características de ahorro de energía. En la tabla 8 podemos observar las características de los calentadores inteligentes de agua

Tabla 8

Características de los calentadores inteligentes de agua (Smart Water Heaters)

Característica	Descripción
Función principal	Proporciona agua caliente de manera eficiente y conectada.
Funciones específicas	- Transforma calentadores de agua convencionales en versiones inteligentes.
	- Permite control remoto de la operación del calentador.
	- Conectividad con otros dispositivos inteligentes para una gestión integrada.
	- Verificación del funcionamiento y estado del calentador para mantenimiento y eficiencia.
Medios de interfaz	Pantalla de concentrador inteligente, aplicaciones en red y teléfonos inteligentes.
Tipos de comunicación	Wi-Fi: Habilita la comunicación inalámbrica entre el calentador y la red local.
Tipo de interacción	Unidireccional:
	- Los usuarios pueden supervisar y controlar el calentador a través de aplicaciones y plataformas digitales.
	- El calentador de agua inteligente puede proporcionar actualizaciones sobre su funcionamiento y estado.

2.2.5 Sensores y Actuadores en Edificios Inteligentes

En edificaciones inteligentes son los sensores, los necesarios para monitorear la actividad humana dentro de un edificio y los actuadores son dispositivos mecánicos cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico

Tanto los sensores como los actuadores son dispositivos mecánicos normalmente electrónicos, que miden o detectan y controlan los parámetros de su entorno. Los sensores recopilan información del entorno en un impulso eléctrico, normalmente digital y la transfieren al sistema de control. Los actuadores, convierten una señal eléctrica en una acción física, estos tienen la capacidad de generar fuerza a partir de líquidos, de potencia eléctrica o gaseosa, tomando decisiones y ejecutándolas en función del entorno, lo que permite una interacción automatizada y remota con él. Un ejemplo de un sensor puede ser un sensor de movimiento para registrar el movimiento en un espacio, mientras que un actuador puede ser un actuador de luz, que tiene la capacidad de encender o apagar las luces. (Pohl et al., 2005).

El rápido desarrollo tecnológico de varios tipos de sensores ha contribuido significativamente a su integración en muchos aspectos de nuestra vida diaria, con el objetivo de recolectar información de una manera más rápida y eficiente, con menor consumo de energía y menor poder de procesamiento (Mukhopadhyay et al., 2015).

Existen diferentes tipos de sensores, en función del tipo de variable que tengan que medir o detectar: de contacto, ópticos, térmicos, de humedad, magnéticos, e infrarrojos. También hay dos tipos de actuadores los neumáticos y los eléctricos.

Los sensores en el interior de un edificio tienen como objetivo controlar y asegurar la calidad del ambiente interior (indoor ambiental quality-IEQ), que está directamente relacionado

con la salud y la productividad de los residentes (Navada et al., 2013). Hay varios tipos de sensores que se pueden utilizar para calcular la calidad interior y la satisfacción de los ocupantes. Estos sensores ayudan a ahorrar energía, mejorar el confort y la calidad del aire. En el contexto de los edificios inteligentes, podemos clasificar a los sensores en sensores ambientales y sensores portátiles, nos preocupamos principalmente por los primeros. (Dong et al., 2019).

Los portátiles se refieren principalmente al seguimiento de las actividades móviles y las señales fisiológicas y no están relacionados con el tema de este trabajo, por supuesto, con la ayuda de ellos, la recopilación de información es mucho más completa y puede ayudar aún más a aumentar la satisfacción y confort en el espacio interior.

Los sensores ambientales recopilan datos que brindan información importante para monitorear los comportamientos humanos dentro de un edificio inteligente. Los datos obtenidos de los sensores se analizan con el fin de identificar las actividades básicas diarias de los residentes, como cocinar, bañarse, etc. Los sensores ambientales basan su funcionamiento en diversas tecnologías.

Según Chiesa et al. (2002) el más común es el uso de varios sensores binarios en varias áreas del edificio. Los sensores binarios detectan la presencia/ausencia de un objeto o el cambio de valor entre 1 y 0. Ejemplos de tales sensores son los sensores de movimiento, los sensores de presión y los sensores de contacto. También se utilizan tecnologías de identificación por radiofrecuencia, así como cámaras de video en combinación con muchas otras tecnologías. La variedad en la forma en que se recopila la información tiene enormes beneficios en términos de comprensión del medio ambiente y las actividades humanas, pero esto puede conducir a un aumento en la complejidad del sistema.

Un parámetro importante de los edificios inteligentes es la seguridad del edificio. Para cumplir con este requisito, se utilizan muchos sensores diferentes, como sensores de contacto que reconocen, por ejemplo, la apertura/cierre de una puerta y cámaras de video que permiten la vigilancia del espacio. (Hnat et al., 2012)

Quizás uno de los roles más esenciales en la operación de un edificio inteligente es el de los sensores de detección de movimiento. Hay varios tipos de sensores tales como:

- Sensores infrarrojos pasivos, detección de calor corporal.
- Sensores de movimiento de tecnología dual, para activarlos ambos sensores deben estar activados.
- Sensores de microondas, que envían microondas para medir el reflejo de objetos en movimiento.
- Sensores de área reflectante, emiten radiación infrarroja de los LED.

El uso de estos sensores está relacionado principalmente con el control del sistema de calefacción, refrigeración y aire acondicionado, así como con el ahorro energético del sistema de iluminación. Para el correcto funcionamiento del sistema HVAC son necesarios los sensores de temperatura y humedad del aire de una habitación, mientras que también existen sensores fotométricos que controlan la intensidad de la luz en función de la luz del día. (Navada et al., 2013).

Incluso hay otros sensores, como sensores de fuego y humo, así como sensores que monitorean los niveles de monóxido de carbono. Además, existen sensores que monitorean la calidad del aire, así como sensores que monitorean otros parámetros ambientales como indicadores de contaminación (sensores de dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles COV, PM) (Ding et al., 2011).

Pero además de estos sensores en sí mismos, un parámetro importante que se debe tener en cuenta son las características personalizables que el usuario puede definir dentro de las capacidades del edificio inteligente.

2.2.6 Sistemas de Gestión e Información Energética (EMIS)

Los sistemas de gestión de energía de edificios son sistemas integrados de gestión de energía y automatización de edificios, que utilizan TI o TIC, tecnologías de comunicación digital inteligentes e interoperables que promueven un enfoque holístico de los controles y proporcionan una optimización operativa adaptativa. El sistema puede tener múltiples niveles, desde sensores y actuadores individuales hasta la interfaz de los usuarios, para facilitar la recopilación de datos, el análisis, el diagnóstico, la búsqueda de tendencias y la toma de decisiones. BEMS podría proporcionar un acceso flexible a los sistemas de automatización de edificios desde varias plataformas y ubicaciones diferentes. Mediante el uso de abstracciones orientadas a servicios para conectar edificios, sistemas y personas, ellos controlan dinámicamente el clima interior de manera rentable y garantiza la comodidad, la seguridad y el bienestar de los ocupantes de los edificios. (Tong et al., 2017)

Para edificaciones inteligente hay muchos dispositivos y sistemas, sin embargo, para que un edificio se considere realmente inteligente, todos sus componentes deben poder comunicarse entre sí e intercambiar datos de forma segura. Para lograr esto, se necesita una amplia gama de hardware y software para organizar, planificar, tomar decisiones y emprender acciones eficaces para gestionar el uso y los costos de operación y mantenimiento de los edificios. Existe una gran variedad de términos que describen esta amplia gama de hardware y software, sin embargo, el que

considero más representativo es el término sistemas de información y gestión de energía (EMIS).

Otros términos que se utilizan como alternativas a EMIS, para Katipamula et al. (2012) son:

- Sistemas de automatización de edificios - Building automation systems (BAS)
- Sistemas de gestión de edificios - Building management systems(BMS)
- Sistemas de gestión y control de energía - Energy management and control systems (EMCS)
- Sistemas de gestión de energía - Energy management systems(EMS)

Ahora bien, existe una distinción entre BAS tradicional, que proporciona control de equipos de construcción, sistemas de información de energía (EIS), que proporciona análisis de datos y optimización de sistemas automatizados (ASO), que proporciona control automatizado basado en análisis de datos (Granderson, 2013).

Desde la década de los 1950 el sistema de automatización de edificios (BAS) ha evolucionado constantemente. Partiendo desde el uso de sistemas de aire comprimido, en la década de 1980, desarrollaron la aplicación de sistemas de control electrónico. En la década de 1990, cambió de forma nuevamente con la aplicación de protocolos abiertos de comunicación, en la actualidad con la aplicación de tecnologías de comunicación inalámbrica (Control Solutions, 2015).

Se utiliza un sistema BAS como tecnología innovadora para integrar, repartir y visualizar información del edificio en los sistemas de aire acondicionado y calefacción, ventilación, iluminación, sistemas de sombreado, al igual que sistemas de seguridad en un edificio. Permitiendo al administrador del edificio ajustar ciertas configuraciones del sistema HVAC, desde un punto central en lugar de tener que hacerlo manualmente. Además, un sistema BAS típico tiene la capacidad de programar condiciones de control específicas (NREL 2011).

La instalación de un BAS integrado, en los EE. UU menos del 13% tiene instalado este sistema en edificios pequeños y medianos, por no es rentable para este tipo de edificios; mientras que el 70% en los edificios de gran tamaño. (EIA 2016). Es por eso que muchos propietarios pueden implementar opciones de control inteligente menos costosas, como termostatos programables que controlan sistemas HVAC autónomos y sensores que controlan la iluminación. Como opción de control inteligente más rentables para edificios de este tamaño. Un controlador central conecta el termostato y los sensores, lo que permite la ejecución de funciones básicas de control. (Katipamula et al., 2012).

En la mayoría de los edificios pequeños y medianos, no existe un empleo permanente de personal especializado para establecer los horarios de operación y determinar los puntos de monitoreo de temperatura, por lo que el resultado de la instalación de un controlador central no es el método de control óptimo para algunos edificios. Por esta misma razón, se sugiere el uso de la estrategia EIS de monitoreo remoto a través de la nube o una red. (Granderson et al., 2013).

Mediante el uso de estos sistemas, una organización de terceros o un equipo de ingeniería instala y supervisa de forma remota las cargas de calefacción, refrigeración y aire acondicionado, iluminación y uso final. Precisamente porque los datos se almacenan en la nube, es fácil que un equipo de personal especializado pueda monitorear el funcionamiento del sistema desde cualquier lugar. También pueden optimizar el control de los equipos, identificar y solucionar los problemas que se presenten e incluso enviar escaleras al lugar para reparar las fallas cuando se considere necesario. (Katimapura et al., 2012).

Cuando la automatización del BAS se combina con la naturaleza analítica del EIS, el resultado es el Sistema de Optimización Automatizado (ASO). Su diferencia con los sistemas de automatización tradicionales radica en el hecho de que los edificios inteligentes no reaccionan

simplemente a cambios en condiciones específicas, sino que utilizan hardware y software para recopilar y analizar datos para tomar decisiones estratégicas oportunas con respecto a una condición externa. En pocas palabras, la diferencia entre BAS y ASO es que el primero es reactivo mientras que el segundo es proactivo.

Para entender la diferencia entre los dos sistemas, vamos con un ejemplo simple de cómo reacciona cada uno al cambio de temperatura. Un BAS típico puede recibir e interpretar datos de temperatura de conductos y sensores interiores y exteriores. El sistema ajusta la operación HVAC al reaccionar a los datos recibidos de los sensores enviando aire acondicionado a los espacios fuera del rango de temperatura. En el caso de que la temperatura del aire exterior se vuelva mucho más cálida o caiga bruscamente, un BAS simple tendrá que funcionar a su máxima capacidad para hacer frente a la refrigeración o la calefacción del edificio, respectivamente. En el caso de ASO, el sistema prepara y ajusta su operación con anticipación en función de las condiciones climáticas pronosticadas. Entonces, por ejemplo, el sistema puede funcionar de manera proactiva enfriando un edificio durante la noche, preparándolo para un día muy caluroso, ahorrando así dinero al propietario del edificio al evitar la operación del sistema en las horas pico (Barnard, 2016).

2.2.7 Redes y comunicación

Las redes de comunicación son importantes poder controlar los dispositivos y servicios inteligentes dentro del edificio. La red de comunicación en un sistema de automatización de edificios opera en base a una red heterogénea que consta de diferentes medios de comunicación y protocolos de red. Esta red se caracteriza por protocolos de tecnología física y protocolos de comunicación. Hay dos tipos de redes. La red interna conecta dispositivos dentro de un edificio pueden ser de tres tipos: cableados dedicados para los datos como: ethernet, fibra óptica o coaxial;

redes compartidas: red eléctrica o de telefonía fija; o inalámbrica como: wifi, bluetooth o NFC. y redes externas que se pueden integrar por separado, como redes de servicios de Internet y redes de telefonía móvil. (Karamantas, 2010).

Las denominadas redes de difusión y acceso son las que proporcionan al edificio, y a sus usuarios, la conexión a Internet y televisión. Las redes más comunes son las de fibra óptica, móvil (3G, 4G, 5G), telefonía, cable, antena y satélite.

Los edificios inteligentes constan de varios componentes, como sensores y actuadores, medios de comunicación y dispositivos de procesamiento de datos. La mayoría de estos componentes, debido a su naturaleza y tamaño, tienen un poder de procesamiento y una vida útil limitados. Para abordar este problema, la mayoría de los sistemas de edificios inteligentes tienen una puerta de enlace central para recopilar, procesar y analizar datos que agregan información de los diversos componentes de un edificio inteligente. Existen varios protocolos para comunicar estos elementos con el portal central. Los más comunes son Bluetooth, WiFi, ZigBee y Z-wave. Estos portales están conectados a Internet y a la nube, y procesan los datos recopilados. La interacción con ella se puede realizar a través del Portal de Energía, pero la mayoría de las veces se realiza a través de teléfonos inteligentes, tabletas o computadoras (Perera et al., 2014).

Dependiendo de los medios de comunicación presentes en un edificio inteligente, los métodos de interconexión entre ellos se pueden dividir en tres categorías: Busline, Powerline e Wireless (Pan et al., 2014).

2.2.7.1 método de línea de bus (Bus line)

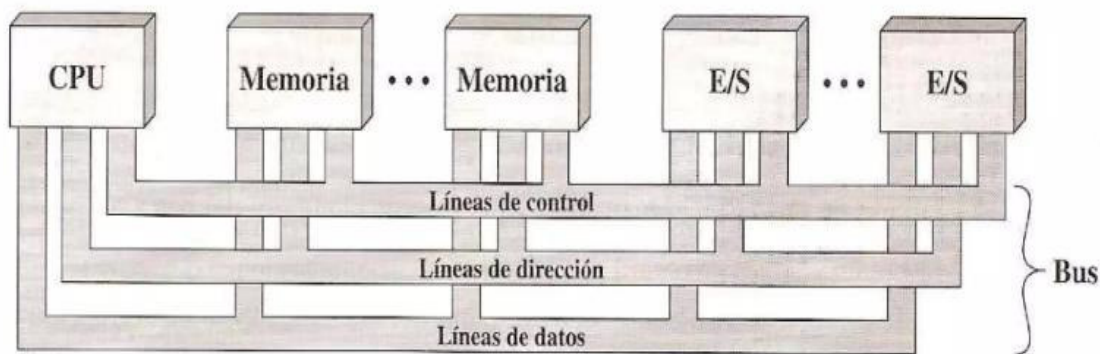
El método de interconexión Bus line, es un medio compartido de comunicación que utiliza un medio físico, generalmente cableado de par trenzado que es similar al cableado físico o varios

canales (en sentido de la lógica), por cada una de las cuales se transporta un bit de información, constituido por un conjunto de líneas (conductores), utilizado por los servicios de red para transportar señales eléctricas. La configuración e instalación de este tipo de interfaces es compleja e implica altos costos debido al uso masivo de cables. Sin embargo, a través de este método se logra un mayor ancho de banda y la confiabilidad del sistema es la más alta de los tres casos. Además, el método Bus line admite un completo protocolo de comunicación bidireccional, lo que permite que los dispositivos se comuniquen fácilmente entre sí. (Carner, 2009).

Como podemos observar en la figura 8, ejemplos de tales protocolos son Konnex, Meter-Bus, etc.

