

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**REDISEÑO DE UNA ARQUITECTURA CONCEPTUAL DE SMART
CITIES EN BASE A LAS NORMAS DE LA ASOCIACIÓN
ESPAÑOLA UNE 178104, 178108 Y 178109**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
MENCIÓN SEGURIDAD EN REDES Y COMUNICACIONES**

CECILIA VERÓNICA ALOMOTO CUMANICHO

DIRECTOR: Ph.D. ANA MARÍA ZAMBRANO VIZUETE

Quito, febrero 2024

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cecilia Verónica Alomoto Cumanicho, bajo mi supervisión.

Ph.D. ANA MARÍA ZAMBRANO VIZUETE
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Cecilia Verónica Alomoto Cumanicho, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

Cecilia Verónica Alomoto Cumanicho

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento, dedico este Trabajo de Titulación a mi familia, en especial a mi hija y mi nieta. Su inquebrantable apoyo ha sido mi mayor fortaleza durante todo este período de estudio, inspirándome a culminar con éxito este importante capítulo académico. A ellas, mi gratitud eterna.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos aquellos que contribuyeron de manera significativa al éxito de este proyecto de titulación. En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la salud para continuar con los proyectos de vida. A mi tutora la Ph.D. Ana María Zambrano por su orientación, apoyo constante y valiosas sugerencias que enriquecieron el desarrollo de este trabajo.

Agradezco también a mis compañeros de clase y amigos que brindaron su colaboración y estímulo a lo largo de este proceso. Sus aportes fueron fundamentales para la culminación exitosa de este proyecto.

Mi reconocimiento se extiende a mi familia, cuyo apoyo incondicional fue la fuerza impulsora que me motivó a superar desafíos y alcanzar este logro académico.

Este proyecto de titulación no hubiera sido posible sin la colaboración y respaldo de cada una de estas personas. A todos, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco Teórico.....	3
1.4.1. Smart City.....	3
1.4.2. Norma Española 178104 - Sistemas Integrales de Gestión de la Ciudad Inteligente: Requisitos de interoperabilidad para una Plataforma de Ciudad Inteligente	5
1.4.3. Norma Española 178108 - <i>Ciudades Inteligentes</i> : Requisitos de los edificios inteligentes para su consideración como nodo IoT según la Norma UNE 178104	21
1.4.4. Norma Española 178109 Ciudades Inteligentes: Estación Inteligente y conexión con la plataforma de ciudad inteligente	32
2. METODOLOGÍA	51
2.1. Análisis de Estudio de la [1] “Propuesta metodológica para la migración de ciudades tradicionales a Ciudades Inteligentes”	52
2.2. Arquitectura conceptual	53
2.3. Propuesta metodológica	69
2.4. Análisis comparativo entre niveles en la arquitectura y normas	71
2.5. Análisis comparativo entre servicios.....	75
2.6. Arquitectura Conceptual del Rediseño	83
2.6.1. Capa de Soporte	83
2.6.2. Capa de Servicios Inteligentes	84
2.6.3. Capa de Interoperabilidad.....	85
2.6.4. Capa de Conocimiento	85

2.6.5. Capa de Adquisición/Interconexión.....	86
2.6.6. Rediseño de la arquitectura conceptual Smart City	87
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	90
3.1. Análisis de la situación actual de Quito	91
3.1.1. Edificios inteligentes en el Distrito Metropolitano de Quito	91
3.1.2. Internet Inalámbrico	107
3.1.3. Servicio de telefonía móvil	108
3.1.4. Internet en los hogares	110
3.2. Discusión	111
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Características técnicas de la Plataforma Ciudad Inteligente	7
Tabla 1.2. Modelo normalizado de capas de la plataforma Smart City.	12
Tabla 1.3. Características de la Capa de Soporte	19
Tabla 1.4. Requisitos Funcionales.....	24
Tabla 1.5. Requisitos operativos.....	26
Tabla 1.6. Comunicación nodo IoT	28
Tabla 1.7. Funciones de la Plataforma de Integración	29
Tabla 1.8. Capas de la Plataforma sobre esquema de la Norma UNE 178104	34
Tabla 1.9. Componentes Plataforma Ciudad Inteligente	34
Tabla 1.10. Comunicación Plataforma Ciudades Inteligentes	36
Tabla 1.11. Características de la Estación Inteligente	38
Tabla 1.12. Fuentes de datos de la estación y su ámbito	40
Tabla 1.13. Datos externos a la estación	41
Tabla 1.14. Servicios ciudadanos	46
Tabla 1.15. Servicios a operadores ferroviarios	47
Tabla 1.16. Eficiencia de procesos	48
Tabla 1.17. Servicios a operadores comerciales	49
Tabla 1.18. Servicios a la ciudad	50
Tabla 2.1 Comparativa de requisitos de Arquitecturas Conceptuales.....	72
Tabla 2.2 Servicios ausentes en la Arquitectura Conceptual.	76
Tabla 3.1 Nivel de madurez 1.....	99
Tabla 3.2 Nivel de madurez 2.....	99
Tabla 3.3 Nivel de madurez 3.....	100
Tabla 3.4 Nivel de madurez 4.....	101
Tabla 3.5 Nivel de madurez 5.....	102
Tabla 3.6 Resultado nivel de madurez ciudad de Quito	103
Tabla 3.7 Servicio móvil avanzado.	109
Tabla 3.8 Porcentaje de hogares con acceso a Internet.	110
Tabla 3.9 Rango de porcentajes.....	111
Tabla 3.10 Servicios Smart City en el DMQ en porcentajes	112
Tabla 3.11 Servicios Smart City en el DMQ en valores absolutos.	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Modelo normalizado de capas de la Plataforma de Ciudad Inteligente	15
Figura 1.2. Comunicación de la Plataforma Smart City con tercero	21
Figura 1.3. Estructura de un Nodo IoT	27
Figura 1.4. Capas de la Plataforma de Integración.	29
Figura 1.5. Esquema conceptual de relaciones de la Plataforma Estación Inteligente. ...	33
Figura 1.6. Servicios que ofrece las estaciones	45
Figura 2.1. Capas de la Arquitectura Conceptual	54
Figura 2.2. Nivel de Adquisición de Datos	55
Figura 2.3. Nivel de Interconexión	55
Figura 2.4. Capa de Conocimiento	56
Figura 2.5. Nivel de Integración	56
Figura 2.6. Nivel de Servicios Inteligentes	57
Figura 2.7. Nivel de Mantenimiento y Asistencia	58
Figura 2.8. Esquema de Arquitectura Conceptual	68
Figura 2.9. Niveles Smart	70
Figura 2.10 Rediseño de la Capa de Soporte.....	84
Figura 2.11 Rediseño de la Capa de Servicios.....	84
Figura 2.12 Rediseño de la Capa de Interoperabilidad.....	85
Figura 2.13 Rediseño de la Capa de Conocimiento.	86
Figura 2.14 Rediseño de la Capa de Adquisición/Interconexión.....	87
Figura 2.15 Arquitectura Conceptual Rediseñada.	89
Figura 3.1 Edificio Consejo Nacional Electoral.....	91
Figura 3.2 Hotel Wyndham Quito Airport.....	94
Figura 3.3 Edificio Produbanco – Ekopark Torre 2.	95
Figura 3.4 Nivel de Madurez por Logros	98
Figura 3.5 KPI por dimensión.....	102
Figura 3.6 Metro de Quito.	105
Figura 3.7 Sistema de Telecomunicación Integrado	106
Figura 3.8 Porcentaje de hogares con acceso a Internet.	110
Figura 3.9 Cuentas de internet fijo y móvil	111

RESUMEN

El Trabajo de Titulación documenta el Rediseño de la Arquitectura Conceptual *Smart City* conforme a las normas de la Asociación Española UNE 178108, 178109 y 178104 sirviendo como modelo para ciudades que busquen avanzar hacia una *Smart City*.

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Describe el problema y plantea la necesidad del rediseño de una arquitectura conceptual en base a las normas españolas UNE, 178104, 178108 y 178109. Además, revisa, las normas mencionadas.

Capítulo 2. METODOLOGÍA

Revisa la metodología y la “Arquitectura conceptual” de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente. Además, se analiza y compara la “Arquitectura conceptual” normalizada con la “Arquitectura conceptual” en “*Propuesta metodológica para la migración de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente*” [1].

Capítulo 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de comparar, se añaden servicios faltantes al “Diseño de Arquitectura Conceptual” en “*Propuesta metodológica para la Migración de una ciudad tradicional a una Ciudad Inteligente*” [1]. En consecuencia, se obtiene el “Rediseño de una Arquitectura Conceptual de Smart City conforme a las normas española une 178108, 178109 y 178104”, tema central del presente proyecto de titulación. Se evalúa el estado actual de la ciudad de Quito, con el rediseño de la Arquitectura Conceptual *Smart City* para identificar y proponer los servicios que se deben utilizar para encaminar a una ciudad inteligente.

Capítulo 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar este capítulo, se exponen las conclusiones que se derivan del proceso de desarrollo de este proyecto, así como las recomendaciones destinadas a impulsar la efectiva implementación de una Ciudad Inteligente.

ABSTRACT

The Graduation Project documents the Redesign of the Smart City Conceptual Architecture in accordance with the standards of the Spanish Association UNE 178108, 178109, and 178104, serving as a model for cities aiming to progress towards a Smart City.

Chapter 1. INTRODUCTION

Describes the problem and presents the need for the redesign of a conceptual architecture based on the Spanish standards UNE 178104, 178108, and 178109. Additionally, it reviews the mentioned standards.

Chapter 2. METHODOLOGY

Reviews the methodology and the "Conceptual Architecture" from a traditional city to a smart city. Furthermore, it analyzes and compares the standardized "Conceptual Architecture" with the "Conceptual Architecture" in the "Methodological Proposal for the Migration from a Traditional City to a Smart City" [1].

Chapter 3. RESULTS AND DISCUSSION

After comparison, missing services are added to the "Design of Conceptual Architecture" in the "Methodological Proposal for the Migration from a Traditional City to a Smart City" [1]. As a result, the "Redesign of a Conceptual Architecture of a Smart City in accordance with the Spanish standards UNE 178108, 178109, and 178104" is achieved, which is the central theme of this graduation project. The current state of the city of Quito is evaluated with the redesign of the Smart City Conceptual Architecture to identify and propose the services that should be used to steer towards a smart city.

Chapter 4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

At the end of this chapter, the conclusions derived from the development process of this project are presented, as well as the recommendations intended to promote the effective implementation of a Smart City.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) ha adquirido un rol fundamental en el progreso de las actividades humanas. Gracias a la utilización de dispositivos, aplicaciones móviles y otras tecnologías, se ha logrado agilizar la ejecución de tareas en menor tiempo. Estas innovaciones también han demostrado su capacidad para mejorar la toma de decisiones, incrementar la eficiencia operativa, optimizar la provisión de servicios en las urbes y fomentar la competitividad. Asimismo, el avance tecnológico ha generado una mayor dependencia de las personas hacia estas herramientas, situándonos en el centro del desarrollo y la planificación de las llamadas Ciudades Inteligentes o *Smart City* [2].

De acuerdo con un estudio llevado a cabo por las Naciones Unidas, cita que: “(...) para el 2050, el 70 % de la población mundial (más de 6.000 millones) vivirá en ciudades, el 64,1% de las personas en los países en desarrollo vivirá en áreas urbanas y 85,9% de los habitantes en los países desarrollados” [2], por lo tanto, con el fin de adaptarse a las cambiantes necesidades y expectativas de la sociedad, así como mantenerse al ritmo del cambio, las ciudades deben adoptar tecnología. Una ciudad inteligente se caracteriza por priorizar las necesidades de sus residentes, incorporar las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la gestión urbana, y utilizar estas características como herramientas para promover un gobierno efectivo que fomente la participación ciudadana y los procesos de planificación colaborativa. Las Ciudades Inteligentes buscan mejorar la calidad de vida a través del fomento del desarrollo integrado y sostenible, lo que las hace más creativas, competitivas, atractivas y resilientes.

Después de América del Norte, donde actualmente el 82% de la población reside en áreas urbanas, la región de *ALC (América Latina y el Caribe)* se sitúa en el segundo lugar en términos de población, con el 80% de las personas viviendo en entornos urbanos [2].

En el contexto local, en el año 2017 la Municipalidad de Quito desarrolló una estrategia para transformar a Quito en una ciudad digital para el 2022, de acuerdo con las siguientes líneas de negocio: LABCOMQ Centro de Innovación Social, Programas Educativos Digitales, Sistemas de Movilidad Predictiva basados en Big Data, Edificios Públicos con Tecnología Inteligente, Zona IQ, Capital Latinoamericana Digital y Api-Q (Acceso Abierto a Datos) [3]. En cuanto a los ejes planteados en el año 2017 no son claros. Además que, esta migración puede deberse a la falta de una dirección clara y actualizada. En el año 2018, se realizó un estudio sistemático acerca de la transición de la ciudad tradicional hacia la ciudad inteligente [1]. Sin embargo, este estudio presenta una limitación, ya que no

aborda de manera completa la relación entre las capas de la plataforma de Ciudades Inteligentes, tal como lo requieren los estándares establecidos por la normativa de la Unión Europea. La *UNE (Asociación Española de Normalización)* ha mostrado interés en abordar esta problemática y ha publicado normas relevantes como UNE 178104 [4], UNE 178108 [5] y UNE 178109 [6], las cuales son fundamentales en el desarrollo de Ciudades Inteligentes y facilitan el intercambio de conocimientos entre ellas.

El estudio de estas normas mencionadas anteriormente permitirá mejorar los edificios en el contexto de las "Ciudades Inteligentes" [4], así como evaluar tanto los edificios existentes como los nuevos para el MDMQ (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito). Este programa de maestría no recibe apoyo financiero de ninguna institución pública, privada o de otro tipo.

1.1 Objetivo General

Rediseñar una Arquitectura conceptual de *Smart Cities* en base a las normas de la Asociación española UNE 178108, 178109 Y 178104.

1.2 Objetivos Específicos

- Revisar las normativas “**UNE 178104: Sistemas Integrales de Gestión de la Ciudad Inteligente, Requisitos de interoperabilidad para una Plataforma de Ciudad Inteligente**” [4] , “**UNE 178108: Ciudades Inteligentes Requisitos de los edificios inteligentes para su consideración como nodo IoT**” [5] y “**UNE 178109: Ciudades Inteligentes Estación inteligentes y conexión con la plataforma de ciudad inteligente**” [6].
- Explorar la metodología de la arquitectura conceptual planteada por Vargas [1], la que permitirá implementar una nueva propuesta.
- Utilizar las normativas analizadas para el rediseño de la arquitectura conceptual de las Ciudades Inteligentes.
- Identificar las Tecnologías de la Información y Comunicación disponibles en la ciudad de Quito con el fin de cumplir con la nueva arquitectura.

1.3 Alcance

Para determinar las tecnologías aplicables en la ciudad de Quito, este estudio se delimitaría a la información públicamente disponibles en Internet con énfasis en [1], [3], [7], [8].

Con el rediseño de la arquitectura conceptual se pretende obtener como resultados un documento que abarque dos aristas:

- Aportar a la definición de una nueva y actualizada arquitectura conceptual.

- Realizar una descripción de la situación actual de las Tecnologías en la ciudad de Quito, considerando la nueva arquitectura conceptual como referencia.

1.4 Marco Teórico

En Quito-Ecuador, la investigación de la arquitectura conceptual para transformar la ciudad tradicional a una ciudad inteligente se inicia en el año 2018. Esta investigación plantea una “*Propuesta metodológica para la migración de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente*” [1] y se completó en el año 2021. Por lo tanto, este estudio de “Propuesta Metodológica (...)” se basa en el modelo de referencia como punto de partida para su rediseño. En consecuencia, la arquitectura conceptual permitirá adaptar las normas españolas *UNE 178108*, *UNE 178109* y *UNE 178104*, a través del análisis y comparación se obtendrá el rediseño.

Teniendo en cuenta los puntos anteriormente citados, estas normas son necesarias revisarlas y se explican a continuación en el **Capítulo 1.4.2**, **Capítulo 1.4.3** y **Capítulo 1.4.4**.

1.4.1. Smart City

Una ciudad inteligente se refiere a un sistema interconectado y complejo que utiliza nuevas tecnologías para gestionar diversos aspectos de una ciudad. Estos incluyen la eficiencia del transporte público y privado, la optimización de recursos energéticos e hídricos, así como la planificación de la protección civil y consideraciones socioeconómicas, como la vitalidad de los espacios públicos y el desarrollo comercial. Además, se centra en comunicar de manera efectiva incidentes a residentes y visitantes. En una ciudad inteligente, se identifican las necesidades de los ciudadanos y se implementan acciones para satisfacer dichas demandas, convirtiendo las interacciones de los ciudadanos con los servicios y elementos públicos en información útil. En consecuencia, la ciudad se apoya en este conocimiento para guiar sus acciones y su gestión, preferiblemente en tiempo real e incluso anticipándose a eventos futuros [4].

El objetivo principal de las ciudades en su transición hacia el modelo de ciudad inteligente es lograr la sostenibilidad, eficiencia y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos mediante el uso de tecnología [4].

Estos tres objetivos se describen de la siguiente manera:

- Mejorar el modelo de gobernanza de las ciudades: Esto implica promover la participación de la sociedad, colectivos y empresas en la toma de decisiones, así como fomentar la gestión relacional de la ciudad. El objetivo es mejorar la calidad de los servicios prestados y supervisar los contratos de servicios otorgados.

Además, se busca reducir el gasto público y mejorar la coordinación entre los diferentes servicios y administraciones [4].

- Establecer un gobierno abierto: Se busca garantizar la transparencia a través de la publicación estandarizada, consistente, unificada e integral de datos. Al ampliar la disponibilidad de información y los servicios derivados de ella a través de sistemas de datos abiertos, se impulsa la innovación y el espíritu empresarial, contribuyendo al crecimiento de nuevas empresas y proyectos locales.
- Mejorar los estándares medioambientales y desarrollar un sistema de prestación de servicios urbanos más eficiente en el uso de recursos, así como un modelo territorial más sostenible: Para lograr esto, se pueden utilizar datos en tiempo real para mejorar la toma de decisiones de los administradores públicos. Al analizar la evolución de la gestión de los servicios municipales a lo largo del tiempo y desarrollar escenarios y políticas basadas en información multisectorial, se mejora la planificación y la capacidad de la ciudad para abordar problemas y recuperarse de ellos [4].

Dado que la ciudad inteligente mueve todas las funcionalidades y objetivos, la Plataforma de Ciudad Inteligente se considera un componente fundamental de una Smart City.

Una plataforma de ciudad inteligente tiene como objetivo presentar una visión integrada de la ciudad, solidificándose como una infraestructura urbana que ayuda a integrar sistemas verticales presentes y futuros para abordar las necesidades de las ciudades en términos de movilidad, medio ambiente, gobierno y bienestar de las personas. Este sistema transversal, cuando funciona en su totalidad, se convierte en una verdadera ciudad inteligente [4].

La plataforma de ciudad inteligente tiene un alcance de aplicación que abarca no solo ciudades, sino también áreas grandes o pequeñas.

Estos son los principales objetivos de una plataforma de ciudad inteligente:

- Cumplir con todas las normas de privacidad aplicables al recopilar información sobre la ciudad, sus residentes y empresas.
- Distribuir los datos de manera que puedan ser utilizados por los responsables de los diferentes servicios.
- Analizar los datos de acuerdo con los estándares establecidos.
- Proporcionar información depurada a los sistemas responsables de llevar a cabo las diversas acciones.

- Facilitar a los desarrolladores datos y capacidades para fomentar el desarrollo de un ecosistema de aplicaciones en la plataforma que agreguen valor para los ciudadanos.

La ciudad debe contar con una plataforma que garantice el correcto funcionamiento, eficiencia, rendimiento, seguridad y escalabilidad de sus servicios. Además, las aplicaciones y servicios de la ciudad deben poder integrarse con la plataforma Smart City [4]. Esta plataforma debe permitir lo siguiente:

- Operar la infraestructura de la ciudad.
- Basar sus decisiones en la información que recopile y analice.
- Coordinar los servicios de urgencias, agencias concesiones, etc.
- Gestionar la calidad del servicio ofrecido.
- Difundir información al público.
- Fomentar la conectividad de la plataforma, la infraestructura de redes y sensores, y la reutilización de aplicaciones.
- Permitir conexiones verticales entre los distintos sectores.
- Conectarse con otras plataformas.
- Ofrecer interfaces de referencia que cumpla con los estándares de seguridad para el acceso de terceros.

1.4.2. Norma Española 178104 - Sistemas Integrales de Gestión de la Ciudad Inteligente: Requisitos de interoperabilidad para una Plataforma de Ciudad Inteligente

La interoperabilidad es fundamental en el desarrollo de las Ciudades Inteligentes, y por ello, el *EAN/CNT (Comité Técnico de Normalización de AENOR)* [4] ha publicado una serie de normas, entre las que destaca la “**Norma UNE 178104: Sistemas Integrales de Gestión de la Ciudad Inteligente - Requisitos de interoperabilidad para una Plataforma de Ciudad Inteligente**”. El propósito de esta norma es establecer las características que debe tener una plataforma de ciudad inteligente, como la creación de un modelo de capas coherentes que organice las capacidades y funcionalidades. También define los elementos principales de cada capa para que las plataformas de ciudad inteligente puedan proporcionar los servicios necesarios y ofrecer nuevas aplicaciones que mejoren la vida de los ciudadanos. Este modelo está diseñado para garantizar la máxima eficiencia, escalabilidad, integración y promover el desarrollo económico y social a través de la competencia y la innovación.

Gracias a la normalización de los Sistemas Integrales de Gestión de Ciudad Inteligente, también conocida como plataforma de ciudad o sistema operativo, es posible ofrecer a los ciudadanos servicios de mayor calidad y mejorar la sostenibilidad, garantizando la eficiencia y la integración en el entorno.

La Norma UNE 178104 se centra en las condiciones de intercambio de información y operación entre ciudades que permiten:

- Conocimiento en tiempo real de la situación actual de la ciudad.
- Administración y disponibilidad de la información obtenida por los gestores de los servicios de mantenimiento de la ciudad, con control dinámico de las actividades según los recursos disponibles, los datos actualizados y los objetivos de calidad del servicio.
- Establecimiento de canales de comunicación con los ciudadanos y el gobierno de la ciudad a través de subsistemas que permitan el flujo bidireccional de información.

La segunda edición de la Norma UNE 178104 define, condiciones, interfaces y directrices que respaldan y fomentan el desarrollo y la implementación de plataformas de Ciudades Inteligentes, así como la reutilización de las aplicaciones creadas. Estos requisitos de interoperabilidad se estructuran en capas.

1.4.2.1. Objeto y ámbito de aplicación

El propósito de esta norma es:

- Establecer las características y posibilidades que debe tener una plataforma de ciudad inteligente.
- Crear un modelo de capas convenientes, para estas funcionalidades y capacidades. Determinar los elementos y módulos requeridos, para darle a la ciudad las funcionalidades necesarias y luego agregarlos al modelo de capas.
- Precisar los requisitos de interoperabilidad, seguridad, rendimiento, disponibilidad y otros factores que deben cumplir estos componentes [4].

1.4.2.2. Características de una Plataforma de Ciudad Inteligente [4]

Podemos identificar las capacidades clave o características técnicas que debe tener una plataforma de ciudad inteligente, una vez establecidos los objetivos de la ciudad inteligente y la plataforma correspondiente, como se indica en la **Tabla 1.1**:

Tabla 1.1. Características técnicas de la Plataforma Ciudad Inteligente [4].

Características técnicas de la Plataforma Ciudad Inteligente	Descripción
Horizontalidad	La capacidad de admitir diferentes dominios de aplicaciones, lo que permite instalar múltiples servicios en la misma infraestructura al mismo tiempo. La base de los sistemas de información de la ciudad actuales y futuros debe ser una solución integral y transversal.
Interoperabilidad	La interoperabilidad se refiere a la capacidad de las interfaces para ser compatibles con diversas tecnologías y estándares de comunicación, lo que permite el intercambio de datos entre diferentes capas de sistemas de información, tanto internos como externos.
Rendimiento	La capacidad de administrar numerosos dispositivos, servicios y procesos de manera efectiva.
Escalabilidad	La capacidad de aumentar sin cambiar la arquitectura de los sistemas de procesamiento, interconexión y almacenamiento.
Robustez y resiliencia	Ser capaz de continuar cuando surgen problemas.
Seguridad	Confiabilidad y seguridad.
Modularidad	Un enfoque modular que permite una separación sencilla de piezas.
Flexibilidad	La capacidad de ofrecer diversos servicios de la ciudad.
Extensibilidad	La capacidad de ser ampliada para satisfacer nuevas necesidades.
Semántica	Se utiliza el uso de conceptos semánticos para habilitar la plataforma y, por ende,

	lograr la interoperabilidad en la ciudad [4].
Basarse en estándares abiertos	Construir sobre estándares abiertos para facilitar la integración de la plataforma y crear aplicaciones multiplataformas reutilizables.
Operable y manejable	Fácil de usar, administrar e instalar.

1.4.2.3. Capacidades de la Plataforma de Ciudad Inteligente

La plataforma Smart City debe tener las siguientes capacidades técnicas:

- Servir como solución fundamental para los sistemas urbanos actuales y futuros.
- Administrar y operar diferentes proyectos de ciudad inteligente.
- Integrarse con sistemas y servicios existentes de la ciudad.
- Escalar eficientemente a medida que aumenta el volumen de información, garantizando la modularidad para adaptarse a futuras funcionalidades.
- Mantener la integridad y seguridad de los datos.

Además, la plataforma de una ciudad inteligente debe permitir lo siguiente:

- Gestionar el conocimiento tanto horizontal como vertical de los distintos servicios de la ciudad.
- Integrar una gran cantidad de datos provenientes de numerosas fuentes y con diversas estructuras.
- Realizar análisis efectivos para la toma de decisiones basadas en los datos y eventos gestionados por la plataforma. Facilitar a los actores involucrados (administradores públicos, proveedores, ciudadanos, etc.) impulsar la calidad, sostenibilidad y eficiencia del servicio mediante la incorporación de las herramientas necesarias.
- Desarrollar e integrar servicios y aplicaciones proporcionados por organizaciones externas (terceros) a través de la oferta de APIs para la comunicación con la plataforma.

1.4.2.4. Requisitos funcionales de la Plataforma de Ciudad Inteligente

La plataforma de una ciudad inteligente debe proporcionar un repositorio completo y actualizable de datos urbanos. Además, debería alojar un catálogo de datos de la ciudad que sea único, estandarizado, común, universal, accesible y categorizado. Esto incluye los

activos de la ciudad, aunque los sistemas de gestión responsables de generar los datos serán los encargados de mantenerlos actualizados.

La plataforma debe permitir la creación de perspectivas analíticas integrales de la ciudad a partir de estos datos, facilitando y promoviendo la integración de datos con los sistemas heredados y las soluciones existentes de la ciudad.

Se deben proporcionar interfaces abiertas para permitir el desarrollo de aplicaciones inteligentes utilizando los datos de la ciudad.

Es fundamental garantizar la seguridad y la integridad de los datos, así como salvaguardar la información sensible de los usuarios.

1.4.2.5. Gestión de las infraestructuras [4]

La plataforma proporcionará centralización, seguridad, monitoreo y gestión multiusuario de los diversos recursos, componentes y sistemas de la ciudad, que incluyen:

- Acceso a la información de otras aplicaciones, bases de datos y plataformas de sensores.
- Uso de soluciones estandarizadas para interactuar con actuadores (sensores).
- Registro de todas las actividades que tienen lugar dentro del sistema.
- Control del mantenimiento de maquinaria e infraestructura.
- Admite protocolos de monitoreo comunes como *SNMP (Simple Network Management Protocol)* o *JMX (Java Management Extensions)* [4].
- Integración del sistema y la aplicación con otros sistemas, como *SCADAs* para la gestión de energía y todos los usos de la ciudad, control de semáforos, gestión de edificios, iluminación, fuentes, estaciones ambientales y meteorológicas, sistemas de transporte público, generación de energía, gestión del agua, recogida de basuras, video vigilancia, aparcamientos públicos, sistemas de acceso, gestión de flotas municipales, estaciones de recarga de vehículos eléctricos, sistemas de información al ciudadano, sistemas de denuncias, notificaciones de incidencias en la vía pública, emergencias urbanísticas, redes sociales, turismo, *CRMs*, redes sociales, *ERP* empresarial, *GIS (Geographic Information System)* y sistemas de sensorización.

La plataforma de ciudad inteligente permite la integración y gestión eficiente de todos estos recursos, garantizando la seguridad y el control adecuado.

1.4.2.6. Comunicación entre sistemas

Los distintos sistemas que se pueden integrar en la ciudad pueden comunicarse con la Plataforma *Smart City* de la siguiente manera:

- Disponer las interfaces necesarias para permitir la activación de acciones en otros sistemas por eventos.
- La comunicación entre las aplicaciones y otras plataformas o sistemas de gestión se llevará a cabo a través de *APIs* y protocolos estandarizados. Además, la plataforma debe tener la capacidad de ser ampliada para admitir protocolos de comunicación adicionales. Por ejemplo, permitir la ejecución de funciones como activar una luz en un lugar específico y activar una cámara en el centro de seguridad correspondiente cuando se ha activado una alarma. Estos protocolos de comunicación adicionales se implementarán para garantizar una integración fluida y eficiente entre los diferentes sistemas y dispositivos en la ciudad inteligente.
- En caso de incendio, alertar al departamento de bomberos que los ocupantes pueden estar dentro de un edificio [4].

1.4.2.7. Soporte de Seguridad

La Plataforma de Ciudad Inteligente debe contar con medidas adecuadas para garantizar la seguridad. Para lograrlo, es recomendable implementar las siguientes herramientas o sistemas [4]:

- Realizar copias de seguridad de la información crítica [4].
- Garantizar la integridad y seguridad de los datos en la red de seguridad [4].
- Aplicar técnicas de anonimización de datos [4].
- Mantener la integridad de los datos [4].
- Establecer mecanismos de autenticación y autorización [4].
- Controlar el acceso a la plataforma, sensores, sistemas *SCADA*, centros de control, bases de datos y aplicaciones vinculadas [4].
- Asegurar la confidencialidad de las comunicaciones con la Plataforma de Ciudad Inteligente.
- Garantizar la confidencialidad en el acceso a los datos, de modo que cada rol tenga acceso únicamente a los datos autorizados.
- Definir y gestionar políticas de seguridad [4].
- Proporcionar un módulo central de administración de usuarios, roles y permisos de fácil acceso a través de una interfaz web [4].

- Integrar repositorios de usuarios existentes, como registros de usuarios de autoridades locales u otras bases de datos [4].
- Ser capaz de expandirse y adaptar los mecanismos de seguridad según las necesidades específicas de cada ciudad [4].

1.4.2.8. Unidad de mantenimiento

La plataforma de Ciudad Inteligente debe tener indicadores que permitan su mantenimiento adecuado. Debería asegurar tanto el mantenimiento preventivo como correctivo.

En cuanto al mantenimiento preventivo, la plataforma debe almacenar y evaluar datos importantes para la gestión del mantenimiento, y generar planes de mantenimiento en base a ellos.