Figura 8

Protocolos Konnex, Meter-Bus



Nota. Buses de interconexión (Castillo informática, 2019)

2.2.7.2 Comunicación por línea eléctrica – Power line communication (PLC)

Para este tipo de comunicación se utiliza la red eléctrica del edificio de forma que los dispositivos y servicios, esta tecnología PLC aprovecha la red eléctrica para convertirla en una línea digital de alta velocidad de transmisión de datos, permitiendo, entre otras cosas, el acceso a

Internet mediante banda ancha, el sistema se conecta directamente a la red eléctrica a través de las tomas del edificio. Los datos se transfieren a través del sistema de cableado existente del edificio para encender y apagar los dispositivos. La comunicación PLC es el más antiguo de las tres tecnologías de construcción inteligente, la banda ancha sobre PLC empezó a finales de la década de 1990, estableciéndose la comunicación en un solo sentido, pero a partir de 1997 se puede transmitir en forma bidireccional. Su costo es generalmente pequeño pero la escalabilidad es difícil. (Cheng y Kunz, 2009).

Este enfoque se utilizó para garantizar la operación del sistema de suministro de energía en caso de fallas, entre los centros de distribución y las plantas de energía. Este enfoque es una opción competitiva para las redes de edificios inteligentes debido a su disponibilidad, funcionalidad integrada y capacidad de conectividad directa combinada con su bajo costo. El principio de PLC consiste en la superposición de una señal de alta frecuencia (de 1,6 a 30MHz) con bajos niveles de energía sobre la señal de la red eléctrica de 50 Hz. Esta segunda señal se transmite a través de la infraestructura de la red eléctrica y se puede recibir y decodificar de forma remota. Así, la señal PLC es recibida por cualquier receptor PLC que se encuentra en la misma red eléctrica. (Serna, 2011).

2.2.7.3 Comunicación inalámbrica (Wireless Communication Method)

La comunicación inalámbrica, es un método de transmisión sin utilizar ninguna conexión como alambres, cables o cualquier medio físico de información de un punto a otro. Y es el método de comunicación de más rápido crecimiento en el campo de la comunicación. La mayoría de las nuevas aplicaciones de edificios inteligentes utilizan tecnologías inalámbricas como infrarrojos y

radiofrecuencia, que son mucho más convenientes debido a su naturaleza no restrictiva y la ausencia de cables. Los dispositivos dentro de un edificio inteligente pueden comunicarse sin obstáculos a través de ondas de radio, rompiendo las barreras que existen en el medio (paredes, puertas, pisos) (Chernbumroong et al., 2010). La comunicación inalámbrica, la transmisión y recepción de señales se realiza con antenas. Esto ha eliminado el alto costo que significa la instalación de cables ofreciendo soluciones flexibles de interconexión y redes para dispositivos y servicios de edificios inteligentes sin necesidad de una red de cableado.

Hay varios protocolos que se pueden implementar en una red inalámbrica. Algunos de los más importantes sistemas de comunicación inalámbrica disponibles en la actualidad son Bluetooth, WiFi, WLAN, Z-Wave, ZigBee, RFID, GPS, comunicación por satélite etc.

Estas tecnologías se aplican a dispositivos y servicios que tienen tecnologías IoT integradas y se utilizan en edificios inteligentes en algún tipo de sistema de control para lograr un bajo consumo de energía, flexibilidad de la red, bajas velocidades, así como expansión y cobertura del edificio. (Cheng y Kunz, 2009).

Los elementos se comunican de esta forma con un servidor central y prestan servicios principalmente relacionados con la gestión de las funciones del edificio, como la monitorización, control y gestión de los sistemas y dispositivos del mismo.

Existen muchas tecnologías inalámbricas que pueden soportar las funciones de los edificios inteligentes y son la solución más adecuada, ya que ofrecen mayor flexibilidad, seguridad, interferencia y menores costos de instalación. La Tabla 9 se presenta las ventajas y desventajas de los más comunes y dominantes.

Tabla 9

Comparación de tecnologías inalámbricas para dispositivos inteligentes

	Bluetooth	WiFi	ZigBee
Ventajas	- Consumo de energía baja	- Normas establecidas	- Consumo de energía baja
	- Disponible en dispositivos móviles	- Disponible en dispositivos móviles	- Normas establecidas
	- Basado en IPv6	- Buen rango	- Red de malla
		- Basado en IPv6	- Buen rango
Desventajas	- Red tipo estrella	- Red tipo estrella	- No se basa en IP
	- Corto alcance		- No disponible en dispositivos móviles

2.3 Ventajas de los Edificios Inteligentes

En este capítulo trataremos cuáles son las ventajas, los beneficios energéticos y no energéticos, de los edificios inteligentes, así como los riesgos relacionados con su seguridad.

2.3.1 Beneficios relacionados con el ahorro de energía

Los edificios consumen más del 40% de la energía a nivel mundial y se espera que para el año 2025 sean los mayores emisores de gases de efecto invernadero en el planeta. Es evidente que el ahorro de energía en este ámbito es crucial y, en este sentido, los edificios inteligentes tienen mucho que ofrecer. Dado que pasamos casi el 90% de nuestra vida en interiores, las edificaciones son responsables del 36% del uso total de la energía, del 65% del consumo de electricidad, del 30% de las emisiones de GEI, del 30% del uso de materias primas, del 30% de los residuos y del 12% del uso del agua potable.

Las tecnologías inteligentes, como los sistemas de gestión de energía, han ayudado a reducir el consumo eléctrico en los edificios. La combinación de la inteligencia artificial, el internet de las cosas y la conectividad 5G permite mejorar el consumo energético en las edificaciones mediante la automatización y el uso de dispositivos inteligentes, como sensores y ventanas inteligentes. Esto permite un control remoto y automatizado en tiempo real, además de revelar energía desperdiciada en espacios no utilizados.

Un experimento llevado a cabo por el Instituto de Diversificación y Ahorro Energético en 2008 comparó el consumo de energía de una vivienda tradicional con una vivienda equipada con tecnología domótica. Después de un seguimiento de un año, se observó un ahorro significativo en la vivienda con tecnología inteligente en la iluminación (80%), aire acondicionado (25%), calefacción (17%), pequeños electrodomésticos (20%), agua caliente (11%) y uso de ordenadores (10%).

Los edificios inteligentes permiten cuantificar los efectos de cualquier acción dentro de la operación del edificio, lo que facilita la toma de decisiones para las partes interesadas. El acceso a datos de energía en tiempo real a nivel de piso, sistema y equipo puede mostrar el impacto de las tecnologías inteligentes con mucha mayor precisión.

Implementar tecnologías inteligentes en los edificios no solo reduce el costo de las facturas de electricidad, sino que también puede ahorrar hasta un 24-32% de costos según un estudio realizado por el Consejo Estadounidense sobre Eficiencia Energética en el uso de sistemas inteligentes de HVAC e iluminación. (Bonneau et al., 2017).

La eficiencia energética en los edificios inteligentes puede ser mejorada mediante la combinación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y materiales inteligentes.

En la tabla 10 se presentan algunas de las tecnologías utilizadas para lograr este objetivo, tal como se indica en un estudio realizado por King et al. (2017).

Tabla 10

Ahorro de energía en diferentes sistemas y tecnologías

Sistema	Tecnología	Ahorro de Energía
Climatización	Control de velocidad variable	15-50% de la energía de la bomba o motor
	Sensores ambientales inteligentes	5-10%
Carga de enchufe	Enchufes inteligentes	50-60%
	Regleta inteligente	25-50%
Encendido	Sensores, actuadores de control inteligente	45%
	Gestión en línea	20-30% más de ahorro a través del control
Sombreado de ventana	Sistema de sombreado automático	21-38%
	Película intercambiable	32-43%
	Gafas inteligentes	20-30%
Automatización	Automatización de edificios BAJO	10-25% en todo el edificio
Sistema de análisis	Sistema basado en información en la nube	5-10% en todo el edificio

La eficiencia energética en los edificios inteligentes puede lograrse a través de diversas estrategias, entre las cuales la instalación de sensores, la automatización de control y los sistemas de optimización parecen tener el mayor impacto. La sustitución de dispositivos individuales o partes del equipo del edificio con nuevas tecnologías inteligentes también puede conducir a un ahorro de energía de entre el 5% y el 15%. Sin embargo, la aplicación de un sistema integrado en

un edificio inteligente que contenga sensores y actuadores para monitorear, controlar y manipular sus subsistemas puede conducir a un gran aumento en su eficiencia energética, logrando ahorros de energía del 30% al 50% en comparación con los edificios existentes.

En la tabla 11 podemos observar cómo el uso de tecnologías inteligentes en diversos sectores de edificios comerciales, como oficinas, hospitales y hoteles, puede generar grandes porcentajes de ahorro de energía que van desde el 6% al 40% (King et al., 2017).

Tabla 11

Tecnologías Inteligentes y Ahorro de Energía en Diferentes Tipos de Edificios

Tipo de Edificio	Superficie Promedio (m²)	Tecnologías Inteligentes	Medida de Ahorro (%)
Escuelas	10,000	Sensores de ocupación de espacio, Sistema de gestión de iluminación en la nube	11
Oficinas	5,000	Sistema de control de iluminación	23
		Sistema de control remoto HVAC	
Hospitales	12,000	Sistema de control de iluminación	18
		Software de análisis de datos	
Hoteles	20,000	Comprobación de ocupación de habitaciones	6
Laboratorios	7,000	Sensores de calidad del aire	40
		Sensores de ocupación del espacio	
		Sistema de control de ventilación	

Fernández (2020) describe varios métodos de certificación energética de edificios que son importantes en el sector de la edificación, entre ellos se encuentran BREEAM, LEED y VERDE. Cada uno de estos métodos certifica el edificio evaluando impactos en diferentes categorías relacionadas con la sostenibilidad, eficiencia, entre otros aspectos. En la figura 9 se muestra una

comparativa de los tres métodos, incluyendo las categorías evaluadas y el sistema de puntuación correspondiente.

Figura 9

Comparativa de algunos métodos de certificación de edificios.

CERTIFICACIÓN	CATEGORÍAS	PUNTUACIÓN
 BREEAM ES (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method)		
 LEED® (Leadership in Energy and Environmental Design)		
 VERDE® (Valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios)		

Nota. Impacto del control eficiente de los sistemas de HVAC en la sostenibilidad y eficiencia energética (Fernández et al., 2019)

2.3.2 Beneficios no relacionados con el ahorro de energía

Los edificios inteligentes son el futuro de la construcción y prometen mejorar nuestra calidad de vida y trabajo de múltiples maneras. Además del ahorro de energía y dinero para los propietarios y usuarios, existen otros beneficios que no están directamente relacionados con la reducción del consumo de energía.

Un aspecto importante de los edificios inteligentes es su capacidad para recopilar y procesar grandes cantidades de información de todo el edificio. Esta información incluye datos sobre la cantidad de energía que se utiliza en un momento y lugar específicos, así como su costo.

Al utilizar esta información, las tecnologías inteligentes pueden identificar tendencias y optimizar las funciones del edificio. Todo esto se puede visualizar y analizar fácilmente a través de un tablero que muestra datos sobre el consumo de energía, la salud y eficiencia del sistema y el uso de los dispositivos.

Los edificios inteligentes ofrecen una amplia gama de beneficios que van más allá del ahorro de energía y dinero. Su capacidad para recopilar y procesar información en tiempo real permite mejorar la eficiencia y la calidad de vida en el edificio. Con tecnologías cada vez más avanzadas, los edificios inteligentes son el futuro de la construcción sostenible y eficiente.

2.3.2.1 Espacios flexibles y dinámicos

Los edificios inteligentes ofrecen espacios flexibles y dinámicos que se adaptan a las necesidades humanas, evolucionando así los ambientes tradicionales. Los espacios flexibles permiten colocar o quitar paredes y distribuir el espacio según la necesidad, lo que los hace más dinámicos. Los edificios inteligentes, por su parte, responden de forma predictiva a través de sus sistemas de análisis, adaptando rápidamente sus operaciones a los cambios en el clima, la ocupación del espacio, entre otros. Lo mejor de estas tecnologías es que permiten el control remoto, lo que brinda a los ocupantes la flexibilidad de ajustar el funcionamiento del edificio desde cualquier lugar.

Estos edificios se diseñan pensando en crear lugares de trabajo eficientes y flexibles donde el ser humano sea el foco central. Los espacios habilitados para la IoT (Internet de las Cosas), con dispositivos, aplicaciones y servicios, mejoran la calidad de vida en el ambiente laboral. Los usuarios tienen mayor elección y control en el lugar donde desarrollan sus actividades, incluyendo

la elección de la temperatura y condiciones de iluminación óptimas para su desempeño, gracias a tecnologías que permiten que los sistemas de gestión de edificios respondan de manera inteligente a las entradas de los usuarios y datos ambientales. Además, la recolección y análisis de datos son utilizados para tomar mejores decisiones en cuanto a la optimización del espacio y la gestión de bienes raíces.

El futuro del trabajo requiere crear un entorno laboral que sea más productivo, ágil y adaptable, al mismo tiempo que se gestionan los recursos de forma responsable y sostenible y un sistema digitalizado basado en los datos del entorno de la oficina asegura que los espacios de trabajo sean optimizados para el rendimiento de los empleados y del edificio. (Vanza, 2020, p. 1).

2.3.2.2 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo en edificaciones inteligentes implica la intervención de los sistemas del edificio de manera anticipada, utilizando sensores para monitorear y controlar su funcionamiento. Estos sistemas son capaces de prever el momento en que un equipo puede fallar mediante el seguimiento de su evolución y eficiencia, registrando la vida útil del mismo y realizando las reparaciones necesarias.

En el boletín INFRASPECK (2023) describe que los proceso se divide en tres etapas: el recojo de datos mediante sensores, el envío de datos y los cálculos y aprendizaje automático para construir algoritmos predictivos. Detallo:

Primer paso, recojo de datos (data collection) es instalar sensores que puedan medir y recoger información en tiempo real sobre el rendimiento y la “salud” de los equipos. Para predecir cuándo se producirá la avería.

Segundo paso, envío de datos (data mining). El Internet de las Cosas (IoT) permite que los sensores envíen toda la información a un sistema central o a un software que te permite analizar lo que está ocurriendo.

Tercer paso cálculos y aprendizaje automático (machine learning). El componente que diferencia al mantenimiento predictivo es la construcción y aplicación de algoritmos que ofrezcan un pronóstico, basándose en el historial del equipo, en los logs de mantenimiento y las estadísticas, la idea es detectar anomalías antes, encontrar correlaciones y recibir sugerencias inteligentes para prevenir una avería.

Entre los beneficios del mantenimiento predictivo se encuentran la prolongación de la vida útil de los equipos, la reducción de riesgos de apagones, el monitoreo constante de variables, el mayor confort para los usuarios, el aumento del valor de arrendamiento o compra de inmuebles, el mantenimiento adecuado para la Certificación LEED, la reducción de los gastos de energía y agua, la eficiencia en el uso de diferentes sistemas, la personalización de alertas y la inclusión de sistemas redundantes.

2.3.2.3 Seguridad

Con toda la tecnología que tiene un edificio inteligente, nos preguntamos ¿por qué es importante que cuenten con sistemas de seguridad? A continuación, detallamos las razones:

A pesar de la gran cantidad de tecnología que se utiliza en un edificio inteligente, contar con sistemas de seguridad es esencial para evitar vulnerabilidades y proteger la privacidad y la información de los usuarios y habitantes.

Vulnerabilidad de seguridad a edificios inteligentes; Una de las principales preocupaciones en cuanto a la seguridad en edificios inteligentes es la vulnerabilidad que presentan los dispositivos conectados a internet sin una gestión centralizada, lo que aumenta el riesgo de ciberataques. Además, los edificios inteligentes son susceptibles a ataques de hackers, lo que puede comprometer la seguridad de las personas y las empresas que ocupan la edificación. Vulnerabilidad de seguridad a edificios inteligentes.

La falta de acceso remoto seguro también es un problema común en los edificios inteligentes. Los sistemas de conectividad WiFi inseguros o autónomos son una gran vulnerabilidad física y cibernética para estos edificios, ya que pueden ser manipulados a distancia vía internet. Por lo tanto, es importante integrar una arquitectura de seguridad flexible que incorpore sistemas de ciberseguridad de extremo a extremo para garantizar la seguridad en los edificios inteligentes.

Para lograr esto, se requiere una plataforma flexible, centralizada y rentable que cumpla con las normativas técnicas y con el Reglamento General para la Protección de Datos. Además, es necesario implementar sistemas de detección de infracciones y accidentes, así como notificar de manera inmediata a un centro de emergencia en caso de necesidad; como en caso de incendio o terremoto son condiciones que confirman esta tendencia creciente, pero al mismo tiempo también la necesidad de integrar sistemas inteligentes en un edificio. (Bonneau et al., 2017)

La protección de datos es una preocupación importante en el desarrollo de tecnologías inteligentes. Los datos de los usuarios están vinculados a su privacidad y, por lo tanto, deben protegerse de los ataques cibernéticos y el malware mediante el desarrollo de software de encriptación. Los edificios inteligentes son vulnerables a ciberataques relacionados con la

seguridad en empresas y organizaciones, que buscan explotar brechas de seguridad para acceder a la red del edificio e interceptar datos, incluidos los datos personales. (Ciholas et al., 2019)

Por esta razón, se han desarrollado más de 200 protocolos de seguridad por parte de la Comisión Electrotécnica Internacional (Comisión Electrotécnica Internacional - IEC) para aumentar la resiliencia y la seguridad de los sistemas de TI.

2.3.2.4 Eficiencia de los Usuarios

La eficiencia de los usuarios en edificaciones inteligentes está directamente relacionada con el ambiente de trabajo en el que se desenvuelven. Las tecnologías inteligentes pueden contribuir a crear un entorno óptimo, seguro y confortable, que mejore la productividad y a su vez reduzca el consumo energético y los costos de administración y mantenimiento del edificio.

El control avanzado de climatización, iluminación y telecomunicaciones proporciona un ambiente saludable y cómodo a través del monitoreo y control de la temperatura, calidad del aire, humedad, iluminación y otros parámetros ambientales. Según un estudio del World Green Building Council, mejorar la ventilación y la calidad del aire interior en edificios para oficinas o comercio puede aumentar la productividad de los usuarios en un 11 % y mejorar las condiciones de iluminación en un 23 %. Además, la automatización de ciertos procesos puede conducir a la reducción de costos operativos y errores humanos, lo que aumenta la productividad en general. (Kang et al., 2016)

En conclusión, la implementación de tecnologías inteligentes en edificaciones contribuye a crear un ambiente de trabajo óptimo y saludable que mejora la eficiencia y productividad de los usuarios, al mismo tiempo que reduce los costos de administración y mantenimiento del edificio.

2.3.2.5 Efectos sobre el valor del edificio

Los edificios inteligentes presentan un valor significativamente mayor en comparación con los edificios convencionales, gracias a su eficiencia energética y la creación de nuevas fuentes de ingresos para los propietarios. Sin embargo, los costos de alquiler y compra son mucho más altos debido a la instalación de nuevas tecnologías. Es importante que los inquilinos/residentes evalúen si esta elección es justificada. Según Global Real Estate Sustainability Benchmark, el Punto de referencia global de sostenibilidad inmobiliario; los edificios energéticamente eficientes presentan una serie de ventajas, incluyendo un aumento del 2-17% en el valor de reventa, un aumento del 8-35% en los precios de alquiler, tasas de ocupación un 9-18% más altas, un 30% menos de costos operativos y un 9% de ingresos operativos más altos.

Las ventajas y beneficios de los edificios inteligentes son innegables, sin embargo, también existen algunos riesgos y preocupaciones que no solo afectan a los edificios inteligentes, sino a todas las aplicaciones tecnológicas en su conjunto.

2.4 Perspectivas y desafíos para el futuro de los edificios inteligentes

Este capítulo tiene como objetivo identificar las perspectivas de su desarrollo y los desafíos que existen en su adopción.

La industria de la construcción ya está utilizando tecnologías inteligentes para mejorar la eficiencia energética, crear lugares de trabajo más cómodos, reaccionar automáticamente ante los cambios climáticos y proteger personas, datos y procesos de seguridad e incendios. También para mejorar las condiciones ambientales de los edificios inteligentes, ya sean viviendas, oficinas, edificio comercial, instalación de producción, comercios, hospitales, etc.

Considerando que, de acuerdo con José de Ramón, socio responsable de ingeniería y construcción de IBM en España, Portugal, Grecia e Israel, a nivel global, “los edificios consumen el 42% del total de la energía, es decir, más que cualquier otro activo. Además, sólo los costos de energía representan el 30% del total del costo de operación de un edificio, y que el 50% del agua que circula por un edificio se pierde.

2.4.1 Perspectivas para el desarrollo de edificios inteligentes

Según la Asociación Española de Domótica e Inmótica (CEDOM), el volumen de facturación de los fabricantes de sistemas de control y automatización ascendió a 50,5 millones de euros durante 2016, un 12% más respecto al año anterior. "Una tendencia que se ha mantenido en 10% en 2017, se estima que el crecimiento anual será del 16% al 20%". La idea es convertir a los edificios en sistemas vitales para mejorar la vida de las personas que los utilizan, siendo el objetivo avanzar hacia sistemas eficientes sostenibles y que ofrezcan mejores servicios a los usuarios. Para hacernos una idea, según la AIE, “la digitalización, que incluye controles inteligentes y dispositivos conectados, podría reducir el uso total de energía global en los edificios en un 10% para 2040”.

Además, el futuro de los edificios inteligentes se entrelaza con tres dimensiones tecnológicas, que serán la base de las sociedades del futuro hacia la creación de un sistema energético global, dinámico y participativo. Estas son las tecnologías verdes y la producción descentralizada, la red inteligente y las ciudades inteligentes.

2.4.1.1 Energía verde y producción descentralizada

La energía verde se refiere a la energía producida a partir de fuentes renovables y sostenibles, como la energía solar, la eólica, la hidroeléctrica, la geotérmica y la biomasa. Estas fuentes de energía son consideradas "verdes" porque no emiten gases de efecto invernadero ni otros contaminantes que contribuyen al cambio climático.

La producción descentralizada de energía se refiere a la producción de energía en pequeña escala, cerca del lugar donde se va a utilizar. Esto puede incluir paneles solares en los tejados de los edificios, turbinas eólicas en terrenos cercanos a las ciudades o pequeñas centrales hidroeléctricas en ríos cercanos a las comunidades. También puede ayudar a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mejorar la seguridad energética de las comunidades. Además, puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al proporcionar una fuente de energía renovable y sostenible.

La necesidad de reducir el consumo de combustibles fósiles y su sustitución por fuentes de energía renovables es una necesidad impostergable, ya que es la mejor manera de reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

La combinación de tecnologías verdes para la producción de energía, en los nuevos edificios (privados y públicos) y la red eléctrica inteligente serán los medios para reducir el uso de combustibles fósiles y, por ende, las emisiones de dióxido de carbono y aumentar la eficiencia de los sistemas. (Dai et al., 2016)

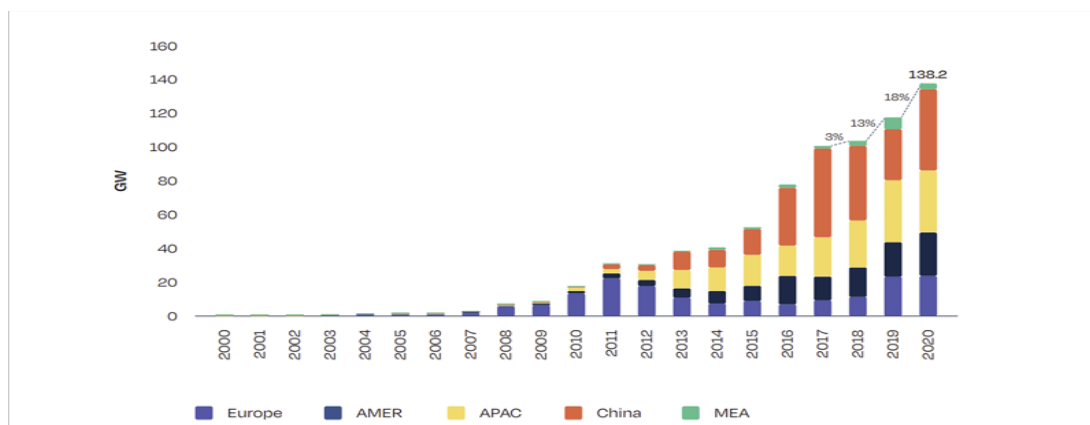
Las fuentes de energías renovables utilizadas para producir electricidad son descritas en la tabla 12

Tabla 12*Tipos de energía verde y sus aplicaciones*

Energía Verde	Fuente	Tecnologías	Aplicaciones
Energía Solar	Sol	Fotovoltaica, termo solar	Electricidad, calefacción, refrigeración
Energía Eólica	Viento	Turbinas eólicas	Electricidad
Energía Hidroeléctrica	Agua	Centrales hidroeléctricas	Electricidad
Energía Geotérmica	Tierra	Sistemas geotérmicos y bombas de calor	Electricidad, calefacción y refrigeración
Bioenergía	Biomasa	Combustión de biomasa, biogás, biocarburantes	Electricidad, calefacción, refrigeración, transporte

Nota. Una revisión sobre los vehículos eléctricos y las sinergias de energía renovable en la red inteligente. (Dai et al., 2016).

La tecnología solar se aprovecha de dos maneras como energía fotovoltaica y energía térmica. La energía solar fotovoltaica convierte los rayos del sol en electricidad es la más conocida. Un ejemplo de ello podemos observar en la tabla 10.

Figura 10*La energía solar registró en 2020 138,2 GW de instalaciones en el mundo*

Nota. China provee aproximadamente el 80% de paneles solares a nivel global. Tomada de Solar Power Europe (2021).

La energía eólica se obtiene con la fuerza del viento. Se obtiene al convertir del movimiento de las palas y de las turbinas, llamadas aerogeneradores o turbinas de aire, que convierte en electricidad a través de un generador eléctrico.

La energía hidráulica o hidroeléctrica es aquella que aprovechando de las energías cinética del movimiento de agua para generar electricidad. El movimiento de agua hace girar turbinas, que están conectadas a un transformador en las centrales hidroeléctricas.

La energía geotérmica otra de las energías renovables es un proceso que se obtiene aprovecha el calor del interior de la tierra y lo convierte en energía. Es una de las únicas energías renovables que no es intermitente y por lo tanto no depende de las condiciones atmosféricas. Se un recurso inmenso, energía renovable, sostenible e inagotable.

La biomasa se utiliza para producir electricidad y combustible (por ejemplo, biogás) a partir de la combustión de residuos orgánicos vegetales o animales, o de la fermentación de dicha materia. La biomasa puede ser de origen natural, residual o producida. La biomasa natural, sin la intervención humana, se produce en la naturaleza. La residual procede de vertidos biodegradables diversas actividades de las humanas. La biomasa proviene de la transformación de cultivos energéticos o excedentes agrícolas. Biomasa por mecanización para producir biogás: durante su fermentación, los residuos orgánicos (domésticos, agrícolas, agroindustriales) se transforman en biogás.

La energía verde es un elemento clave en el futuro de los edificios inteligentes, ofreciendo energía de fuentes externas, reduciendo así la carga que toman de la red eléctrica. A veces, sin embargo, el costo de instalación es un obstáculo para su implementación. Sin embargo, este costo está disminuyendo constantemente. (Rifkin, 2011)

El papel de la electricidad es cada vez mayor y el desarrollo combinado de la aplicación de fuentes de energía renovables y aplicaciones digitales son puntos clave para lograr muchos de los objetivos globales de desarrollo sostenible. (IEA, 2019).

Otro término que se encuentra cuando se habla de energía verde es el de fuentes de energía descentralizadas o DER (Distributed Energy Resources). Los DER son fuentes de generación de electricidad a pequeña escala cerca del punto de uso o in situ (en el propio edificio) para satisfacer sus necesidades. Incluyen tecnologías como la fotovoltaica, las pilas de combustible, etc., que generan energía independientemente de la red de producción eléctrica, lo que les permite operar de forma autónoma o en paralelo con la red eléctrica.

En algunos casos también pueden vender energía a la red. Su diferencia con los combustibles fósiles convencionales radica en su diversidad, disponibilidad y capacidad de uso a escala mundial (Attia et al., 2018).

Los DER no solo implican la generación de energía, sino también el almacenamiento descentralizado de energía. Para satisfacer las necesidades del edificio durante los períodos de baja demanda, los sistemas de almacenamiento de energía proporcionan electricidad almacenada previamente, ya que la generación in situ de DER no es suficiente.

El consumo de energía se reduce mediante el uso de software de monitoreo de energía, que cambia automáticamente la fuente de energía entre la red y el sistema de almacenamiento. Los inversores inteligentes se han agregado a los DER, lo que permite una comunicación bidireccional con la compañía eléctrica. El software controla los inversores inteligentes, permitiendo la comunicación continua entre la DER y la red eléctrica. Esta comunicación incluye la recopilación

y el envío de datos de voltaje y frecuencia de los DER conectados a la red, lo que permite una comprensión más profunda del sistema de distribución eléctrica.

Los DER se han utilizado en instalaciones comerciales e industriales, como los sistemas de calor y electricidad combinados (CHP) y los paneles fotovoltaicos. Los CHP utilizan el calor residual de la generación de energía para el sistema HVAC del edificio y para calentar el agua. Los sistemas fotovoltaicos se conectan a la red eléctrica y pueden instalarse en el suelo, en los techos y en la envolvente del edificio. El costo de los sistemas fotovoltaicos se ha reducido en un 75% desde 2019, lo que ha permitido que se utilicen más en el mercado debido a su amplia variedad de aplicaciones. Estos sistemas pueden formar parte del revestimiento exterior del edificio o incluso ser utilizados como ventanas. (IRENA, 2015).

Se presentan algunas de las ventajas de la energía verde:

Sostenibilidad: Las fuentes de energía renovable son sostenibles ya que se obtienen de fuentes naturales que se pueden regenerar de forma natural. A diferencia de los combustibles fósiles, que son finitos y no renovables, la energía verde es una fuente de energía inagotable.

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero: La generación de energía verde produce muy pocas emisiones de gases de efecto invernadero, lo que ayuda a reducir el cambio climático y a proteger el medio ambiente.

Menor dependencia de los combustibles fósiles: La energía verde reduce la dependencia de los combustibles fósiles importados, lo que mejora la seguridad energética y reduce la volatilidad de los precios de la energía.

Creación de empleo: La transición a la energía verde crea empleos en la industria de la energía renovable, así como en otros sectores relacionados, como la construcción y la ingeniería.

Ahorro de costos: A largo plazo, la energía verde puede ser más rentable que los combustibles fósiles, ya que los costos de la tecnología y el mantenimiento de las instalaciones están disminuyendo constantemente.

Diversificación de la matriz energética: La energía verde diversifica la matriz energética, lo que permite una mayor flexibilidad y estabilidad en el suministro de energía.

2.4.1.2 Red inteligente y ciudades inteligentes

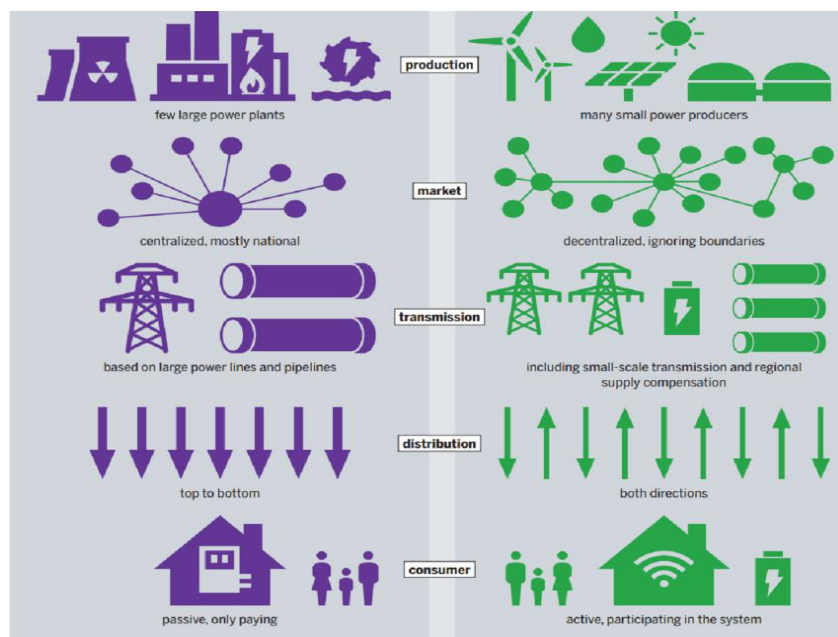
Red inteligente o Smart Grids

La red inteligente, también conocida como Smart Grids, es una evolución necesaria de la red eléctrica tradicional para manejar las crecientes demandas de energía y las tecnologías digitales y automatizar la complejidad de las necesidades de electricidad del siglo XXI. Esta nueva red permite el flujo bidireccional de información y datos a través de la tecnología digital, permitiendo la detección, reacción y acción temprana ante cambios en el uso y otros problemas. Además, las redes inteligentes tienen la capacidad de auto-curarse y permiten que los consumidores participen activamente en la toma de decisiones sobre su uso de energía.