En lo que respecta al mantenimiento correctivo, la plataforma debe contar con la capacidad de administrar alertas o alarmas y enviar notificaciones utilizando diversos medios, como mensajes, correos electrónicos, SMS o llamadas, según corresponda.

1.4.2.9. Gestión de proceso

La Plataforma Smart City debería ofrecer la capacidad de controlar tanto los procesos internos como los externos. En cuanto a los procesos internos, se incluyen aspectos como alarmas, análisis de consumos, denuncia de costos, sostenibilidad (reducción de emisiones, utilización de instalaciones), planificación y optimización de procesos. Para el seguimiento externo, se requiere monitorear la calidad de los servicios públicos y contar con una sala de crisis. Además, es importante que la plataforma permita generar informes de explotación.

1.4.2.10. Ayuda a la decisión

La plataforma Smart City debería contar con herramientas que potencien la resiliencia de la ciudad y faciliten la toma de decisiones, tales como.

- Simulación de datos históricos y actuales.
- Evaluar y ejecutar planes de acción en escenarios complicados.
- Modelado de ciudades y análisis predictivos.
- Evaluación estadística y minería (exploración) de datos.
- La incorporación de herramientas y sistemas de *BI (Business Intelligence)* adicionales.

1.4.2.11. Difusión de información pública en tiempo real

Con el fin de garantizar la accesibilidad de la información desde diferentes dispositivos, la Plataforma Smart City debe permitir la transmisión de datos de manera abierta, confiable y de alta calidad, de forma continua y sin interrupciones, utilizando un formato estándar.

Este aspecto es especialmente relevante en situaciones que involucran la prestación de servicios finales al ciudadano en la sociedad de la información, aplicaciones realizadas por terceros (datos abiertos), otras administraciones, servicios públicos, y transparencia y responsabilidad.

1.4.2.12. Resistencia a equivocaciones

La Plataforma Smart City debe asegurar la continuidad de los servicios de acuerdo con los niveles de servicio acordados. Estos niveles de servicio deben ser medibles y podrían implicar una disponibilidad las 24 horas del día, los 7 días de la semana, con un nivel de servicio anual superior al 99,9% [5]. Para cumplir con este requisito, el proveedor debe ofrecer soluciones que garanticen el funcionamiento inclusivo en situaciones de incidentes o emergencias.

1.4.2.13. Modelo de las capas de la Plataforma Smart City que se ha normalizado

En esta sección se presenta el modelo al que la Plataforma Smart City debe ajustarse. Con el fin de cumplir con los requisitos de interoperabilidad, este modelo se divide en diferentes capas. Su desarrollo se ha basado en diversas plataformas de Ciudades Inteligentes y sostenibles.

El modelo, representado en la **Figura 1.1**, se divide en múltiples capas y ha sido diseñado para satisfacer los requisitos de interoperabilidad, teniendo en cuenta distintas plataformas de Ciudades Inteligentes y sostenibles. Las capas del modelo son las siguientes: adquisición/interconexión, conocimiento, interoperabilidad, servicios y soporte [4], como se muestra en la **Tabla 1.2**:

Tabla 1.2. Modelo normalizado de capas de la plataforma Smart City.

Modelo normalizado de capas de la plataforma Smart City [4]	Descripción
Capa de Adquisición/Interconexión [4]	Proporciona los métodos para obtener información de los sistemas de captura.

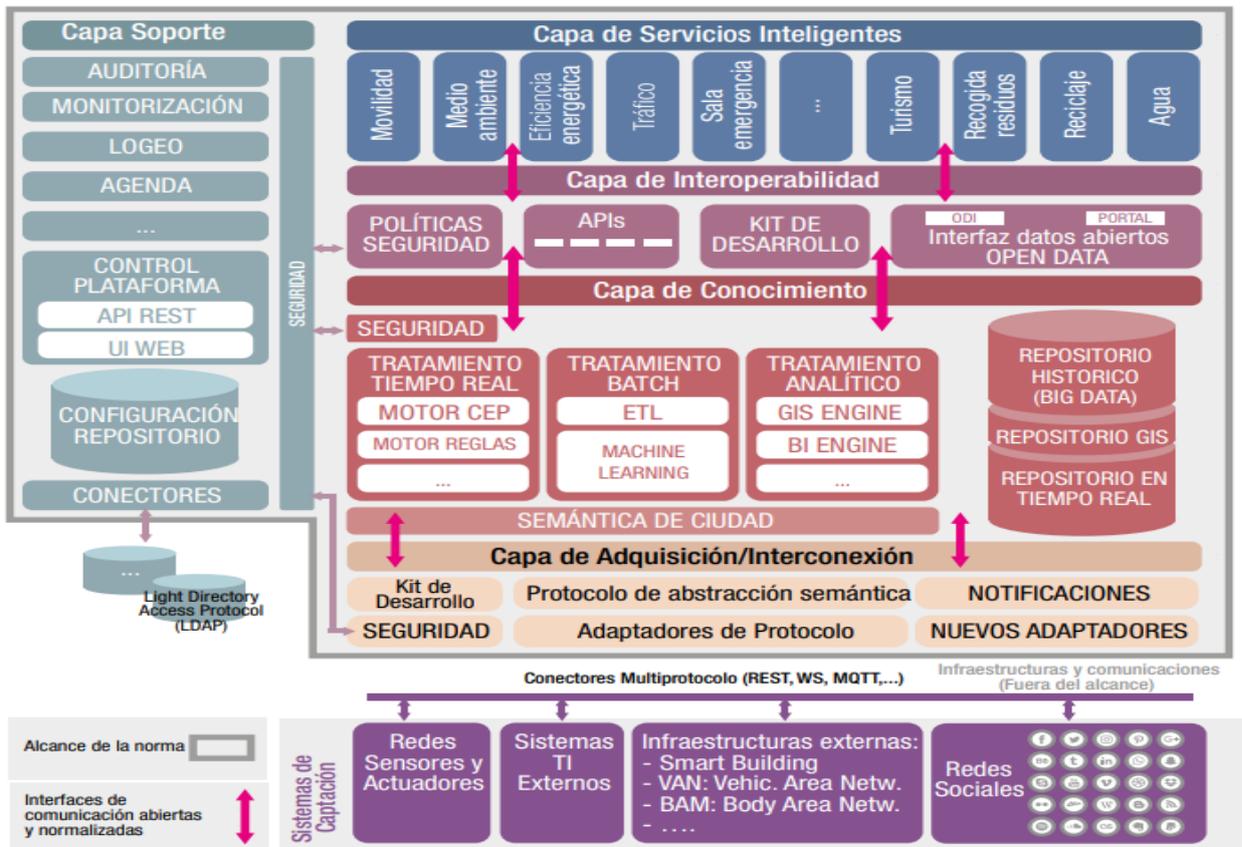
	<p>Adicionalmente, se encarga de permitir la conexión con otros sistemas externos que solo utilizan datos.</p> <p>Utilizando una metodología semántica, abstrae los datos de los sistemas de captura [4].</p>
Capa de Conocimiento	<p>Brinda asistencia con el procesamiento de datos, la adición de valor y la transformación de servicios. Recibe información tanto de la Capa de Interoperabilidad como de la Capa de Adquisición (sensores).</p> <p>En esta capa se encuentra las funcionalidades que permiten el movimiento escalable de datos, así como su tratamiento y análisis para producir nuevos conjuntos de datos o modificar/completar los existentes [4].</p>
Capa de Interoperabilidad [4]	<p>Permite la prestación de los servicios en el sector de las Ciudades Inteligentes, mediante el establecimiento de políticas de seguridad, proporciona interfaces abiertas y estandarizadas en la capa de conocimiento. Presenta conectores para que sistemas externos puedan acceder a la Plataforma y viceversa.</p> <p>Al utilizar los datos de la plataforma como punto de partida, se pueden construir servicios [4]. La API nativa para acceder a los datos de la capa de conocimiento debe ser una de las API proporcionadas a los desarrolladores para esto [4].</p>
Capa de Servicios	<p>Estos servicios están vinculados por la capa de interoperabilidad y las APIs disponibles, estos programas pueden ser servicios externos o basados en la</p>

	Plataforma que distribuyen o consumen información. Los desarrolladores pueden elegir entre una variedad de API que puede proporcionar. Complementarios a los mencionados anteriormente.
Capa de Soporte	Esta capa transversal proporciona servicios como auditoría, monitoreo y seguridad mientras soporta las funcionalidades restantes.

La infraestructura y las comunicaciones de los componentes que se encuentran en cada capa como se representa para la información en la **Figura 1.1**. queda fuera del alcance de esta norma. Los conceptos clave en esta norma están representados por flechas rojas e incluyen comunicaciones con terceros y comunicaciones con otras plataformas y entre diferentes capas. Las comunicaciones claves son:

- **Interfaz de usuario que conecta la capa de interoperabilidad y la capa de servicios:** La interfaz que conecta estas dos capas debe seguir estándares abiertos. Sin embargo, se pueden utilizar interfaces alternativas en caso de que no exista una interfaz estándar. Como resultado, la capa de servicios puede incluir conectores específicos para ofrecer servicios particulares, además de las *APIs* abiertas y estandarizadas entre estas dos capas.
- **Interfaz de interoperabilidad que conecta las capas de Conocimiento e Interoperabilidad:** Es necesario que la interfaz que conecta estas dos capas cumpla con estándares abiertos y estandarizados [4].
- **Interfaz de Recolección de Datos/metadatos que une las capas de conocimiento y adquisición:** La interfaz que une estas dos capas debe seguir estándares abiertos y estandarizados [4].

Esta norma no tiene como objetivo establecer cómo se realizan las comunicaciones entre los distintos elementos de la misma capa.



Fuente: Norma UNE 178104:2017

Figura 1.1. Modelo normalizado de capas de la Plataforma de Ciudad Inteligente [9].

1.4.2.14. Capa de Adquisición/Interconexión

En una ciudad inteligente, es crucial integrar datos de diferentes fuentes que pueden incluir dispositivos como semáforos, estaciones meteorológicas, puertas de enlace, redes de sensores, automóviles, teléfonos móviles, electrodomésticos, redes sociales y otros sistemas informáticos. La capa de adquisición/interconexión de la Plataforma Smart City debe proporcionar información semántica independiente de los dispositivos utilizados, permitiendo una visión completa y unificada de los datos adquiridos. Además, esta capa debe cumplir con ciertas especificaciones técnicas, como utilizar interfaces abiertas y estandarizadas, ser independiente del operador de la red, ser compatible con múltiples servicios, tecnologías de sensores y redes de acceso, y proporcionar soporte para protocolos abiertos y traducción de protocolos. También se deben proporcionar capacidades de seguridad y gestión remota, y las aplicaciones de *IoT/M2M* (*machine to machine*) deben poder acceder a los dispositivos a través de servicios independientes de extremo a extremo y *API* estándar abierta. Es decir, una capa de adquisición/interconexión

sólida es esencial para garantizar que la Plataforma *Smart City* sea escalable, interoperable y segura.

- **Modelo ETSI**

La Capa de Adquisición de una plataforma debería ajustarse a los principios del modelo *M2M* de *ETSI* (*European Telecommunications Standards Institute*). Estos principios son:

Interfaces abiertos y estandarizados en lugar de interfaces propietarios y cerrados, lo cual permitirá el desarrollo de aplicaciones por parte de terceros. Dado que la solución se despliega de forma sencilla, es importante que la capa de adquisición también proporcione interfaces abiertos basados en estándares, que permitan el desarrollo de aplicaciones que interactúen directamente con los dispositivos sin requerir el procesamiento avanzado ni las capacidades de la capa de inteligencia [4].

Además, la Capa de Adquisición debe ser una solución única que sea válida para diferentes servicios. Debe ser independiente de la tecnología de acceso y los sensores, lo que significa que debe ser compatible con diversas redes de acceso y protocolos *M2M*. Es necesario contar con soporte para protocolos abiertos, traducción de protocolos u otras soluciones que permitan independizar la plataforma de la complejidad de los dispositivos y facilitar el acceso a sensores de diferentes fabricantes. Es importante que la plataforma tenga la capacidad de agregar nuevos conectores a medida que se estandaricen.

Asimismo, el acceso a los sensores de la plataforma debe ser a través de un bus de eventos, que permita acceder a la información de los sensores y dispositivos inteligentes a través de la red de transporte. Esto garantiza la eficiente recopilación y acceso a los datos provenientes de los sensores.

- **Modelo OneM2M [4]**

OneM2M es una unión que se basa en las definiciones del estándar *ETSI-M2M* con el objetivo de proporcionar una serie de capacidades de servicio estandarizadas que son independientes del acceso al dispositivo y permiten la monetización, seguridad, privacidad, búsqueda y uso de aplicaciones *M2M*, así como la elección e identificación de equipos y software y la gestión de entidades remotas. Para garantizar la interoperabilidad en la plataforma IoT, es esencial que la capa de adquisición de datos incluya un módulo capaz de conectar escenarios que cumplan con las especificaciones de OneM2M. Además, la interoperabilidad puede ser alcanzada a través de la semántica a nivel de datos, entre plataformas de servicios, mediante APIs a nivel de dispositivos para conectar dispositivos de varios fabricantes y en otros niveles.

1.4.2.15. Capa de Conocimiento

La capa de conocimiento engloba los elementos de gestión, tratamiento y explotación de la información [4], y es crucial para el funcionamiento de la plataforma IoT. Esta capa es responsable de garantizar la accesibilidad a todos los conocimientos, tanto pasados como presentes, así como del movimiento de datos recibidos desde la capa de adquisición hacia las diversas funciones de la Capa de Conocimiento para su almacenamiento, procesamiento y recuperación, y hacia la Capa de Interoperabilidad [4].

Es esencial que los datos en esta capa puedan procesarse utilizando modelos de datos comunes, ya que se han desacoplado de los dispositivos que los produjeron. Además, esta capa debe soportar el procesamiento en tiempo real de datos provenientes de la capa de adquisición mediante módulos como motores [4] *CEP (Complex Event Processing)* y motores de reglas. También es importante que asista en el procesamiento por lotes de datos de procesos de aprendizaje automático y *ETL*, y fomente el uso de procesos de *BI* para el manejo analítico de datos.

En este sentido, el tratamiento *SIG (Sistema de Información Geográfica)* de los datos recibidos es fundamental, ya que permite la georreferenciación, búsquedas geográficas, entre otros. Cabe destacar que el acceso a los datos está protegido, lo que permite controlar qué usuario o rol tiene acceso a cada dato.

Semántica de la ciudad en el contexto de los datos, es esencial que la semántica de la ciudad promueva la interoperabilidad, la independencia de los proveedores o servicios, la escalabilidad y la apertura. La implementación de un estándar semántico tiene como beneficios reducir el costo de desarrollo, disminuir los costos de intercambio e integración de información, y mejorar la interoperabilidad entre sistemas.

1.4.2.16. Capa de Interoperabilidad

La Capa de Interoperabilidad es fundamental para facilitar la provisión de servicios en el ámbito de la Ciudad Inteligente. Al proporcionar interfaces y funcionalidades como kit de desarrollo y datos abiertos, se pueden implementar servicios que satisfagan las necesidades de los clientes. Publicar *APIs (Application Programming Interface)* que puedan ser utilizadas desde la Capa de Servicios es una práctica interesante, y se debe considerar la inclusión de un concepto de *API Manager* [4].

La Capa de Interoperabilidad también permite la interconexión de plataformas y aplicaciones, lo que posibilita la utilización de servicios externos accesibles a través de la

Plataforma. Además, se puede difundir datos abiertos utilizando un portal o repositorio de datos abiertos.

Es posible construir servicios dentro de la Capa de Servicios utilizando un kit de desarrollo que incluye *SDK (Software Development Kit)* y APIs, y todo ello con seguridad integrada para el acceso a APIs, kit de desarrollo y *Open Data* [4].

Es importante crear un verdadero ecosistema de aplicaciones con masa crítica, y reducir la barrera de entrada para los desarrolladores de aplicaciones, gracias a la Capa de Interoperabilidad. Esta capa debe asegurar que las aplicaciones se puedan transferir entre ciudades y entre plataformas en base a un conjunto de estándares API [4].

La Capa de Interoperabilidad expondrá APIs que serán fáciles de usar para la comunidad de desarrolladores, y es conveniente seguir la tendencia general y convertirla en una *API REST*. Las APIs deben admitir diferentes métodos de acceso a datos, como el modo Push (suscripción y notificación) y el modo Pull (solicitud y respuesta). También se deben admitir consultas georreferenciadas [4].

El modelo de acceso a los datos ofrecido por el API debe ser independiente del modelo específico de datos. Sin embargo, para garantizar la interoperabilidad, se sugiere utilizar un formato de transporte compatible con cualquier modelo existente. Es aconsejable tomar el modelo *OneM2M* como una guía de referencia [4].

1.4.2.17. Capa de Servicios [4]

La Capa de Servicios cubre las aplicaciones de valor agregado y relacionadas con el negocio. A través de la Capa de Interoperabilidad [4], se establece la comunicación con la plataforma, la cual es capaz de soportar una amplia variedad de servicios, entre ellos:

- Centros de mando diseñados específicamente para diferentes ubicaciones de implementación, en función de los perfiles y permisos de los usuarios [4].
- Aplicaciones informáticas de gestión de servicios verticales, como riego inteligente, movilidad y eficiencia energética [4].
- Aplicaciones para la gestión integrada de contratos, que incluyen SLAs (*Service Level Agreement*) basados en datos reales [4].
- Indicadores y esquema de mando.
- Sistemas de planificación, simulación y predicción [4].
- El sistema de procesamiento de datos (explicado en la Capa de Conocimiento, véase 1.4.2.15).

Las aplicaciones para Ciudades Inteligentes pueden abarcar diversas industrias, tales como la sostenibilidad en los sectores energéticos y medioambientales, la administración de edificios públicos y otras infraestructuras urbanas, los servicios sanitarios, el comercio, la seguridad, la interacción del gobierno con la población, la educación y la cultura, el turismo y el ocio.

1.4.2.18. Capa de Soporte [4]

La capa de soporte trabaja de manera transversal [4] y brinda apoyo a las demás funcionalidades proporcionando servicios como auditoría, monitoreo y seguridad, entre otros, véase en la **Figura 1.1**.

Algunas de las características más destacadas de esta capa son las que se muestra en la **Tabla 1.3**:

Tabla 1.3. Características de la Capa de Soporte [4].

Características Capa de Soporte	Detalle
Repositorio de configuración centralizado	Un lugar donde se puede almacenar toda la configuración de la plataforma de manera organizada y fácilmente accesible.
Entorno Web de gestión de la configuración	Una herramienta que permite gestionar la configuración a través de una aplicación web con interfaces de gestión REST [4].
Conectores con repositorios de seguridad	Funcionalidades que permiten integrar la seguridad de la plataforma con los sistemas de administración de usuarios LDAP de la ciudad, proporcionando una capa adicional de protección [4].

En definitiva, la capa de soporte es fundamental para garantizar el correcto funcionamiento de la plataforma y asegurar que los servicios ofrecidos sean seguros y confiables [4].

1.4.2.19. Interfaz de Comunicación con terceros

Una plataforma para una Ciudad Inteligente debe tener la capacidad de comunicarse con otras plataformas o sistemas que son parte del ecosistema de esa ciudad, con plataformas de otras ciudades o con plataformas de otras industrias. La **Figura 1.2** ilustra la Interfaz de Comunicación con terceros, que debe cumplir con ciertos requisitos.

La interfaz debe permitir la interoperabilidad entre la Plataforma de Ciudad Inteligente y los sistemas externos, así como permitir el acceso a los datos, información y servicios que se almacenan o proporcionan en la Plataforma de Ciudad Inteligente [4]. Además, la autenticación y autorización son aspectos importantes que deben ser incluidos para controlar el acceso a las funciones de acuerdo con los términos de uso.

La Interfaz de Comunicación con terceros debe proporcionar acceso a las capacidades básicas ofrecidas por la capa de Adquisición/Interconexión, como los metadatos de los sensores y los sensores/actuadores [4]. También se deben implementar funciones de autorización y autenticación para diferentes acciones disponibles. Además, la interfaz debe permitir la suscripción y comunicación de los valores de los sensores en tiempo real, en ambos sentidos [4].

Es importante destacar que la interfaz debe permitir el acceso a las capacidades ofrecidas por la capa de Conocimiento, como el acceso a la información almacenada, procesada o generada por la Plataforma de Ciudad Inteligente. Se recomienda el uso de una semántica de ciudad estándar para asegurar la compatibilidad de las estructuras de datos utilizadas en la comunicación [4].

La Interfaz de Comunicación con terceros debe permitir el trabajo con conjuntos de datos y la ejecución de procesos de extracción y análisis como funciones del tipo "*MapReduce*¹" o similar. Además, se deben publicar *APIs* estandarizadas por interfaz y permitir diferentes modos de acceso a los datos, como *Push* (suscripción y notificación) y *Pull* (solicitud y respuesta). También se sugiere permitir consultas geo-referenciadas [4].

La Interfaz de Comunicación con Terceros es fundamental para garantizar la interoperabilidad y comunicación entre la Plataforma de Ciudad Inteligente y otros sistemas, y debe proporcionar acceso a las capacidades ofrecidas por la capa de Soporte del Servicio [4].

¹ MapReduce es ampliamente reconocido como una herramienta fundamental en el procesamiento de Big Data debido a su capacidad para acelerar significativamente estas tareas. Se basa en un paradigma de procesamiento de datos que se divide en dos etapas clave: *Map* y *Reduce*. Estos subprocesos se ejecutan de forma distribuida en diversos nodos de procesamiento, lo que permite un procesamiento eficiente y escalable de grandes volúmenes de datos. La función "*Map*" es responsable del mapeo de datos. En MapReduce, se tienen las siguientes fases: asignación para filtrar los datos en nodos, reorganización para ordenar y consolidar los valores de salida, reducción para agregar los resultados consolidados y una fase opcional de combinación para optimizar el rendimiento. Estas fases son llevadas a cabo por los servicios de *Resource Manager* y *Node Manager*, encargados de gestionar las tareas y componentes de procesamiento paralelo en los trabajos de MapReduce [33].

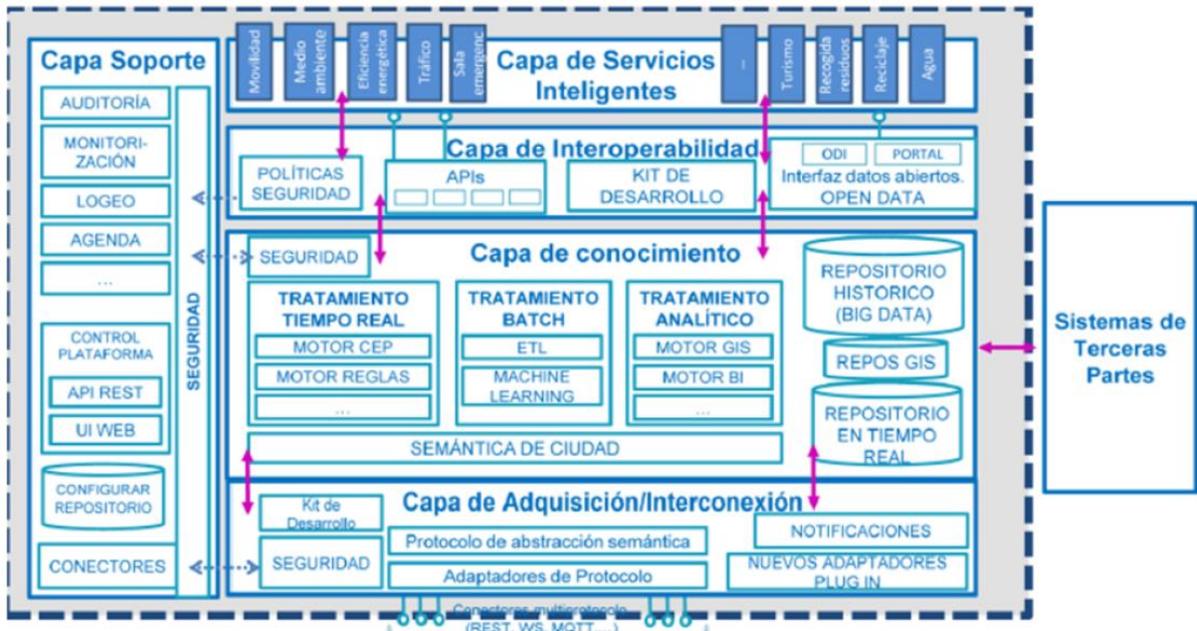


Figura 1.2. Comunicación de la Plataforma Smart City con tercero [6].

1.4.3. Norma Española 178108 - *Ciudades Inteligentes*: Requisitos de los edificios inteligentes para su consideración como nodo IoT según la Norma UNE 178104 [5]

Para el año 2030 se espera que mayor cantidad de personas vivan en ciudades, teniendo en cuenta que el aumento de la población será más del 60 % según [5]; esto conlleva a que el transporte público aumente, por ende, la contaminación por el *smock* y los desperdicios de todo tipo afecten a la salud de los ciudadanos por la contaminación ambiental en general.

Para mitigar esta problemática de la contaminación ambiental y otros servicios, es necesario tomar decisiones para una solución a futuro; principalmente se necesita conocer los datos estadísticos de la interacción de los servicios utilizados por los usuarios en los edificios, por ejemplo estos datos se obtendrán a través de herramientas que analizan el comportamiento de las actividades comunes de las personas y posterior a analizarlos, se podrá dar una solución a cualquier problemática y mejorar los servicios para un estilo de vida más eficiente de los ciudadanos.

Se dice que los edificios pueden ser centros de captación de datos relevantes que ayudan a mejorar la eficiencia de la ciudad. Actualmente existen sistemas domóticos² e inmóticos³ que se pueden usar para la captación de datos exactos. Los sensores y actuadores quedarían de lado, puesto que, los datos obtenidos con estos dispositivos no abarcan un análisis integral de todos los datos y resultaría dificultoso llenar de sensores a toda una ciudad. Es por ello que, se deben identificar elementos que ya existen, que permitan compartir recursos y datos en una plataforma de Ciudad Inteligente para una toma de decisiones adecuadas. De esta manera se aprovecha la arquitectura presentada y se contempla las cifras como parte de la solución. Para lo cual, se han definido estándares que deben cumplir los edificios inteligentes.

El objetivo de las normas UNE, buscan establecer los requisitos necesarios para que un edificio pueda ser considerado “inteligente” [5]. Estas normas se utilizan para definir las funcionalidades de cada nivel del edificio y cómo se comunican con otros edificios para formar parte de una ciudad inteligente. Así también, IoT (Internet de las Cosas) es una infraestructura que permite la conexión entre servicios y elementos físicos y virtuales utilizando tecnología de la información y comunicación [5]. Esto permite el intercambio de información entre estos elementos y su evolución.

1.4.3.1. Funcionalidad de alto nivel para construir nodos IoT

La estructura del nodo IoT de un edificio, está diseñado como un centro de información que integra varios sensores provenientes de diferentes fuentes. Su objetivo es almacenar datos relevantes y utilizar análisis valiosos para generar cambios y contribuir a un sistema común o plataforma de ciudad inteligente. Una plataforma de ciudad inteligente, de acuerdo con la norma UNE 178104, tiene la capacidad de analizar múltiples variables, como los datos de los sensores de cada edificio, su distribución geográfica y otras variables relevantes para la toma de decisiones. Estos datos se utilizan para identificar patrones interesantes y tomar medidas correctivas que eviten colapsos y transformen las ciudades de reactivas a predecibles. Un edificio desempeña un papel estratégico en la ciudad al captar información de gran relevancia. Esta información permite optimizar la calidad de servicios, como seguridad, alarmas y respuestas tempranas ante desastres, además de mejorar la calidad

²“La domótica es la aplicación de la tecnología a la automatización del hogar y de edificios. Se utiliza para controlar y gestionar diferentes sistemas y dispositivos en el hogar o edificio de forma automatizada” [34].

³ La inmótica se refiere al conjunto de tecnologías utilizadas para el control y la automatización inteligente de edificios no residenciales, como hoteles, centros comerciales, escuelas, universidades, hospitales y otros edificios de uso comercial. Estas tecnologías permiten una gestión eficiente del consumo de energía, al mismo tiempo que proporcionan seguridad, comodidad y facilitan la comunicación entre el usuario y el sistema [35].

de vida de las personas. No es necesario que un edificio cumpla con la norma UNE 178104 para conectarse a una plataforma externa, ya que la información generada en estos edificios puede ser de gran interés tanto para edificios públicos como para la comunicación con otros edificios inteligentes.

El edificio inteligente es el componente principal de una ciudad inteligente, aunque se ofrecen diversos servicios, existen servicios básicos que deben tenerse en cuenta:

- a. Niveles de contaminación:** Los edificios pueden ser utilizados como sensores para medir los niveles de contaminación en diferentes aspectos, como la calidad del aire (tanto en interiores como en exteriores) [5], la contaminación acústica y la calidad del agua. Estos datos son útiles para realizar un seguimiento de los indicadores clave de sostenibilidad y contaminación en nuestras ciudades.
- b. Servicios públicos básicos:** Los edificios también proporcionan información importante sobre el consumo de servicios públicos básicos, como electricidad, agua, gas y combustible diésel. Además de su consumo, algunos edificios pueden generar energía o tener capacidad de almacenamiento, lo cual puede contribuir a mejorar la eficiencia del suministro eléctrico. La agrupación de edificios, como manzanas, barrios o distritos, puede brindar información valiosa sobre la eficiencia en la distribución de estos servicios esenciales [5].
- c. Gestión de incidentes y crisis:** Los edificios desempeñan un papel fundamental en la gestión de situaciones inusuales o de crisis en las ciudades, como incendios, ocupaciones, niveles de CO_2 (*Dióxido de Carbono*) en estaciones, inundaciones, fugas de gas o sustancias peligrosas [5], entre otros. La información proporcionada por los edificios es crucial para poder responder y abordar estos incidentes de manera adecuada.
- d. Sensores sísmicos y de sustentabilidad:** Los edificios, como estructuras, tienen un papel importante en la gestión del riesgo sísmico. Pueden contar con sensores como inclinómetros para medir la inclinación de los edificios, medidores de grietas, sensores de temperatura [5], entre otros dispositivos de sistemas microelectromecánicos *MEMS* (*Sistemas Microelectromecánicos*), que brindan información valiosa para evaluar la seguridad y sustentabilidad de los edificios.
- e. Eficiencia energética:** Los edificios son tanto consumidores como productores de energía, por lo que desempeñan un papel fundamental en la mejora de la eficiencia energética [5]. Proporcionan información valiosa y pueden ajustar su comportamiento para optimizar el uso de energía de acuerdo con las necesidades y requerimientos específicos.

1.4.3.2. Requisitos del nodo IoT de edificio

El Nodo IoT de un edificio debe contar con capacidad de procesamiento y almacenamiento para manejar datos relevantes y convertirlos en información útil, tanto para la toma de decisiones a nivel local como remoto. Los requisitos funcionales necesarios se detallan en la **Tabla 1.4:**

Tabla 1.4. Requisitos Funcionales.