La transición de las redes de distribución tradicionales a las inteligentes está impulsada por muchos factores, como la liberalización del mercado energético, la producción descentralizada de energía, el aumento de la micro-generación y las microrredes aisladas, los avances tecnológicos en el campo de los contadores inteligentes, la mayor participación de las fuentes renovables en la producción de energía y la implicación de los consumidores.

Figura 11

Características de una red eléctrica inteligente versus la red eléctrica actual



Nota. El efecto de la digitalización en la red eléctrica, tomada de Energy Atlas (2018).

Las redes inteligentes se basan en tres aspectos fundamentales: Información, Inteligencia y acción. Mientras mayor información se tenga sobre el estado actual de la red eléctrica, mayores serán las alternativas de acción para tomar decisiones. Una de sus principales funciones está relacionada con la medición inteligente para tomar decisiones como disminuir la demanda, reconfigurar la red si hay alguna falla, almacenar energía producida por generadores, etc. Todo esto se logra mediante dispositivos de control coordinados en tiempo real. Las tecnologías de información y comunicación son fundamentales para facilitar este proceso.

La red inteligente no solo se refiere a la comunicación bidireccional de datos y electricidad, sino que sus horizontes se han ampliado con el desarrollo de tecnologías como IoT, Big Data, análisis avanzado de datos, inteligencia artificial y aprendizaje automático. Así, el desarrollo de redes inteligentes y microrredes puede proporcionar capacidad de adaptación a la red principal,

optimizar los costos energéticos, permitir la introducción de fuentes de energía renovables en la red, mejorar la accesibilidad energética y ofrecer otros beneficios, como se indica en IEC (2010).

Los principales beneficios son: mayor eficiencia, reducción de emisiones y confiabilidad.

También podemos mencionar

- Transmisión de electricidad más eficiente
- Restauración más rápida de la electricidad después de cortes de energía
- Reducción de costos operativos y de gestión por parte de los proveedores de energía, lo que conduce a menores costos para los consumidores
- Reducción de la demanda máxima
- Integración de sistemas de energía renovable a gran escala en la red
- Mayor seguridad

Ciudades inteligentes

Las ciudades inteligentes se basan en edificios inteligentes que se integran en la red eléctrica inteligente para crear la infraestructura necesaria. Estos espacios utilizan tecnologías digitales y de telecomunicaciones para mejorar la eficiencia de los servicios tradicionales y beneficiar a los residentes y empresas.

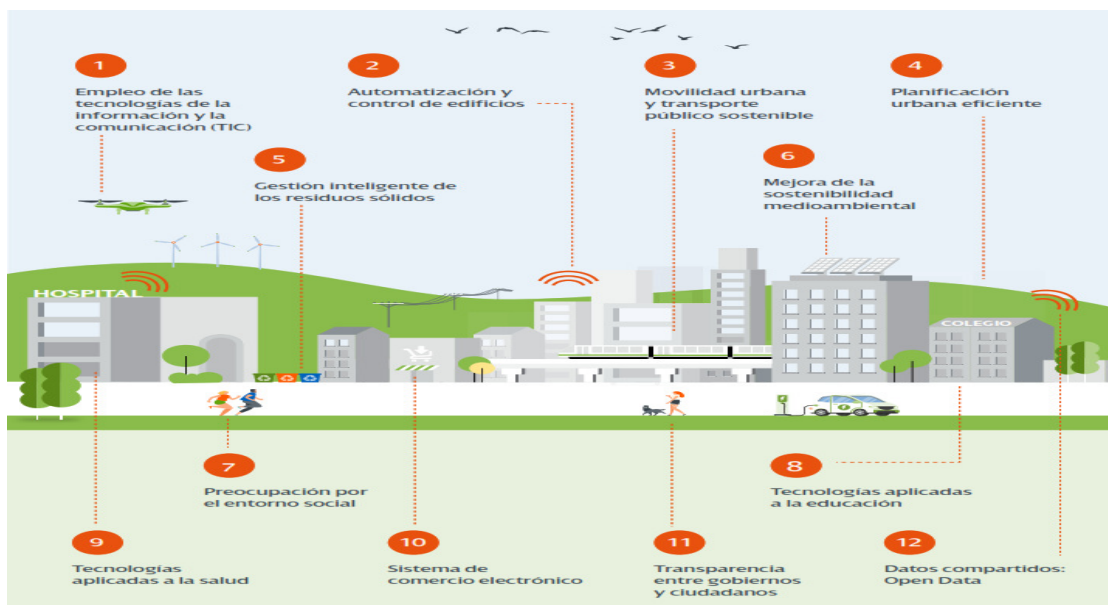
Dado que las grandes ciudades consumen más del 75% de la producción de energía mundial y generan el 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero, muchas de ellas están adoptando medidas estratégicas para transformarse digitalmente y enfrentar los desafíos globales, como el aumento de la población, la contaminación y la escasez de recursos (agua y energía).

Una ciudad inteligente no se trata solo del uso de las tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la gestión de los recursos y la reducción de emisiones de los edificios, sino de la infraestructura y gestión en su conjunto. Una ciudad inteligente cuenta con redes interconectadas que abarcan diferentes áreas, como el transporte urbano, la gobernanza, la economía, los servicios públicos mejorados, la electricidad, la iluminación, la movilidad, el medio ambiente, la sanidad, la seguridad y la gestión de residuos más eficientes. Además, las ciudades inteligentes se integran con tecnologías como la sensorización, el Internet de las cosas, los algoritmos, la nube, la inteligencia artificial y la tecnología de cadena de bloques en sus sistemas.

Una ciudad inteligente es aquella con una administración más eficiente e interactiva que brinda seguridad y satisface las necesidades de todos sus habitantes. Es la ciudad del futuro, como podemos observar en la figura 12.

Figura 12

De edificios inteligentes a ciudades inteligentes



Nota. Las ciudades inteligentes usan tecnología para optimizar recursos, mejorar la calidad de vida y la sostenibilidad urbana (IESE, 2022).

2.4.2 Desafíos en la evolución de los edificios inteligentes

Los edificios inteligentes presentan desafíos importantes en su evolución y adopción en el mercado. Aunque las ciudades son un escenario idóneo para la implementación de tecnologías inteligentes, la ONU predice que en los próximos diez años el 70 % de la población mundial vivirá en las grandes ciudades y responsables de la contaminación y las emisiones.

La adopción de estas innovaciones no ocurre de manera simultánea en la sociedad, sino que sigue una curva de innovación, presentada por primera vez por Everett Rogers en 1962 (Figura 13), que incluye cinco tipos distintos de individuos. Actualmente, la mayoría de los propietarios y administradores de edificios tardan en adoptar tecnologías inteligentes debido a una variedad de razones.

Figura 13

Curva de innovación



Nota. La curva de innovación describe la adopción de nuevas tecnologías, desde los innovadores hasta la mayoría rezagada. (Rogers, 1962).

Todavía estamos en las primeras etapas de esta curva y la mayoría de los propietarios y administradores de edificios, variedad de razones, tardan en adoptar tecnologías inteligentes. El Instituto Europeo de Rendimiento de Edificios (BPIE, de sus siglas en inglés) ha publicado un informe sobre cómo Europa está preparada para la transmisión hacia los edificios inteligentes (¿Is Europe Ready for the Smart Buildings Revolution?). En él que evalúa los parámetros que se consideran necesarios para que un edificio sea considerado inteligente. Para este análisis se utilizaron diversos indicadores, la eficiencia de los edificios, la operabilidad dinámica, la adaptabilidad a los sistemas energéticos, el uso de energías renovables, así como los sistemas de control dinámicos y de autoaprendizaje que determinen el nivel de preparación de Europa para una creciente proporción de edificios inteligentes. Y es que, la construcción inteligente necesita sistemas de control dinámicos correctos y sistemas de control de autoaprendizaje para optimizar las variadas interacciones y sus de la energía. La mayoría de los países aún tienen un largo camino por recorrer en términos de desarrollo de un entorno de construcción inteligente. Además, gestionar la gran cantidad de datos y notificaciones de un sistema de este tipo puede asustar a muchos.

El alto costo y el largo tiempo de reemplazo de equipos relacionados con la infraestructura del edificio son el principal obstáculo para invertir en edificios inteligentes. Especialmente para los propietarios de los edificios medianos y pequeños.

Para Johnson Controls (2016) el número de pequeñas empresas que cuentan con el capital para invertir en mejoras energéticas es la mitad en comparación con las grandes empresas. Otro obstáculo al que se enfrenta la expansión de los edificios inteligentes es la falta de estandarización entre los dispositivos conectados. Aunque existen varios protocolos de comunicación que permiten

que los dispositivos se comuniquen, no existe un único protocolo que permita que todos los equipos y dispositivos inteligentes se comuniquen entre sí. Además, existe preocupación por la centralización del control y la supervisión de los sistemas de seguridad en los edificios inteligentes, lo que los convierte en objetivos de ciberataques.

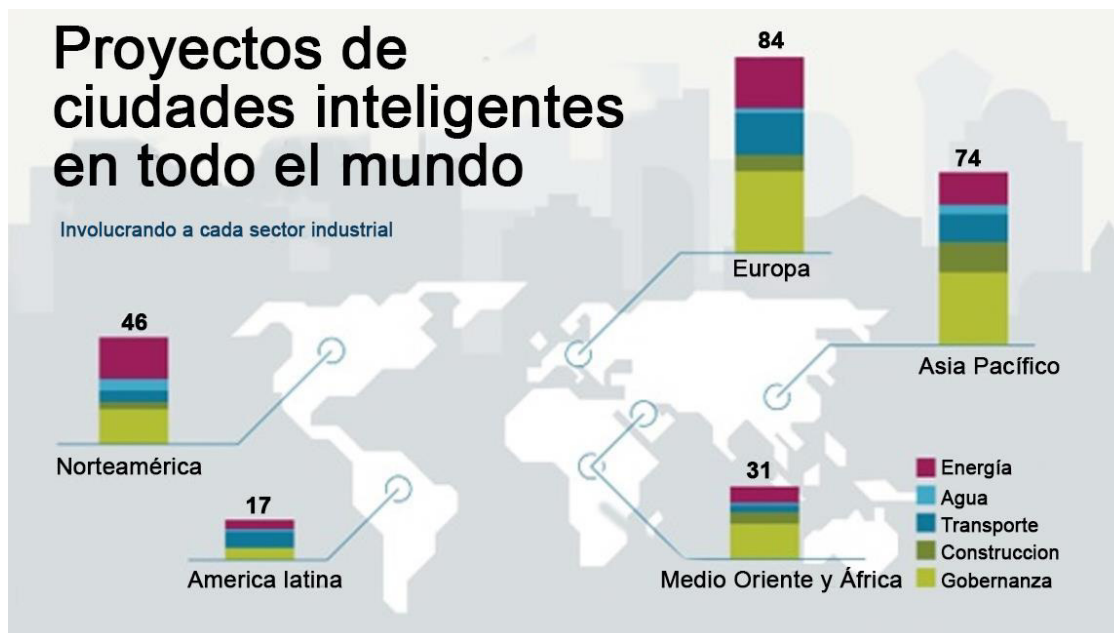
Según una nueva investigación de Kaspersky, en el primer trimestre del 2019, casi cuatro de cada diez (37.8%) computadoras utilizadas para controlar los sistemas de automatización de edificios inteligentes se vieron afectadas por ataques maliciosos. De ellas más del 11% fueron atacadas con diferentes variantes de software espía, un tipo de malware destinado a robar credenciales de cuentas y otra información valiosa. Se detectaron gusanos en el 10.8% de las estaciones de trabajo (workstations), el 7.8% recibió estafas por suplantación de identidad y el 4.2% encontró robo de datos personales. (Revista Ventas de Seguridad, 2020) Foro internacional de Tecnología en seguridad).

Todas estas preocupaciones son válidas y deben tomarse en serio y abordarse, de modo que las tecnologías inteligentes, debe solucionar esto es permanente el desarrollo de nuevos y mejores sistemas de protección que abarquen las redes TI en los edificios inteligentes. Aunque la mayoría de los países aún tienen un largo camino por recorrer en términos de desarrollo de un entorno de construcción inteligente, es fundamental avanzar en la implementación de sistemas de control dinámicos y de autoaprendizaje que optimicen las variadas interacciones y el uso de la energía en los edificios inteligentes.

Como podemos observar en la figura 14 hay propuestas de ciudades inteligentes.

Figura 14

Proyecto de ciudades inteligentes en todo el mundo



Nota. Existen proyectos de ciudades inteligentes globales, como Smart Dubai y Songdo en Corea, que integran tecnología avanzada para mejorar la gestión urbana (Lampadia, 2017).

2.4.3 Características esenciales de los Edificios Inteligentes

Para la Directiva de Eficiencia Energética de la UE del 2018 (Directiva 2018/844) introduce el concepto de Indicador de Preparación para Aplicaciones Inteligentes o “Smart Readiness Indicator” (SRI), edificios inteligentes es la capacidad del mismo o de sus sistemas para percibir, interpretar, comunicar y responder activamente de manera eficiente a las condiciones cambiantes en relación con el funcionamiento de los sistemas técnicos del edificio o el entorno exterior (incluidas las redes de energía) y a las demandas de los ocupantes del edificio. Establece la importancia como indicador la preparación tecnológica del edificio para interactuar con sus ocupantes, redes de energía, funcionamiento eficiente y rendimiento mediante el uso de TIC,

además se necesita sistemas de control dinámicos correctos y sistemas de control de autoaprendizaje.

Para considerar a un edificio como inteligente, se deben evaluar y tener en cuenta diversas características esenciales. Entre ellas, se encuentra el rendimiento del edificio, tanto de la envolvente como del consumo energético final. También es importante la capacidad del edificio para mantener adecuadamente la temperatura y proporcionar ambientes saludables para la vida y el trabajo de los ocupantes. Otro aspecto fundamental es el despliegue de contadores inteligentes y la conectividad del edificio para una gestión más eficiente.

Además, los edificios inteligentes deben contar con un mercado dinámico que incluya precios flexibles y una respuesta efectiva a la demanda de energía. También es esencial la capacidad de almacenamiento de energía en el propio edificio y el consumo de energías renovables, como la energía solar fotovoltaica. Por último, se debe destacar la capacidad de calefacción eficiente del edificio para lograr una mayor eficiencia energética.

Indicador inteligente para edificios

BPIE (2017). Este informe presenta una serie de políticas y proyectos innovadores que demuestran la viabilidad económica de los edificios inteligentes en países como Alemania, Suecia, Finlandia, Italia, Reino Unido, Francia, Dinamarca y Países Bajos. Además, se presentan casos de éxito que muestran las características de los edificios inteligentes en diferentes entornos locales, como el edificio The Edge en Amsterdam, el supermercado Superbrugsen en Dinamarca, el hotel Crown Plaza en Copenhague y las fachadas inteligentes en Mérida. Ver figura 15.

Figura 15

Análisis del grado de preparación de los Países Europeos



Nota. El grado de preparación de los países europeos para los edificios inteligentes varía por su infraestructura tecnológica avanzada y políticas de sostenibilidad. (BPIE, 2017).

Los edificios son una parte fundamental del sistema energético de Europa y desempeñan un papel esencial en la transición hacia una economía inteligente descarbonizada. Sin embargo, este informe concluye que es necesario que todos los países tomen medidas para facilitar esta transformación de manera efectiva.