Requisito Funcional	Descripción
Conectividad y comunicación	<p>Con el objetivo de prestar los servicios esenciales sugeridos por los protocolos de estándares abiertos, gratuitos y altamente normalizados, se procederá a interconectar los nodos tanto interiores como exteriores de los edificios. Esto se llevará a cabo con el siguiente propósito:</p> <ul style="list-style-type: none">• Requiere la implementación de un operador de banda ancha (fija o Móvil dependiendo de los servicios disponibles en el edificio) y/o bandas de frecuencia destinadas a <i>NB-IoT</i> (<i>Narrow Band IoT</i>).• Puede establecer comunicación con los proveedores de servicios correspondientes, como comerciantes de energía o empresas de servicios de seguridad, según sea necesario.• Debe implementarse la interfaz y el acceso a las redes existentes en el edificio.• Puede interactuar con otros nodos inteligentes, lo que le permite trabajar con edificios vecinos en el área de distribución. Teniendo en cuenta el entorno operativo del nodo, éste debe implementar al menos dos protocolos

	<p>de aplicación 802.xx(802.11 y 802.15) para redes <i>WLAN (Wireless Local Área Network)</i> y <i>WPAN (Wireless Personal Área Network)</i> [5] y disponer de al menos dos conectores equipados con tecnologías alámbricas, con interfaces eléctricos y ópticos, especial para Ethernet.</p>
Almacenamiento	<p>Para la creación de nodos IoT en edificios, se recomienda que se cuente con capacidad de almacenamiento de al menos 8 GB [5] utilizando tecnología de estado sólido y con una baja latencia.</p>
Procesamiento	<p>Debe ser posible procesar la información recibida de diversas fuentes en tiempo real para su posterior análisis, procesamiento, generación nuevas señales y transferirla a otros sistemas. Esto requiere un procesador de doble núcleo.</p>
Sandbox	<p>Proporciona la capacidad de desarrollar e implementar aplicaciones de ciudad (o servicios de terceros) en un entorno de ejecución controlado en los nodos de IoT. Para lograrlo, es necesario que los nodos de IoT habiliten las <i>API (Interfaz de Programación de Aplicaciones)</i> [5] de integración, las cuales regulan el uso de recursos esenciales como la comunicación y el almacenamiento.</p>
Seguridad de los nodos de IoT	<p>Los nodos de IoT deben tener elementos tanto de software como de hardware para garantizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La integridad del dispositivo y la información que contiene.

	<ul style="list-style-type: none"> • Confidencialidad de la información cuando se trate de datos sensibles. • Proporcionar información a terceros, lo que puede dar lugar a la denegación de la conexión. • Autenticación de origen y destino y cifrado de comunicaciones. • Permiso para utilizar servicios y recursos de software implementados en sistemas y nodos IoT de terceros.
Gestión y aprovisionamiento de SW	Es necesario que el sistema cuente con funciones de gestión, atestación y aprovisionamiento que permitan la actualización del software en todas las capas del sistema [5], ya sea de manera local o remota, asegurando así su accesibilidad y mantenimiento.

1.4.3.3. Requisitos operativos

Los requisitos operativos que deben cumplirse en el Nodo IoT se detallan a continuación, como se indica en la **Tabla 1.5**.

Tabla 1.5. Requisitos operativos.

Requisitos Operativos	Descripción
Interoperabilidad	Es importante que exista interoperabilidad con una variedad de tecnologías, dispositivos, mecanismos de recopilación de información, estándares de comunicación [5] y otras capacidades internas y externas que permitan respaldar sistemas de información.
Rendimiento	La capacidad del sistema para gestionar de manera eficiente una amplia cantidad de dispositivos, servicios y procesos en tiempo real es fundamental.

Escalabilidad	El sistema debe tener la capacidad de aumentar su potencia de procesamiento y almacenamiento sin necesidad de modificar su arquitectura [5].
Resiliencia	El sistema debe ser capaz de mantenerse en funcionamiento y superar obstáculos cuando surgen problemas.
Seguridad	Sistema de garantía de seguridad, privacidad y confiabilidad.
Flexibilidad	La capacidad de los nodos para manejar diferentes servicios.
Disponibilidad	Capacidad de un nodo de estar disponible en todo momento.
Resiliencia	La capacidad de hacer frente con eficacia a las fallas que pueden afectar la disponibilidad.
Escalabilidad	Capacidad de expansión para admitir nuevos requisitos.
Semántica	El uso de conceptos semánticos garantiza la interoperabilidad entre los nodos y las plataformas de Ciudades Inteligentes [5].
Protocolos abiertos y estandarizados	Facilitar la comunicación con las plataformas de la ciudad y el desarrollo de aplicaciones compatibles con otros sistemas.
Fácil de administrar y operar	Fácil de instalar, usar, administrar y mantener.

1.4.3.4. Estructura de los nodos IoT

Para cumplir con los requisitos funcionales anteriormente descritos, esta norma insta a un dispositivo de control basada en nodos IoT que se colocará dentro de un edificio.

La **Figura 1.3.** muestra la estructura requerida para construir un nodo IoT:



Figura 1.3. Estructura de un Nodo IoT [5].

La estructura del Nodo IoT se fundamenta en un procesador de doble núcleo, memoria y protocolos abiertos y estandarizados que aseguran una interconexión eficiente. La seguridad es de vital importancia debido a la sensibilidad de la información gestionada. Además, se dispone de una API externa restringida que permite programar y actualizar el nodo.

En el contexto de los edificios inteligentes, un Nodo IoT se refiere a un dispositivo de comunicación y datos que debe contar con los elementos descritos en la **Tabla 1.6**.

Tabla 1.6. Comunicación nodo IoT [5].

Comunicación nodo IoT	Descripción
La capacidad de interactuar con otros elementos de la ciudad es una característica importante a considerar	La construcción de nodos de IoT lo convierte en un elemento separado dentro de las plataformas y modelos de ciudad inteligente, brindando servicios de datos, toma de decisiones y acción a otras entidades de la ciudad.
La capacidad de comunicarse con todos los elementos dentro de un edificio es una habilidad esencial a tener en cuenta	Un nodo IoT de edificio, como facilitador, puede establecer interacción con sus elementos mediante el uso de sensores y actuadores específicos. Estos sensores pueden abarcar métricas de servicios básicos, sensores de infraestructura, alarmas técnicas, sensores atmosféricos, entre otros [5].
La capacidad de interactuar con sistemas y redes de edificios privados es una habilidad fundamental por considerar	Considerando la relevancia del edificio como una estructura que alberga diversos sistemas y redes, y considerando que estos pueden ser afectados por elementos de construcción compartidos, es esencial que los nodos de IoT del edificio tengan la capacidad de interactuar con sistemas privados.

1.4.3.5. Funcionalidades de la plataforma de integración de Ciudades Inteligentes

Una plataforma que integre información de edificios inteligentes debe cumplir con los requisitos establecidos por la norma [5] UNE 178104. El esquema correspondiente se puede observar en la **Figura 1.4**. Además, la plataforma debe desempeñar las funciones detalladas en la **Tabla 1.7**.

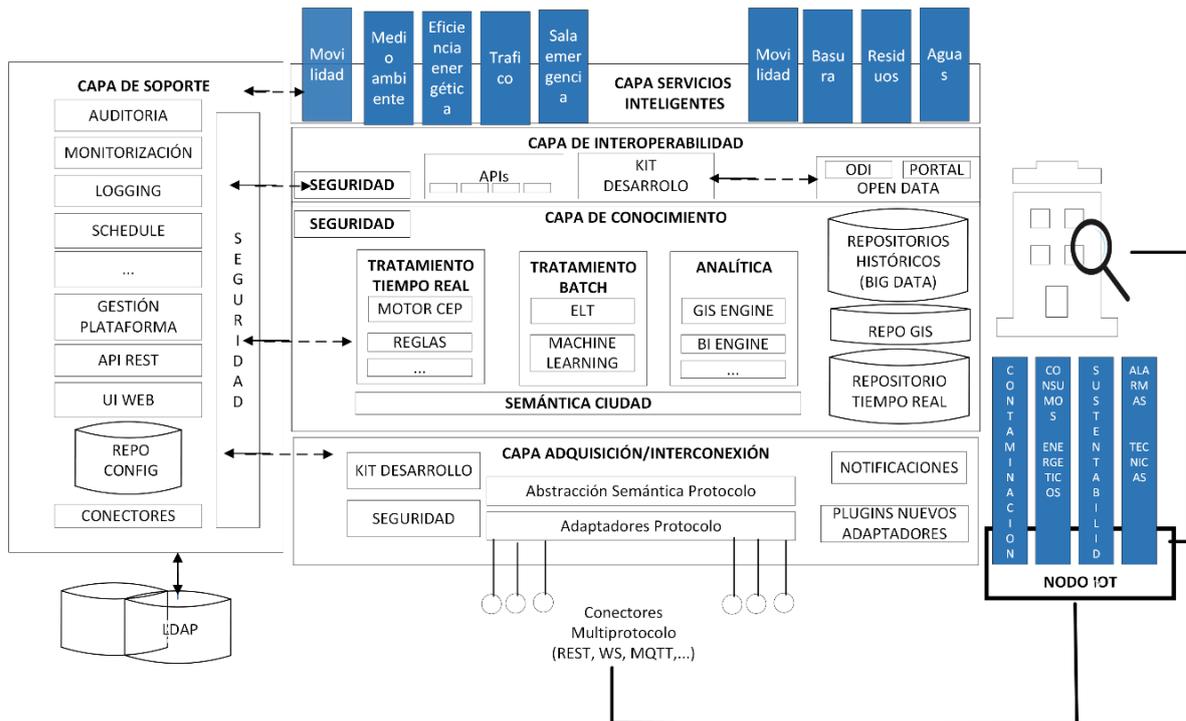


Figura 1.4 Capas de la Plataforma de Integración.

Tabla 1.7. Funciones de la Plataforma de Integración [5].

Título	Descripción
Integración	Se presentan las APIs y protocolos de comunicación estándar como <i>MQTT (Message Queue Telemetry Transport)</i> y <i>REST (Transferencia de Estado Representacional)</i> . Estos protocolos permiten la comunicación bidireccional con nodos IoT u otros sistemas [5].
Semántica	Las plataformas deben contar con la capacidad de gestionar distintos modelos semánticos ⁴ de información. Esta funcionalidad posibilita la

⁴ El modelo semántico permite organizar los elementos de datos al describir las relaciones existentes entre ellos. Esto facilita al usuario comprender cómo se relacionan los diferentes conjuntos de datos entre sí [36].

	combinación de datos entre diversos dominios y representaciones de objetos o entidades presentes en ellos. La utilización de modelos semánticos contribuye a alcanzar la interoperabilidad de los datos, la independencia de proveedores y servicios, así como la escalabilidad y la apertura del sistema. La adopción de estándares semánticos favorece la reducción de los costos de desarrollo, facilita la integración y el intercambio de información, y mejora la interoperabilidad general del sistema [5].
Interoperabilidad de eventos	La capacidad de capturar eventos generados por nodos de IoT y activar acciones en plataformas y otros sistemas conectados, o enviar eventos a nodos de IoT y activar acciones en ellos, permite que los edificios se conviertan en alarmas de evacuación.
Estándares de datos	Es necesario que exista la opción de compartir la información generada como datos abiertos, para que pueda ser utilizada en otros sistemas relacionados con la ciudad.
Seguridad de Plataformas	La norma UNE 178104 contempla las regulaciones de seguridad específicas para una plataforma de Smart City.

1.4.3.6. Normas semánticas

Un edificio inteligente puede ser considerado como un componente de una ciudad inteligente, y además de cumplir con sus funciones propias, también debe proporcionar información relevante como parte de la infraestructura urbana. Es importante que esta información esté en un formato estandarizado y normalizado, de manera que pueda ser comprendida por la plataforma de la ciudad inteligente. Sin embargo, en la práctica, lograr esta estandarización puede resultar desafiante, por lo que es necesario difundir la información que consideremos útil para la ciudad, teniendo en cuenta que esta información puede variar entre distintas ciudades. Por lo tanto, desde una perspectiva de visualizar el edificio como un componente,

es importante identificar qué tipo de información específica se debe proporcionar, sin entrar en detalles internos innecesarios.

Para conectar dispositivos IoT a una ciudad inteligente, se deben cumplir ciertas regulaciones. Cada dispositivo debe ser aprobado y registrado previamente, y debe cumplir con un modelo semántico que especifique su identidad, coordenadas y protocolos. Sin embargo, conectar edificios como nodos de IoT es mucho más complicado. La ciudad necesita información detallada sobre los edificios y su estructura, lo cual requiere la capacidad de administrar múltiples modelos de información semántica. En la industria de la construcción, la utilización de diversos estándares y modelos es fundamental para mejorar la eficiencia, la colaboración y la gestión de la información. Algunos de los estándares y modelos ampliamente adoptados en este campo incluyen *ISO (Organización Internacional de Normalización)*, *Building SMART*, *COINS (Objetos Constructivos e Integración de Procesos y Sistemas)* y *BIM (Building Information Modeling)* [5].

COINS desempeña un papel importante al ofrecer un formato de intercambio de datos en contenedores para *BIM*. *BIM* es una metodología colaborativa que utiliza un modelo digital en 3D para la gestión de proyectos de construcción. Permite representar y gestionar las características físicas y funcionales de un edificio, tomar decisiones a lo largo de su ciclo de vida y facilitar la colaboración entre los distintos agentes involucrados. Además, el *BIM* emplea un lenguaje común exportable que permite compartir información y trabajar de manera colaborativa [10]. Los contenedores de datos de *COINS* proporcionan una estructura organizada para almacenar y compartir información relacionada con el proyecto en una base de datos central. Esto facilita el acceso y la colaboración entre los diferentes equipos y partes interesadas involucrados en el proyecto.

Al implementar *COINS*, los estándares de *Building SMART*, como las *IFC (Industry Foundation Classes)*, el *IFD Library (Información para la Entrega)* y el *IDM (Manual de Entrega de Información)*, se mejoran significativamente. Estos estándares proporcionan una base sólida para la representación y el intercambio de información en la industria de la construcción. La capacidad de traducir los datos entre diferentes softwares es crucial en la industria de la construcción, ya que cada socio puede utilizar herramientas y aplicaciones específicas. Al garantizar la compatibilidad entre diferentes plataformas y software, *COINS* permite que la información fluya sin problemas y se evitan barreras de comunicación. Esto mejora la colaboración entre los equipos, reduce los errores y agiliza los procesos de trabajo.

La utilización de estándares y modelos semánticos es crucial en la creación de edificios y dispositivos IoT que sean compatibles con una ciudad inteligente. Esto asegura la posibilidad

de compartir y aprovechar la información de forma efectiva, lo cual es fundamental para el desarrollo de una ciudad inteligente sostenible y eficiente [5].

1.4.4. Norma Española 178109 Ciudades Inteligentes: Estación Inteligente y conexión con la plataforma de ciudad inteligente [6]

Las estaciones inteligentes deben ser capaces de optimizar los procesos y servicios con el fin de mejorar la eficiencia, eficacia y sostenibilidad, así como satisfacer las necesidades de la población a través de la implementación de nuevas tecnologías [6]. Su capacidad para monitorear y comprender el entorno, tanto a nivel local como urbano, permite anticipar posibles situaciones futuras, facilitar la toma de decisiones informadas y proporcionar información valiosa tanto a los administradores como a los ciudadanos.

Una nueva tecnología hace que las estaciones sean inteligentes al desplegar aplicaciones y permite al ciudadano utilizar servicios de seguridad, comunicación, entretenimiento y ocio. El análisis de datos en tiempo real es una técnica utilizada en las estaciones que puede mejorar los servicios ofrecidos. Se necesitan sensores, actuadores y varios dispositivos, incluidos los dispositivos móviles de los usuarios, para recopilar estos datos.

1.4.4.1. PEI (Plataforma Estación Inteligente)

Para gestionar de manera eficiente todos los procesos y la información disponible en una estación, es necesario contar con una plataforma tecnológica que permita la recopilación de datos provenientes de diversos sistemas. Esta plataforma tiene como objetivo centralizar, organizar, controlar y compartir dicha información con distintos usuarios y plataformas. Su implementación resulta esencial para lograr una gestión efectiva de la estación y proporcionar una experiencia óptima a los usuarios. La plataforma tecnológica facilitará la integración y la gestión eficiente de los diferentes subsistemas presentes en la estación. Además, será capaz de generar información precisa a partir de los datos recopilados, utilizando reglas de negocio establecidas y en línea con los criterios de gobierno y uso de la estación. Estos datos constituirán la base para generar conocimiento, tanto en términos de proyección hacia el futuro (predicción) como de análisis estadístico comparativo con el pasado.

La plataforma debe servir como *framework*, *hub* o elemento vertebrador de las diversas fuentes de información y sistemas *ad-hoc* que puedan integrarse con ella. Debe ser capaz de crecer horizontalmente y ser una plataforma modular y flexible con la capacidad de integrar datos de manera rápida, eficiente y confiable. Este futuro desarrollo permitirá

convertir la información en conocimiento al incorporar una taxonomía de estaciones⁵ y una semántica de los procesos de negocio.

La plataforma debe facilitar la creación, ejecución y mantenimiento de servicios al mismo tiempo que mejora la integración de su entorno y apunta a la máxima eficiencia del proceso. La plataforma es el "cerebro" de la estación. Sus funciones incluyen lo siguiente:

- a. Coordinación de diversos subsistemas de control, estaciones de control e información: edificios inteligentes, *SIV* (Sistema de Información al Viajero), *BMS* (Sistema de Gestión de Edificios), señalización, Wi-Fi, seguimiento de tráfico, actividades comerciales, etc.
- b. Integrar la información de los modelos *BIM* de la estación (si están disponibles).
- c. Desarrollar la comunicación bidireccional entre ciudades, territorios y estaciones inteligentes para mejorar la gestión de ambas entidades.
- d. Comunicación entre estaciones para que la estación de origen conozca el estado de la estación de destino y los pasajeros puedan ser notificados con anticipación para mejorar su experiencia de viaje.
- e. Recopilar y analizar información de los sistemas propios de la estación (y de otras estaciones), movimientos de trenes, otros medios de transporte cercanos a la estación, ciudades, etc., para proporcionar información basada en la propia estación y (su entorno). Véase **Figura 1.5**.

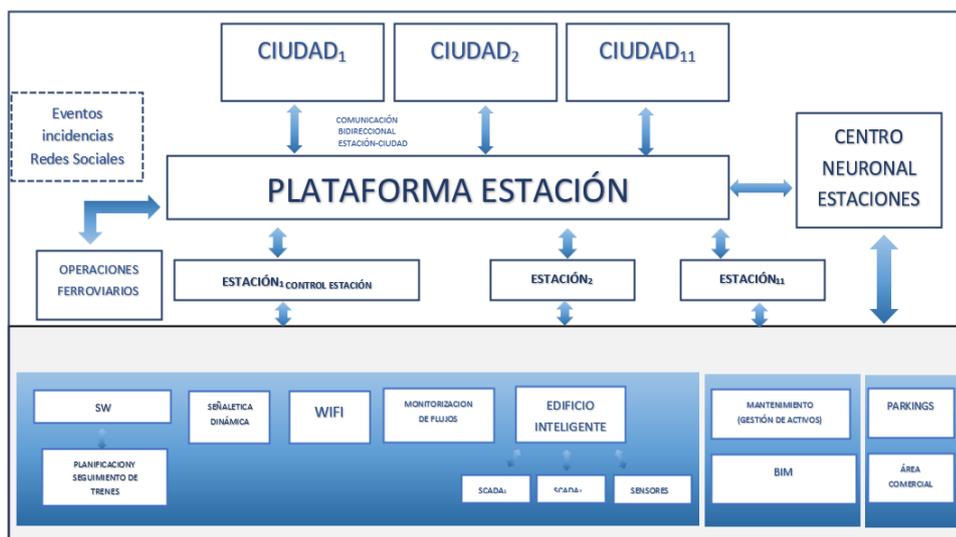


Figura 1.5. Esquema conceptual de relaciones de la Plataforma Estación Inteligente.

Además, se pide que se informe sobre lo siguiente:

⁵ Taxonomía de estación es un sistema de clasificación utilizado para organizar y categorizar las estaciones de recopilación de datos en una plataforma o sistema con el fin de facilitar su gestión y análisis.

- Qué y cómo se integrará en la plataforma del sitio, las fuentes de datos de origen y los tipos de procesos admitidos.
- Qué se recopilará de las ciudades y estaciones.
- Qué se proporcionará a las ciudades y otras estaciones.
- Representación de intercambios.
- Usos y aplicaciones.

La plataforma debe tener la capacidad de administrar varios sitios, reconociendo la estructura y características específicas de cada uno [6]. Para lograr esto, se ha implementado una arquitectura basada en la norma UNE 178104, la cual define los principios y requisitos para la gestión eficiente de múltiples sitios. Los detalles de esta arquitectura se pueden consultar en la **Tabla 1.8**:

Tabla 1.8. Capas de la Plataforma sobre esquema de la Norma UNE 178104 [4].

Capa de Soporte	Capa de Servicios Inteligentes
	Capa de Interoperabilidad
	Capa de Conocimiento
	Capa de Adquisición/Interconexión

Los siguientes componentes deben estar presentes como mínimo, tal como se indica en la **Tabla 1.9**:

Tabla 1.9. Componentes Plataforma Ciudad Inteligente [6].

Componentes mínimos de la Plataforma Smart City	Descripción
Infraestructura de capa de normalización e integración de datos	Esta capa proporciona una base sólida para la gestión y el intercambio de datos. Se asegura de que los datos se puedan recopilar, almacenar y procesar de manera eficiente y coherente. La normalización de datos también facilita su integración con otras aplicaciones y sistemas.

<p>Capa de información, conocimiento y motor de eventos</p>	<p>En esta capa se recopila, almacena y procesa la información. Se utiliza un <i>data warehouse</i> orientado a eventos para la ejecución de procesos en tiempo real o por lotes. Además, la inteligencia analítica está disponible para la toma de decisiones [6]. También se define la semántica de negocio, los diversos procesos de negocio y la ontología de las estaciones de ferrocarril.</p>
<p>Capa de interoperabilidad</p>	<p>Esta capa permite que los servicios expongan sus capacidades de explotación. Promueve el desarrollo de servicios digitales al facilitar el intercambio de información entre los actores y la coexistencia de varias empresas. Así mismo sobre esta capa se implementarán la plataforma abierta de la estación o los servicios de datos abiertos. Las soluciones basadas en el estándar <i>APIs</i> se aplicarán a los protocolos de mercado para esta capa. Las interfaces estándar de interoperabilidad e interconexión con otras plataformas de ciudades o territorios, otras plataformas de estaciones u otras infraestructuras fundamentales (aeropuerto, puerto, transporte) también se encuentran en este nivel.</p>
<p>Capa de visualización y gestión</p>	<p>Esta capa brinda una interfaz que permite a los usuarios acceder y visualizar la información de la plataforma. Se emplean herramientas de visualización de datos para</p>

	presentar la información de manera clara y comprensible [6]. Además, es posible crear paneles de control personalizados para que los usuarios supervisen y administren la información relevante para ellos.
Capa de soporte y administración	Esta capa tiene la responsabilidad de mantener la plataforma en operación y asegurar su estabilidad y seguridad. Se encarga de tareas como el mantenimiento de servidores, la implementación de actualizaciones y parches de seguridad, así como la administración de cuentas de usuario y los permisos de acceso. Además, brinda soporte técnico a los usuarios en caso de problemas o consultas.

La comunicación entre las distintas capas computacionales se debe realizar a través de interfaces de conexión basadas en protocolos estándar de la industria, lo que permitirá escalabilidad futura y la posibilidad de modularizar las soluciones utilizadas en cada una de estas capas. Para lograrlo, es necesario que la plataforma de estación tenga la capacidad de realizar las funciones que se detalla en la **Tabla 1.10**:

Tabla 1.10. Comunicación Plataforma Ciudades Inteligentes [6].

Comunicación de la Plataforma Smart City	Descripción
Integración y gestión de datos	Conectar dispositivos IoT, fuentes de datos tradicionales (bases de datos) y el modelo <i>BIM</i> de la estación, transformar y almacenar datos, y correlacionarlos con información según reglas de negocio definidas.
Comunicación y colaboración	Usar protocolos de marketing estándar para compartir información con otras organizaciones y empresas,

	especialmente con diferentes plataformas regionales y de la ciudad.
Análisis y visualización de datos	Analizar información de varias herramientas de visualización de datos y realizar un control inteligente mediante la interacción entre diferentes elementos/equipos en la estación.

En el sector de los servicios públicos, es fundamental que las plataformas tecnológicas estén interconectadas y respondan a las necesidades de los clientes. Para lograr esto, es necesario que se proporcione información dinámica y en tiempo real, incluyendo la dirección y los acontecimientos actuales o futuros en el puerto, ciudad y destino de los pasajeros (estación y ciudad).

Además, es esencial que todos los dispositivos de visualización muestren esta información, sin importar el subsistema al que pertenezcan, como datos del operador, transacciones o datos compartidos, que proporciona la información necesaria para cada subsistema.

Por último, resulta crucial que los clientes no se vean en la necesidad de contactar para obtener información [6]. En su lugar, la información debe ser accesible y fácilmente disponible para ellos, lo que significa que deben poder obtenerla sin realizar ninguna acción adicional. Por tanto, la integración de las plataformas tecnológicas y la facilidad de acceso a la información son fundamentales para proporcionar servicios públicos eficientes y satisfactorios para los clientes.

La información proporcionada describe cada uno de los subsistemas lógicos de la estación como: el movimiento de los trenes, el equipamiento y soporte técnico de la estación; y la información que se proporciona a los pasajeros y al resto del público que utiliza la estación. Esto le dará toda la información que necesita durante el desarrollo de la estación, así como información sobre los negocios conectados a la estación.

1.4.4.2. Características de la Plataforma Smart Station

Es necesario que la plataforma de la estación cuente con las siguientes habilidades y condiciones indispensables para su funcionamiento adecuado, en la **Tabla 1.11** muestra las características de la estación.

Tabla 1.11. Características de la Estación Inteligente [6].

Capacidades de la Estación Inteligente	Descripción
Transversalidad	La plataforma debe tener la capacidad de soportar diferentes dominios de aplicaciones, lo que permite la implementación simultánea de múltiples servicios en la misma infraestructura [6].
Interoperabilidad e integración son aspectos clave que deben ser considerados	La plataforma debe ser capaz de soportar diversas tecnologías, dispositivos y mecanismos de captura de información, así como estándares de comunicación y otros sistemas de información internos y externos [6]. También debe proporcionar interfaces y funciones para garantizar la portabilidad de la aplicación, como la publicación de una API para su uso en la capa de servicio, la conexión con otras aplicaciones y plataformas, el acceso a servicios externos, la publicación de datos abiertos y la integración de seguridad en todos los intercambios [6]. Además, se deben habilitar servicios de desarrollo mediante el uso de paquetes de desarrollo con <i>SDK</i> y <i>Apl</i> .
Escalabilidad	La capacidad de aumentar el poder de procesamiento y almacenamiento sin alterar la arquitectura, junto con la capacidad de expandirse para satisfacer nuevas demandas, son características que favorecen la escalabilidad futura al emplear estándares ampliamente reconocidos [6].
Continuidad operativa o disponibilidad	Listo para la operación del sistema.
Capacidad de recuperación	La capacidad de resolver de manera efectiva posibles problemas que afecten a la disponibilidad.
Flexibilidad	La capacidad de adaptar las funciones de la plataforma a diferentes escenarios y áreas de aplicación.
Capacidades Big Data	Integre grandes cantidades de datos de múltiples fuentes y estructuras.

Requisitos de la Estación Inteligente	Descripción
Alto rendimiento y resiliencia	La capacidad del sistema para gestionar de manera eficiente una gran cantidad de dispositivos, servicios y procesos en tiempo real [6].
Seguridad operativa, de acceso y de datos	Garantías en proteger el sistema en términos de privacidad, confiabilidad, etc.
Concepción modular	La plataforma debe utilizar un enfoque modular para que pueda implementarse fácilmente en diferentes partes.
Taxonomía y semántica respecto de los procesos de negocio y respecto de la interoperabilidad	Creación de taxonomías y semánticas para estandarizar los procesos comerciales relacionados con los datos y sus relaciones, asegurando el desarrollo controlado de los activos de la plataforma y permitiendo la interoperabilidad entre plataformas [6].
Basada en estándares abiertos	Utilización de estándares abiertos que simplifican la integración con otras plataformas y el desarrollo de aplicaciones reutilizables y portables entre diferentes plataformas [6].
Integridad	Mantenimiento de la integridad de la plataforma como un todo, asegurando su funcionamiento sin problemas y evitando la fragmentación de sus componentes.
Operable y gestionable	La plataforma debe contar con características que la hagan fácilmente administrable, operable, mantenible e instalable.
Colaborativo y ecológico	Ahorra costes de mantenimiento y personal, cuida y protege el medio ambiente.
La plataforma debe ser simple, fácil de usar y accesible, además de estar basada en estándares de software abiertos	Incluirá un entorno de desarrollo gráfico de fácil manejo y accesible para los usuarios.

1.4.4.3. Centralización de la información

La plataforma tecnológica debe permitir la recolección de datos de diversas fuentes, transformarlos en información y asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones; además se incluye, sistemas en las distintas áreas, incluyendo áreas comunes, áreas de pasajeros, áreas comerciales, estacionamientos, oficinas, almacenes, etc. Así mismo, deben ser capaces de conectar la información proveniente de otras plataformas, principalmente de la ciudad y la región, con la información propia y la proporcionada por los operadores ferroviarios.

Las fuentes de datos de la estación y su ámbito se refieren a los sistemas verticales que se ubican cerca de la estación y suministran datos e información a la plataforma, como se detalla en la **Tabla 1.12.** y **Tabla 1.13:**

Tabla 1.12. Fuentes de datos de la estación y su ámbito [6].

Fuente de datos de la estación y su ámbito	Descripción
Edificio inteligente	Se refiere al estado de los activos BMS y SCADA, estas estaciones tienen capacidades de acceso remoto (monitoreo remoto y/o control remoto) y capacidades de acceso no remoto que proporcionarán datos de una inspección “in situ” del propio equipo.
Sistema de información de pasajeros (PIS)	Incluye equipos de estación y aplicaciones móviles para proporcionar información dinámica en tiempo real a los pasajeros sobre la estación, la ciudad, el destino y rutas de autobuses que pasan por la estación.
Supervisión de flujo de personas en la estación	Se instalarán datos de sistemas de conteo de personas en varias zonas, monitorización de dispositivos móviles, control de acceso a salas de salidas y andenes, etc. para supervisar el flujo de pasajeros en la estación.

Modelo BIM de la estación	Representación digital en 3D de la estación, incluyendo infraestructuras, sistemas y servicios, para la gestión eficiente y sostenible de la estación.
Sistemas de gestión de aparcamientos	Proporciona información sobre la ocupación, disponibilidad y orden en los aparcamientos de la estación.
Operadores comerciales	Proporciona información sobre el tráfico interior, las mesas disponibles en cafeterías/restaurantes, etc. en la estación.
Eventos, noticias y eventos para estaciones y operadores ferroviarios	Proporciona información sobre los eventos y noticias relevantes para la estación y los operadores ferroviarios.
Eventos y ofertas para operadores comerciales	Proporciona información sobre los eventos y ofertas relevantes para los operadores comerciales en la estación.
Sensorización propia de la estación	Incluye sensores para recopilar información sobre la estación, los pasajeros y el entorno que pueden surgir como resultado de las innovaciones aplicadas en la estación.