La Comisión Europea ha propuesto un indicador de inteligencia que se desarrollará en los próximos años para clasificar la preparación tecnológica de un edificio que interactúa con sus ocupantes y la red, y gestiona el rendimiento de manera eficiente. Este indicador debería cubrir las características que permiten a los ocupantes del edificio y al propio edificio reaccionar a los requisitos operativos de confort, participar en la respuesta a la demanda y contribuir a la operación

regular y segura de varios sistemas energéticos e infraestructuras de distrito a las que está conectado el edificio.

El indicador de inteligencia no solo debe evaluar e identificar la situación actual, sino también mejorarla. Los expertos europeos sostienen que servirá para dirigir a Europa hacia un stock de edificios inteligentes y descarbonizados para 2050. A pesar de los ejemplos positivos y las medidas legislativas nacionales progresivas, la legislación europea actual no es suficientemente ambiciosa para impulsar el desarrollo de los edificios inteligentes.

Esta transformación digital debe ser impulsada por directrices de los diferentes colegios profesionales como parte de la estrategia de mejora de los edificios. Este es un trabajo multidisciplinario que debemos llevar a cabo en cualquier desarrollo y evolución, no solo tecnológica, sino también social. Nos encontramos ante una excelente oportunidad para seguir construyendo nuestro futuro.

Aunque hoy en día llevamos teléfonos móviles en nuestros bolsillos llenos de tecnología que son auténticas herramientas de comunicación y trabajo, es importante destacar que los edificios también pueden ser herramientas inteligentes que proporcionan beneficios para los ciudadanos y para Europa en su conjunto.

Legislación europea

Sin embargo, una revisión exhaustiva de la legislación europea en cuanto a rendimiento energético, eficiencia energética, mercado eléctrico y energías renovables representaría una excelente oportunidad para dar pasos significativos y reconocer el papel de los edificios en el sistema energético.

Mediante la legislación se podría fomentar de manera efectiva el despliegue de la infraestructura inteligente y facilitar la creación de precios eléctricos flexibles en el mercado, fortaleciendo así a los consumidores y aumentando la producción de energías renovables, el autoconsumo y el almacenamiento. Además, el avance tecnológico permitiría que los edificios desempeñen un papel proactivo en el sistema energético, lo que también beneficiaría a los ocupantes.

No obstante, lo primero y más importante es que los edificios deben ser energéticamente eficientes, ya que este es un prerequisite fundamental para el desarrollo de edificios inteligentes.

La revolución de los edificios no solo se trata de actualizar el stock de edificios, mitigar las emisiones o equilibrar los flujos de energía, sino que también implica ofrecer beneficios directos a los ciudadanos europeos, como reducción de facturas energéticas, hogares más cálidos, y contribuir al crecimiento económico y la creación de empleos en Europa.

Edificios Inteligentes

Los Edificios Inteligentes son construcciones conectadas, que integran diferentes sistemas, como domótica, seguridad, control de accesos, ascensores, multimedia, telecomunicaciones, aparcamientos robotizados, etc. en una plataforma única de gestión. Un edificio inteligente proporciona valores como una mayor eficiencia energética, aumento de la seguridad, mejor conectividad, así como el incremento del confort de los usuarios.

En la figura 16 se hace una recreación de los edificios inteligentes integran los sistemas de domótica, seguridad, control de accesos, multimedia, etc. en una plataforma única para gestión integral y centralizada.

Figura 16

Ciudades inteligentes.



Nota. Infraestructura de ciudad inteligente. (Casadomo, 2017)

Este tipo de edificaciones, gestionados por Building Management Systems (BMS) se acercan cada vez más a una inteligencia real, utilizando tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data e incluso la Inteligencia Artificial (IA). Los beneficiarios de los Smart Buildings son todos los actores relacionados con ellos, como los arquitectos, los propietarios, los gestores, los técnicos de mantenimiento y los usuarios finales. La tipología de edificios inteligentes abarca todo tipo de usos como viviendas, comercios, hospitales, restauración, hoteles, industrias o instalaciones deportivas.

III. MÉTODO

La investigación abordará un estudio de caso específico, el cual diversos autores han definido de la siguiente manera:

Yin (1994) enfatiza que el estudio de caso constituye una estrategia de investigación independiente con sus propios diseños (p. 13). También destaca que, independientemente de si el estudio es de carácter explicativo, descriptivo o exploratorio, "el uso de la teoría en la realización de los estudios de caso no solo resulta invaluable al definir el diseño adecuado de la investigación y la recopilación de datos, sino que también se convierte en el medio principal para generalizar los resultados del estudio de caso" (p. 21).

En relación con la investigación cualitativa, los autores Groat y Wang (2013), en su obra "Architectural Research Methods", señalan:

Las fortalezas primordiales de la investigación cualitativa emanan de su habilidad para aprehender las cualidades ricas y holísticas de las circunstancias o entornos de la vida real. Además, su diseño y procedimientos son intrínsecamente más flexibles, posibilitando la realización de ajustes a medida que progresa la investigación. Por ende, resulta particularmente idónea para comprender los significados y procesos inherentes a las actividades y artefactos de las personas. (p. 257).

Según Monje (2011) sostiene que esta metodología implica el examen exhaustivo de características fundamentales, la situación actual y las interacciones de una o pocas unidades, ya sean individuos, grupos, comunidades o instituciones. (p. 118).

3.1 Tipo de investigación

La investigación es aplicada y explicativa - correlacional. La investigación está diseñada en base al tiempo de estudio con carácter transversal para niveles aplicado y correlacional y para los niveles explicativos correlacional. Estrategia de prueba de Hipótesis:

- Formulación de hipótesis.
- Elección de prueba estadística.
- Definición del nivel de significancia.
- Recolección de datos de una muestra representativa.
- Análisis Conclusión.

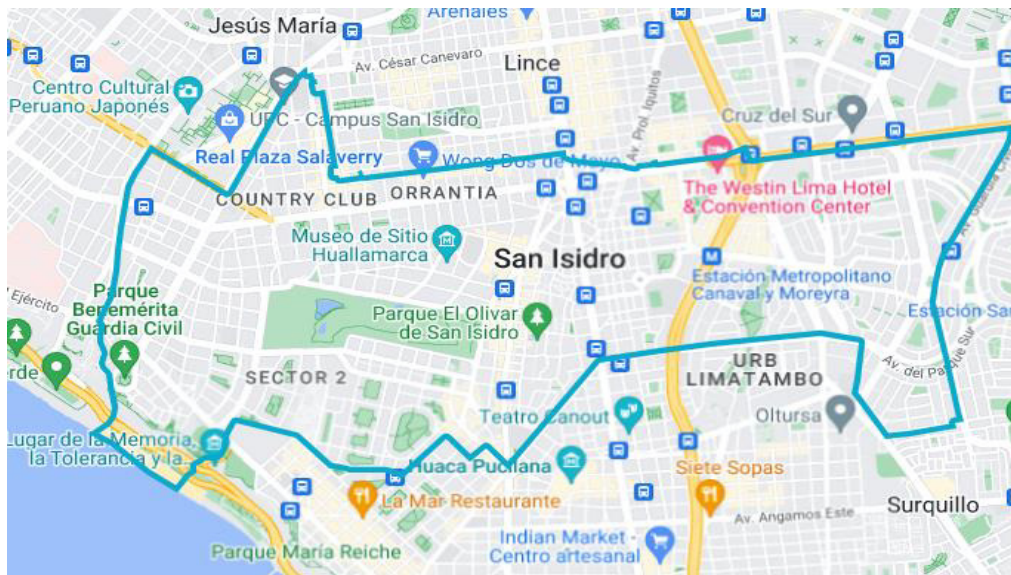
3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La unidad de análisis o de la observación, será cada empresas privadas encuestado dedicadas a la ejecución de proyectos inmobiliarios construidos en el distrito de San Isidro.

Figura 17

El escenario de estudio es el distrito de San Isidro de Lima, por lo que es posible acceder a la información y reúne las condiciones que la investigación necesita.



Nota. Mapa del distrito de San Isidro – Lima (Google Maps, 2023)

3.2.2 Muestra

En la determinación del tamaño óptimo de la muestra no se utilizará formulas del muestreo por ser población conocida. Consultas realizadas a expertos en estadística recomendaron que la población por ser pequeña no requería utilizar formula alguna.

La unidad de análisis o de la observación, será cada empresas privadas encuestado dedicadas a la ejecución de proyectos inmobiliarios. También a los residentes, supervisores y consultores de obra a través de los colegios profesionales respectivos.

Dimensión temporal: 2012-2022

Dimensión espacial: San Isidro Lima Perú

Se recopiló la información en una base de datos y se analizaron 64 respuestas, de las empresas constructoras, de los residentes, supervisores y consultores de obra, quienes participaron

en las edificaciones del distrito en estudio. Consultas realizadas a expertos en estadística recomendaron que la población por ser pequeña no requería utilizar fórmula alguna.

3.3 Operacionalización de variables

Las principales técnicas en este estudio serán una encuesta, análisis documental. Es una de las técnicas de mayor utilidad en investigación y está fundamentada en el uso de instrumentos de recolección de datos.

Para Narváez y Trejo (2007) la encuesta es un método de investigación que involucra la utilización de diversas técnicas e instrumentos para recopilar datos, como la entrevista y el cuestionario. La encuesta puede llevarse a cabo a través de entrevistas personales (ya sea presenciales, telefónicas o por internet) de breve duración y estructuradas, en las que el entrevistador plantea las mismas preguntas a todos los encuestados y las respuestas se categorizan en unas pocas opciones, o mediante la distribución de cuestionarios que siguen un formato similar.

3.3.1 Operacionalización de variables

- *X: (VI) Nivel de implementación de tecnologías*

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	Implementación un proceso tecnológico con el fin de ponerlo en funcionamiento y alcanzar los objetivos establecidos.
DEFINICIÓN OPERACIONAL	Maximiza la eficacia del edificio para los usuarios y permite una gestión eficiente de los recursos con costos mínimos de vida útil de hardware e instalaciones.

INDICADORES CUALITATIVOS	Tecnología implementada
VARIABLE (E.E)	Si, No (Escala nominal dicotómica).

- *Y: (V2) Grado de inteligencia de los edificios construidos*

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	Evaluar cómo se controlan, monitorean y coordinan las acciones de los subsistemas, así como la interacción con los residentes y usuarios del edificio.
DEFINICIÓN OPERACIONAL	Se expresa en porcentajes de aprobación en los indicadores seleccionados
INDICADORES CUALITATIVOS	% Aspectos tecnológicos (Eficiencia Confort) Recursos de diseño
VARIABLE (G.P)	Nivel Descriptivo: Si, No, (Escala Nominal dicotómica) Nivel correlacional: Definitivamente si, Definitivamente no, Probablemente si, Probablemente no (Escala Likert)

Se emplearon dos técnicas principales en este estudio: la encuesta y el análisis documental. Estas técnicas son ampliamente reconocidas y se fundamentan en la utilización de herramientas especializadas para la recopilación de datos. Se diseñó un cuestionario que consta de preguntas de naturaleza dicotómica para obtener respuestas de tipo sí/no en el nivel descriptivo.

3.4 Instrumentos

El cuestionario se convierte en una herramienta esencial para recopilar de manera sistemática la información necesaria destinada a abordar las variables clave en un estudio,

investigación, sondeo o encuesta. En el ámbito de la evaluación educativa, este instrumento se vuelve especialmente valioso al proporcionar una forma estandarizada de recopilar datos relativos a las características de una población de interés, así como para medir opiniones, creencias y actitudes.

Al igual que en el caso de las pruebas de conocimiento. Bravo y Valenzuela, (2019) sostienen que “la elaboración de un cuestionario requiere un diseño minucioso que maximice la precisión de la información recabada a través de él” (p. 08).

Para nuestro estudio, el instrumento de recolección de datos será un cuestionario con un rol de preguntas del tipo cerrada carácter dicotómico (si/no) en el nivel descriptivo de la investigación. Ver anexo N° 02.

3.5 Procedimientos

La confiabilidad de tipo consistencia interna se refiere al grado en que los ítems, puntos o reactivos que hacen parte de una escala se correlacionan entre ellos, la magnitud en que miden el mismo constructo. La fórmula 20 (KR-20) de Kuder-Richardson calcula una medida de confiabilidad de la consistencia interna para las medidas con opciones dicótomas, publicada por primera vez en 1937.

$$KR-20 = [n/n-1] * [1-(\Sigma p*q) / Var]$$

donde:

- n = tamaño de la muestra para la prueba,
- Var = varianza para la prueba,
- p = proporción de personas que aprueban el ítem,
- q = proporción de personas que fallan en el ítem.

- Σ = suma (sumar). En otras palabras, multiplique p de cada pregunta por q, y luego súmelos todos. Si tiene 10 elementos, multiplicará p*q diez veces, luego sumará esos diez elementos para obtener un total

Aplicando KR-20 en una tabla de Excel tenemos:

$\Sigma(p*q)$	9.14
Var (σ^2)	149.36
n	46
KR-20	0.96

KR-20	Interpretación
0,9 - 1	EXCELENTE
0,8 - 0,9	BUENA
0,7 - 0,8	ACEPTABLE
0,6 - 0,7	DEBIL
0,5 - 0,6	POBRE
< 0,5	INACEPTABLE

3.6 Análisis de datos

Luego de recopilar la información en una base de datos, se llevó a cabo su procesamiento analítico de 64 respuestas, de las empresas privadas dedicadas a la ejecución de proyectos inmobiliarios. También a los residentes, supervisores y consultores de obra a través de los colegios profesionales respectivos, de esta manera obtenemos la validación de expertos.

3.7 Consideraciones éticas

Este estudio ha tenido en cuenta todas las normativas y principios destinados a salvaguardar y preservar la integridad en la realización de experimentos con seres humanos. Además, se ha sido consciente de la Declaración de Helsinki, asegurando así la ética y el respeto hacia los participantes involucrados en la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1 Interpretación de Resultados

En las siguientes las tablas se presentan los resultados de la encuesta en porcentaje (%) para la opción "Sí" en comparación con la opción "No". Estos datos ofrecen un indicador del uso de la tecnología en relación con las distintas secciones de los sistemas implementados.

Resultado de la encuesta: DENTRO DEL EQUIPAMIENTO DE LA EDIFICACIONES QUE CONSTRUYERON POR FAVOR INDIQUE LO QUE TIENEN IMPLEMENTADO:

Figura 18

Tipo de edificación construida

1.00	TIPO DE EDIFICACIÓN	USOS	%
1.01	Gubernamental	Para uso de personal gubernamental u oficial.	6%
1.02	Residencial	El destinado a ser usado como vivienda.	84%
1.03	Edificio comercial	Edificio comercial: el destinado al comercio.	5%
1.04	Edificio deportivo	Destinado a uno o más deportes.	0%
1.05	Edificio educativo	Uso formativo, didáctico y cultural.	3%
1.06	Edificio militar	Destinado a usos militares.	2%
1.07	Edificio religioso	Capilla, conventos, salones religiosos.	0%

Elaboración propia

Interpretación: En el Gráfico N° 01 podemos observar que el 84% de las edificaciones son destinadas edificio residencial, 06% a edificios para oficinas, 05% edificio para comercio, 03% edificio educativo, cabe resaltar que el distrito de San isidro conserva su carácter residencial.

Figura 19*Aplicaciones tecnológicas modernas de los edificios inteligentes*

2.00	TIPOS DE TECNOLOGIAS	Opción	%
2.11	Internet de las cosas” (IoT)	SI	9%
		NO	91%
2.12	Sistema BIoT es un "automatización de edificios" (BAS) “mejorado”	SI	18%
		NO	82%
2.13	La arquitectura de IoT es un sistema de elementos que integran una estructura de red y servicios informáticos	SI	9%
		NO	91%

Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo con el Gráfico N° 02 podemos observar que el 09% a implementado Internet de las cosas” (IoT), 18% Sistema BIoT es un "automatización de edificios" (BAS) “mejorado” y 09% La arquitectura de IoT es un sistema de elementos que integran una estructura de red y servicios informáticos.

Figura 20*Dispositivos de seguimiento inteligente*

3.00	TIPOS DE DISPOSITIVOS	Opción	%
3.01	Contadores inteligentes para la digitalización de las redes	SI	9%
		NO	91%
3.02	Para la recopilación y transmisión de datos energéticos al consumidor final ha considerado contadores inteligentes.	SI	9%
		NO	91%
3.03	Wi-Fi: Conexión inalámbrica para transmitir datos dentro de la red del hogar	SI	82%
		NO	18%
3.04	LAN: Utiliza la red de área local para la comunicación interna.	SI	55%
		NO	45%
3.05	Instalación entre la salida eléctrica y el dispositivo para medir el consumo.	SI	55%
		NO	45%
3.06	Proporcionar datos de consumo en tiempo real.	SI	9%
		NO	91%

3.07	Para electrodomésticos inteligentes tecnologías de comunicación para gestionarse de manera remota	SI	27%
		NO	73%
3.08	Establece comunicación con contadores inteligentes para monitorear el consumo energético.	SI	9%
		NO	91%
3.09	Soporte para tarifas dinámicas de energía, permitiendo ajustes según costos variables	SI	9%
		NO	91%
3.10	Sistema para enchufes inteligentes, control remoto del dispositivo (como encender, apagar los dispositivos que estén	SI	9%
		NO	91%
3.11	Para iluminación Inteligente con sensores para controlar la iluminación en forma remota, por voz y/o programar	SI	27%
		NO	73%
3.12	Detecta movimiento para encender/apagar las luces automáticamente	SI	36%
		NO	64%
3.13	Interactúa con centros inteligentes para una gestión más integral del hogar.	SI	9%
		NO	91%

Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo con el Gráfico N° 03 podemos observar los porcentajes de implementación de los dispositivos inteligentes, en la construcción de las edificaciones. Y resaltar que en el ítem 3.01, solo el nueve por ciento (09%) ha considerado a contadores inteligentes es una pieza básica para la digitalización de las redes, aportando información detallada, mejoran la prestación y calidad del servicio. Dentro de los ítems a resaltar, son el 3.03 que considera el 82% de implementación con respecto a las conexiones inalámbricas que son las que brindan flexibilidad, accesibilidad y eficiencia en la conectividad, lo que es esencial para satisfacer las demandas modernas de comunicación. También, el ítem 3.12, considera un 36% al implementar detectores de movimiento para encender/apagar las luces automáticamente, ayudando a optimizar el consumo de energía, seguridad, demandas de iluminación en tiempo real y ahorros significativos en costos de energía y mantenimiento.

Figura 21*Sistema de calefacción, refrigeración y aire acondicionado*

4.00	TIPOS DE SISTEMAS	Opción	%
4.01	Sistema de calefacción	SI	9%
		NO	91%
4.02	Sistema de ventilación	SI	27%
		NO	73%
4.03	Sistema de aire acondicionado	SI	36%
		NO	64%
4.04	Sistema para reducir significativamente el desperdicio de energía	SI	9%
		NO	91%
4.05	Sistema para detectar ajustar la temperatura en función de la ocupación a considerado termostatos inteligentes	SI	18%
		NO	82%
4.06	Sistema de ahorro de energía para calentadores inteligentes con detector e informar sobre daños y/o fugas	SI	45%
		NO	55%

Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo con el Gráfico N° 04 podemos observar que el 9% considera implementar sistema de calefacción 27% sistema de ventilación, 36% sistema de aire acondicionado, importantes para mantener el confort térmico en el interior de edificaciones. En el caso del distrito de San Isidro la temperatura varía de acuerdo con las estaciones de años siendo la más baja en invierno con 11-15°C durante el día y la más alta en el verano con 22-30°C. Los datos de los ítems 4.04 al 4.06 indican no van a poder optimizar el uso de la energía, se reducen los costos operativos por demanda de energía.

Figura 22*Sistemas de gestión e información energética*

5.00	TIPOS DE SISTEMAS	Opción	%
5.01	Sistemas de automatización de edificios	SI	27%
		NO	73%

5.02	Sistemas de gestión de edificios	SI	36%
		NO	64%
5.03	Sistemas de gestión y control de energía	SI	36%
		NO	64%
5.04	Sistema que proporciona análisis de datos y optimización de sistemas automatizados	SI	36%
		NO	64%
5.05	Sistema de monitoreo remoto a través de la nube o una red	SI	27%
		NO	73%

Elaboración propia

Interpretación: podemos observar que el 27% ha instalado sistemas de automatización de edificios y en los ítems siguientes han considerado el 36% de sistemas de gestión de edificios, sistemas de gestión y control de energía y sistema que proporciona análisis de datos y optimización de sistemas automatizados.

Figura 23

Redes y comunicación

6.00	TIPOS DE REDES DE COMUNICACIÓN	Opción	%
6.01	Cableados dedicados para datos como: ethernet, fibra óptica o coaxial	SI	64%
		NO	36%
6.02	Redes de difusión y acceso	SI	82%
		NO	18%
6.03	Sistema de línea de bus (Bus line) o redes compartidas	SI	27%
		NO	73%
6.04	Sistema de comunicación por línea eléctrica	SI	27%
		NO	73%
6.05	Sistema de comunicaciones inalámbricas	SI	82%
		NO	18%

Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo con el Gráfico N° 06 nos indica que el 82% han implementado redes de difusión y acceso siendo eficientes en la gestión de múltiples conexiones y sistema de comunicaciones inalámbricas que facilitan la expansión de la red sin la necesidad de cableado

físico adicional, también el 64% cableados dedicados para datos como: ethernet, fibra óptica o coaxial implemento, estos tipos de cables permiten la transmisión de datos a velocidades elevadas y ofrecen un mayor ancho de banda, y finalmente el 27% ha implementado sistema de línea de bus (Bus line) o redes compartidas que es a menudo más económica ya que requiere menos cableado y equipo.

Figura 24

Beneficios relacionados con el ahorro de energía

7.00	DESCRIPCIÓN DE LOS BENEFICIOS	Opción	%
7.01	Climatización	SI	27%
		NO	73%
7.02	Carga de enchufe	SI	18%
		NO	82%
7.03	Encendido automatizado	SI	73%
		NO	27%
7.04	Sombreado de ventana	SI	18%
		NO	82%
7.05	Sistema de análisis de ahorro de energía	SI	9%
		NO	91%
7.06	Mantenimiento predictivo para monitorear y mejorar la eficiencia operativa del sistema	SI	9%
		NO	91%

Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo con el Gráfico N° 07 nos indica que el 73% Encendido automatizado permite un uso más eficiente de la energía al garantizar que los equipos estén activos solo cuando sea necesario; en cuanto a climatización 27% siendo importante porque un ambiente con una temperatura y humedad adecuadas es esencial para el confort y la productividad de las personas que ocupan un espacio, también el 18% han implantado carga de enchufes que sirve para monitorear y controlar la carga eléctrica en un entorno permite una distribución eficiente de la energía, evitando sobrecargas y optimizando el uso de la red eléctrica. En cuanto al sombreado de ventana solo el 18% han considerado implementar.

Figura 25*Seguridad y ciberseguridad*

8.00	TIPOS DE SEGURIDAD	Opción	%
8.01	Sistema de control de acceso mediante tarjetas, biometría o códigos	SI	27%
		NO	73%
8.02	Servicios preventivos de detección de intrusos	SI	55%
		NO	45%
8.03	Sistema de cámaras de videovigilancia	SI	82%
		NO	18%
8.04	Detectores de humos	SI	91%
		NO	9%
8.05	Detectores y alarmas contra incendios	SI	91%
		NO	9%
8.06	Acciones reactivas de notificación y evacuación en caso de emergencia	SI	55%
		NO	45%
8.07	Sistema de domótico para personas discapacitadas o necesidades especiales	SI	64%
		NO	36%
8.08	Central de monitoreo	SI	64%
		NO	36%
8.09	Protocolos de comunicación	SI	73%
		NO	27%
8.10	Controladores lógicos programables (PLC)	SI	27%
		NO	73%
8.11	Controladores de automatización programables (PAC)	SI	27%
		NO	73%
8.12	Sistema automático para asegurar la privacidad de los datos recopilados	SI	36%
		NO	64%

Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo con el Gráfico N° 08, para en caso de la seguridad física de la edificación nos indica que el 91% han implementado detectores de humos y detectores y alarmas contra incendios cumpliendo con el RNE, el 82% implementaron sistema de cámaras de videovigilancia son herramientas efectivas para monitorear y registrar actividades en tiempo real; el 64% sistema de domótico para personas discapacitadas o necesidades especiales, el 55%

acciones reactivas de notificación y evacuación en caso de emergencia y el 27% sistema de control de acceso mediante tarjetas, biometría o códigos.

En el caso de ciberseguridad implementaron con respecto a protocolos de comunicación el 73%, a central de monitoreo el 64%, a sistema automático para asegurar la privacidad de los datos recopilados el 36%, y a controladores lógicos programables (PLC) y Controladores de Automatización Programables (PAC) el 27%.

Figura 26

Energía verde y producción descentralizada

9.00	TIPOS DE ENERGÍAS	Opción	%
9.01	Energía Solar	SI	18%
		NO	82%
9.02	Energía Eólica	SI	0%
		NO	100%
9.03	Energía Hidroeléctrica	SI	9%
		NO	91%
9.04	Energía Geotérmica	SI	0%
		NO	100%
9.05	Bioenergía	SI	0%
		NO	100%

Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo con el Gráfico N° 09 podemos observar que implementaron energía solar, paneles solares, solo el 18%, con respecto a energía eólica, energía hidroeléctrica, energía geotérmica y bioenergía 00%. Cabe indicar que implementar energía verde no solo contribuye a la lucha contra el cambio climático, sino que también ofrece beneficios económicos, sociales y tecnológicos que fortalecen la sostenibilidad y la resiliencia del entorno construido.

Figura 27*Gestión de la edificación*

10.00	DESCRIPCÓN	Opción	%
3.10	Han trabajado con profesionales especializados en el diseño edificios inteligentes	SI	27%
		NO	73%
3.20	Han trabajado con arquitectos y/o ingenieros es especializados en construcción de edificios inteligentes	SI	36%
		NO	64%

Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo con el Gráfico N° 10 el 27% a considerado trabaja con profesionales especializados en el diseño edificios inteligentes, Y el 36% han trabajado con arquitectos y/o ingenieros es especializados. Profesionales especializados pueden crear entornos que respondan a las necesidades y preferencias de los ocupantes, mejorando la comodidad y la productividad.

Figura 28*Equipamientos no considerados*

11.00	OTROS (No considerado en la encuesta)
11.01	Extractores dióxido de carbono,
11.02	Sistema remoto de ascensores
11.03	sistema de carga eléctrica vehicular

Elaboración propia

Interpretación: la implementación de estos sistemas se ha considerado en 10% de las edificaciones; esto no solo mejora la calidad de vida de los ocupantes, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y al uso eficiente de los recursos.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Nivel descriptivo

Tipo de edificación

Según los resultados de la encuesta y el plan urbano del distrito, se observa una discrepancia en el uso del suelo, ya que se destaca una mayor predominancia de la zona residencial. Por ende, sería adecuado realizar una evaluación detallada de los servicios urbanos que se ofrecen en dicha área. Aplicaciones tecnológicas modernas de los edificios inteligentes

El 12% aplica tecnológicas modernas de los edificios inteligentes. Este resultado es preocupante ya que indica que la mayoría de los edificios no están aprovechando al máximo las tecnologías modernas, Yang et al. (2017) afirma que los sistemas de gestión de energía de edificios son sistemas integrados que utilizan tecnologías de información y comunicación, TI o TIC, para controlar de manera eficiente el consumo de energía y garantizar la comodidad y seguridad de los ocupantes. Estos sistemas pueden recopilar datos, analizar tendencias y tomar decisiones para optimizar la operación del edificio. Los edificios inteligentes permiten una interconexión de dispositivos que facilita la automatización de tareas y la recolección de datos en tiempo real, lo que resulta en ahorros de energía significativos y en una mejor calidad de vida para los usuarios. Es importante que las empresas y organizaciones que se dedican a la construcción y gestión de edificios consideren la incorporación de tecnologías modernas en sus proyectos, ya que esto no solo puede mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los edificios, sino que también puede ofrecer ventajas competitivas en el mercado. La inversión en edificios inteligentes puede resultar en ahorros a largo plazo y en una mejora significativa de la calidad de vida de las personas que trabajan o viven en ellos.

Dispositivos de seguimiento inteligente

En relación con los dispositivos de seguimiento inteligente, se observa que el 27% de los encuestados ha considerado su implementación, mientras que el 73% restante no ha tomado este paso. Esta disparidad puede ser atribuida a diversas razones, como preocupaciones sobre la privacidad de los datos recolectados, el costo asociado con la implementación de estos dispositivos o, simplemente, la falta de información sobre sus beneficios. Para Perera et al. (2014) los edificios inteligentes están compuestos por varios elementos, entre los que se incluyen sensores, actuadores, medios de comunicación y dispositivos de procesamiento de datos. Estos componentes tienen limitaciones en términos de capacidad de procesamiento y duración, lo que lleva a que la mayoría de los sistemas cuenten con una puerta de enlace central que se encarga de recopilar, procesar y analizar la información proveniente de los distintos dispositivos. La comunicación entre estos elementos y la puerta de enlace se realiza a través de protocolos como Bluetooth, WiFi, ZigBee y Z-Wave. Estas puertas de enlace, conectadas a Internet y a la nube, permiten el procesamiento de los datos recopilados. La interacción con la puerta de enlace puede llevarse a cabo a través del Portal de Energía, aunque comúnmente se realiza mediante dispositivos como teléfonos inteligentes, tabletas o computadoras. Es crucial destacar que los dispositivos de seguimiento inteligente ofrecen ventajas en términos de eficiencia y calidad del servicio, pero también es fundamental garantizar la protección de datos y la seguridad de la información recolectada. Las empresas deben cumplir con las regulaciones de protección de datos e implementar medidas de seguridad adecuadas. A pesar de su utilidad para mejorar la gestión de redes y la calidad del servicio, es esencial abordar las preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad para facilitar la aceptación y adopción de estas tecnologías por parte de los consumidores.

Sistema de calefacción, refrigeración y aire acondicionado

En el caso del distrito de San Isidro, donde el clima oscila entre 11° y 30°, podría ser beneficioso implementar un sistema de calefacción, refrigeración y aire acondicionado para garantizar ambientes interiores confortables y adaptados a las condiciones climáticas. Además, al ser un sistema que promueve la eficiencia energética y la sostenibilidad, podría contribuir a reducir el impacto ambiental y generar ahorros económicos a largo plazo. Si bien como sostiene Katipamula et al. (2012) la instalación de un BAS integrado, en los EE. UU menos del 13% tiene instalado este sistema en edificios pequeños y medianos, por no es rentable para este tipo de edificios; mientras que el 70% en los edificios de gran tamaño. (EIA 2016). Es por eso que muchos propietarios pueden implementar opciones de control inteligente menos costosas, como termostatos programables que controlan sistemas HVAC autónomos y sensores que controlan la iluminación. Como opción de control inteligente más rentables para edificios de este tamaño. Un controlador central conecta el termostato y los sensores, lo que permite la ejecución de funciones básicas de control. Por lo tanto, sería relevante considerar la implementación de este tipo de sistema en el distrito de San Isidro, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y los potenciales beneficios que podría aportar a la comunidad.

Sistemas de gestión e información energética

Podemos observar que el 33% considera los sistemas de gestión e información energética, Por otro lado, el 67% restante no considera los sistemas de gestión e información energética como una prioridad. Un experimento llevado a cabo por el Instituto de Diversificación y Ahorro Energético en 2008 comparó el consumo de energía de una vivienda tradicional con una vivienda

equipada con tecnología domótica. Después de un seguimiento de un año, se observó un ahorro significativo en la vivienda con tecnología inteligente en la iluminación (80%), aire acondicionado (25%), calefacción (17%), pequeños electrodomésticos (20%), agua caliente (11%) y uso de ordenadores (10%). Según Bonneau et al. (2017), implementar tecnologías inteligentes en los edificios no solo reduce el costo de las facturas de electricidad, sino que también puede ahorrar hasta un 24-32% de costos según un estudio realizado por el Consejo Estadounidense sobre Eficiencia Energética en el uso de sistemas inteligentes de HVAC e iluminación. Es importante la de implementar sistemas de gestión e información energética, ya que estos pueden reducir costos, disminuir la huella de carbono y contribuir a la sostenibilidad del planeta. Es necesario concientizar sobre la eficiencia energética y la importancia de tener información detallada sobre el consumo de energía para tomar decisiones informadas. Cada vez más empresas están adoptando estos sistemas para mejorar su desempeño energético y cumplir con regulaciones ambientales. Promover la implementación de estos sistemas es clave para optimizar el uso de energía y contribuir a un desarrollo sostenible a largo plazo.