Tabla 1.13. Datos externos a la estación [6].

Datos externos a la estación	Descripción
Otras estaciones	Comunicar entre estaciones para saber qué está pasando o qué está pasando en la ciudad.
Medios de transporte	Proporciona información sobre disponibilidad, frecuencia, efectividad y más. Y estos datos son aceptados. Autobuses, taxis, aeropuertos, metros, tranvías, coches y ciclomotores eléctricos, alquiler de bicicletas, etc. Esta información se recopila de la plataforma de la ciudad.

Autoridades públicas	Estas organizaciones reciben información de la estación, que proporciona información uniforme e información sobre diversos eventos y actividades.
Empresas y entidades privadas	Hoteles, espectáculos, museos, directores, etc. Envían información sobre eventos, productos y/o servicios que interesan a los usuarios.
Redes sociales	El uso más común de la red es enviar datos no estructurados a la plataforma de la estación; estos datos analizan los datos para generar conocimientos e interpretaciones sobre la estación y las rutas del tren.
Empresa de suministros	Información sobre el uso de energía, agua y productos en general, además, los riesgos potenciales para las instalaciones de la empresa.

1.4.4.4. Relación Estación – Ciudad

En cualquier ciudad o región donde exista la estación de ferrocarril, esta es una pieza vital de infraestructura, y no debe considerarse como algo separado de su entorno. Es por ello que, siempre que sea posible, la interoperabilidad avanza con plataformas de ciudad o territorio, así como las relaciones con otras fuentes de datos e información. Estas, serán cruciales para una concepción inteligente de la estación. La estación y la ciudad podrán mejorar y optimizar los servicios del otro mediante el intercambio de información. La ciudad podrá brindar mejores servicios a sus residentes y la estación podrá brindar mejores servicios a sus clientes.

Los siguientes cinco pilares son fundamentales para el intercambio de información entre la estación y la ciudad [6]:

a) Movilidad

La información sobre opciones de transporte, normas de circulación y estacionamiento en la ciudad debería ser parte de la oferta informativa para los usuarios de la estación. Esto incluiría horarios, frecuencias, costos y accesibilidad de los diferentes medios de transporte público como autobuses, taxis y metro, así como opciones de transporte compartido como coches eléctricos, motocicletas y bicicletas. Además, se debería proporcionar información sobre la geolocalización, mapas dinámicos, accesibilidad y la mejor manera de llegar a la estación.

En cuanto a la estación en sí, se debería incluir información detallada sobre rutas ferroviarias, horarios de trenes, estaciones intermodales y el tráfico de autobuses. También se debería proporcionar información sobre el flujo y conteo de pasajeros la capacidad y la ocupación de los estacionamientos, los costos y servicios disponibles, especialmente para aquellos con necesidades de movilidad reducida. Por último, se debería incluir detalles sobre las incidencias en la red ferroviaria y en las estaciones, incluyendo información proporcionada por los operadores ferroviarios.

b) Turismo

La oferta turística de la ciudad incluirá información detallada sobre eventos culturales, recreativos, deportivos, ferias, fiestas regionales, congresos y festivales, en la ciudad, en el barrio y en la previsión meteorológica. Además, se proporcionará información sobre museos y estructuras populares, como tiempos de espera, costos de admisión, horarios, promociones y recompensas. También se incluirá información sobre playas, como un listado de estas, su costo, número de personas permitidas por espacio, capacidad, calidad del agua y servicios prestados. La ciudad ofrecerá información sobre alojamiento, incluyendo la cantidad de habitaciones ocupadas, mapas de precios por barrio, ubicación y conexiones. Se proporcionarán servicios bancarios y comerciales, así como un sistema de presentación de denuncias y recepción de informes de incidencias. La ciudad también informará sobre el sistema y las condiciones generales de resiliencia, incluyendo información sobre el clima, la disponibilidad de energía y el aprovisionamiento.

La estación brindará información detallada sobre el perfil del viajero, respetando las leyes de protección de datos correspondientes. Además, ofrecerá una amplia gama de servicios, como comerciales, bancarios, venta de entradas y atención al cliente.

c) Hiperconectividad

La ciudad proporcionará información detallada acerca de los puntos de información, redes sociales, aplicaciones para Ciudades Inteligentes, rutas más eficientes, y otros aspectos relevantes. Por su parte, la estación de transporte ofrecerá información acerca de los servicios que brinda a los viajeros, detalles sobre los clientes y visitantes de la estación, los tiempos de espera estimados, así como datos relevantes de las redes corporativas asociadas.

d) Sostenibilidad

La ciudad proporcionará información detallada sobre los servicios inteligentes disponibles, la calidad del agua y del aire, la gestión de residuos, los accesos peatonales y otros aspectos relevantes. También se informará sobre los sensores de la ciudad, como los de

temperatura, humedad, polución, tráfico, movimientos sísmicos, fugas de gas y nivel de ruido. Por su parte, la estación de transporte brindará información sobre consumos de agua y energía, huella ecológica, puntos limpios, accesos y recorridos accesibles, así como sensores de actividad. Además, se informará sobre los sensores de la estación, como los de temperatura y humedad.

e) Seguridad

La ciudad brindará información detallada sobre el estado de los hospitales, los equipos de respuesta a emergencias y el personal de seguridad. Además, se informará acerca de los incidentes ocurridos en la ciudad y se ofrecerán sugerencias para fomentar la seguridad cultural. Por otro lado, la estación de transporte proporcionará información relevante para los pasajeros, clientes y huéspedes que utilizan sus instalaciones, incluyendo imágenes, indicadores y alarmas. Asimismo, se informará acerca de las operaciones y servicios disponibles en la estación.

En cualquier caso, debe tenerse en cuenta el potencial de intercambio de datos e información sobre cualquier sistema vertical que pueda surgir como resultado de la evolución orgánica de los sistemas tanto en las estaciones como en las ciudades o territorios.

1.4.4.5. Transversalidad de datos

La plataforma tecnológica permite la integración de sistemas verticales y garantiza la confiabilidad y seguridad de los datos. Permite la supervisión, control y recopilación continua de datos de infraestructuras para optimizar el uso de recursos. La plataforma asegura la seguridad y privacidad de los datos almacenados y garantiza la disponibilidad de información abierta al público, siempre que no comprometa la seguridad de las instalaciones o los usuarios, de acuerdo con la legalidad vigente [6].

1.4.4.6. Difusión de la información (Plataforma de Gestión de Contenidos)

La plataforma permite definir roles y niveles de acceso, autorizando o denegando el acceso a datos, funcionalidades y servicios. Se establecen perfiles de usuario basados en ubicación, tipo de usuario, función, etc. Se asegura la transmisión y recepción de datos, su distribución a las aplicaciones necesarias, y se garantiza la confidencialidad, accesibilidad e integridad de los datos en todo momento [6].

1.4.4.7. Ámbito de actuación

Para lograr una transición exitosa hacia el concepto de estación inteligente, es necesario considerar distintas perspectivas, incluyendo la organización y procesos, plataformas y

soluciones tecnológicas, infraestructura base y roles organizativos y capacitación digital. Las actividades y servicios que ofrecen las estaciones pueden mejorarse mediante la implantación de soluciones digitales para acercarse al concepto de estación inteligente. Estas actividades y servicios se dividen en cinco categorías:

- Servicios a ciudadanos (como se detalla en la **Tabla 1.14**).
- Servicios a operadores ferroviarios (como se detalla en la **Tabla 1.15**).
- Eficiencia en procesos (como se detalla en la **Tabla 1.16**).
- Servicios comerciales (como se detalla en la **Tabla 1.17**).
- Servicios a la ciudad y al territorio (como se detalla en la **Tabla 1.18**).
- Cada una de estas cinco categorías principales se divide en actividades más específicas, tal como se detalla en la **Figura 1.6**.

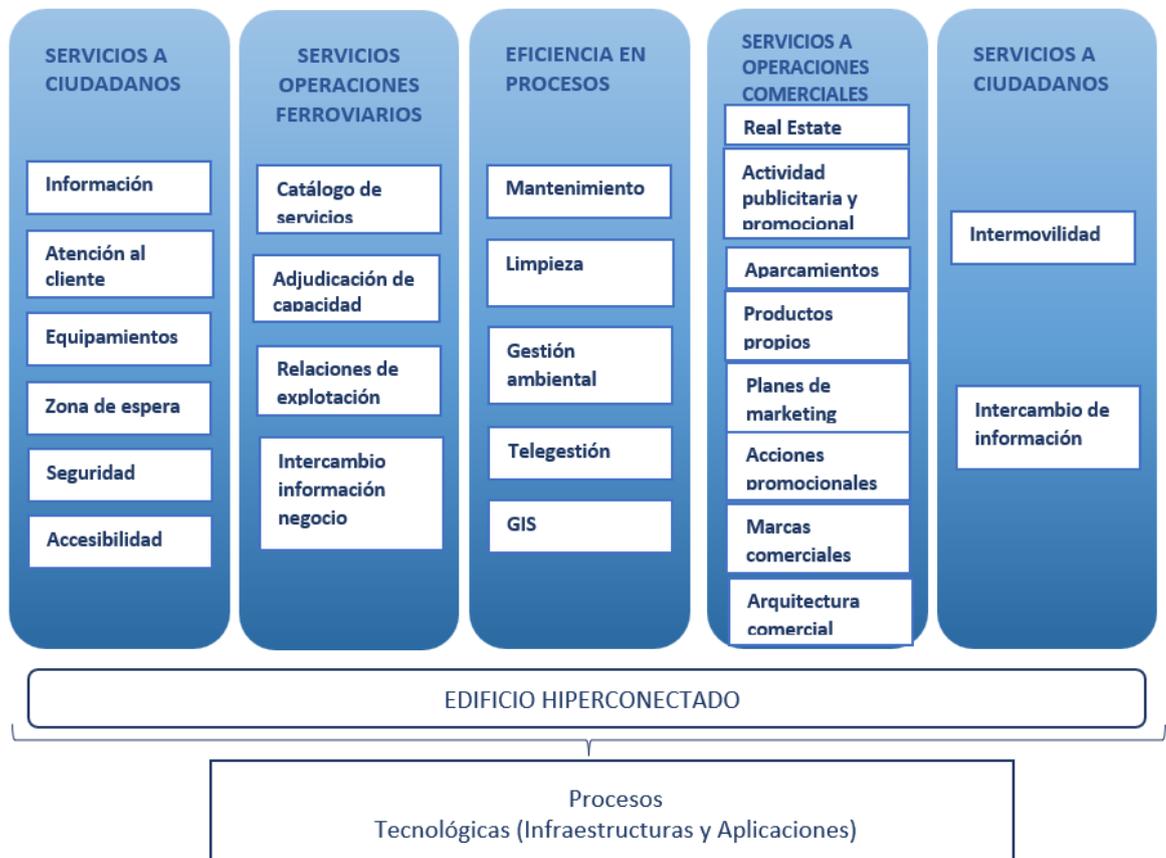


Figura 1.6. Servicios que ofrece las estaciones [6].

1.4.4.8. Servicios ciudadanos

Las actividades siguientes se incluyen en esta categoría de Servicios Ciudadanos, tal como se indica en la **Tabla 1.14**.

Tabla 1.14. Servicios ciudadanos [6].

Servicios Ciudadanos	Descripción
Información: están disponibles las siguientes modalidades	<p>Presencial: información sobre el servicio al cliente y el comercio, enrutamiento y orientación, noticias, eventos y promociones de la estación.</p> <p>Sistema de Información al viajero: Equipos y fuentes de información, la representación de información de estaciones y trenes.</p> <p>Puntos de información: Canales y herramientas para la auto información, mejorar la interacción del cliente con las aplicaciones.</p> <p>Aplicaciones para equipos móviles y aplicaciones web: Acceso a toda la información sobre la estación y horarios de trenes que necesitan los clientes y pasajeros de las estaciones.</p> <p>Señalización dinámica: Soporte tecnológico para la señalización digital, la tecnología de la sección del andén, permite a los pasajeros posicionarse junto al andén, lo que facilita el embarque y desembarque, además, existe soluciones para personas con capacidades especiales.</p> <p>Otros: Informar de forma interactiva a los clientes sobre las rutas de entrada, salida y tránsito de la estación, así como sus servicios para trenes y empresas. La información sobre las rutas de acceso, salida y tránsito. A través de la estación debe proporcionarse de forma interactiva a los clientes con discapacidad visual, puntos de información asistida por telefonía y cualquier nuevo servicio producido mediante el uso de la innovación en la infraestructura ferroviaria.</p>
Atención al cliente	<p>Atención personalizada a la clientela, gestión de reclamos, quejas e ideas, control sobre los objetos perdidos, administración de incidentes y gestión de la accesibilidad para personas con capacidades especiales.</p>
Equipamientos	<p>Carros para el transporte de equipaje: Optimización de la distribución en los puntos de recogida, poner en marcha un sistema de seguridad para evitar robos. Ajustes para los</p>

	usuarios con discapacidades visuales y motoras. Introducción de sistemas autónomos en función de su disponibilidad y desarrollo tecnológico. Proporcionar a los clientes un desfibrilador y otras herramientas de salud y seguridad.
Área de espera	Perfeccionamiento del confort (iluminación, aire acondicionado, etc.), añadir nuevos servicios (culturales, recreativos, etc.).
Seguridad	Mejorar la accesibilidad para personas con discapacidad en el andén, hacer que los trenes del andén sean más accesibles.
Accesibilidad	Para aquellos con discapacidades motoras, visuales, auditivas y cognitivas, se deberá mejorar lo siguiente: Información, soporte para clientes, acceso, uso y tránsito de todos los servicios de la estación, incluido el acceso al andén del tren.

1.4.4.9. Servicio a operadores ferroviarios

Las siguientes actividades se encuentran en este grupo, como se indica en la **Tabla 1.15**.

Tabla 1.15. Servicios a operadores ferroviarios [6].

Servicio a operadores ferroviarios	Descripción
Catálogo de servicios	Lista de servicios abierto e interactivo adaptado a las exigencias de los operarios.
Adjudicación de capacidad	Tecnificación de procesos que se basa en un sistema centralizado, que puede ser utilizado por todas las estaciones de la plataforma.
Relación de explotación	En base a la recolección previa de datos y su tratamiento en la plataforma. Adecuando los servicios de la estación a la demanda prevista. La colaboración es importante en todas las situaciones, pero es crucial después de un incidente.
Intercambio de información de negocio	Para adaptar los servicios de la estación a la demanda prevista, se debe familiarizar con el perfil del viajero. Tener una comprensión general del estado de las instalaciones en

	las estaciones de tren, esto puede ayudar al operador ferroviario a brindar mejores servicios.
--	--

1.4.4.10. Eficiencia en procesos

Las siguientes actividades se encuentran en este grupo, como se indica en la **Tabla 1.16**

Tabla 1.16. Eficiencia de procesos [6].

Eficiencia de procesos	Descripción
Mantenimiento	Lograr una mayor eficiencia del flujo de trabajo mediante el uso de herramientas digitales y modos de operación en movilidad. La sustitución de programas preventivos por actividades de mantenimiento, predictivo que se realizan mediante contadores. Tecnificación del proceso que se puede utilizar en todas las estaciones de pasajeros, control digital para el mantenimiento continuo de la estación de tren.
Limpieza	Constante limpieza por zona, mejoras en la gestión de la limpieza, incluida la planimetría y los rendimientos. Las tareas de limpieza y saneamiento de las instalaciones se realizarán de forma más rápida y eficaz gracias a un panel de control digital.
Gestión ambiental	Determinar y controlar el uso de energía eléctrica en las estaciones a nivel central y territorial, utilizando los datos disponibles y adoptando nuevas tecnologías para la gestión diferenciada según la climatización e iluminación. Automatizar las acciones de eficiencia energética, incluyendo su planificación, monitoreo y evaluación de resultados. Implementar medidas efectivas para regular el consumo de energía, incluyendo agua y electricidad, así como calcular y clasificar los residuos producidos. Adoptar tecnologías para reducir las emisiones atmosféricas y acústicas.

	Integrar sistemas de autoabastecimiento energético en las instalaciones de las estaciones y en los servicios generales para los usuarios, de acuerdo con la legislación vigente.
Telegestión	Las instalaciones de automatización y mecanización mejorarán los niveles de gestión remota. Integración en la plataforma de aplicación de soluciones de gestión de instalaciones independientemente del software del fabricante. La gestión de las infraestructuras de red de comunicaciones requeridas de forma integrada.
GIS	Disponibilidad de un G/S espacial adaptado a las estaciones. Combinar datos de geo codificación globales con datos de geo codificación locales para ciudades y regiones.

1.4.4.11. Servicios a operadores comerciales

Las siguientes actividades se encuentran en este grupo, como se indica en la **Tabla 1.17**.

Tabla 1.17. Servicios a operadores comerciales [6].

Servicios a operadores comerciales	Descripción
Alquiler de inmuebles	Gestión inmobiliaria de los edificios de la estación, incluyendo estadísticas e información de ventas. Gestión de operadores comerciales y gestión de contratos. La gestión de clientes actuales y potenciales determina la aleación comercial de la estación.
Gestión de la actividad publicitaria y promocional	Dirección de marketing digital, de medios integrados y marketing creativo. Gestión temporal en zonas de la estación; de anuncios, ventas y eventos.
Aparcamientos	Control de estacionamiento. Gestión y control de la venta diaria, incluyendo reservas, promociones, información interactiva y <i>parking</i> inteligente. Gestión de consigna de equipajes.
Planes de marketing	Las opiniones y demandas de los usuarios se recopilan a través de encuestas, que también se utilizan para

	<p>segmentar a los usuarios y rastrear sus patrones de uso del servicio.</p> <p>Seguimiento, examen y elaboración de informes sobre trayectorias, tiempos, frecuencia, etc. Para conocer la procedencia de los visitantes, zonas de calor según franjas horarias, etc.</p>
--	--

1.4.4.12. Servicios a la ciudad

Las siguientes actividades se encuentran en este grupo, como se indica en la **Tabla 1.18**.

Tabla 1.18. Servicios a la ciudad [6].

Servicios a la ciudad	Descripción
Intermovilidad	<p>Convertir la estación en un Centro de Transporte Intermodal que facilite la integración de diferentes modos de transporte y promueva la eficiencia en la movilidad.</p> <p>Implementar una señalización clara y actualizada, así como sistemas y servicios de asistencia y orientación para mejorar la accesibilidad y la experiencia de todos los usuarios.</p>
Intercambio de información	<p>La información sobre incidentes y otros eventos debe compartirse con organizaciones públicas y privadas.</p> <p>Colaboración para el crecimiento de las actividades ambientales, sociales y culturales. El administrador de la infraestructura y los operadores ferroviarios deben intercambiar datos sobre la satisfacción del cliente con sus servicios.</p>

2. METODOLOGÍA

La investigación metodológica se refiere a la manera en que un investigador planifica y estructura un estudio de forma sistemática para obtener resultados válidos y confiables que cumplan con los objetivos y metas propuestas. Esto implica la recopilación de información mediante distintas técnicas, su interpretación y la formulación de conclusiones. La elección de la metodología se basa en diversos factores, como los tipos de datos a recolectar, el diseño del muestreo, los métodos de recolección de datos y los procedimientos de análisis [11]. Al seleccionar la metodología adecuada, es crucial considerar si la investigación es exploratoria o confirmatoria. La investigación cualitativa se enfoca en recopilar y analizar palabras y datos textuales, mientras que la investigación cuantitativa se basa en la medición y verificación a través de datos numéricos. Existe también la metodología mixta, que combina enfoques cualitativos y cuantitativos [9].

El diseño de muestreo implica decidir cómo se seleccionará la muestra. Se pueden emplear el muestreo probabilístico, que implica una selección aleatoria de la población objetivo, o el muestreo no probabilístico, que utiliza métodos convenientes, pero no permite generalizar los resultados. En cuanto a los métodos de recolección de datos, hay diversas opciones, como entrevistas estructuradas, semiestructuradas o no estructuradas, grupos de discusión, encuestas en línea o físicas, observación, documentos y registros, y estudios de caso. La elección depende de los objetivos y limitaciones de la investigación.

En el análisis de datos, se utilizan diferentes métodos dependiendo de si la investigación es cualitativa o cuantitativa. Para la investigación cualitativa, se emplean técnicas como análisis cualitativo, análisis del discurso, análisis narrativo, teoría fundamentada y análisis de importancia-valoración. En la investigación cuantitativa, se utilizan estadísticas descriptivas e inferenciales.

Al redactar la metodología de un trabajo de investigación, es fundamental presentar los métodos utilizados, establecer la conexión entre la metodología y los objetivos de la investigación, describir los instrumentos de investigación, explicar el análisis de datos, abordar el proceso de muestreo y mencionar las posibles limitaciones de la investigación.

La investigación metodológica es un proceso ordenado utilizado para comprender, demostrar, refutar y contribuir al conocimiento de los hechos y fenómenos de interés científico. En este sentido, se emplean diversos métodos de investigación, entre los cuales se destacan [12]:

- **Método de inducción-deducción:** Se fundamenta en la lógica y se emplea para razonar tanto de lo general a lo particular como en sentido contrario. El método

inductivo se utiliza para obtener conclusiones generales a partir de hechos o situaciones particulares. Por otro lado, el método deductivo parte de principios generales y los aplica a situaciones o casos específicos [12].

- **Método de análisis-síntesis:** Consiste en el estudio separado de las partes de un todo (análisis) y luego en su integración para comprender el conjunto (síntesis). El análisis se centra en descomponer y comprender las partes constituyentes, mientras que la síntesis se enfoca en reunir estas partes y estudiarlas en su totalidad.
- **Método objetivo-subjetivo:** Este método se basa en lo real y tangible para lo objetivo, mientras que para lo subjetivo se consideran aspectos supuestos e intangibles. El enfoque objetivo se centra en observar los hechos y fenómenos reales y palpables, mientras que el enfoque subjetivo se basa en la interpretación personal y subjetiva de los mismos.
- **Método estático-dinámico:** Este método se refiere al control de la investigación. En el enfoque estático, no se admiten variaciones, mientras que en el enfoque dinámico se permiten cambios bajo condiciones controladas [12].

El método estático se basa en observar y analizar los hechos sin admitir variaciones, mientras que el método dinámico permite adaptar y aceptar las variaciones que surjan en el fenómeno observado. El método estático busca llegar a conclusiones válidas dentro de condiciones previamente establecidas, mientras que el método dinámico se enfoca en alcanzar los objetivos de la investigación, modificando las condiciones según sea necesario. Ambos métodos tienen diferentes enfoques en cuanto a la variabilidad y adaptabilidad en la investigación.

2.1. Análisis de Estudio de la [1] “Propuesta metodológica para la migración de ciudades tradicionales a Ciudades Inteligentes”

A continuación, se presenta un resumen de la "Arquitectura Conceptual" utilizada para el rediseño, que ha sido analizada en comparación con los requisitos establecidos por las normas españolas. Esta revisión teórica contribuirá a la implementación, que es el objetivo principal de este trabajo.

Las TIC han desempeñado un papel fundamental en la transición hacia Ciudades Inteligentes. Según las Naciones Unidas, más de la mitad de la población mundial vive en áreas urbanas, y se prevé un aumento significativo para el año 2050. Este contexto impulsa

a las ciudades a mejorar la toma de decisiones, la eficiencia operativa, la prestación de servicios y la calidad de vida de los ciudadanos. En América Latina, ciudades como Bogotá, Medellín, Río de Janeiro y Buenos Aires ya están inmersas en este proceso, abordando diversos ámbitos como salud, educación, entretenimiento, seguridad y gestión de riesgos.

A pesar de los avances tecnológicos en empresas públicas y privadas, Quito aún no es considerada una ciudad inteligente. Sin embargo, se reconoce su potencial para convertirse en una y se ha establecido el objetivo de lograrlo para el año 2040. El desafío radicaría en transformar una ciudad tradicional en una ciudad inteligente, y este proceso puede servir como modelo de referencia para otras ciudades.

Si bien existen programas y organismos dedicados al desarrollo de Ciudades Inteligentes, como el Área Metropolitana de Quito, no se disponía de informes sobre una metodología específica para realizar esta transición. Por lo tanto, el resultado final presentado en [1] consiste en un documento que proporciona una metodología para organizar la transición de una ciudad tradicional a una ciudad inteligente. Su metodología abarca el aprendizaje de habilidades necesarias y la planificación de la migración en diferentes etapas.

2.2. Arquitectura conceptual

La Arquitectura Conceptual define los elementos, componentes y características necesarias para construir y operar una ciudad inteligente. Proporciona una estructura que ayuda a los desarrolladores a comprender cómo los sistemas y servicios de una ciudad inteligente deben trabajar en conjunto para crear una infraestructura integrada y conectada.

Esta arquitectura permite que una ciudad brinde servicios de manera inteligente mediante el uso de tecnología actual. Establece seis niveles para la segmentación de la cadena de valor de una ciudad inteligente: Captación de Datos, Interconexión, Conocimiento, Interoperabilidad, Servicios Inteligentes y Soporte [1], cómo se indica en la **Figura 2.1**:

El nivel de **Captación de Datos** es fundamental para recopilar información de diversas fuentes, como sensores, etiquetas RFID y tecnología corporal "*Wearable*". Los sensores más comunes son los de proximidad, velocidad, temperatura, humedad, medioambientales y contaminación. Luego de recopilar los datos se establece una conexión entre los dispositivos en el **Nivel de Interconexión**, lo cual es crucial para que la conexión sea estable y segura entre las partes involucradas. La seguridad se garantiza mediante el uso de protocolos de encriptación en la conexión entre nodos [1].

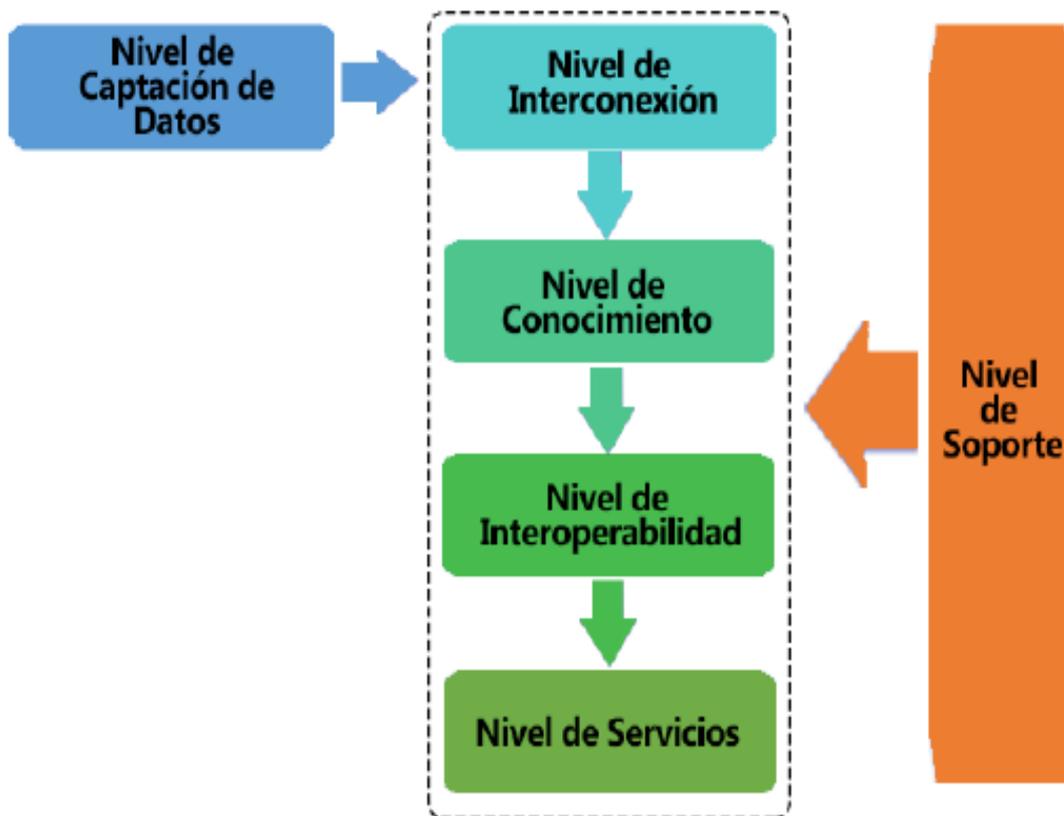


Figura 2.1. Capas de la Arquitectura Conceptual [1].

Los niveles de **Conocimiento**, **Interoperabilidad**, **Servicios Inteligentes** y **Soporte** permiten el procesamiento de la información y la ayuda eficiente y personalizada de los servicios. El **Nivel de Servicios** describe las diferentes áreas atendidas en una ciudad inteligente, como transporte, energía y gestión de residuos.

La arquitectura conceptual de [1], es fundamental para garantizar que los diferentes componentes funcionen de manera coherente y efectiva, optimizando la calidad de vida de los habitantes. El nivel inicial de la Arquitectura Conceptual es la **Adquisición o Captación de Datos** **Figura 2.2**, que involucra dispositivos conectados a redes públicas o privadas, como semáforos en redes públicas y redes sociales y smartphones en redes privadas, para recolectar datos de diversas fuentes de información.



Figura 2.2. Nivel de Adquisición de Datos [1].

Después de la recolección de datos, se encuentra el **Nivel de Interconexión** mostrada en la **Figura 2.3.** donde se establece la conexión entre dispositivos y se crea un vínculo para la prestación del servicio. En esta capa, es crucial definir un diseño de conexión estable y segura, considerando tecnologías de comunicación (2G, 3G, 4G, 5G, WiMax), protocolos de encriptación (WPA, HTTPS, SSL, SSH) y garantizar la seguridad entre nodos. Además, se gestiona la seguridad y notificación de fallas mediante registros logs.

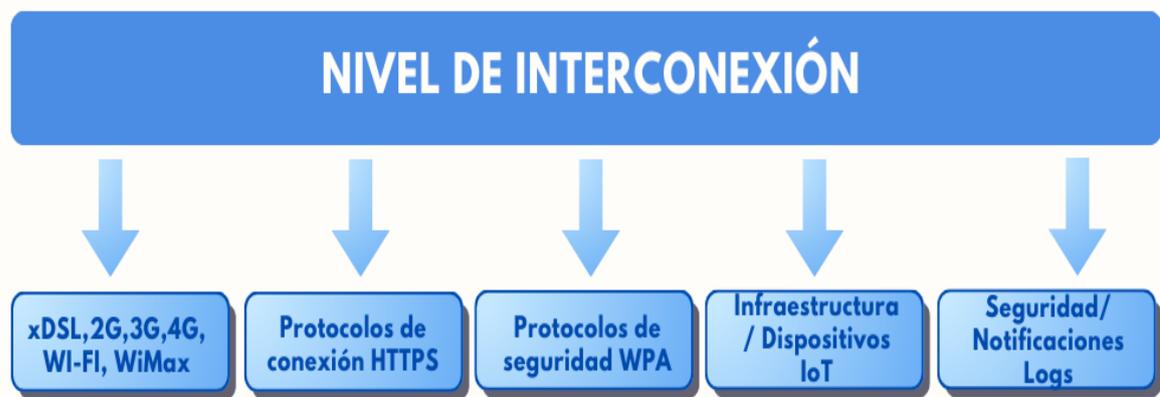


Figura 2.3. Nivel de Interconexión [1].

El **Nivel de Conocimiento y Análisis**, mostrada en la **Figura 2.4.** es fundamental para la inteligencia de la ciudad, ya que implica el procesamiento y análisis de datos para generar información útil. En este nivel, se utilizan modelos y análisis estadísticos para extraer información relevante de diversas fuentes. Esta información es utilizada por usuarios, autoridades y empresas para mejorar la calidad de vida y acceder a servicios de manera más efectiva en las Smart Cities.

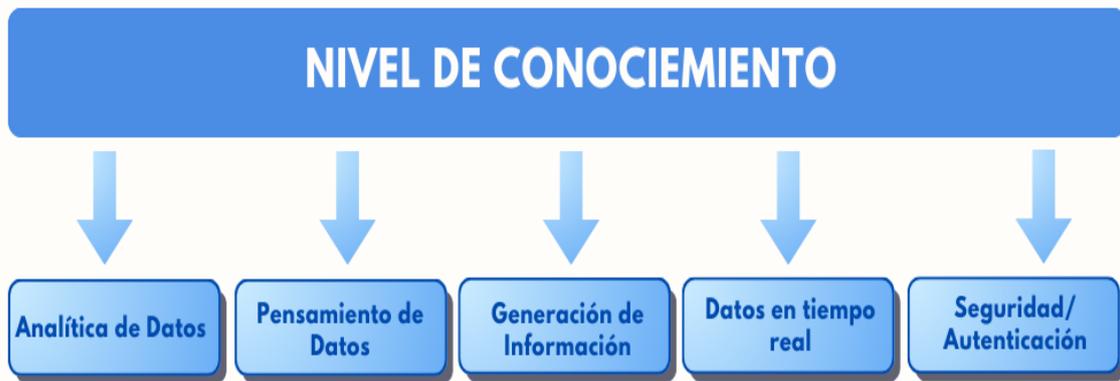


Figura 2.4. Capa de Conocimiento [1].

En el **Nivel de Integración**, mostrada en la **Figura 2.5**, se facilita el transporte de datos y la prestación de servicios a través de interfaces, APIs y conectores. Estos permiten el acceso seguro a la información de la plataforma desde fuentes externas, como portales de datos abiertos y aplicaciones que brindan información sobre la ciudad. Se utilizan tecnologías inalámbricas como WiFi y redes 3G, así como tecnologías cableadas, para establecer esta comunicación. El desafío radica en manejar el creciente número de conexiones entre dispositivos y sensores distribuidos en toda la ciudad.

La tecnología *LPWANs* (*Low-Power Wide Area Networks*) permite la conectividad inalámbrica de largo alcance y bajo consumo energético entre objetos, como sensores, en un entorno *M2M*. Aunque ofrece ventajas en términos de costos en comparación con las redes móviles, tiene limitaciones en cuanto al ancho de banda, la tasa de mensajes y el tamaño de las tramas.

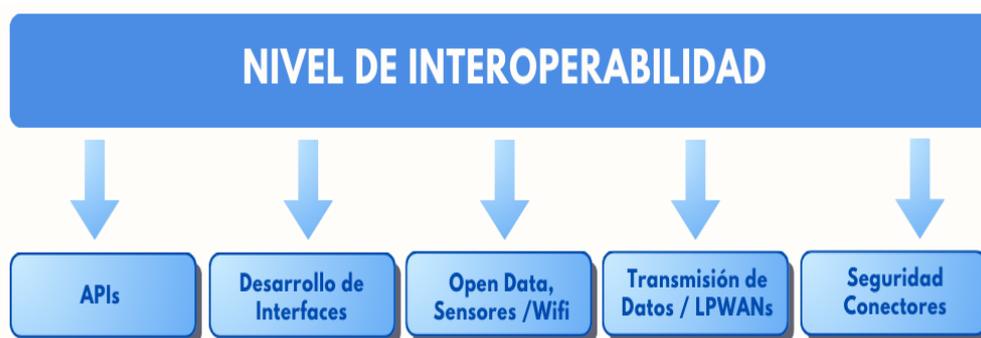


Figura 2.5. Nivel de Integración [1].

En una *Smart City*, el **Nivel de Servicios**, mostrada en la **Figura 2.6** ofrece una amplia gama de servicios inteligentes diseñados para mejorar la vida de las personas en diferentes áreas.



Figura 2.6. Nivel de Servicios Inteligentes [1].

El **Nivel de Mantenimiento y Asistencia**, que podemos apreciar en la **Figura 2.7**, emerge como un componente esencial que entrelaza con todos los demás niveles de la arquitectura y se centra en aspectos como la seguridad y privacidad de los datos, aspectos que son pilares fundamentales de cualquier sistema robusto. La seguridad es de vital importancia para proteger los sistemas ante amenazas maliciosos, tales como virus, troyanos y ataques de denegación de servicio. Aquí, se implementa una amplia gama de medidas, tanto proactivas como reactivas, que van desde la implementación de firewalls y antivirus hasta la puesta en marcha de sistemas de detección de intrusiones y rigurosas autenticaciones de usuarios, todo ello encaminado a prevenir y detectar tales amenazas.

Adicionalmente, se aplican técnicas de criptografía y control de acceso que se convierten en guardianes de la privacidad de las comunicaciones, estableciendo barreras para evitar conexiones no autorizadas. La interconexión de servicios, empresas e infraestructuras puede aumentar los riesgos de seguridad y se requiere una conexión interoperable y estandarizada para el éxito de una Smart City. También se consideran principios básicos de confidencialidad, integridad y autenticidad. Las políticas de seguridad incluyen responsabilidades, estrategias de seguridad, políticas de respaldo y soporte por áreas. En el subnivel de seguridad, se establecen acuerdos y se realiza monitoreo para garantizar un nivel de seguridad adecuado. El monitoreo de la capacidad y las auditorías permiten analizar el rendimiento y planificar de manera efectiva la prestación del servicio.



Figura 2.7. Nivel de Mantenimiento y Asistencia [1].

La **Figura 2.8** representa el diseño unificado de la Arquitectura Conceptual, donde se incorporan todos los diferentes niveles cómo: los niveles de **Capitación de Datos**, **Conocimiento**, **Interoperabilidad**, **Servicios Inteligentes** y **Soporte** mencionados anteriormente. Esta representación gráfica no solo ofrece una perspectiva integral, sino que también proporciona una herramienta visual accesible que facilita la comprensión detallada de la funcionalidad y la intrincada interconexión inherente a la arquitectura propuesta. Al presentar de manera visual los diversos elementos y sus relaciones dentro del marco arquitectónico, esta representación se convierte en un recurso valioso para quienes buscan entender de manera clara y accesible cómo cada componente contribuye al funcionamiento global del sistema. Al observar esta imagen, es posible apreciar de manera visual y nítida cómo los distintos componentes y capas interactúan, lo que facilita la identificación de puntos de entrada y salida, así como el flujo de información dentro del sistema. Esta visualización resulta esencial para la toma de decisiones informadas y la comunicación efectiva en el desarrollo y la implementación de la arquitectura.

Además, nos brinda una visión panorámica de cómo los diferentes estratos de la arquitectura se combinan para lograr un sistema integral. Esto, a su vez, facilita la identificación de áreas de mejora, la detección de posibles puntos de congestión y la optimización de flujos de datos. En conclusión, la **Figura 2.8** no solo es una imagen estática, sino una herramienta dinámica que ilumina la esencia y la funcionalidad de la arquitectura conceptual.

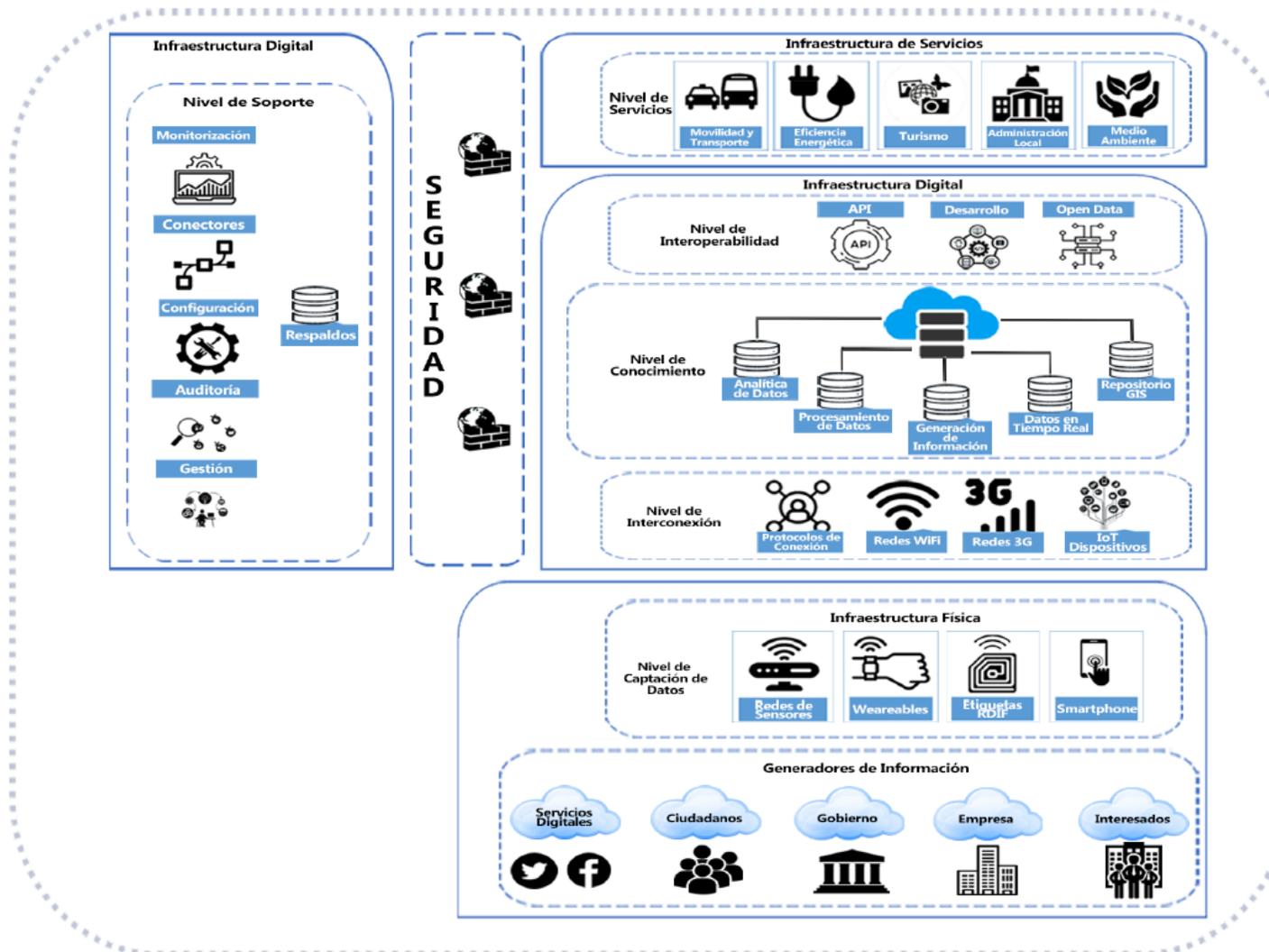


Figura 2.8. Esquema de Arquitectura Conceptual [1].

2.3. Propuesta metodológica

La Propuesta metodológica de [1] destaca la importancia de un liderazgo efectivo para lograr la transformación de una ciudad en una *Smart City*, estableciendo objetivos a largo plazo y fomentando la participación ciudadana. Además, enfatiza la necesidad de desarrollar una estrategia bien definida y un modelo de ciudad realista que permita una gestión más eficiente y sostenible. Aunque la tecnología juega un papel fundamental en este proceso, aún no existen criterios establecidos para determinar de manera precisa si una ciudad es considerada inteligente o no.

El proceso de migración de una ciudad tradicional a una *Smart City* requiere una metodología sólida que abarque todos los servicios de la ciudad, incluyendo la transformación de la infraestructura urbana y cambios en los modelos de gestión. Para llevar a cabo esta transformación, se recomienda contar con un equipo de trabajo multidisciplinario compuesto por expertos en diversas áreas y con amplios conocimientos técnicos.

Dentro de la propuesta metodológica, es esencial realizar un análisis exhaustivo de la situación actual de la ciudad, identificando los desafíos existentes y anticipando posibles problemas futuros. Asimismo, define claramente la misión, visión y objetivos a perseguir. La observación y evaluación de proyectos relevantes en diferentes áreas de la ciudad también es un aspecto fundamental para medir los avances y el nivel de madurez requerido en el camino hacia una *Smart City*.

Es importante tener presente que migrar una ciudad hacia una *Smart City* implica la necesidad de tener una estrategia y modelo de ciudad alcanzables, así como un equipo de trabajo altamente capacitado y un análisis detallado de la situación actual. A pesar de que la tecnología juega un papel fundamental en este proceso, aún no se han establecido parámetros definitivos para determinar si una ciudad es considerada inteligente o no [1].

En el proceso de desarrollo de una Ciudad Inteligente, según describe [1], se destacan las siguientes fases:

- **Organización del Equipo de Trabajo:** Es necesario designar un líder y formar un equipo multidisciplinario con conocimientos técnicos para analizar la ciudad y proponer soluciones.
- **Estudio del Entorno Actual de la Ciudad:** Se deben evaluar fortalezas, debilidades y problemas actuales de la ciudad, considerando recursos disponibles y limitaciones.
- **Descripción de la Misión, Visión y Objetivos:** Es fundamental establecer metas a corto, mediano y largo plazo para lograr una ciudad sostenible.

- **Establecimiento de prioridades en los servicios:** Se deben determinar las necesidades prioritarias de la ciudad y elaborar un Plan de Acción con inversiones a corto, mediano y largo plazo.
- **Desarrollar un Plan de Acción:** Diseñar un Plan Estratégico a mediano y largo plazo que guíe el desarrollo de proyectos necesarios para alcanzar los objetivos planteados, promoviendo la coordinación entre los actores involucrados y el liderazgo adecuado.

En el proceso de evaluación de los servicios públicos de la Administración Local, se identifican cuatro niveles: Básico, Inicial, Intermedio y Superior, como se muestra en la **Figura 2.9**.

Estos niveles se definen según el tipo de servicio ofrecido, que incluye principalmente:

- Servicios enfocados a la satisfacción del usuario.
- Servicios encaminados a la atención del usuario (servicios municipales).
- Servicios fundamentales para la transformación de la ciudad en una ciudad inteligente.



Figura 2.9. Niveles Smart [1].

A continuación, se explica cada nivel de la **Figura 2.9.**:

- **Nivel Básico:** En este nivel, la Administración Local no cuenta con ninguno de los tres tipos de servicios que se han determinado en la planificación estratégica.
- **Nivel Inicial:** En este nivel, la Administración Local dispone de algunos de los tres tipos de servicios marcados como prioritarios, y estos servicios están desarrollados en su totalidad.
- **Nivel Intermedio:** Para alcanzar el nivel Intermedio, la Administración Local debe establecer sus proyectos en el nivel máximo de los tres tipos de servicios marcados como prioritarios.
- **Nivel Avanzado:** Para iniciar el proceso de transformación hacia una Smart City, la ciudad deberá realizar la conexión de al menos dos de los servicios prioritarios con los proyectos establecidos para iniciar la transformación de la ciudad.

Una ciudad se puede establecer como Smart al conectar todos los servicios, incluyendo proyectos de baja prioridad, dentro de los ámbitos establecidos. Este proceso es repetitivo en cada nivel y una vez integrados los servicios, la Administración Local alcanza un "**Nivel Conectado**". Esto significa que los servicios deben desarrollarse hasta alcanzar su máximo nivel, lo que permite una gestión eficiente y automática de la infraestructura urbana. La colaboración público-privada es crucial para el financiamiento e inversión, y se deben establecer alianzas con universidades, empresas y la ciudadanía. La difusión del proyecto y la evaluación continua de resultados también son importantes para el éxito de una *Smart City*. Se pueden implementar proyectos piloto para el monitoreo y ajuste continuo.

2.4. Análisis comparativo entre niveles en la arquitectura y normas

Los requisitos necesarios para este análisis comparativo son el modelo general de plataformas de Ciudades Inteligentes de las Normas Españolas con el "Diseño de Arquitectura Conceptual" en la "*Propuesta Metodológica para la Migración de una Ciudad Tradicional a una Ciudad Inteligente*" [1]. Para ello, es importante aclarar sobre dos términos utilizados en este análisis comparativo, de tal modo que el término "nivel" se utiliza en referencia a la propuesta de Vargas, por otro lado, el término "capa" se utiliza en referencia a las Normas Españolas. Por lo tanto, en la siguiente **Tabla 2.1** se utilizan los términos mencionados, respetando la terminología de cada arquitectura.

En consecuencia, se presenta la comparación en base a las siguientes referencias [1] [4] [5] [6]:

Tabla 2.1 Comparativa de requisitos de Arquitecturas Conceptuales.

Arquitectura Normas UNE 178104, UNE 178108 y 178109	Arquitectura Conceptual [1]	Diferencias
Capa de Soporte	Nivel de Soporte	
Monitorización	Monitorización SLAs	Servicio en común.
Conectores	Conectores	Servicio en común.
Auditoria	Auditoría	Servicio en común.
-	Configuración	En la Arquitectura Normas UNE, no se menciona explícitamente este aspecto.
-	Gestión	En la Arquitectura Normas UNE, no se menciona explícitamente este aspecto.
-	Respaldos	En la Arquitectura Normas UNE, no se menciona explícitamente este aspecto.
Logeo	-	Este servicio no existe en esta capa de la Arquitectura Conceptual.
Agenda	-	Este servicio no existe en esta capa de la Arquitectura Conceptual.
Control de Plataforma: API REST, UI WEB	-	Este servicio no existe en esta capa de la Arquitectura Conceptual.
Configuración Repositorio	-	Este servicio no existe en esta capa de la Arquitectura Conceptual.
Capa de Servicios Inteligentes	Nivel de Servicios	
Movilidad	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.

-	Movilidad y Transporte	En la Arquitectura Normas UNE, no se menciona explícitamente este aspecto.
Eficiencia Energética	Eficiencia Energética	Servicio en común.
Turismo	Turismo	Servicio en común
-	Administración Local	En la Arquitectura Normas UNE, no se menciona. Explícitamente este servicio.
Medio Ambiente	Medio Ambiente	Servicio en común.
Tráfico	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
Sala emergencia	-	
Recogida residuos	-	
Reciclaje	-	
Agua	-	
Capa de Interoperabilidad [4]	Nivel de Interoperabilidad	
APIs	APIs	Servicio en común.
Kit de Desarrollo	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
-	Desarrollo	No existe en la Arquitectura Normas UNE.
Open Data	Open Data	Servicio en común.
Políticas de Seguridad	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
-	Transmisión de Datos	No existe en la Arquitectura Normas UNE.
	Seguridad de conectores	No existe en la Arquitectura Normas UNE.
Capa de Conocimiento	Nivel de Conocimiento	-

Tratamiento analítico GIS Engine BI Engine [4]	- -	No existe en la Arquitectura Conceptual.
-	Analítica de Datos Procesamiento de Datos	No existe en la Arquitectura Normas UNE.
Tratamiento Batch ETL Machine Learning	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
Tratamiento Tiempo Real Motor CEP Motor reglas	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
-	Datos en Tiempo real	No existe en la Arquitectura Normas UNE.
-	Generación de Información	
Repositorio GIS	Repositorio GIS	Servicio en común.
Repositorio histórico (BIG DATA)	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
Repositorio en Tiempo Real	-	
Seguridad	-	
Semántica de Ciudad	-	
Capa de Adquisición/Interconexión [4]	Nivel de Interconexión	-
-	Protocolos de Conexión	No existe en la Arquitectura Normas UNE.
-	Redes Wifi	No existe en la Arquitectura Normas UNE.
-	Redes 3G	No existe en la Arquitectura Normas UNE.

-	IoT Dispositivos	No existe en la Arquitectura Normas UNE.
Seguridad	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
Kit de Desarrollo	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
Protocolo de abstracción semántica	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
Adaptadores de Protocolo	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
Notificaciones	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
Nuevos Adaptadores	-	No existe en la Arquitectura Conceptual.
Infraestructura y comunicaciones	Nivel de Captación de Datos	-
(Fuera del alcance de la norma)	Redes de Sensores	En la Arquitectura de las Normas UNE esta capa esta fuera del alcance, por tanto, no se analiza el Nivel de Captación de Datos de la Arquitectura Conceptual.
-	Weareables	
-	Etiquetas RDIF	
-	Smartphone	
-	Generadores de Información	
-	Servicios Digitales	
-	Ciudadanos	
-	Gobierno	
-	Empresa	
-	Interesados	

2.5. Análisis comparativo entre servicios

En el ámbito del desarrollo urbano y la implementación de Ciudades Inteligentes, diversas arquitecturas han surgido para guiar el proceso de transformación. Entre ellas, destacan la Arquitectura Normas Españolas UNE y la Arquitectura Conceptual de [1], ambas con el objetivo de establecer estructuras sólidas para el desarrollo de entornos urbanos inteligentes y sostenibles. En este contexto, este estudio analiza las diferencias entre

ambas arquitecturas en diferentes niveles de la estructura, destacando sus enfoques, servicios y elementos característicos en cada capa. En específico, se exploran las capas de Soporte, Servicios Inteligentes, Interoperabilidad, Conocimiento y Adquisición/Interconexión, para comprender cómo cada arquitectura aborda aspectos como la gestión de datos, la seguridad, la movilidad, el turismo y la protección del medio ambiente. A través de esta comparativa, se busca identificar las diferencias, fortalezas y enfoques particulares de cada arquitectura, lo que permitirá más adelante realizar el rediseño de la Arquitectura Conceptual de [1].

Tabla 2.2 Servicios ausentes en la Arquitectura Conceptual.

Arquitectura Normas UNE 178104, UNE 178108 y 178109	Arquitectura Conceptual [1]	Diferencias
Capa de Soporte	Nivel de Soporte	
Logeo	-	Este servicio en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> se refiere a la capacidad de registrar y controlar el acceso al sistema. En la Arquitectura Conceptual, aunque el diagrama no muestra como un servicio, el Logeo se presenta como un servicio de seguridad de autenticación para el ingreso a los sistemas.
Agenda	-	La Agenda puede indicar una funcionalidad relacionada con la programación y la gestión de eventos.
Control de Plataforma API REST UI WEB	-	Implica gestionar y controlar el funcionamiento de la plataforma tecnológica utilizada. <i>API REST</i> se refiere a una interfaz de programación de aplicaciones basada en el protocolo <i>REST</i> . <i>UI WEB</i> se refiere a la interfaz de

		usuario web utilizada para interactuar con el sistema.
Configuración Repositorio	-	Implica establecer y gestionar la configuración de un repositorio de datos o código utilizado en el sistema.
Capa de Servicios Inteligentes	Nivel de Servicios	-
Movilidad	Movilidad y Transporte	El servicio de movilidad se encuentra presente en las dos arquitecturas a pesar de que en la Arquitectura Conceptual la Movilidad y el Transporte se refiere a la movilidad urbana.
Tráfico	-	Tráfico, Sala de Emergencia, Recogida de residuos, Reciclaje y Agua: Estos elementos están presentes solo en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> . Y no se mencionan en la Arquitectura Conceptual. Cada uno de ellos representa áreas o servicios Específicos que pueden ser abordados dentro del contexto de la Arquitectura Conceptual. Por ejemplo, Tráfico puede referirse a la gestión del tráfico urbano, Sala de emergencia a la infraestructura y servicios de respuesta ante emergencias, Recogida de residuos al sistema de gestión de residuos, Reciclaje a la gestión y promoción del reciclaje, y Agua a la gestión y conservación de los recursos hídricos.
Sala emergencia	-	
Recogida residuos	-	
Reciclaje	-	
Agua	-	

Capa de Interoperabilidad [4]	Nivel de Interoperabilidad	-
Kit de Desarrollo	Desarrollo	En la Arquitectura Normas <i>UNE</i> , se menciona el Kit de Desarrollo como un componente relacionado con el desarrollo. Esto implica proporcionar herramientas y recursos para facilitar el desarrollo de componentes interoperables en el sistema arquitectónico. En cambio, en la Arquitectura Conceptual no se menciona explícitamente este elemento.
Políticas de Seguridad	-	En la Arquitectura Normas <i>UNE</i> , se mencionan las “Políticas de Seguridad” como un componente relacionado con la transmisión de datos. Esto implica establecer y cumplir políticas y mecanismos de seguridad para proteger la transmisión de datos en el sistema arquitectónico.
-	Transmisión de Datos	En las Normas <i>UNE</i> la transmisión de datos se encuentra dentro de las Políticas de Seguridad.
-	Seguridad de conectores	En la Arquitectura Conceptual se menciona la Seguridad de conectores como un aspecto relacionado con la seguridad, aunque no se especifica explícitamente cómo se aborda la seguridad de la transmisión de datos.
Capa de Conocimiento	Nivel de Conocimiento	

Tratamiento analítico GIS Engine BI Engine [4]	-	Estos elementos están presentes en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> y no se encuentran en la Arquitectura Conceptual, Cada uno de ellos representa aspectos relacionados con el tratamiento y el análisis de datos.
-	Analítica de Datos Procesamiento de Datos	Estos elementos están presentes en la Arquitectura Conceptual y no se encuentran en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> , Cada uno de ellos representa aspectos relacionados con el tratamiento y el análisis de datos.
Tratamiento Batch ETL Machine Learning	-	Estos elementos están presentes en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> y no se encuentran en la Arquitectura Conceptual, Cada uno de ellos representa aspectos relacionados con el tratamiento y el análisis de datos.
Tratamiento Tiempo Real Motor CEP Motor reglas	-	Estos elementos están presentes en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> y no se encuentran en la Arquitectura Conceptual, Cada uno de ellos representa aspectos relacionados con el tratamiento y el análisis de datos.
-	Datos en Tiempo real	Estos elementos están presentes en la Arquitectura Conceptual y no se mencionan en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> . Representan aspectos relacionados con los datos en tiempo real, la generación de información.
-	Generación de Información	

Repositorio histórico (BIG DATA)	-	La gestión de grandes volúmenes de datos <i>Big Data</i> , los repositorios en tiempo real, la seguridad y la semántica de la ciudad. Estos elementos están presentes en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> y no se mencionan en la Arquitectura Conceptual. Representan aspectos relacionados con los datos en tiempo real, la generación de información.
Repositorio en Tiempo Real	-	
Seguridad	-	
Semántica de Ciudad	-	
Capa de Adquisición /Interconexión [4]	Nivel de Interconexión	
-	Protocolos de Conexión	Este servicio solo se encuentra en la Arquitectura Conceptual, los protocolos son reglas y estándares que permiten establecer la comunicación y la interconexión entre diferentes sistemas o dispositivos.
-	Redes Wifi	Presente en la Arquitectura Conceptual, permiten la conexión y comunicación entre dispositivos a través de señales de radio, sin la necesidad de cables físicos.
-	Redes 3G	Presente en la Arquitectura Conceptual.
-	IoT Dispositivos	Presente en la Arquitectura Conceptual.
Seguridad	-	Este servicio se presenta solo en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> y se refiere a la implementación de medidas de seguridad para proteger la adquisición y transmisión de datos. Incluye autenticación, cifrado,

		control de acceso y otras prácticas de seguridad para garantizar la integridad y confidencialidad de la información adquirida.
Kit de Desarrollo	-	Presente solo en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> , trata de un conjunto de herramientas, bibliotecas y documentación que se proporciona a los desarrolladores para facilitar la integración de nuevos sistemas o dispositivos en la arquitectura. El kit de desarrollo incluye recursos técnicos y guías para la implementación de adaptadores y protocolos de conexión.
Protocolo de abstracción semántica	-	Este servicio se encuentra en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> , se basa en el uso de un protocolo o formato común que permite la comunicación y el intercambio de datos entre diferentes sistemas heterogéneos. El protocolo de abstracción semántica facilita la interoperabilidad y la comprensión mutua entre los sistemas que interactúan.
Adaptadores de Protocolo	-	Presente solo en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> . Estos adaptadores son componentes encargados de traducir y transformar los datos provenientes de diferentes fuentes o sistemas, para que sean compatibles con el formato y los protocolos utilizados en la arquitectura. Los adaptadores de protocolo se encargan de establecer

		la comunicación y la interconexión entre los diferentes sistemas involucrados.
Notificaciones	-	Presente solo en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> . Este servicio permite la emisión y recepción de notificaciones o eventos dentro de la arquitectura. Las notificaciones pueden ser utilizadas para informar sobre cambios, actualizaciones o eventos relevantes en la adquisición de datos, y pueden ser enviadas a sistemas o usuarios específicos.
Nuevos Adaptadores	-	Se encuentra solo en la Arquitectura Normas <i>UNE</i> , se refiere a la capacidad de la arquitectura para admitir la incorporación de nuevos adaptadores y protocolos de conexión en el futuro. Se garantiza que la arquitectura sea flexible y escalable, permitiendo la integración de nuevos sistemas y tecnologías sin necesidad de alterar la estructura general.
Infraestructura y comunicaciones	Nivel de Captación de Datos	-
(Fuera del alcance de la norma)	Redes de Sensores	-
-	Weareables	-
-	Etiquetas RDIF	-
-	Smartphone	-
-	Generadores de Información	-
-	Servicios Digitales	-
-	Ciudadanos	-

	Gobierno	-
-	Empresa	-
-	Interesados	-

Del análisis realizado, se puede concluir que la Arquitectura Normas Españolas UNE es más detallada y específica en varios aspectos relacionados con la seguridad, el tratamiento analítico y la gestión de ciertos servicios como: Tráfico, Sala de emergencia, Recogida de residuos, Reciclaje y Agua, en comparación con la Arquitectura Conceptual de [1]. Además, la Arquitectura Normas UNE muestra una mayor preocupación por la seguridad y el análisis de datos. Por otro lado, la Arquitectura Conceptual su enfoque es hacia la movilidad y el transporte, así como aspectos relacionados con datos en tiempo real y generación de información. Ambas arquitecturas comparten elementos comunes, como el uso de conectores, *APIs* y se centran en la eficiencia energética, turismo y la protección del medio ambiente, lo que demuestra un enfoque común hacia la sostenibilidad y planificación de Ciudades Inteligentes.

2.6. Arquitectura Conceptual del Rediseño

En este apartado, se analizan los servicios que carece la Arquitectura Conceptual de Vargas y se incluyen los servicios propuestos por las Normas Españolas, dando como resultado el Rediseño de la Arquitectura Conceptual.

Es importante aclarar que, para el Rediseño de la Arquitectura Conceptual se utiliza el término “capa” en referencia a las Normas Españolas.