Redes y comunicación

El hecho de que el 56% de las organizaciones han considerado implementar redes y comunicación indica la importancia que se le está dando. La elección adecuada de la infraestructura de red no solo garantizará un mejor rendimiento, seguridad y flexibilidad en la comunicación interna y externa de la organización, sino que también contribuirá significativamente al éxito y eficiencia de la red implementada. Cheng y Kunz (2009), indica que hay varios protocolos que se pueden implementar en una red inalámbrica. Algunos de los más importantes sistemas de comunicación inalámbrica disponibles en la actualidad son Bluetooth,

WiFi, WLAN, Z-Wave, ZigBee, RFID, GPS, comunicación por satélite etc. Estas tecnologías se aplican a dispositivos y servicios que tienen tecnologías IoT integradas y se utilizan en edificios inteligentes en algún tipo de sistema de control para lograr un bajo consumo de energía, flexibilidad de la red, bajas velocidades, así como expansión y cobertura del edificio. Entonces la elección de una red más tradicional o una red inalámbrica dependerá de factores como la cantidad de dispositivos conectados, la distancia que deben cubrir las señales, la seguridad requerida y la velocidad de transmisión de datos. En este sentido, la tendencia a implementar cada vez más redes inalámbricas responde a la necesidad de movilidad y flexibilidad en los entornos de trabajo actuales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que una red inalámbrica puede presentar desafíos adicionales en términos de seguridad y velocidad de transmisión de datos, por lo que es fundamental evaluar cuidadosamente estas consideraciones antes de tomar una decisión.

Beneficios relacionados con el ahorro de energía

Este resultado es preocupante dado que solo el 29% de los edificios han implementado este enfoque de edificios inteligentes, Es realmente preocupante que solo el 29% de los edificios hayan implementado medidas de ahorro de energía, especialmente considerando los beneficios tangibles que esto puede ofrecer. Según King et al. (2017), el uso de tecnologías inteligentes en edificios comerciales puede generar ahorros de energía del 6% al 40%; esto deberían motivar a más propietarios a adoptar este enfoque. Además de los beneficios económicos, la implementación de edificios inteligentes también puede tener un impacto positivo en el medio ambiente y en la calidad de vida de los ocupantes. Reducir la huella de carbono asociada con el consumo de energía es crucial para combatir el cambio climático, y ofrecer un ambiente más cómodo y saludable a los residentes puede mejorar su bienestar y productividad. Es importante que se concientice a los

propietarios y administradores de edificios sobre las ventajas y oportunidades que ofrece la implementación de edificios inteligentes. La inversión inicial puede ser significativa, pero a largo plazo los ahorros y beneficios obtenidos pueden superar con creces el costo inicial. Es crucial que más edificios adopten este enfoque para poder aprovechar al máximo sus ventajas en ahorro de energía, reducción de costos y mejora de la calidad de vida.

Seguridad y ciberseguridad

El 58% que han considerado implementar seguridad y ciberseguridad es alentadora ya que demuestra una conciencia creciente sobre la importancia de proteger tanto la infraestructura física como los datos sensibles. La Comisión Electrotécnica Internacional (Comisión Electrotécnica Internacional - IEC) para aumentar la resiliencia y la seguridad de los sistemas de TI han desarrollado más de 200 protocolos de seguridad. Palencia, et al. (2021) indica que los edificios inteligentes presentan una serie de debilidades que ponen en peligro la disponibilidad y ciberseguridad de sus sistemas, la privacidad de la información e incluso la seguridad y salud de sus ocupantes. Sin embargo, el 42% restante que no ha considerado implementar estos elementos es preocupante, ya que deja a las edificaciones vulnerables a posibles amenazas tanto físicas como cibernéticas. Es necesario que las empresas y responsables de edificaciones tomen medidas para garantizar la seguridad integral, no solo en el ámbito físico sino también en el digital. La coordinación entre ambos tipos de seguridad es decisiva para prevenir posibles ataques y proteger la información sensible que pueda estar almacenada en la edificación y para proteger tanto los activos físicos como los digitales. Es importante que aquellos que aún no han considerado implementar estas medidas lo hagan lo antes posible para garantizar la protección adecuada contra posibles amenazas.

Energía verde y producción descentralizada

Solo el 05% a considerado implementar de energía verde y la producción descentralizada. IEA 2019, sostiene que la energía verde es un elemento clave en el futuro de los edificios inteligentes, ofreciendo energía de fuentes externas, reduciendo así la carga que toman de la red eléctrica. A veces, sin embargo, el costo de instalación es un obstáculo para su implementación. Sin embargo, este costo está disminuyendo constantemente. El papel de la electricidad es cada vez mayor y el desarrollo combinado de la aplicación de fuentes de energía renovables y aplicaciones digitales. La baja adopción de energía verde y producción descentralizada es preocupante debido a los múltiples beneficios que pueden aportar tanto a la sociedad como al medio ambiente. Es necesario seguir promoviendo la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles, tanto a nivel individual como a nivel institucional. También, es importante educar a la población sobre las ventajas de utilizar energía verde, como la reducción de costos a largo plazo, la independencia energética y la contribución a la lucha contra el cambio climático. En tal sentido, es fundamental implementar políticas que incentiven la adopción de tecnologías renovables y permitan la producción descentralizada de energía.

Gestión de la edificación

La gestión de la edificación es un aspecto fundamental en la construcción de edificios inteligentes. Ramírez (2008), en el capítulo de solución verde de las Memorias del Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño hace referencia al edificio Taipei 101 - Taipéi, Taiwán (2004) - Uno de los rascacielos más altos del mundo, cuenta con sistemas avanzados de gestión de energía y un diseño sostenible, diseñado y ejecutado por

profesionales especializados. En tal sentido trabajar con arquitectos, ingenieros y profesionales especializados en este tipo de construcciones garantiza la implementación eficiente de tecnologías avanzadas y la creación de entornos construidos sostenibles y eficientes. El hecho de que solo el 32% de las empresas constructoras cuenten con profesionales trabajando en el desarrollo y construcción es preocupante, ya que su conocimiento específico es importante para lograr el éxito en la gestión de la edificación. Además, los edificios inteligentes se diseñan para satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida. Por lo tanto, es fundamental promover la colaboración con expertos en este campo para impulsar el desarrollo de edificaciones inteligentes y sostenibles.

Dentro del equipamiento de las edificaciones que construyeron por favor indique lo que tienen implementado

En el capítulo dedicado a la solución verde de las Memorias del Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño, Ramírez (2008) cita el informe titulado "Edificación sustentable en América del Norte", elaborado por la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA) en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Este informe destaca que los edificios de América del Norte son responsables de la emisión anual de 2,200 millones de toneladas de dióxido de carbono, lo que representa aproximadamente el 35% de las emisiones totales. Resulta alarmante que solo el 31% de las edificaciones haya adoptado sistemas sostenibles, lo que constituye una oportunidad perdida para mejorar la calidad de vida de sus ocupantes, reducir costos operativos y contribuir a la protección del medio ambiente. La implementación de sistemas de ascensores remotos y de carga eléctrica para vehículos en los edificios brinda beneficios en términos de salud, eficiencia y sostenibilidad.

VI. CONCLUSIONES

El estudio realizado ha identificado de problemáticas fundamentales relacionadas con la implementación de edificaciones inteligentes sostenibles en el contexto de uno de los distritos considerados el más moderno en Lima. Además, abre la posibilidad de continuar con la investigación y normalización tanto para investigadores, proyectistas, usuarios como autoridades de país. Para crear e implementación de normativas, protocolos y reglamentos que respalden y fomenten la construcción de edificaciones inteligentes.

6.1 Conclusiones Generales

La implementación de tecnologías en la construcción de edificios "inteligentes" implica la integración de sistemas avanzados de información y comunicación para mejorar la eficiencia, sostenibilidad, seguridad y experiencia del usuario. En el distrito de San Isidro, hasta el año 2022, solo el 31% de las edificaciones han adoptado estas tecnologías, atribuyendo esto al costo de la tecnología y la necesidad de aprovechar al máximo el espacio disponible.

6.2 Conclusiones Específicas

Los sistemas inteligentes de gestión de la construcción son herramientas diseñadas para mejorar la eficiencia y colaboración en proyectos de construcción. A pesar de su potencial, solo el 32% de las empresas han trabajado con profesionales especializados en edificios inteligentes, posiblemente debido a la falta de personal calificado en este ámbito. Por lo tanto, es fundamental

promover la colaboración con expertos en este campo para impulsar el desarrollo de edificaciones inteligentes y sostenibles.

Las nuevas tecnologías, como el Modelado de Información de Construcción (BIM), Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA), están siendo implementadas en un 22% en nuestro país. Estas tecnologías están transformando la forma en que se diseñan y construyen los edificios, contribuyendo a la eficiencia, sostenibilidad y rentabilidad de los proyectos de construcción. Sin embargo, su adopción aún está en proceso de crecimiento y evolución, con nuevas innovaciones emergiendo en el campo de la construcción y la tecnología.

VII. RECOMENDACIONES

En los antecedentes previamente expuestos, no se encuentran investigaciones que arrojen resultados vinculados a las variables de estudio, los cuales puedan ser contrastados con los hallazgos de esta investigación. Este estudio, al ser inédito, introduce cambios significativos en los paradigmas del conocimiento y la innovación. Por ende, carecemos de fundamentos para llevar a cabo comparaciones de resultados con otras investigaciones.

7.1 Recomendaciones Generales

La convergencia de estas tecnologías contribuye a la creación de edificios inteligentes que son más eficientes, sostenibles, seguros y cómodos para sus ocupantes. La clave es la integración cuidadosa de estas soluciones para garantizar un funcionamiento armonioso y maximizar los beneficios.

El estudio realizado ha identificado de problemáticas fundamentales relacionadas con la implementación de edificaciones inteligentes sostenibles en el contexto de uno de los distritos considerados el más moderno en Lima. Además, abre la posibilidad de continuar con la investigación y normalización tanto para investigadores, proyectistas, usuarios como autoridades de país. Para crear e implementación de normativas, protocolos y reglamentos que respalden y fomenten la construcción de edificaciones inteligentes.

7.2 Recomendaciones Específicas

El diseño juega un papel crucial en la creación y eficacia de los edificios inteligentes, ya que afecta directamente la implementación y el rendimiento de las tecnologías integradas. Aquí hay varias formas en que el diseño puede influir positivamente en los edificios inteligentes:

Integración armoniosa de tecnologías: Un diseño bien pensado permite la integración fluida de las tecnologías inteligentes en la estructura del edificio. Esto implica la consideración temprana de las necesidades tecnológicas y la infraestructura necesaria.

Flexibilidad y escalabilidad: Los edificios inteligentes deben ser diseñados para adaptarse a cambios en las tecnologías emergentes. Un diseño flexible y escalable permite la incorporación fácil de nuevas innovaciones a medida que evoluciona la tecnología.

Eficiencia energética: Un diseño orientado a la eficiencia energética puede maximizar el rendimiento de sistemas como la iluminación, la climatización y la gestión de energía. La orientación solar, la eficiencia de aislamiento y el diseño de ventanas son ejemplos de aspectos que pueden influir positivamente.

Espacios colaborativos y conectividad: Un diseño que fomente la colaboración y la conectividad entre los ocupantes del edificio puede mejorar la eficiencia operativa. Espacios de trabajo abiertos, salas de reuniones equipadas con tecnologías de colaboración y conectividad inalámbrica son ejemplos de elementos de diseño que pueden facilitar la interacción.

Seguridad integrada: La seguridad es una consideración fundamental en los edificios inteligentes. El diseño debe incluir la integración de sistemas de seguridad, como cámaras de vigilancia, control de acceso y sistemas de alarma, de manera que sean efectivos y no intrusivos para los ocupantes.

Experiencia del usuario: Un diseño centrado en el usuario puede mejorar la experiencia de los ocupantes. Interfaces intuitivas, accesibilidad y comodidades adaptadas a las necesidades modernas pueden contribuir significativamente a la satisfacción y productividad de las personas que utilizan el edificio.

Sensores y dispositivos discretos: El diseño puede ocultar dispositivos y sensores para mantener la estética del edificio. La ubicación estratégica de estos elementos puede optimizar su rendimiento sin comprometer la apariencia del entorno.

Recopilación de datos y análisis: Un diseño que permita la fácil instalación y acceso a sensores y dispositivos de recopilación de datos facilita la analítica de datos. Esto, a su vez, mejora la toma de decisiones informada y la eficiencia operativa del edificio.

Durabilidad y mantenibilidad: Un diseño que tenga en cuenta la durabilidad y facilidad de mantenimiento de las tecnologías implementadas puede reducir los costos a largo plazo y garantizar un rendimiento constante.

Cumplimiento normativo y sostenibilidad: Un diseño que incorpore principios de sostenibilidad y cumpla con normativas puede contribuir a la eficiencia del edificio y a su impacto ambiental positivo. Un sistema de calificación y certificación para edificios inteligentes

VIII. REFERENCIAS

- Argatu, F.C., Argatu, V., Enache, B.A., Cepisca, C., Seritan, G.C., & Andrei, P.C. (2018). Soluciones de monitoreo de carga para edificios inteligentes: una descripción general. *El boletín científico de la facultad de ingeniería eléctrica*, 18. <https://sciendo.com/journal/SBEEF>
- Arteconi, A. (2021). *Evaluation of energy efficiency and flexibility in smart buildings*. Guest Editor 2021 MDPI.
- Barnard, N. (2016). *Using Pre-Cooling to Reduce Energy Costs.*"
- Bonneau, V., Ramahandry, T., Probst, L., Pedersen, B., & Dakkak-Arnoux, L. (2017). Edificio inteligente: aplicación de eficiencia energética. *European Union: Brussels, Belgium*.
- Bravo, P., & Valenzuela, G. (2019). *Desarrollo de instrumentos de evaluación: cuestionarios*. Centro de Medición MIDE UC, Chile. <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/08/P2A355.pdf>
- Buckman, A. H., Mayfield, M., & BM Beck, S. (2014). ¿Qué es un edificio inteligente? *Smart and Sustainable Built Environment*, 3(2), 92-109. <http://dx.doi.org/10.1108/SASBE-01-2014-0003>.
- Cooper Jason & Noller Deb (2017) Revista Switch Automation, artículo "Cómo elegir la solución correcta de construcción inteligente", <https://www.ashb.com/wp-content/uploads/2020/04/IS-2017-283.pdf>
- Ciholas, P., Lennie, A., Sadigova, P., & Such, J. M. (2019). The security of smart buildings: a systematic literature review. arXiv (preprint arXiv:1901.05837).

- Cheng, J., & Kunz, T. (2009). *Una encuesta sobre redes domésticas inteligentes*. Carleton University, Systems and Computer Engineering, Technical Report SCE-09-10.
- Chernbumroong, S., ATKINS, A., & Yu, H. (2010). Perception of smart home technologies to assist elderly people. In *4th international conference on software, knowledge, information management and applications* (pp. 90-97). 4th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications.
- Dai, J., Dong, M., Ye, R., Ma, A., & Yang, W. (2016, August). Una revisión sobre los vehículos eléctricos y las sinergias de energía renovable en la red inteligente. In *2016 China International Conference on Electricity Distribution (CICED)* (pp. 1-4). IEEE.
- Ding, D., Cooper, R. A., Pasquina, P. F., & Fici-Pasquina, L. (2011). Sensor technology for smart homes. *Maturitas*, 69(2), 131-136.
- Directiva de Eficiencia Energética de la UE del 2018 (Directiva 2018/844) introduce el concepto de Indicador de Preparación para Aplicaciones Inteligentes o “Smart Readiness Indicator” (SRI) <https://www.boe.es/doue/2018/156/L00075-00091.pdf>.
- Fernández Hernández, F. (2020). Impacto del control eficiente de los sistemas de HVAC en la sostenibilidad y eficiencia energética. *VI Congreso Edificios Energía Casi Nula*. Universidad de Málaga. <https://www.construible.es/comunicaciones/impacto-control-eficiente-sistemas-hvac-sostenibilidad-eficiencia-energetica>.
- Forbes Advertorial. (6 de mayo 2024). *Edificios sostenibles e inteligentes: el futuro del desarrollo urbano en Perú*. (Vanessa Moreno, country manager para Perú y Bolivia en Schneider Electric).