2.6.1. Capa de Soporte

Tras el análisis llevado a cabo en la Arquitectura de las Normas Españolas UNE [4], [5] y [6], se identificaron una serie de servicios que deben ser agregados al Nivel de Soporte en la Arquitectura Conceptual. Servicios como Logeo, Agenda, Control de Plataforma y Configuración de Repositorio como se muestra en la **Figura 2.10**. Estos servicios son esenciales para garantizar la seguridad, el control y el funcionamiento adecuado del sistema, y contribuyen a la eficiencia y la efectividad en el desarrollo de soluciones inteligentes para ciudades y entornos urbanos. En conclusión, estos servicios en la Arquitectura Conceptual son cruciales para asegurar una implementación exitosa de soluciones inteligentes en el contexto urbano.

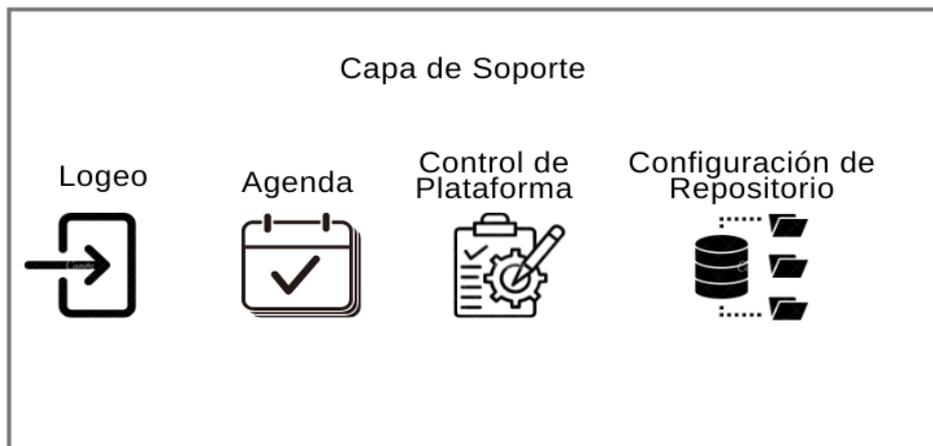


Figura 2.10 Rediseño de la Capa de Soporte.

2.6.2. Capa de Servicios Inteligentes

Los servicios que deben ser agregados en el Nivel de Servicios de la Arquitectura Conceptual y se muestran en la **Figura 2.11**; están diseñados para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, optimizar la movilidad urbana y abordar aspectos clave como la seguridad, la gestión de residuos y el uso responsable de los recursos naturales. Al incluir estas soluciones inteligentes, se busca lograr ciudades más sostenibles, eficientes y resilientes. En definitiva, la implementación de estos servicios en la Arquitectura Conceptual es fundamental para crear ciudades más inteligentes y habitables, que respondan a las necesidades de sus habitantes y promuevan un desarrollo urbano sostenible.

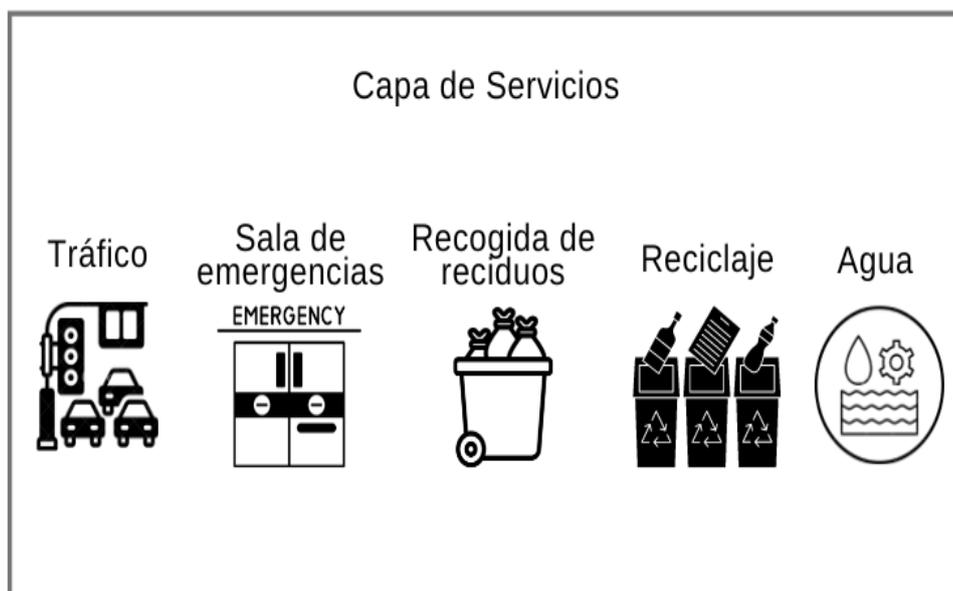


Figura 2.11 Rediseño de la Capa de Servicios.

2.6.3. Capa de Interoperabilidad

Los servicios que deben ser agregados en el Nivel de Interoperabilidad de la Arquitectura Conceptual se presentan en la **Figura 2.12**, y son el Kit de desarrollo y Políticas de Seguridad. Estos son cruciales para garantizar una comunicación efectiva entre los diversos elementos del sistema arquitectónico. El Kit de Desarrollo de la Arquitectura Normas UNE facilitará la integración de nuevos sistemas y dispositivos, lo que permitirá la adaptabilidad y escalabilidad de la arquitectura. Por otro lado, las Políticas de Seguridad asegurarán la protección de la transmisión de datos entre los diferentes componentes del sistema, garantizando así un entorno seguro y confiable para la interoperabilidad de los sistemas. Estas herramientas y servicios son fundamentales para lograr una comunicación efectiva entre los diversos elementos de la arquitectura y para permitir que funcionen de manera coordinada y eficiente. La interoperabilidad es clave para asegurar que los sistemas puedan interactuar sin problemas y aprovechar al máximo su potencial en la creación de soluciones inteligentes y eficientes para ciudades y entornos urbanos.

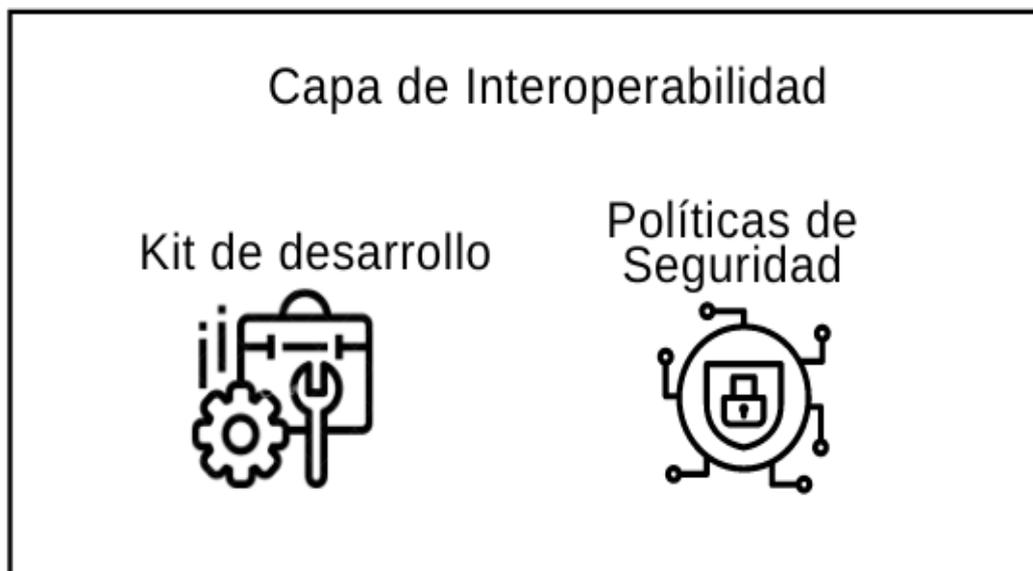


Figura 2.12 Rediseño de la Capa de Interoperabilidad.

2.6.4. Capa de Conocimiento

Los servicios como: tratamiento analítico (GIS, BI, Engine), tratamiento batch (ETL, Machine Learning), tratamiento en tiempo real, motor CEP motor de reglas, repositorio histórico, repositorio en tiempo real, seguridad y semántica de la ciudad [4] deben ser agregados en el Nivel de Conocimiento de la Arquitectura Conceptual y se muestra en la **Figura 2.13**. La incorporación de estos servicios permitirán llevar a cabo diversas actividades relacionadas con el tratamiento y análisis de datos para obtener información

valiosa y conocimientos significativos, análisis completos y exhaustivos de datos utilizando diversas técnicas y herramientas, lo que conduce a una mayor comprensión de la información recopilada y a la generación de conocimientos que pueden ser utilizados para mejorar la toma de decisiones y la planificación de políticas en diferentes ámbitos de una ciudad o sistema urbano.

El análisis y conocimiento obtenido a partir de los datos permiten identificar patrones, tendencias y oportunidades que pueden ser utilizadas para optimizar procesos, mejorar la eficiencia, y contribuir al desarrollo sostenible y resiliente de la ciudad.

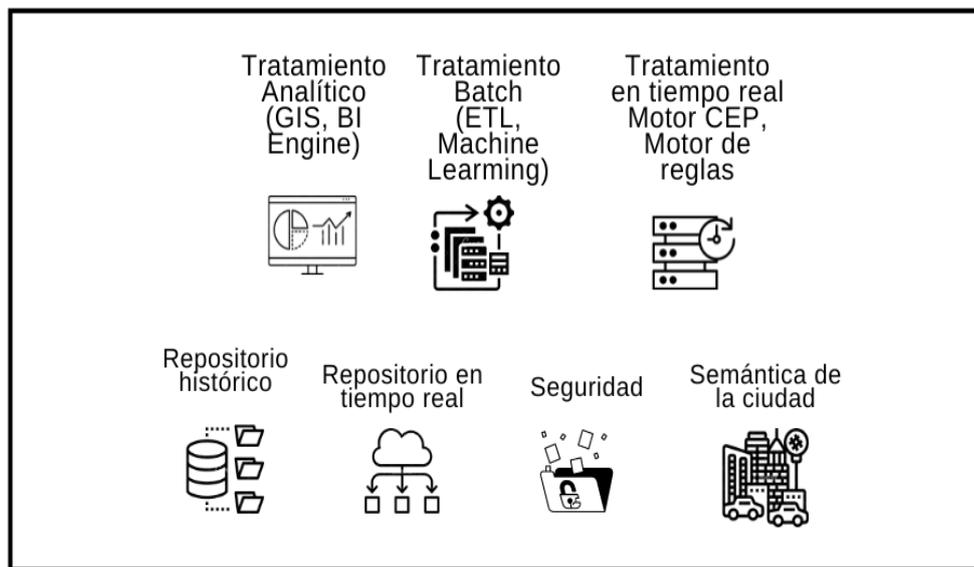


Figura 2.13 Rediseño de la Capa de Conocimiento.

2.6.5. Capa de Adquisición/Interconexión

Los servicios que deben ser agregados en el Nivel de Interconexión de la Arquitectura Conceptual son los siguientes: Kit de desarrollo, Seguridad, Protocolo de abstracción semántica, Adaptadores de protocolos, Notificaciones y Nuevos adaptadores, y se muestran en la **Figura 2.14**. Estos servicios facilitarán la adquisición de datos desde diferentes sistemas y dispositivos, garantizando la seguridad, la interoperabilidad y la flexibilidad de la arquitectura, también estos servicios tienen como objetivo asegurar una adquisición segura de datos provenientes de diversas fuentes y sistemas en el contexto de una arquitectura urbana inteligente, asegurando la integridad, confidencialidad y compatibilidad de la información adquirida.

Además, la incorporación de estos servicios en el Nivel de Interconexión es esencial para garantizar una comunicación fluida y segura entre los diferentes componentes de la arquitectura. Al asegurar la interoperabilidad, la arquitectura puede trabajar de manera

coordinada y eficiente, permitiendo que los datos fluyan sin problemas y puedan ser utilizados para tomar decisiones estratégicas. En conclusión, incluir todos estos servicios en el Nivel de Interconexión de la Arquitectura Conceptual son fundamentales para establecer una sólida base de adquisición de datos y asegurar que la arquitectura urbana inteligente funcione de manera segura, efectiva y versátil.

Capa Adquisición/Interconexión

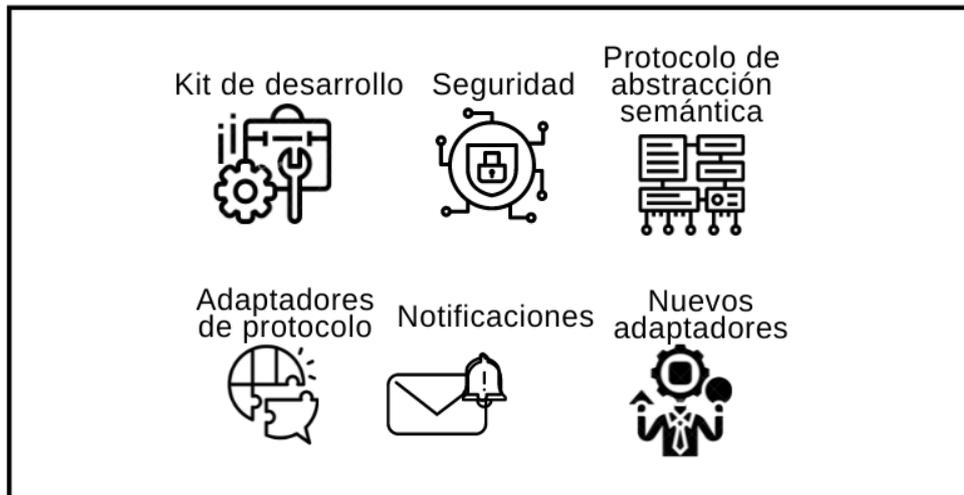


Figura 2.14 Rediseño de la Capa de Adquisición/Interconexión.

2.6.6. Rediseño de la arquitectura conceptual Smart City

Realizar un rediseño de la arquitectura conceptual con la inclusión de los servicios mencionados tiene un impacto significativo en diversos aspectos cruciales para el desarrollo y éxito de soluciones inteligentes en entornos urbanos; por ejemplo:

1. Mejorará las funcionalidades y operatividad. La adición de la Capa de Soporte, Capa de Servicios Inteligentes, Capa de Interoperabilidad, Capa de Conocimiento y Capa de Adquisición/Interconexión amplía las capacidades funcionales de la arquitectura. Esto permite la incorporación de servicios esenciales como logeo, control de plataforma, configuración de repositorio y otros; lo que asegura el funcionamiento adecuado y seguro del sistema. Además, proporciona soluciones inteligentes para aspectos cruciales como la movilidad urbana, seguridad y gestión de recursos.
2. La Capa de Servicios Inteligentes permitirá abordar problemas urbanos complejos, desde la gestión de residuos hasta la movilidad urbana. Esto conduce a una mejora sustancial en la calidad de vida de los ciudadanos, además de contribuir a la sostenibilidad, eficiencia y resiliencia de las ciudades.

3. La Capa de Interoperabilidad y sus componentes, como el kit de desarrollo y las políticas de seguridad, garantizarán una comunicación efectiva entre los diferentes elementos del sistema. Esto facilitará la integración de nuevos sistemas y dispositivos, permitiendo que trabajen en conjunto de manera coordinada y eficiente.
4. La Capa de Conocimiento, con sus servicios de análisis y tratamiento de datos, proporcionará información valiosa y conocimientos significativos a partir de los datos recopilados. Esto permitirá identificar patrones, tendencias y oportunidades, lo que a su vez mejora la toma de decisiones y la planificación de políticas en múltiples áreas urbanas.
5. La Capa de Adquisición/Interconexión garantizará la recopilación segura y efectiva de datos provenientes de diversas fuentes y sistemas. Al asegurar la interoperabilidad y la compatibilidad de la información adquirida, se establece una base sólida para la comunicación fluida y segura entre los componentes de la arquitectura.

En conclusión, el rediseño de la arquitectura conceptual tiene un impacto multifacético y positivo en la capacidad de las ciudades para abordar desafíos urbanos y mejorar la calidad de vida de sus habitantes, al tiempo que garantiza la seguridad y la eficiencia de los sistemas involucrados. El rediseño de la arquitectura conceptual con la inclusión de los servicios mencionados es un paso crítico para mejorar la funcionalidad y operatividad de las soluciones inteligentes en entornos urbanos. Esto aborda una variedad de desafíos fundamentales y esenciales para el éxito de dichas soluciones. La arquitectura resultante no solo responde a las necesidades actuales, sino que también establece una base sólida para la innovación y el crecimiento continuo en la creación de ciudades más inteligentes y habitables.

Con la mejora de las funcionalidades y operatividad de las capas extiende las capacidades funcionales de la arquitectura.

En la **Figura 2.15**, se presentan de manera detallada los diversos servicios esenciales que deben ser meticulosamente incorporados en la Arquitectura Conceptual, según lo indicado en la referencia [1], Dichos servicios, representados visualmente en tono rojo en el dibujo, desempeñan un papel fundamental en el diseño global del sistema, aportando funcionalidades clave y contribuyendo a la eficiencia y coherencia del conjunto arquitectónico.

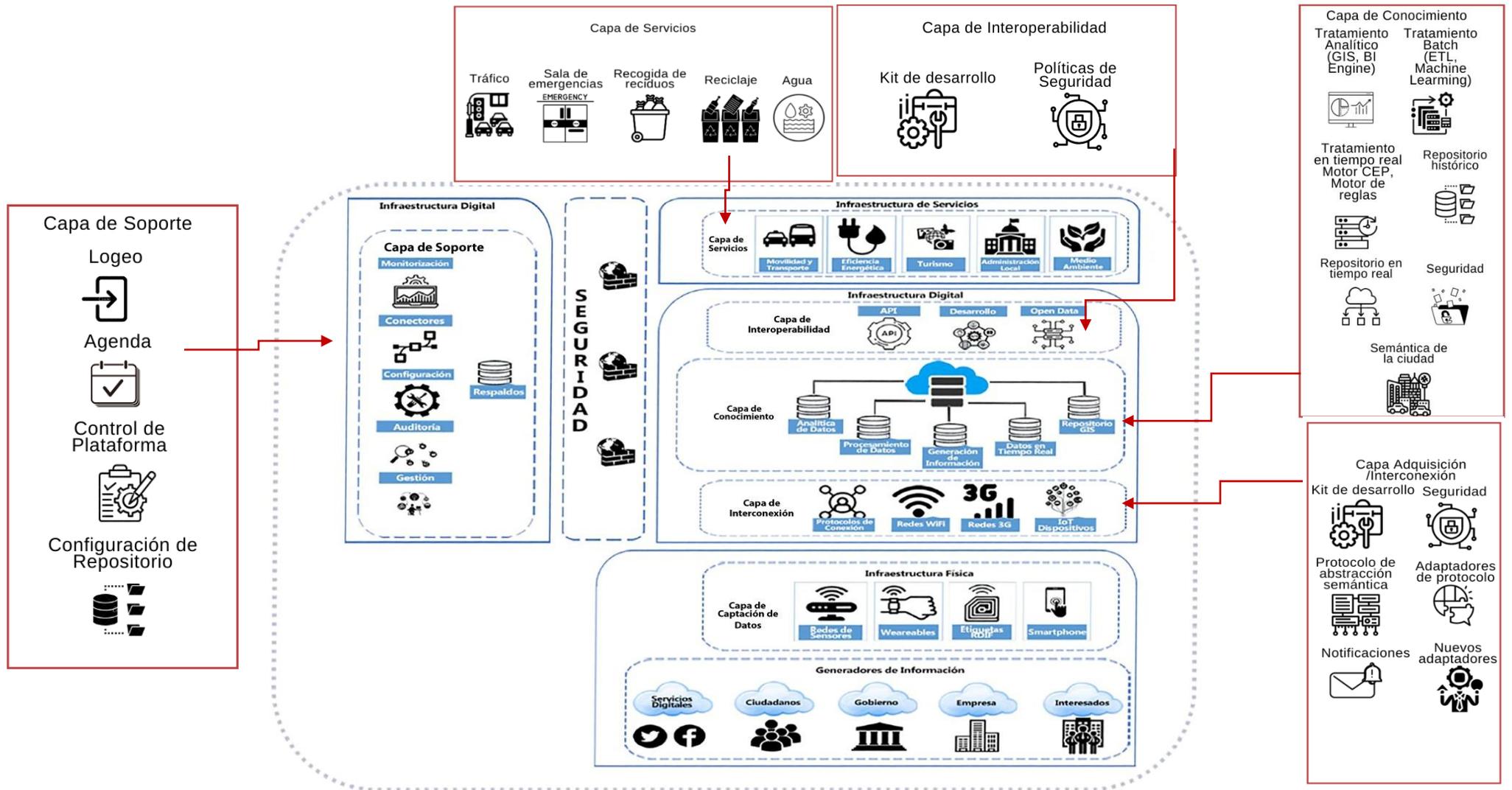


Figura 2.15 Arquitectura Conceptual Rediseñada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el transcurso de este capítulo, se realizará un análisis detallado del estado actual de la ciudad de Quito, con el objetivo de comprender a fondo su situación y los desafíos que enfrenta en su camino hacia la transformación en una Smart City, un concepto que representa la visión del futuro de las urbes. Este análisis no solo nos permitirá evaluar el punto de partida de la ciudad en su viaje hacia la modernización y la sostenibilidad, sino que también nos ayudará a identificar las áreas clave que requieren atención y desarrollo.

En primer lugar, es fundamental considerar la infraestructura tecnológica y las iniciativas existentes en Quito en lo que respecta a la digitalización y la conectividad. Se trata de elementos esenciales para el desarrollo de una Smart City, ya que permiten la recopilación y el procesamiento de datos en tiempo real, lo que, a su vez, impulsa la toma de decisiones informadas y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. Examinar la infraestructura de comunicaciones, la cobertura de Internet, la disponibilidad de servicios digitales y la adopción de tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas, será crucial en este contexto.

Otro aspecto importante para considerar es la sostenibilidad ambiental de la ciudad. Una Smart City busca minimizar su impacto en el entorno natural, promoviendo prácticas y políticas que fomenten la eficiencia energética, la gestión de residuos, la movilidad sostenible y la conservación de áreas verdes; Por lo tanto, es relevante examinar el estado de la infraestructura ecológica de Quito, así como las iniciativas de energías renovables, transporte público ecológico y la promoción de prácticas amigables con el medio ambiente.

Además, la participación ciudadana desempeña un papel fundamental en la construcción de una Smart City. Evaluar la implicación de la comunidad, la comunicación de las autoridades locales con los ciudadanos y el acceso a servicios públicos digitales será esencial para comprender el nivel de adopción y apoyo de la población a la transformación de la ciudad.

En conclusión, este capítulo se centra en un análisis de Quito en su búsqueda de convertirse en una Smart City. A través de la evaluación de la infraestructura tecnológica, la sostenibilidad ambiental y la participación ciudadana, podremos identificar los desafíos y las oportunidades que la ciudad enfrenta en su camino hacia un futuro más inteligente, eficiente y habitable para todos sus residentes.

3.1. Análisis de la situación actual de Quito

3.1.1. Edificios inteligentes en el Distrito Metropolitano de Quito

En el DMQ al no haber un número extenso de edificios inteligentes públicos, se ha seleccionado el edificio público que es el *CNE (Consejo Nacional Electoral)*. Por otro lado, los edificios inteligentes privados que se encuentran dentro del *DMQ* son cinco, cada uno con características específicas y particulares. Con estas premisas, se ha decidido simular la aplicación en un edificio público y uno privado [13].

En el edificio público del *CNE*, localizado en la ciudad de Quito, es un icónico edificio que marca uno de los primeros pasos en la categoría de edificios gubernamentales inteligentes en Ecuador. Se destaca por su implementación de un avanzado sistema de iluminación y climatización, logrando una impresionante reducción del 30% en el consumo de energía. Sin embargo, a pesar de estos avances, existen aspectos cruciales que deben mejorarse para brindar un servicio completo y eficiente a los ciudadanos [13].



Figura 3.1 Edificio Consejo Nacional Electoral.

Actualmente, el *CNE* carece de un punto centralizado de información para los ciudadanos, lo que dificulta saber claramente los servicios disponibles en el edificio. Además, la calidad de la atención al público es deficiente. Las consultas y los trámites experimentan demoras considerables, con un tiempo mínimo de espera de una hora en la recepción de documentos. La ausencia de un “área de espera” es una de las problemáticas que existe en el *CNE*.

En términos de sistematización como edificio inteligente, el *CNE* apenas logra una implementación del 10%. Para aprovechar al máximo el potencial de la arquitectura

conceptual, es recomendable considerar varias características y tecnologías que podrían elevar la inteligencia y eficiencia del Edificio del Consejo Nacional Electoral. A continuación, se presentan algunas ideas que podrían ser implementadas:

- Sistema de Información Centralizada: Establecer un lugar de información bien identificado en el edificio, donde los ciudadanos puedan acceder a detalles sobre los servicios ofrecidos y los trámites disponibles.
- Mejora de Atención al Público: Implementar procesos eficientes y optimizados para reducir significativamente los tiempos de espera en consultas y trámites. También, crear un área de espera cómoda y funcional.
- Automatización de Procesos: Introducir sistemas de automatización para la gestión de citas, seguimiento de trámites y entrega de documentos. Esto agilizaría los procedimientos y reduciría los errores humanos.
- Tecnologías Interactivas: Incorporar pantallas interactivas en áreas clave del edificio para proporcionar información instantánea y guía a los ciudadanos sobre la ubicación de oficinas y servicios.
- Uso eficiente del espacio: Rediseñar la distribución del espacio para optimizar la circulación de personas y la organización de los servicios.
- Soluciones de Comunicación: Implementar sistemas de comunicación eficiente, como notificaciones por SMS o correo electrónico, para mantener a los ciudadanos informados sobre el estado de sus trámites.
- Implementar un sistema de gestión de energía más avanzado que no solo controle la iluminación y el aire acondicionado, sino también otros dispositivos eléctricos y electrónicos en todo el edificio. Esto podría incluir la capacidad de programar horarios de encendido y apagado, ajustar la intensidad de la iluminación en función de la luz natural y la ocupación, y regular la temperatura de manera más precisa para maximizar la eficiencia energética.
- Instalar sensores de ocupación en las áreas comunes y salas de reuniones para ajustar automáticamente la iluminación y el aire acondicionado según la presencia de personas. Además, incorporar sensores de calidad del aire para monitorear niveles de CO₂, humedad y otros contaminantes, y tomar medidas para mantener un ambiente interior saludable.

- Implementar un sistema de gestión de residuos inteligente que controle la recolección y clasificación de basura en el edificio. Esto puede incluir sensores en los contenedores de basura para optimizar la recolección y notificar cuando estén llenos, así como sistemas de clasificación automatizada de reciclaje.
- Integrar cámaras de seguridad y sistemas de vigilancia inteligentes que utilicen análisis de video y reconocimiento facial para mejorar la seguridad en el edificio. Esto podría incluir la detección automática de comportamientos sospechosos o acceso no autorizado.
- Establecer una infraestructura de red inteligente que permita la comunicación entre dispositivos y sistemas en todo el edificio. Esto podría ser la base para implementar soluciones de *IoT* (Internet de las Cosas) que optimicen la gestión de recursos y servicios, como la programación de salas de reuniones basada en la disponibilidad y las preferencias de los usuarios.
- Utilizar sensores y análisis de ocupación para optimizar la disposición de espacios de trabajo y salas de reuniones. Esto podría ayudar a maximizar la utilización de los espacios y garantizar que los recursos estén siendo utilizados de manera eficiente.
- Agregar fuentes de energía renovable, como paneles solares en el techo o sistemas de captación de energía cinética, para reducir aún más la dependencia de la red eléctrica convencional.
- Implementar una plataforma centralizada que permita controlar y monitorear todas las características inteligentes del edificio en un solo lugar. Esto facilitaría la configuración, el monitoreo y la resolución de problemas.
- Desarrollar una aplicación móvil que permita a los ocupantes controlar su entorno personal, reservar espacios y acceder a información relevante del edificio. Esto mejoraría la comodidad y la experiencia de los usuarios.

La transformación en un edificio verdaderamente inteligente implica una combinación de tecnologías y sistemas que trabajan juntos para mejorar la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la experiencia de los ocupantes. Cada una de estas características puede adaptarse según las necesidades específicas del *CNE* y sus objetivos.

En conclusión, a pesar de sus avances en eficiencia energética, el *CNE* tiene un camino arduo por recorrer para convertirse en un verdadero edificio inteligente.

La implementación de estas ideas podría marcar un importante paso hacia la transformación completa de sus servicios y operaciones.

Entre los edificios inteligentes privados que se encuentran dentro del Distrito Metropolitano de Quito están las siguientes:

- a) **Hotel Wyndham Quito Airport:** Ubicado en la ciudad de Quito, el Hotel Wyndham Quito Airport se erige como un modelo de sostenibilidad y eficiencia. Sus fundamentos han sido meticulosamente diseñados con un enfoque en la armonía con el entorno, destacando su sistema de automatización residencial que concede a los huéspedes el poder de regular las luces y la temperatura de sus habitaciones a través de sus dispositivos móviles [13].



Figura 3.2 Hotel Wyndham Quito Airport.

- b) **Edificio Arboleda:** Enclavado en el corazón de Quito, el Edificio Arboleda no solo representa una estructura de oficinas, sino un monumento a la innovación ambiental. La incorporación de paneles solares, junto con sistemas de climatización y ventilación de última generación, ilustra su compromiso con la sostenibilidad. Además, los sensores integrados vigilan constantemente la calidad del aire y la temperatura, asegurando un ambiente óptimo.
- c) **Edificio Jardines del Batán:** Es un conjunto de apartamentos excepcionales en Quito, el Edificio Jardines del Batán redefine la vida moderna. Su sistema de automatización residencial pone el control en manos de los residentes, habilitándoles para ajustar la

iluminación, la temperatura y otros aspectos desde sus dispositivos móviles. Esta convergencia de tecnología y comodidad define el concepto de hogar inteligente.

d) **Torre Urban Plaza** es un edificio de altura media de la ciudad de Quito D.M., en Ecuador. Está ubicado en el sector financiero de la avenida 12 de octubre, en el barrio de La Floresta de la parroquia Ñaquito, en el centro-oriental de la ciudad al ser un edificio inteligente. Muchas de sus funciones se encuentran mecanizadas y controladas por computadora. Cuenta además con servicio de internet y comunicaciones por fibra óptica.

e) **Edificio Produbanco-Ekopark** [14], que sirve como un referente para la aplicación de la arquitectura conceptual en edificios privados. El Edificio Produbanco-Ekopark Torre 2 que se muestra en la **Figura 3.3.** se encuentra ubicado en el centro corporativo de 5 torres en la Av. Simón Bolívar, en Quito, y es uno de los pioneros en la categoría de edificios inteligentes en Ecuador. Con una impresionante área de más de 10,000 metros cuadrados. Esta torre cuenta con 5 subsuelos de estacionamiento, un dispensario médico, una galería de arte, un salón multiusos, un gimnasio, un comedor y una agencia bancaria. A pesar de estas innovaciones, el edificio todavía se enfrenta a desafíos en cuanto a la atención al público y la integración total de sistemas [14].