<https://forbes.pe/brand-voice/2024-05-06/edificios-sostenibles-e-inteligentes-el-futuro-del-desarrollo-urbano-en-peru>.

Johnson Controls (2016) White paper: El edificio inteligente de futuro.
<https://www.latam.johnsoncontrols.com/es/insights/2024/white-paper/el-edificio-inteligente-del-futuro>.

Hernández, F. F., Suárez, J. M. P., Cantalejo, J. A. B., Muriano, M. D. C. G., & Ventura, M. (2019). Impacto del control eficiente de los sistemas de HVAC en la sostenibilidad y eficiencia energética. In *Actas del X International Greencities Congress 2019: 10º Foro de Inteligencia y Sostenibilidad Urbana* (pp. 170-182). Palacio de Ferias y Congresos de Málaga (FYCMA).

Hnat T.W., Griffiths E., Dawson R.K., (2012), "Whitehouse Door Jamb: unobtrusive roomlevel Tracking of people in homes using doorway sensors." Proceedings of the 10th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems, ACM.

International Energy Agency [IEA] (2019). World Energy Outlook 2019, IEA, París.
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>.

INFRASPECK. (2023). *Guía complete del mantenimiento predictivo*.
<https://blog.infraspeak.com/es/mantenimiento-predictivo/#2>

International Renewable Energy Agency [IRENA] (2015). *Renewable Power Generation Costs in 2014*. UAE: International Renewable Energy Agency.

Kang, HS, Lee, JY, Choi, S., Kim, H., Park, JH, Son, JY, y Noh, SD (2016). Fabricación inteligente: investigaciones pasadas, hallazgos presentes y direcciones futuras. *Revista internacional de*

- ingeniería de precisión y tecnología verde de fabricación*, 3, 111-128. Korean Society for Precision Engineering, 2016. <https://sciendo.com/issue/SBEEF/18/2>
- Katipamula, S., Underhill, RM, Goddard, JK, Taasevigen, DJ, Piette, MA, Granderson, J., y Kuruganti, T. (2012). Necesidades de control y monitoreo de edificios comerciales pequeños y medianos: un estudio de alcance (No. PNNL-22169). Laboratorio Nacional del Noroeste del Pacífico. (PNNL), Richland, WA (Estados Unidos). <https://www.osti.gov/biblio/1063081>
- King, J. y Perry, C. (2017). *Edificios inteligentes: uso de tecnología inteligente para ahorrar energía en edificios existentes* (págs. 1-46). Consejo Americano para una Economía Energéticamente Eficiente. glando la bibliografi
- Kushal, J. (2019). *Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings*. [Tesis, Technische Universität Berlin]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32122.24000>
- Lapillonne B., Pollier K. y Sebi C. (2010). Energy Efficiency Trends for Households in the EU. In the framework of the ODYSSEE Project.
- Latifah, A., Supangkat S. H. and Ramelan, A. (2020). Smart Building: A Literature Review. [Conferencia internacional]. *TIC para una sociedad inteligente (ICISS) de 2020*, (pp. 1-6). Bandung, Indonesia, 2020. <https://doi.org/10.1109/ICISS50791.2020.9307552>.
- Marchesoni F, Mariño C y Masquil E. (2020). *Monitoreo no intrusivo de cargas eléctricas (NILM)*. [Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ingeniería]. Repositorio <https://hdl.handle.net/20.500.12008/24187>

- Martínez, A.K. & Donnelly, K. (2010). Iniciativas de Medición Avanzada y Programas de Retroalimentación Residencial: Una Meta-Revisión de las Oportunidades de Ahorro de Electricidad Doméstica. *American Council for an Energy-Efficient Economy. Energy*, 123(6).
- Monje, C. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*. Universidad Surcolombiana Facultad De Ciencias Sociales Y Humanas Programa De Comunicación Social Y Periodismo NEIVA
- Mukhopadhyay S.C. (2015). Sensores portátiles para el monitoreo de la actividad humana: una revisión. *IEEE Sensors Journal*, 15(3), 1321-1330
- Narváez y Trejo (2007). "Students' expectations of teachers: the case of students at a Mexican university English department. *MEXTESOL Journal*, 32(4), 57-64.
- Navada, S. G., Adiga, C. S., & Kini, S. G. (2013). A study on daylight integration with thermal comfort for energy conservation in a general office. *International Journal of Electrical Energy*, 1(1), 18-22.
- Noriega, L. (2007). *Diseño de un sistema de control de accesos orientado a un edificio de oficinas en proceso de automatización*. [Tesis pregrado, Facultad de Ciencia e Ingeniería, PUCP], Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/255>
- NREL (National Renewable Energy Laboratory), (2011). Saving Energy in Commercial Buildings-Chilled Water System Assessment Guidelines
- Palencia, S. M., Baeza, V. M., & Sánchez, C. M. (2021). *Vulnerabilidades en edificios inteligentes*. <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/127648/6/smulTFM0121memoria.pdf>

- Panchalingam, R., & Chan, K.C. (2019). Una revisión de vanguardia sobre inteligencia artificial para edificios inteligentes. *Internacional de Edificios Inteligentes*, 13 (4), 203–226.
<https://doi.org/10.1080/17508975.2019.1613219>
- Perera, C., Liu, CH, Jayawardena, S. y Chen, M. (2014). Un estudio sobre Internet de las cosas desde la perspectiva del mercado industrial. *Acceso IEEE*, 2, 1660-1679.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7004894>
- Peterson, A. (2016). *Internet of Things Compounded Friday's Hack of Major Websites*. Washington Post, 21.
- Ramírez, A. (2008). En el capítulo de solución verde de las Memorias del Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño. En *Memorias del Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño*.
- Ramírez Cruz, L. (2013) *Análisis De Edificios Inteligentes*. [Tesis de maestría, Tecnológico de Monterrey]. Repositorio institucional del Tecnológico de Monterrey.
<https://repositorio.tec.mx/handle/11285/569332>.
- Revista Ventas de Seguridad. (2020). *Foro internacional de Tecnología en seguridad*.
<https://www.ipusergrouplatino.com/articles/article/8845868/193233.htm>
- Rifkin, J. (2011). *La tercera revolución industrial: cómo el poder lateral está transformando la energía, la economía y el mundo*. Macmillan.

- Robey D. Ross J.W. and Marie-Claude B., (2002). Aprender a implementar sistemas empresariales: un estudio exploratorio de la dialéctica del cambio. *Journal of Management Information Systems*, 19(1).
- Seritan, G., Triștiu, I., Ceaki, O., & Boboc, T. (2016, October). Power quality assessment for microgrid scenarios. In 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE) (pp. 723-727). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7781434>
- Serna V.H. (2011). Comunicaciones a través de la red eléctrica – PLC, Ingeniero de Aplicaciones de Maxim France
- Sheng-Hau Lin, Hejie Zhang, Jia-Hsuan Li, Cheng-Zhou Ye, & Jing-Chzi Hsieh (2021). Evaluación de edificios de oficinas inteligentes desde una perspectiva de sostenibilidad: un modelo híbrido de toma de decisiones de atributos múltiples. *Tecnología en la Sociedad. Tecnología en la Sociedad*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.>
- Singh, S., & Singh, N. (2015, October). Internet of Things (IoT): Security challenges, business opportunities & reference architecture for E-commerce. In 2015 International conference on green computing and internet of things (ICGCIoT) (pp. 1577-1581). Ieee. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7380718>
- Vaidyanathan S., Nadel S., Amann J., Bell C.J., Chittum, A Farley K., Hayes S., Vigen M. & Young R., (2013). *Superar las barreras del mercado y usar las fuerzas del mercado para promover la eficiencia energética*. ACEEE

- Vera, J. (2022). *Estrategia empresarial para la gerencia de proyectos en edificaciones hasta 06 niveles en el distrito de San Isidro-Lima periodo 2019-2020*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio institucional UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/6099>
- Vanza, B. (2020). *CEO solution & service portfolio*. Siemens Smart Infrastructure. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:283d130d-0e2b-40e6-b2c6-3267137f1825/el-nuevo-conjunto-de-edificios-inteligentes-permite-una-experien.pdf>
- Wigginton, M. (2002). *Intelligent Skins. Butterworth-Heinemann Linacre House*. Butterworth-Heinemann Ltd.
- Yang, T., Clements-Croome, D., & Marson, M. (2017). Building energy management systems. *Encyclopedia of Sustainable Technologies*, 36, 291-309. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.10199-x>.

IX. ANEXOS

6.1 Matriz de consistencia

TÍTULO: “IDENTIFICAR EL NIVEL DE INTELIGENCIA DE LAS EDIFICACIONES EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO-LIMA- 2012 a 2022”

PROBLEMA		OBJETIVO		HIPOTESIS		VARIABLES	INDICADORES		METODOLOGIA	
PG	¿Cuál es el nivel de implementación de tecnologías en las construcciones para ser considerado edificios inteligentes en el distrito de San Isidro?	OG	Identificar las construcciones en el distrito de san isidro, que permita la obtención de información acerca de los proyectos y para considerar edificaciones inteligentes.	HG	Las tecnologías aplicadas en la construcción determinan el grado alcanzado de inteligencia de las edificaciones.	INDEPENDIENTES NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS	IG	Edificaciones construidas hasta 2022	ENFOQUE: Cuantitativo TIPO: Descriptivo TECNICA: Encuesta	
PE1	¿Qué sistemas inteligentes de gestión de la construcción se ha aplicado en las construcciones de las edificaciones?	OE1	Identificar los sistemas inteligentes de gestión de la construcción se han aplicado en las construcciones de las edificaciones.	HE1	La gestión en la construcción determina el grado de inteligencia de las edificaciones.		DEPENDIENTES	I1	Aspectos tecnológicos (Eficiencia Confort)	INSTRUMENTO. Cuestionario
PE2	¿Qué tipo de nuevas tecnologías se están aplicadas están optimizado del diseño y los recursos en los edificios?	OE2	Identificar como las nuevas tecnologías se están aplicadas en el optimizan del diseño arquitectónico, los recursos en los edificios.	HG2	El diseño influye positivamente en los edificios inteligentes		GRADO DE INTELIGENCIA DE LOS EDIFICIOS CONSTRUIDOS	I2	Recursos de diseño	

9.2 Encuesta

ENCUESTA NIVEL DE INTELIGENCIA DE LAS EDIFICACIONES EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO-LIMA

La encuesta servirá para el desarrollo de tesis doctoral titulada “NIVEL DE INTELIGENCIA DE LAS EDIFICACIONES EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO-LIMA - HASTA EL 2022”. EUPG -UNFV. En tal sentido agradecería contestar el cuestionario:

Datos:

1.00	TIPO DE EDIFICACIÓN	Marcar "X"
1.01	Edificio gubernamental: para uso de personal gubernamental u oficial.	
1.02	Edificio residencial: el destinado a ser usado como vivienda.	
1.03	Edificio comercial: el destinado al comercio.	
1.04	Edificio deportivo: destinado a uno o más deportes.	
1.05	Edificio educativo: para uso formativo, didáctico y cultural.	
1.06	Edificio militar: destinado a usos militares	
1.07	Edificio religioso: Capilla, conventos, salones religiosos	

Cuestionario:

DENTRO DEL EQUIPAMIENTO DE LA EDIFICACIONES QUE CONSTRUYERON POR FAVOR INDIQUE LO QUE TIENEN IMPLEMENTADO:

2.00	APLICACIONES TECNOLÓGICAS MODERNAS DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES	SI	NO
2.11	Internet de las cosas” (IoT)		
2.12	Sistema BIoT es un "automatización de edificios" (BAS) “mejorado”		
2.13	La arquitectura de IoT es un sistema de elementos que integran una estructura de red y servicios informáticos		

3.00	DISPOSITIVOS DE SEGUIMIENTO INTELIGENTE	SI	NO
3.01	Contadores inteligentes para la digitalización de las redes		
3.02	Para la recopilación y transmisión de datos energéticos al consumidor final ha considerado contadores inteligentes.		
3.03	Wi-Fi: Conexión inalámbrica para transmitir datos dentro de la red del hogar		
3.04	LAN: Utiliza la red de área local para la comunicación interna.		

3.05	Instalación entre la salida eléctrica y el dispositivo para medir el consumo.		
3.06	Proporcionar datos de consumo en tiempo real.		
3.07	Para electrodomésticos inteligentes tecnologías de comunicación para gestionarse de manera remota		
3.08	Establece comunicación con contadores inteligentes para monitorear el consumo energético.		
3.09	Soporte para tarifas dinámicas de energía, permitiendo ajustes según costos variables		
3.10	Sistema para enchufes inteligentes, control remoto del dispositivo (como encender, apagar los dispositivos que estén conectados)		
3.11	Para iluminación Inteligente con sensores para controlar la iluminación en forma remota, por voz y/o programar		
3.12	Detecta movimiento para encender/apagar las luces automáticamente		
3.13	Interactúa con centros inteligentes para una gestión más integral del hogar.		

4.00	SISTEMA DE CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	SI	NO
4.01	Sistema de calefacción		
4.02	Sistema de ventilación		
4.03	Sistema de aire acondicionado		
4.04	Sistema para reducir significativamente el desperdicio de energía		
4.05	Sistema para detectar ajustar la temperatura en función de la ocupación a considerado termostatos inteligentes		
4.06	Sistema de ahorro de energía para calentadores inteligentes con detector e informar sobre daños y/o fugas		

5.00	SISTEMAS DE GESTIÓN E INFORMACIÓN ENERGÉTICA	SI	NO
5.01	Sistemas de automatización de edificios		
5.02	Sistemas de gestión de edificios		
5.03	Sistemas de gestión y control de energía		
5.04	Sistema que proporciona análisis de datos y optimización de sistemas automatizados		
5.05	Sistema de monitoreo remoto a través de la nube o una red		

--	--	--	--

6.00	REDES Y COMUNICACIÓN	SI	NO
6.01	Cableados dedicados para datos como: ethernet, fibra óptica o coaxial		
6.02	Redes de difusión y acceso		
6.03	Sistema de línea de bus (Bus line) o redes compartidas		
6.04	Sistema de comunicación por línea eléctrica		
6.05	Sistema de comunicaciones inalámbricas		

7.00	BENEFICIOS RELACIONADOS CON EL AHORRO DE ENERGÍA	SI	NO
7.01	Climatización		
7.02	Carga de enchufe		
7.03	Encendido automatizado		
7.04	Sombreado de ventana		
7.05	Sistema de análisis		
7.06	Mantenimiento predictivo para monitorear y mejorar la eficiencia operativa del sistema		

8.00	SEGURIDAD Y CIBERSEGURIDAD	SI	NO
8.1	Sistema de control de acceso mediante tarjetas, biometría o códigos		
8.02	Servicios preventivos de detección de intrusos		
8.03	Sistema de cámaras de videovigilancia		
8.04	Detectores de humos		
8.05	Detectores y alarmas contra incendios		
8.06	Acciones reactivas de notificación y evacuación en caso de emergencia		
8.07	Sistema de domótico para personas discapacitadas o necesidades especiales		

8.08	Central de monitoreo		
8.09	Protocolos de comunicación		
8.1	Controladores Lógicos Programables (PLC)		
8.11	Controladores de Automatización Programables (PAC)		
8.12	Sistema automático para asegurar la privacidad de los datos recopilados		

9.00	ENERGÍA VERDE Y PRODUCCIÓN DESCENTRALIZADA	SI	NO
9.01	Energía Solar		
9.02	Energía Eólica		
9.03	Energía Hidroeléctrica		
9.04	Energía Geotérmica		
9.05	Bioenergía		

10.00	Gestión de la edificación	SI	NO
3.1	Han trabajado con profesionales especializados en el diseño edificios inteligentes		
3.2	Han trabajado con arquitectos y/o ingenieros es especializados en construcción de edificios inteligentes		

11.00	OTROS (Describe el equipamiento no considerado en la encuesta)

¡Gracias por su participación!