El enfoque primordial se centra en la seguridad, lo que resulta en la integración de sistemas de seguridad electrónica y servicios esenciales. Para lograrlo, se han implementado una solución de integración tecnológica que cumple con criterios de convergencia, escalabilidad y estandarización.



Figura 3.3 Edificio Produbanco – Ekopark Torre 2.

Esta solución tiene como objetivo facilitar la administración, gestión y monitoreo de los sistemas de seguridad y servicios esenciales del edificio, y se integra en un sistema de gestión de edificios BMS (ANDOVER CONTINUUM) basado en protocolos estándar de comunicación como SMNP, BACNET (Building Automation and Control Networks), MODBUS y LON WORKS, garantizando la adopción de protocolos abiertos [14].

Los sistemas integrados en este edificio incluyen:

1. **Control de Acceso:** Se controlan 49 puertas, que incluyen accesos generales, ascensores y puertas de seguridad, mediante el uso de controladores ACX y NET CONTROLLER 2 de SCHNEIDER ELECTRIC con tecnología de proximidad HID PROX.
2. **Circuito Cerrado de Televisión:** 192 cámaras PELCO cubren áreas como accesos, perímetro exterior, cuarto de comunicaciones y áreas bancarias, gestionadas por DIGITAL SENTRY.
3. **Intrusión:** Se empleó una solución DSC con paneles Power Series supervisando 580 zonas de seguridad.
4. **Automatización de Iluminación:** Se utilizó la solución KNX de SCHNEIDER ELECTRIC para controlar automáticamente la iluminación según las necesidades, con sensores y luminarias DALI en todo el edificio.
5. **Automatización de Ventilación Mecánica:** El control automático de ventiladores se basa en la concentración de CO en los subsuelos, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética.
6. **Medición de Energía:** Medidores de energía SCHNEIDER ELECTRIC miden el consumo en diferentes áreas y tableros.
7. **Automatización de Bombas:** Se controlan bombas de aguas lluvias y servidas, regulando su desfogue hacia el sistema de alcantarillado público mediante sensores de nivel.
8. **Detección y Extinción de Incendios:** El sistema SIMPLEX de detección de incendios se integra mediante BACNET, con monitoreo y acciones automáticas en caso de emergencia.
9. **Aire Acondicionado:** El sistema CARRIER se controla y monitorea a través de BACNET, adaptando unidades internas según la temperatura ambiente.

10. Salas Inteligentes: El sistema CRESTRON automatiza salas y medios audiovisuales mediante BACNET, permitiendo la interacción de luminarias en escenas programadas.

El Edificio Produbanco-Ekopark Torre 2 en Quito integra una amplia gama de sistemas tecnológicos con el fin de garantizar la seguridad, eficiencia y comodidad de sus usuarios.

Por otro lado, en el Ecuador, la creciente conciencia sobre la sostenibilidad y la eficiencia energética está impulsando la construcción de edificios inteligentes en todo el país. Sin embargo, persiste cierta aprensión hacia este tipo de inversiones, principalmente debido a la falta de familiaridad con los múltiples beneficios que los edificios inteligentes pueden ofrecer. Es fundamental comprender que estas estructuras no solo tienen un impacto positivo en términos económicos, sino que también contribuyen al cuidado ambiental al reducir significativamente el consumo de energía eléctrica y agua.

En este contexto, se han llevado a cabo congresos sobre Smart City en Ecuador durante varios años. La sexta edición del Congreso de Smart City Ecuador tuvo lugar en el parque Bicentenario de la ciudad de Quito el 20 de junio de 2023, reuniendo a líderes y expertos en el ámbito de las ciudades sostenibles. Durante este evento, Vianna Maino, Ministra de Telecomunicaciones de Ecuador en el 2023, destacó la notable cobertura 4G del 78% en todo el país y subrayó la importancia de la inclusión digital y social mediante la implementación de tecnología [15].

En la búsqueda constante de transformarse en una ciudad inteligente y sostenible, Quito, la capital de Ecuador, ha venido trabajando incansablemente para implementar tecnologías de vanguardia y mejorar su calidad de vida urbana. Según el *MINTEL* (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información) con el apoyo de *AME* (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas) ha indicado que: hasta el año 2022, se han realizado esfuerzos significativos para medir el nivel de madurez de la ciudad en este camino hacia la inteligencia urbana. Es así que se ha evaluado en qué medida Quito se acerca a alcanzar el estatus de ciudad inteligente, destacando las tecnologías y avances que ha logrado hasta la fecha, y analizando el porcentaje de su progreso en relación con los indicadores clave de rendimiento definidos por organismos internacionales como la *UIT* (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y la Iniciativa *U4SSC* (Unidos por las Ciudades Inteligentes y Sostenibles) de las Naciones Unidas. Esta evaluación proporcionará una visión actualizada y precisa del estado de Quito en su camino hacia la transformación en una ciudad inteligente [16].

Una ciudad inteligente y sostenible utiliza tecnologías de la información y la comunicación para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y la eficiencia de sus servicios, al mismo

tiempo que aborda las necesidades económicas, sociales, ambientales y culturales de las generaciones actuales y futuras. En la **Figura 3.4** muestra los niveles de madurez alcanzados por el cantón Quito.

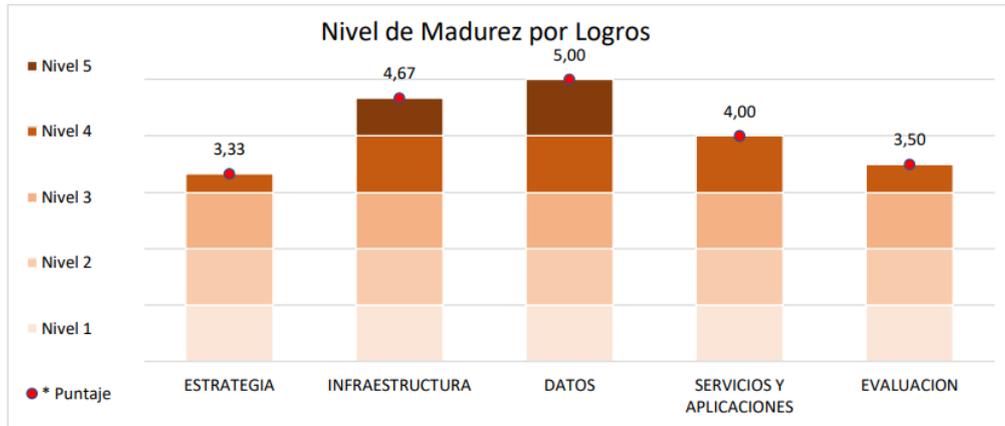


Figura 3.4 Nivel de Madurez por Logros [16].

Los niveles de madurez en el contexto de la conversión de Quito en una ciudad inteligente y sostenible, destacando los logros que se deben alcanzar en cada nivel. Estos niveles se describen brevemente de la siguiente manera:

- 1. Nivel de Madurez 1:** El enfoque principal es la creación de una estrategia integral para transformar la ciudad en una *CCIS* (Ciudad Inteligente y Sostenible). Esto se logra después de que las autoridades locales hayan definido la visión global de la *CCIS*. La estrategia establece la dirección para la evolución hacia una *CCIS* respaldada por las TICs. Además, se enfatiza la importancia de establecer la gobernanza urbana necesaria para gestionar esta transformación. Algunos logros clave en este nivel incluyen la definición de una estrategia detallada que involucra a las partes interesadas, la designación de un equipo de gestión responsable de la ejecución de la estrategia de *CCIS*, la unificación de la terminología relacionada con la *CCIS* y la identificación de prioridades en términos de dominios, tecnologías y proyectos. También se destaca la necesidad de contar con un plan de evaluación y de *IFR* (Indicadores Fundamentales de Rendimiento) para medir el progreso y registrar los valores actuales de *IFR* como referencia para futuras mejoras. Este nivel sienta las bases esenciales para el camino hacia una ciudad más inteligente y sostenible. En la **Tabla 3.1** muestra la recomendación por cada logro.

Tabla 3.1 Nivel de madurez 1.

Estrategia: Definición de la estrategia global	Infraestructura: Identificación en la estrategia de las infraestructuras de TIC esenciales	Datos: Identificación en la estrategia de los aspectos clave de los datos	Servicios y aplicaciones: Se identifican la estrategia y prioridades para los servicios y aplicaciones a nivel urbano	Evaluación: Se dispone de un plan de evaluación
Recomendación por cada logro:				
Mantener				
Avanzar a este nivel				

2. Nivel de Madurez 2: En este nivel se enfoca en la infraestructura y la capacidad de la ciudad para respaldar las iniciativas de CCIS, lo que es esencial para avanzar hacia una ciudad más inteligente y sostenible. Algunos logros en este nivel incluyen [16]:

- Desarrollar un plan de desarrollo de infraestructura que esté en línea con la visión de CCIS de la ciudad.
- Identificar las infraestructuras de TIC esenciales necesarias para llevar a cabo las iniciativas de CCIS.
- Garantizar que las infraestructuras de TIC puedan funcionar de manera independiente para proporcionar una variedad de servicios de CCIS.
- Mantener registros actualizados de las infraestructuras de TIC para una gestión efectiva.
- Realizar evaluaciones periódicas de las infraestructuras y servicios de TIC para medir el progreso y la calidad.
- Trabajar para lograr mejoras de rendimiento en consonancia con los valores objetivo de Indicadores Fundamentales de Rendimiento (IFR) establecidos en la estrategia de CCIS de la ciudad.

En la **Tabla 3.2** se observa la recomendación dada por el MINTEL para el nivel de madurez 2.

Tabla 3.2 Nivel de madurez 2.

Estrategia: Se armonizan las estrategias de CCIS con la estrategia	Infraestructura: Las infraestructuras de TIC funcionan de manera independiente	Datos: Se acuerdan la ontología y metodología para identificar, obtener, organizar y utilizar datos	Servicios y aplicaciones: Sistemas particulares explotan los servicios y aplicaciones de dominio	Evaluación: Se procede a la autoevaluación del desarrollo de la infraestructura de TIC y los servicios
Recomendación por cada logro:				
Mantener				
Avanzar a este nivel				

3. Nivel de Madurez 3: En este nivel el enfoque se centra en implementar iniciativas específicas de Ciudad Inteligente y Sostenible (CCIS) y en la prestación de servicios CCIS utilizando las infraestructuras de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), como aplicaciones móviles y portales web. Algunos logros clave en este nivel incluyen:

- Crear plataformas o sistemas gestionados por departamentos municipales, organizaciones autorizadas y empresas privadas para administrar eficazmente los recursos y datos.
- Proporcionar accesibilidad a los servicios a través de diversas vías, como aplicaciones móviles, portales web y puntos de acceso locales.
- Mejorar la funcionalidad de los servicios CCIS.
- Supervisar y analizar el rendimiento de las aplicaciones para optimizar su eficacia y calidad.
- Evaluar regularmente la satisfacción de los usuarios de las comunidades objetivo.
- Trabajar para lograr mejoras de rendimiento de acuerdo con los valores objetivo de Indicadores Fundamentales de Rendimiento (IFR) definidos en la estrategia de CCIS de la ciudad.

En la **Tabla 3.3** se muestra detalladamente la valiosa recomendación proporcionada por el MINTEL en el contexto de nivel 3 de madurez.

Tabla 3.3 Nivel de madurez 3.

Estrategia: Se procede a la evaluación de las iniciativas de CCIS	Infraestructura: Se mejora la accesibilidad a las infraestructuras de TIC	Datos: Los datos se almacenan, procesan y gestionan adecuadamente en sistemas y plataformas	Servicios y aplicaciones: Se prestan servicios y aplicaciones al público. El funcionamiento de aplicaciones y servicios se supervisa y analiza para mejorar el rendimiento y la calidad de los servicios	Evaluación: Se procede a la evaluación de la satisfacción del usuario
Recomendación por cada logro:				
Mantener				
Avanzar a este nivel				

4. Nivel de Madurez 4: Este nivel se enfoca en las tecnologías avanzadas para optimizar la calidad de los servicios urbanos y satisfacción de los ciudadanos haciendo uso de tecnologías como: el Internet de las cosas, la computación en la nube y la inteligencia artificial. Algunos logros clave en este nivel incluyen [16]:

- Lograr la interoperabilidad de la infraestructura de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).
- Promover la cooperación entre diversas infraestructuras, sistemas y comunidades.
- Contar con plataformas y aplicaciones que puedan utilizarse de manera transversal.
- Compartir datos de diversas fuentes cuando sea necesario para mejorar los servicios.
- Evaluar de forma periódica la satisfacción de las partes interesadas y los proveedores de servicios.
- Trabajar en la mejora del rendimiento de acuerdo con los valores objetivo de los Indicadores Fundamentales de Rendimiento (IFR) establecidos en la estrategia de Ciudad Inteligente y Sostenible (CCIS) de la ciudad. En la **Tabla 3.4**, se muestra la recomendación dada por MINTEL en el nivel de madurez 4.

Tabla 3.4 Nivel de madurez 4.

Estrategia: Se prepara una estrategia para mejorar la integración y la cooperación	Infraestructura: Se dotan las infraestructuras de TIC transversales de capacidades de interoperabilidad	Datos: Se ponen los datos en el dominio público	Servicios y aplicaciones: Servicios y aplicaciones transversales a disposición del público	Evaluación: Se procede a la evaluación de la satisfacción de las partes interesadas
Recomendación por cada logro:				
		Mantener		
		Avanzar a este nivel		

5. Nivel de Madurez 5: En este nivel se centra la evolución constante y la creación continua de valor para la ciudad y sus habitantes promoviendo un mayor bienestar y una gestión urbana más eficiente y efectiva. Esto implica:

- Continuar mejorando servicios, aplicaciones y colaboración siguiendo un enfoque colaborativo.
- Establecer una gestión y explotación efectiva basada en análisis cualitativos y cuantitativos.
- Lograr una mejora continua de los servicios y aplicaciones aprovechando la tecnología.
- Implementar un proceso sistemático de evaluación para garantizar mejoras continuas y evaluar el rendimiento.
- Analizar los resultados de las evaluaciones y valoraciones, e implementar planes de acción correspondientes como parte de la estrategia de CCIS urbana.

La **Tabla 3.5**, muestra la recomendación dada por MINTEL en el nivel de madurez 5.

Tabla 3.5 Nivel de madurez 5.

Estrategia: Se exploran las posibilidades de mejora y optimización	Infraestructura: Se desarrolla constantemente la infraestructura	Datos: Se mejoran la compartición, la utilización y el intercambio, etc., de los datos	Servicios y aplicaciones: Se mejoran constantemente las aplicaciones y servicios utilizando las más modernas tecnologías	Evaluación: Se implanta un proceso de evaluación sistemático con las acciones correspondientes
Recomendación por cada logro:				
		Mantener		
		Avanzar a este nivel		

Además, se mencionan los *KPI (Indicadores Claves de Rendimiento)* que son fundamentales en la evaluación y seguimiento del progreso en cada nivel de madurez. Estos *KPI* como muestra en la **Figura 3.5** [16], son esenciales para evaluar el avance hacia una ciudad inteligente y sostenible en Quito.

Estos indicadores ofrecen un marco sólido para la toma de decisiones, identificando áreas de mejora y áreas de éxito, lo que, en última instancia, contribuye a la transformación de Quito en una ciudad más inteligente y sostenible. Su papel es esencial en el seguimiento de los avances y en la orientación de los esfuerzos hacia un futuro más prometedor en términos de desarrollo urbano y sostenibilidad.

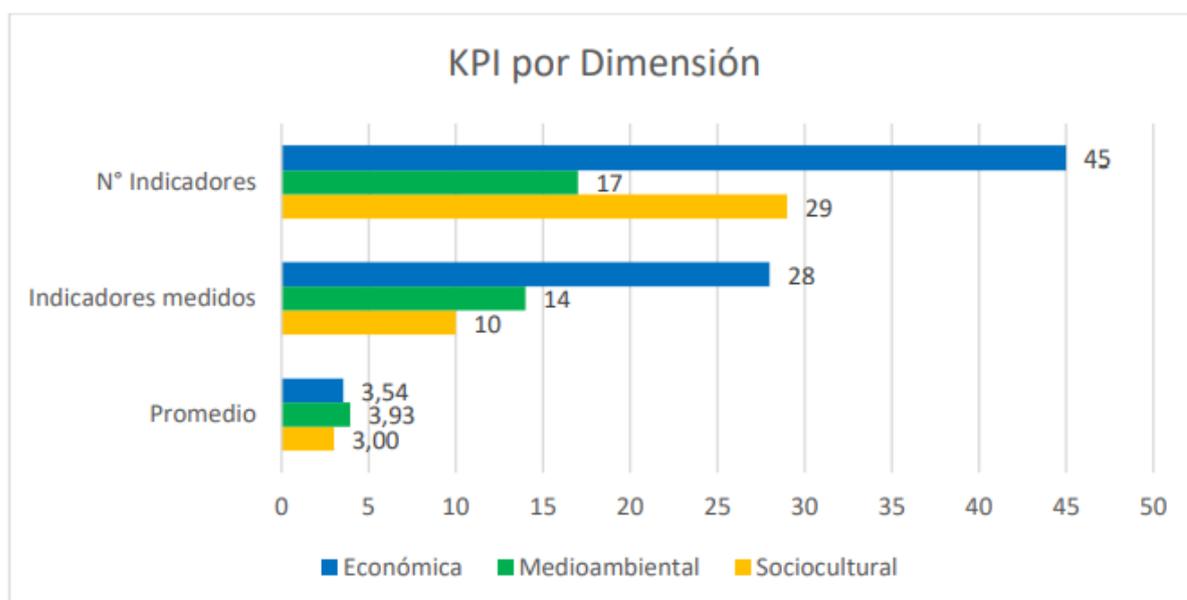


Figura 3.5 KPI por dimensión.

A continuación, en la **Tabla 3.6**, se describen los valores obtenidos por el cantón Quito en la evaluación del Nivel de Madurez y Logros en las diversas áreas. Nivel de Madurez por

logros alcanzados en: Estrategias, Infraestructura, Datos, Servicios y Aplicaciones, y Evaluación [16]. También se ha realizado un análisis del Nivel de Madurez de los *KPI* en las dimensiones de Economía, Medio Ambiente y Sociocultural. Además, proporcionan un código QR que facilita la descarga del manual de Buenas Prácticas en Ciudades Inteligentes y Sostenibles.

CÓD.	PROVINCIA	CANTÓN	QR	ESTRATEGIA	INFRAESTRUCTURA	DATOS	SERVICIOS Y APLICACIONES	EVALUACION	NIVEL DE MADUREZ LOGROS	ECONOMÍA	MEDIOAMBIENTE	SOCIOCULTURAL	NIVEL DE MADUREZ KPI
1701	PICHINCHA	QUITO		3,3	4,7	5,0	4,0	3,5	4,1	3,5	3,9	3,0	3,5

Tabla 3.6 Resultado nivel de madurez ciudad de Quito [17].

Basándonos en la información previamente recopilada y procesada por MINTEL, emiten las siguientes recomendaciones para el GADM Quito en el contexto de la construcción de Ciudades y Comunidades Inteligentes y Sostenibles [17]:

- 1. Mantener:** En relación a los indicadores marcados con la recomendación de "Mantener", se sugiere que el GADM Quito continúe y, si es posible, mejore las actividades asociadas a estos indicadores. Esto implica la preservación de las prácticas efectivas y el seguimiento constante de los resultados positivos.
- 2. Avanzar:** Para los indicadores en los que se aconseja "Avanzar", es esencial que el GADM Quito concentre sus esfuerzos y recursos en alcanzar el nivel señalado. Esto requiere una coordinación efectiva con las entidades pertinentes relacionadas con cada indicador, con el objetivo de lograr eficiencia y efectividad en las actividades planificadas.
- 3. Determinar la línea base:** En cuanto a los indicadores etiquetados como "Determinar la línea base", se recomienda, al igual que con todos los demás indicadores, establecer procedimientos adecuados para la recopilación de información que permita la evaluación correspondiente. Además de las mejoras en los procesos asociados a cada indicador, es fundamental contar con una metodología sólida para documentar los avances.
- 4. Implementar plataformas maduras y garantizadas para su operación integral:** Se insta al GADM Quito a implementar plataformas maduras y garantizadas que respalden

una operación integral. Esto asegurará un funcionamiento confiable y sostenible de las tecnologías y sistemas necesarios para la construcción de Ciudades y Comunidades Inteligentes y Sostenibles.

Estas recomendaciones son fundamentales para avanzar de manera efectiva hacia los objetivos de desarrollo sostenible y la mejora continua en la construcción de una ciudad más inteligente y sostenible. También es importante destacar que la información presentada en este capítulo es el producto del levantamiento de información de las instituciones gubernamentales responsables de los servicios públicos y el GADM de Quito. Las cifras reflejan un diagnóstico que no busca dividir, sino más bien inspirar a la entidad a trabajar en su propia mejora y avanzar hacia la sostenibilidad mediante el aprovechamiento de las Tecnologías de la Información y Comunicación, con el objetivo de cumplir con la visión de "*Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivas, seguros y resilientes*".

Además, el MINTEL se ha comprometido a brindar su respaldo al GADM Quito en el desarrollo de actividades destinadas a mejorar sus indicadores. Esto se alinea con la misión del MINTEL en el ámbito de las TIC y su influencia positiva en la mejora de la calidad de vida de la población.

Como parte del análisis de la situación actual de la ciudad de Quito y como proyecto de movilización el MDMQ en el año 2013 inició la construcción del Metro de Quito

La Primera línea del Metro de Quito es la infraestructura de movilidad más significativa en el cantón y la región. Con 21,6 km de longitud subterránea y 15 estaciones, se convierte en la columna vertebral del SIT (Sistema Integrado de Transporte). Se prevé su expansión a mediano plazo hacia la Ofelia, sumando 5,4 km a la oferta del SITP. A largo plazo, se planifican nuevas rutas de BRT (*Bus Rapid Transit*) y la extensión del Metro hasta Carapungo, Pusuquí, Pomasqui, San Antonio hacia el norte y Turubamba hacia el sur, atendiendo áreas densamente pobladas y con alta demanda de transporte. Además, se proyecta una Estación de Transferencia Calderón en el norte para satisfacer la creciente población de la parroquia de Calderón y facilitar las conexiones con otros sistemas de transporte, como el Trolebús y los buses convencionales, fomentando un sistema de movilidad inclusivo, seguro y sostenible [18]. En la **Figura 3.6** se puede apreciar una de las estaciones del metro de Quito.



Figura 3.6 Metro de Quito.

El Metro de Quito es un sistema de transporte subterráneo en Ecuador que se destaca por su impresionante túnel de 22,6 km de longitud, que conecta el sur de la ciudad desde Quitumbe hasta el norte en el Labrador. El viaje en tren dura tan solo 34 minutos a una velocidad comercial de 38 kilómetros por hora. Es el sistema subterráneo de transporte más alto del mundo, ubicado a más de 2850 metros sobre el nivel del mar.

Este metro cuenta con 18 trenes, cada uno con seis vagones de 109 metros de longitud, y tiene una capacidad para transportar aproximadamente 1230 personas por tren, lo que es cinco veces más que la capacidad de un biarticulado.

A lo largo del recorrido, se encuentran 15 estaciones, 30 puntos de salida de emergencia, 474 cámaras de videovigilancia, 1334 altavoces, 246 interfonos y sistemas de control. En cuanto a la fase de introducción a la ciudadanía, se han registrado los siguientes datos: durante la etapa estática, que transcurrió del 22 de diciembre al 18 de enero de 2023, se han contabilizado 54,065 usuarios, mientras que, en la fase dinámica, que abarcó del 19 de enero al 20 de febrero de 2023, se han registrado 55,498 usuarios [19].

El Metro de Quito está equipado con un sistema de telecomunicación integrado llamado TETRA **Figura 3.7**, o Trans European Trunked Radio, que es un estándar de comunicación de voz y datos desarrollado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones. En el Metro de Quito, esta red se integra con el Puesto de Control Central, las estaciones,

el túnel y los trenes, utilizando fibra óptica, cable radiante y radiofrecuencia para garantizar la redundancia en caso de fallos en alguno de los sistemas, permitiendo una comunicación eficiente y segura en el sistema de transporte. TETRA cumple con estándares internacionales y permite la atención de incidentes y emergencias en tiempo real en coordinación con organismos de seguridad como el ECU 911, el servicio Nacional de Gestión de Riesgos, la Policía Nacional, y otros [20].



Figura 3.7 Sistema de Telecomunicación Integrado [20].

Para el período comprendido entre 2022 a 2042, el Municipio de Quito se ha delimitado una serie de objetivos fundamentales que buscan no solo mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, sino también abordar cuestiones críticas de sostenibilidad y cambio climático. Estos objetivos representan un compromiso claro hacia un futuro más sostenible y resiliente en lo que respecta al transporte en la ciudad [21].

El primer objetivo clave es la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el sector transporte. Esto refleja la urgencia de reducir la huella de carbono y abordar el cambio climático. Al mismo tiempo, se plantea la implementación de acciones

de adaptación que permitan al sistema de transporte en el DMQ volverse más resiliente frente a los impactos del cambio climático, como inundaciones y eventos climáticos extremos.

El segundo objetivo esencial se centra en la articulación del sistema de movilidad con el territorio y el patrimonio de la ciudad. Esto implica la creación de espacios que involucren activamente a la comunidad a través de modelos de participación ciudadana. Esta participación busca generar una mayor apropiación de la movilidad por parte de los ciudadanos y, al mismo tiempo, preservar y promover el patrimonio cultural y arquitectónico de la ciudad.

El tercer objetivo se dirige hacia la gestión de la movilidad con un enfoque en la protección de la vida. Esto implica reconocer las diversas necesidades de los habitantes del DMQ, abordando de manera inclusiva los retos que enfrenta la población en términos de transporte y accesibilidad.

El cuarto objetivo se centra en la promoción de un sistema de transporte público de calidad. Este sistema se enfocará en mejorar la experiencia del usuario, priorizando modos de transporte con tecnologías de cero o bajas emisiones. Además, se buscará garantizar que la infraestructura de transporte sea resiliente y sostenible a largo plazo, promoviendo así una movilidad más amigable con el medio ambiente.

El quinto y último objetivo es lograr un sistema integrado de movilidad basado en la multimodalidad. Esto significa garantizar el acceso a los servicios de la ciudad en el menor tiempo posible y optimizando el uso del espacio. La integración de diferentes modos de transporte facilitará la movilidad de los ciudadanos y contribuirá a la eficiencia del sistema de transporte en su conjunto.

En conjunto, estos objetivos representan un enfoque integral y ambicioso para abordar los desafíos de movilidad en el DMQ en las próximas décadas. Además, demuestran el compromiso de la ciudad con la sostenibilidad, la resiliencia y la mejora de la calidad de vida de sus habitantes a través de un sistema de transporte más eficiente y equitativo.

3.1.2. Internet Inalámbrico

Según el MDMQ el proceso de implementación de 1500 puntos wifis públicos en parques, plazas y áreas cercanas a las instituciones educativas se ha llevado a cabo en tres fases distintas. La fase 1 y 2 de este proyecto ya se ha concluido en el mes de agosto y se encuentran en funcionamiento 1.000 puntos de acceso WiFi para el público. La fase 3 del

proyecto se llevará a cabo durante el año 2024, con la instalación de los restantes 500 puntos de acceso.

Este proyecto impulsará la conectividad y la revolución digital en el DMQ, poniendo a disposición a más de 200.000 ciudadanos la posibilidad de acceder a internet de forma gratuita. Esto se traducirá en una experiencia de navegación segura y de alta calidad, que permitirá a las personas satisfacer sus necesidades de comunicación.

Este avance permitirá a los ciudadanos acceder a más de 160 servicios en línea ofrecidos por el Municipio, brindando un acceso más amplio y conveniente a los recursos digitales. Con estas acciones, se promueve un importante salto en la conectividad y se fomenta la participación de la comunidad en la era digital [22].

3.1.3. Servicio de telefonía móvil

En el DMQ el número de radio bases activas por tipo de tecnologías y por operadora hasta agosto del 2023 es de 4546, se puede apreciar en la **Tabla 3.7**. Estas radios bases se encuentran ubicadas en las diferentes parroquias urbanas y rurales del DMQ.

ARCOTEL ha presentado unas estadísticas que ofrecen una visión detallada de la cantidad de estaciones de transmisión y recepción en una banda de frecuencia específica, como GSM 850, GSM 1900, UMTS 850, UMTS 1900, LTE700, LTE 850, LTE 1700 y LTE 1900. Es importante destacar que estas cifras no reflejan la cantidad de radio bases en una tecnología específica definida como 2G o 3G, ya que estas tecnologías pueden abarcar varias bandas [23].

Para ilustrar, en el caso de contar con dos equipos de transmisión y recepción operando en las bandas de 850MHz y 1900MHz, se registra como la presencia de 2 radio base. Esto es independiente de que ambos equipos de tx-rx estén ubicados en una misma torre. Es decir, la recopilación de datos se centra en la cantidad de estaciones en cada banda de frecuencia, sin distinguir la tecnología específica (2G o 3G) que pueda agrupar estas bandas. Esta perspectiva proporciona una imagen detallada de la infraestructura de telecomunicaciones en términos de frecuencias utilizadas, facilitando un análisis más preciso de la distribución y densidad de estaciones en el espectro electromagnético.

Una radio base se define como una instalación estacionaria compuesta por una o varias antenas de recepción y transmisión, una antena parabólica y circuitos electrónicos, diseñada para gestionar el tráfico en redes celulares. Su función principal radica en actuar como intermediario entre todos los dispositivos móviles de una determinada celda, facilitando la conexión de llamadas móviles con el centro de conmutación móvil [24].

Tabla 3.7 Servicio móvil avanzado.

SERVICIO MOVIL AVANZADO														Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones						
Número mensual de radiobases por tecnología, por cantón y por operador																				
Fuente: Registros administrativos ARCTEL																				
Fecha de publicación: Septiembre 2023																				
Fecha de Corte: Agosto 2023																				
PROVINCIA	CANTON	PARRROQUIA	CODIGO DPA	ago-23									CNT E.P							
				CONECEL S.A						OTECEL S.A										
				GSM 850	GSM 1900	UMTS 850	UMTS 1900	LTE 850	LTE 1900	LTE 1900	GSM 850	GSM 1900	UMTS 850	UMTS 1900	LTE 850	LTE 1900	UMTS 1900	LTE 1700	LTE 1700	LTE 1900
PICHINCHA	QUITO	ALANGASI	170151	3	0	5	0	0	5	5	4	0	8	0	0	8	8	5	4	1
PICHINCHA	QUITO	AMAGUANA	170152	2	0	4	0	0	4	4	2	0	4	0	0	3	2	2	0	1
PICHINCHA	QUITO	ATAHUJALPA (HABASPAMBA)	170153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
PICHINCHA	QUITO	CALACALI	170154	2	0	2	1	0	2	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
PICHINCHA	QUITO	CALDERON (CARAPUNGO)	170155	17	0	30	2	0	30	29	10	0	32	0	0	30	15	10	5	2
PICHINCHA	QUITO	CHAVEZPAMBA	170156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PICHINCHA	QUITO	CHECA (CHILPA)	170159	1	0	1	0	0	1	1	1	0	2	0	0	2	2	1	0	0
PICHINCHA	QUITO	CONOCOTO	170156	12	0	19	0	0	19	19	6	0	21	0	0	21	17	9	10	1
PICHINCHA	QUITO	CUMBAYA	170157	16	0	22	1	0	22	21	7	0	29	0	0	29	14	3	12	0
PICHINCHA	QUITO	EL QUINCHE	170160	3	0	4	0	0	4	4	3	0	3	0	0	3	2	2	0	0
PICHINCHA	QUITO	GUALEA	170161	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
PICHINCHA	QUITO	GUANGOPOLO	170162	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
PICHINCHA	QUITO	GUAYLLABAMBA	170163	4	0	5	1	0	7	3	3	0	4	0	0	2	2	1	0	0
PICHINCHA	QUITO	LA MERCED	170164	2	0	2	0	0	2	2	1	0	2	0	0	2	1	1	0	0
PICHINCHA	QUITO	LLANO CHICO	170165	1	0	3	0	0	3	3	0	0	1	0	0	1	2	2	0	0
PICHINCHA	QUITO	LLOA	170166	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
PICHINCHA	QUITO	NANEGAL	170168	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
PICHINCHA	QUITO	NANEGALITO	170169	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
PICHINCHA	QUITO	NAYON	170170	4	0	8	1	0	9	8	2	0	7	0	0	7	7	2	0	0
PICHINCHA	QUITO	NONO	170171	1	0	2	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0
PICHINCHA	QUITO	PACTO	170172	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
PICHINCHA	QUITO	PERUCHO	170174	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
PICHINCHA	QUITO	PIFO	170175	3	0	6	1	0	6	2	4	0	8	0	0	8	5	4	1	0
PICHINCHA	QUITO	PINTAG	170176	1	0	2	0	0	2	2	2	0	1	0	0	1	2	1	0	0
PICHINCHA	QUITO	POMASQUI	170177	3	0	7	0	0	7	7	4	0	7	0	0	7	4	4	4	0
PICHINCHA	QUITO	PUELLARO	170178	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
PICHINCHA	QUITO	PUEMBO	170179	2	0	6	1	0	7	5	3	0	9	0	0	9	5	2	1	0
PICHINCHA	QUITO	QUITO	170150	297	0	413	11	0	401	382	118	0	460	4	0	441	332	114	236	6
PICHINCHA	QUITO	SAN ANTONIO	170180	3	0	6	0	0	6	6	1	0	5	0	0	5	4	2	3	0
PICHINCHA	QUITO	SAN JOSE DE MINAS	170181	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	2	1	0	0
PICHINCHA	QUITO	TABARBA	170183	4	0	8	1	0	7	4	3	0	7	0	0	7	4	1	2	0
PICHINCHA	QUITO	TUMBADO	170184	10	0	19	1	0	20	16	6	0	21	0	0	21	12	5	7	0
PICHINCHA	QUITO	YARQUI	170185	5	0	7	0	0	7	5	2	0	5	0	0	5	3	0	0	0
PICHINCHA	QUITO	ZAMBIZA	170186	1	0	1	0	0	1	1	1	0	2	0	0	2	2	0	0	0

La recopilación de datos sobre el nivel de madurez de Ciudades Inteligentes y sostenibles corresponde al año 2022. Desde el año 2020, el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información ha llevado a cabo una evaluación continua, monitoreando y evaluando dicho nivel mediante la realización de una encuesta específica y la aplicación precisa de indicadores clave de rendimiento (KPI).

La metodología empleada para esta evaluación se adhiere a las normas definidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), específicamente a las normas UIT-T Y.4903 y UIT-T.4904. Estas normas son un marco de referencia internacional ampliamente reconocido que proporciona una guía sólida y uniforme para la evaluación de las Ciudades Inteligentes y Sostenibles en todo el mundo [25].

El proceso de recopilación de datos, la aplicación de la encuesta y el seguimiento de los KPI se realizan de manera bianual, lo que permite un análisis a largo plazo de la evolución de las ciudades en su camino hacia la sostenibilidad y la inteligencia. Estos esfuerzos conjuntos contribuyen significativamente al desarrollo de políticas, estrategias y decisiones informadas que buscan mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, promover la eficiencia de los servicios públicos y avanzar hacia un futuro más sostenible y tecnológicamente avanzado.

3.1.4. Internet en los hogares

De acuerdo con el informe proporcionado por el MINTEL (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información), se ha observado que, en el año 2022, el porcentaje de hogares dentro del cantón Quito con acceso al servicio de internet alcanza un impresionante 93.55%. Este dato es revelador y demuestra el progreso significativo que ha tenido lugar en términos de conectividad en la capital ecuatoriana.

La **Figura 3.8** muestra el porcentaje del servicio de internet dentro del cantón Quito, esta figura se realizó con los datos proporcionados en los archivos del MINTEL [25]

Tabla 3.8 Porcentaje de hogares con acceso a Internet.

Nivel de madurez de Ciudades Inteligentes y Sostenibles	datos
Porcentaje de hogares con acceso a internet. Acceso a Internet en hogares	0,9355

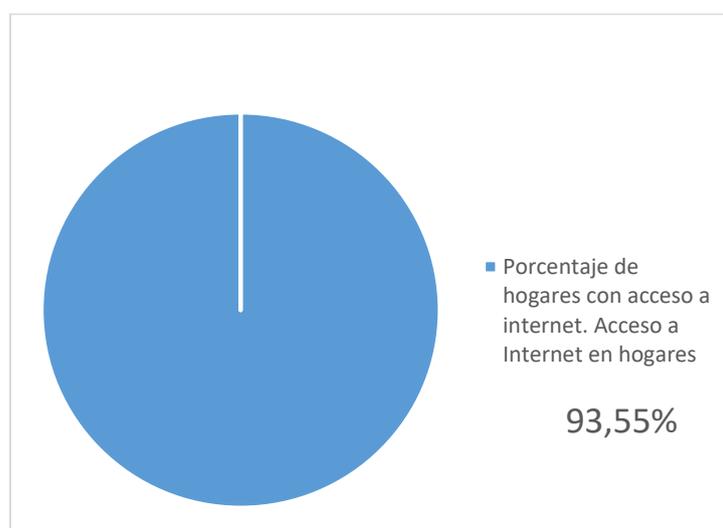


Figura 3.8 Porcentaje de hogares con acceso a Internet.

Los KPIs, que se establecieron el 23 de marzo de 2023, son una herramienta fundamental para medir y evaluar el alcance y la calidad de la conectividad en la ciudad. Estos indicadores permiten una evaluación continua y proporcionan una base sólida para la toma de decisiones informadas.

Este alto porcentaje de hogares con acceso a Internet en Quito es un indicador de una ciudad que se mueve hacia la vanguardia de la conectividad y la tecnología. Este avance tiene un impacto positivo en la vida cotidiana de los ciudadanos, ya que les brinda la posibilidad de acceder a información, servicios en línea y oportunidades educativas, contribuyendo así al desarrollo económico y social de la ciudad. En la **Figura 3.9**, se

observa un aumento constante anual en las suscripciones de servicios de internet fijo y móvil. El porcentaje presentado en el gráfico refleja la proporción de cuentas de internet fijo y móvil por cada 100 habitantes.

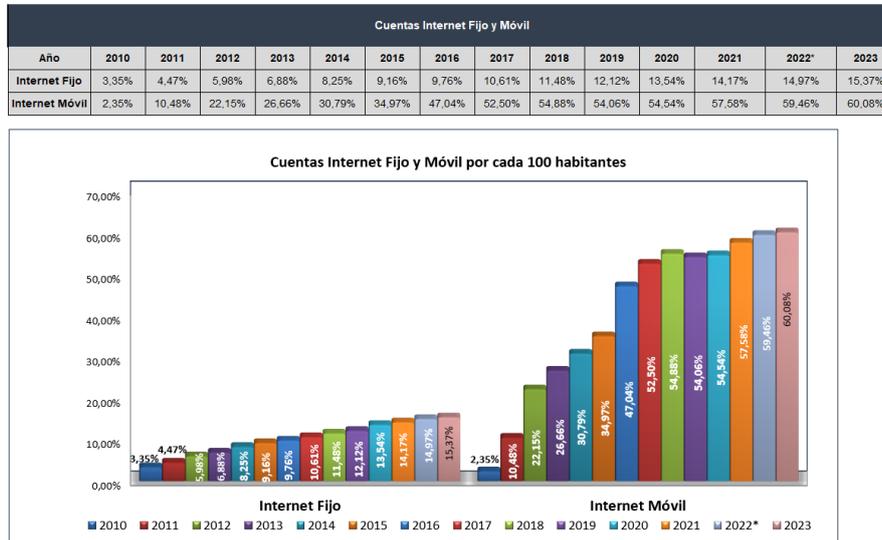


Figura 3.9 Cuentas de internet fijo y móvil [26].

3.2. Discusión

En base al Rediseño de la Arquitectura Conceptual y dado el análisis de la situación actual de Quito, se ha desarrollado una tabla de semaforización [17]. La elección de implementar esta teoría se fundamenta en su demostrada eficacia para evaluar el rendimiento y el estado de diversas capas en el contexto de los niveles de los niveles de una Smart City. Se emplearán colores de semáforo, representados por rojo, amarillo y verde, para indicar el grado de cumplimiento de determinados parámetros en cada capa. Esta tabla establece rangos de porcentajes que reflejan distintos niveles de cumplimiento para diversos parámetros clave como: la cantidad de puntos de acceso a wifi público, la disponibilidad de internet en hogares, el acceso a servicios en línea, la disponibilidad de información, el empleo de energías renovables y la adopción de tecnologías de ahorro de energía, entre otros. En la **Tabla 3.9**, se proporciona una guía clara para la evaluación de la ciudad en su camino hacia la implementación de soluciones inteligentes y sostenibles.

Tabla 3.9 Rango de porcentajes.

Criterio	Resultado	Semaforización
Bajo cumplimiento	Rojo: 0-49%	
Cumplimiento moderado	Amarillo: 50-74%	
Alto cumplimiento	Verde: 75-100%	

El Intel ha suministrado información detallada sobre los Indicadores Clave de Rendimiento, de los diversos servicios actualmente implementados y operativos en el DMQ. La **Tabla 3.10** presenta los parámetros y porcentajes correspondientes a la ejecución de cada uno de estos servicios, proporcionando una visión integral de su desempeño.

Tabla 3.10 Servicios Smart City en el DMQ en porcentajes [17].

Proyectos Smart City en el DMQ			
Capas	Niveles de madurez Ciudades Inteligentes	Actual	Porcentaje
Capa de interconexión	Números de puntos de acceso wifi público.	0,67	33%
	Porcentaje de hogares con acceso a internet.	0,94	94%
Capa de Servicios	Porcentaje de implementación de medidores de agua inteligentes. Medidores de agua inteligentes.	0,00	0%
	Porcentaje del sistema de distribución de agua monitoreado por las TIC. Monitoreo TIC de Abastecimiento de agua.	0,43	43,00%
	Porcentaje del sistema de drenaje / aguas pluviales monitoreado por TIC. Monitoreo de TIC de Sistema de drenaje / aguas pluviales.	0,00	0,00%
	Porcentaje de implementación de contadores de electricidad inteligentes. Medidores de electricidad inteligentes.	0,00	0,00%
	Porcentaje de paradas de transporte público urbano para las cuales la información del viajero está disponible dinámicamente para el público en tiempo real. Información dinámica de transporte público.	0,00	0,00%

Porcentaje de calles principales monitoreadas por las TIC. Monitoreo de tráfico.	0,00	0,00%
Porcentaje de intersecciones viales que usan control de tráfico adaptativo o medidas de priorización. Control de intersección.	0,69	69,49%
Porcentaje de pérdida de agua en el sistema de distribución de agua. Pérdida de suministro de agua.	0,32	31,66%
Porcentaje de hogares atendidos por la recolección de aguas residuales. Recolección de aguas residuales.	0,03	3,38%
Porcentaje de hogares con acceso a servicios básicos de saneamiento. Saneamiento del hogar.	0,94	93,73%
Porcentaje de estudiantes con acceso al aula a instalaciones de TIC.	0,65	0,65
Uso de energías renovables.	0	0
Tecnologías de ahorro de energías.	0	0
Porcentaje de hogares con recolección regular de residuos sólidos. Recolección de Residuos Sólidos.	0,98	98,16%
Porcentaje de vehículos de pasajeros con bajas emisiones de carbono. Vehículos de pasajeros con bajas emisiones de carbono.	0,01	1,11%
	0,97	97,11%

	Se debe informar el porcentaje de residuos sólidos tratados de las siguientes maneras:	#N/A	#N/A
	a) dispuestos en rellenos sanitarios;	0,0002	0,02%
	b) quemado en un área abierta;	#N/A	#N/A
	c) incinerado;	0,0017	0,17%
	d) dispuesto en un vertedero abierto;	#N/A	#N/A
	e) reciclado; y		
	f) otro (con respecto a la cantidad total de residuos sólidos producidos).		
	Porcentaje de sitios de antenas de redes móviles que cumplen con las directrices de exposición EMF (Campos Electromagnéticos).	1	1
Porcentaje de habitantes con accesibilidad a zonas verdes.	0,77	76,52%	
Porcentaje del área de la ciudad protegida como sitio natural.	0,42	41,75%	
Porcentaje de la población de la ciudad que tiene acceso conveniente (a menos de 0,5 km) al transporte público. Conveniencia de la red de transporte público.	0,90	90,00%	
El porcentaje de personas que utilizan diversas formas de transporte para viajar al trabajo. Modo de transporte compartido.	0,40	39,50%	
Capa de Interoperabilidad	Porcentaje y número de conjuntos de datos abiertos inventariados que se publican. Datos abiertos	0,81	81,25%

	Porcentaje de hogares con acceso a un suministro básico de agua. Suministro de Agua Básico.	0,98	98,26%
	Porcentaje de hogares con un servicio de agua potable gestionado de forma segura. Suministro de agua potable.	1,00	100,00%

En el marco de los proyectos llevados a cabo en el DMQ, hay servicios cuyos valores no se pueden entender en la tabla de semaforización, dado que los datos proporcionados en el KPI del Mintel son valores absolutos. Estos servicios se detallan en la **Tabla 3.11**.

Tabla 3.11 Servicios Smart City en el DMQ en valores absolutos.

Capas	Niveles de madurez Ciudades Inteligentes	Valor absoluto
Capa de Interconexión	Radio bases, servicio móvil	4546 unidades
Capa de Servicio	Área verde por cada 100,000 habitantes.	108,67 m ²
	Índice de calidad del aire (AQI) basado en el valor informado para: Partículas (PM10 y PM2.5); NO2 (dióxido de nitrógeno); SO2 (dióxido de azufre); y O3 (ozono).	PM10: 73 ug/m3 (IQCA: 73) PM2.5: 23ug/m3 (IQCA: 56) NO2: 79,45 ug/m3 (IQCA: 39,75) SO2: 9,7 ug/m3(IQCA: 7,76) O3: 22,6 ug/m3 (IQCA: 22,6)
	Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) per cápita.	2,98
	Área de instalaciones recreativas públicas totales por 100,000 habitantes.	996.191,33 m ²
	Longitud de ciclovías y carriles por 100.000 habitantes. Red de bicicletas	4,42 m.
	Número de bicicletas compartidas por cada 100.000 habitantes. Bicicletas compartidas	2,55

Capa de Interoperabilidad	Número de servicios públicos prestados por medios electrónicos. Gobierno electrónico	251,00
----------------------------------	--	--------

El Municipio de Quito ha logrado avances cortos en el desarrollo de los servicios Smart City en el DMQ, los porcentajes de cumplimiento en aspectos fundamentales como conectividad, servicios básicos, calidad ambiental y sostenibilidad son actualmente bajos. En específico, se observan desafíos significativos en la implementación de tecnologías inteligentes para la gestión del agua y la movilidad. En estos servicios, queda mucho por hacer, y es necesario un mayor desarrollo y atención por parte de las entidades gubernamentales.

En la Capa de Interconexión: El porcentaje de hogares con acceso a internet es considerablemente alto, alcanzando el 94%, lo que indica una buena conectividad en la ciudad. Por otro lado, la presencia de puntos de acceso wifi público se sitúa en un nivel moderado, llegando al 67% [17], lo que indica un desarrollo en curso de la infraestructura de red pública. En cuanto a las radios bases, instaladas en el DMQ y distribuidas en diversas tecnologías y operadoras en una banda de frecuencia específica (GSM 850, GSM 1900, UMTS 850, UMTS 1900, LTE700, LTE 850, LTE 1700, LTE 1900), el total asciende a 4546 unidades.

Los servicios tales como el kit de desarrollo, seguridad, protocolos de abstracción semántica, adaptadores de protocolos, notificaciones, adaptadores adicionales, Protocolos de conexión y dispositivos IoT no han sido implementados en la capa de interconexión, según lo evidenciado en el indicador KPI del Mintel.

En la Capa de Servicios: La implementación de medidores de agua inteligentes, contadores de electricidad inteligentes y monitoreo de drenaje/aguas pluviales está en una fase inicial 0% en estos casos. También existe un buen porcentaje de información dinámica de transporte público llegando a un nivel moderado de un 69%, en aspectos del monitoreo de tráfico y control de intersección. La recolección de aguas residuales, servicios básicos de saneamiento y recolección regular de residuos sólidos tienen bajo porcentajes de un 3%. La ciudad tiene una cantidad significativa de áreas verdes por cada 100,000 habitantes. El porcentaje de vehículos de pasajeros con bajas emisiones de carbono es bajo llegando al 1.11%.

La calidad del aire en el DMQ se mide a través de los valores específicos para PM10, PM2.5, NO2, SO2 y O3. En general, la calidad del aire parece ser moderada, con valores en rangos aceptables según el Índice de Calidad del Aire.

Las emisiones de gases de efecto invernadero per cápita son relativamente bajas 2.98, el porcentaje de residuos sólidos tratados es alto llegando al 98 %, el porcentaje de la población con acceso conveniente al transporte público es alto en este caso 90% [17]. El modo de transporte compartido y la red de bicicletas tienen porcentajes moderados.

En la capa de servicios, aún falta implementar servicios cruciales como sala de emergencias, turismo y administración local, eficiencia energética, tráfico los cuales actualmente se encuentran ausentes en este nivel de funcionalidad.

En la Capa de Interoperabilidad: La ciudad tiene un buen rendimiento en términos de datos abiertos alcanzando a un notable 81.25% [17]. El gobierno electrónico es ampliamente adoptado con 251 servicios públicos prestados por medios electrónicos.

En la actualidad, la **Capa de Interoperabilidad** carece de la implementación de servicios esenciales, entre los cuales se incluyen el kit de desarrollo, políticas de seguridad, API y servicios de desarrollo. Esta falta de implementación ha sido identificada a través de datos recopilados por el Mintel, resaltando la necesidad de avanzar en la incorporación de estos servicios para fortalecer la infraestructura tecnológica y promover una interoperabilidad eficiente.

Estos indicadores y porcentajes en los diversos servicios ofrecidos en el DMQ reflejan el compromiso de las entidades gubernamentales para orientar a Quito hacia el desarrollo de una ciudad inteligente.

En la Capa de Soporte: Los servicios que comprende esta capa como son: Logeo, agenda, control de plataforma, configuración de repositorio, monitorización, conectores, configuraciones, auditorías, gestión y respaldos, lamentablemente se encuentran ausentes en los proyectos del DMQ, según muestra el KPI del Mintel. Estos servicios garantizarían el correcto funcionamiento y la eficiencia de los diversos sistemas de la Arquitectura Conceptual.

Capa de Conocimiento: Los servicios que integran la capa de conocimiento en el contexto de las Ciudades Inteligentes revisten una importancia crucial. A través de estos servicios, se lleva a cabo la recopilación, análisis y aprovechamiento de datos, permitiendo así obtener una comprensión profunda de la ciudad y perfeccionar su funcionamiento mediante la toma de decisiones fundamentadas y la implementación de soluciones inteligentes. Los

servicios que abarca la capa de conocimiento incluyen, entre otros: analítica de datos, procesamiento de datos, generación de información, datos en tiempo real, repositorio GIS, tratamiento analítico (GIS, BI Engine), tratamiento por lotes (ETL, Machine Learning), tratamiento en tiempo real con motor CEP, motor de reglas, repositorio histórico, repositorio en tiempo real, seguridad y semántica de la ciudad. La ausencia de estos servicios en los proyectos del DMQ impide la disponibilidad de información específica para la toma de decisiones.

Capa de Captación de Datos: Esta capa implica la infraestructura física y los dispositivos que desempeñan un papel fundamental en la recepción de datos. Incluye equipos como redes de sensores, dispositivos wearables, etiquetas RFID y smartphones. Además, diversas fuentes de captación de datos contribuyen a esta capa, como las redes sociales, los ciudadanos, el gobierno, las empresas y las entidades interesadas en impulsar la evolución de una ciudad tradicional hacia una ciudad inteligente. A través de estos dispositivos y entidades, se puede recopilar una gran cantidad de información valiosa que resulta fundamental para la toma de decisiones y para la mejora continua de los diversos servicios que conforman la Arquitectura Conceptual.

Seguridad: En lo que respecta a la seguridad, el Rediseño de la Arquitectura Conceptual se centra en un punto de protección entre capas. En controlar la seguridad basado en roles de usuario, donde la arquitectura debe proteger la autenticación y autorización. Se ejerce control sobre el acceso a las plataformas y a todos los elementos a los que se accede a través de ella, incluyendo sensores, SCADAs, centros de control, bases de datos y aplicaciones, deberá asegurar la transmisión y recepción de datos entre la plataforma y los dispositivos que están conectados. Es crucial asegurar la confidencialidad de la comunicación en cada una de las capas, así como garantizar el acceso seguro a los datos, cumplir con las políticas de seguridad y emplear mecanismos de autenticación. Estos niveles de seguridad deben integrarse de manera general en cada uno de los servicios que conforman el rediseño de la arquitectura conceptual.

En última instancia, en el caso de Quito, la seguridad no se mantiene de manera efectiva entre las distintas entidades. Aunque ha habido mejoras notables en la seguridad privada, aún persisten desafíos en la coordinación y colaboración entre entidades en este ámbito.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Con la revisión de las normativas: “**UNE 178104: Sistemas Integrales de Gestión de la Ciudad Inteligente, Requisitos de interoperabilidad para una Plataforma de Ciudad Inteligente**”, “**UNE 178108: Ciudades Inteligentes Requisitos de los edificios inteligentes para su consideración como nodo IoT**” y “**UNE 178109: Ciudades Inteligentes Estación inteligentes y conexión con la plataforma de ciudad inteligente**”.

En el caso de la ciudad de Quito a través de la información proporcionada por el Mintel, se analizó que se encuentran funcionando varios de los servicios de las tres capas del **Rediseño de la Arquitectura Conceptual**. Estas capas son: **la Capa de Interconexión, la Capa de Servicios y Capa de Interoperabilidad**, así mismo es necesario aclarar que no se han aplicado todos los servicios en su totalidad de estas tres capas mencionadas. Por lo que, faltaría incluir los servicios de las dos capas restantes, como son: **la Capa de soporte y la Capa de conocimiento**.

- Mediante la exploración de la metodología planteada por Vargas y la revisión de las normas españolas. Se pudo establecer que, varios de los servicios que exigen las normas españolas para que una ciudad tradicional de encamine a una ciudad inteligente, se encontraban ausentes. Por lo que estas fueron incluidas a la arquitectura conceptual de Vargas y se expandió hacia el **Rediseño de la Arquitectura Conceptual**. La inclusión de estos servicios en el rediseño ha generado una arquitectura conceptual más robusta y confiable.
- La implementación de estos estándares no solo ha llenado los vacíos identificados, sino que también ha contribuido a establecer un marco sólido para el desarrollo futuro y la implementación exitosa de soluciones inteligentes en el entorno urbano.
- La transformación de una ciudad tradicional hacia un modelo más inteligente implica la implementación de diversas Tecnologías de la Información y Comunicación. A continuación, se describen algunas tecnologías que podrían estar disponibles en la ciudad de Quito y que además podrían ser implementadas en otras ciudades. Para avanzar hacia el concepto de ciudad inteligente, estas tecnologías son: Conectividad de Banda Ancha, sensores y dispositivos, plataformas de datos abiertos, aplicaciones móviles para ciudadanos, cámaras de vigilancia y seguridad ciudadana, servicios gubernamentales en línea. Permitiendo a los ciudadanos realizar trámites y obtener información de manera efectiva, plataforma de educación en línea, etc.

En la evaluación de la situación actual de la ciudad de Quito, se destaca la presencia de proyectos futuros que buscan dirigirla hacia una ciudad inteligente. Los servicios Smart City ya implementados en la ciudad de Quito aunque son muy bajos, constituyen un indicio prometedor de la capacidad de la ciudad para transformarse en un entorno inteligente. Esto será posible con el compromiso de los líderes gubernamentales y una gestión efectiva, es digno anticipar que Quito no solo aspira, sino que está encaminada a convertirse en una ciudad inteligente. Este progreso no solo refleja la voluntad de adaptarse a las innovaciones tecnológicas, sino también subraya la importancia de una administración eficiente en la materialización de este ambicioso objetivo para el bienestar y el desarrollo sostenible de la ciudad. Y que además puede ser un modelo de referencia para otras ciudades del Ecuador.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda la implementación rigurosa de los servicios resultantes del rediseño de la arquitectura conceptual, dado que las Normas Españolas UNE 17108, UNE 178109 y UNE 178104 proporcionan una alineación robusta con estándares reconocidos. Este enfoque contribuirá significativamente a la eficiencia, sostenibilidad y orientación centrada en los ciudadanos. No solo abordará las carencias identificadas, sino que también establecerá un marco sólido para el desarrollo futuro y la exitosa implementación de soluciones inteligentes en entornos urbanos.
- Se sugiere otorgar prioridad a los proyectos que involucren la ejecución de los servicios de las capas de soporte y conocimiento derivados del rediseño de la Arquitectura Conceptual de la Smart City, que hacen referencias a la implementación de Soluciones Inteligentes y captación de datos para optimizar procesos, mejorar la eficiencia y contribuir al desarrollo sostenible y resiliente de la ciudad.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. Vargas., *"Propuesta Metodológica para la Migración de una Ciudad Tradicional a una Ciudad Inteligente"*, Quito, 2018.
- [2] M. Bouskela., M. Casseb., S. Bassi., C. Luca. y M. Facchina., «La ruta hacia las Smart Cities Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente,» 2016. [En línea]. Available: <https://n9.cl/klh69>.
- [3] MDMQ, «Quito informa,» 14 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://n9.cl/yseo1>.
- [4] N. Española, *"Sistemas Integrales de Gestión de la Ciudad Inteligente, Requisitos de interoperabilidad para una Plataforma de Ciudad Inteligente"*, Madrid- España, 2017.
- [5] N. Española, *"Ciudades Inteligentes, Requisitos de los edificios inteligentes para su consideración como nodo IoT según la Norma UNE 178104"*, España, 2017.
- [6] N. Española, *"Ciudades Inteligentes Estación inteligente y conexión con la plataforma de ciudad inteligente"*, Madrid-España, 2018.
- [7] COINS, «COINS,» [En línea]. Available: <http://www.coinsweb.nl/>.
- [8] R. Jimbo, M. Jimbo. y A. Aguila., «"DMQ Quito-Ecuador-Smart City para el 2022",» *Fundación Dialnet*, p. pp.14, 2017.
- [9] AENOR, «"AENOR",» enero 2018. [En línea]. Available: <https://portal.aenormas.aenor.com/revista/pdf/ene18/44ene18.pdf>.
- [10] A. E. d. N. Certificación, «"Estándares en apoyo del BIM",» 2016.
- [11] C. Ortega., «QuestionPro,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/gbx4e>. [Último acceso: junio 2023].
- [12] P. UNAM, «"UNAM",» [En línea]. Available: http://profesores.fib.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/Metodologia_de_la_Inv.pdf. [Último acceso: junio 2023].
- [13] E. Construyendo, *"Conoce algunos de los edificios inteligentes más representativos de Ecuador"*, Guayaquil, 2023.
- [14] S. Technology, «Caso de éxito Produbanco Sistema de Automatización BMS edificio Ekopark torre 2,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/5bmg9>.
- [15] E. N. Sostenible, «Elements,» junio 2023. [En línea]. Available: <https://n9.cl/nhfvp>.
- [16] MINTEL, «Medición de nivel de madurez de Ciudades Inteligentes y sostenibles del Ecuador,» Quito, 2022.

- [17] MINTEL, «"Medición de nivel de madurez de Ciudades Inteligentes y sostenibles del Ecuador",» 2022.
- [18] M. d. D. M. d. Quito, «Quito Honesto,» Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.quitohonesto.gob.ec/images/biblioteca/RDC-CMLCC-2022/PMDOT-2021-2033.pdf>.
- [19] M. d. Quito, "*Metro de Quito, ingeniería que rompe records: el transporte subterráneo más alto del mundo*", Quito, 2023.
- [20] M. d. Quito, "*Metro de Quito*", Quito, 2023.
- [21] S. d. Movilidad, "*Plan Maestro de Movilidad Sostenible DMQ 2022-2042*", Quito, 2023.
- [22] Q. Informa, "*Municipio instala internet gratis en 1500 puntos del Distrito Metropolitano*", Quito, 2023.
- [23] ARCOTEL, «"Lineas activas por tecnologías",» Septiembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.arcotel.gob.ec/lineas-activas/>.
- [24] T. Glossary, «"Telecommunications Glossary",» [En línea]. Available: <https://crtc.gc.ca/eng/dcs/glossary.htm>.
- [25] MINTEL, «"Catálogo de Datos",» 5 abril 2023. [En línea]. Available: <https://n9.cl/oxp92>.
- [26] ARCOTEL, «"Abonados y usuarios",» 2023. [En línea]. Available: <https://www.arcotel.gob.ec/abonados-y-usuarios/>.
- [27] INEC, «Tecnologías de la Información y Comunicación ENEMDU-TIC 2017,» Diciembre 2017. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2017/Tics%202017_270718.pdf. [Último acceso: 2 septiembre 2022].
- [28] G. Campozano, P. Pascual, A. Pisco, J. Gómez y L. Gutierrez, *Impacto de las Ciudades Inteligentes en el Ecuador*, Cuba: Serie Científica De La Universidad De Las Ciencias Informáticas, 2021.
- [29] A. Alsina, «IEBS,» 21 noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.iebschool.com/blog/que-es-schema-org-seo-sem/>.
- [30] H. M. Villafane, «Revistas UdeA,» 1997. [En línea]. Available: <https://revistas.udea.edu.co>.
- [31] ONSTI, «Interoperabilidad ciudades inteligentes,» junio 2016. [En línea]. Available: <https://www.ontsi.es/es/publicaciones/Desarrollo-de-Metodologia-y-Estudio-sobre-los-Niveles-de-Interoperabilidad-de-las>.

- [32] M. d. DMQ, «Servicio Municipal de Internet Público,» 2023. [En línea]. Available: https://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/quitoparticipa/puntos_wifi/mdmq_puntos_wifi/#. [Último acceso: octubre 2023].
- [33] F. Fuentes, «Arsys,» 05 06 2023. [En línea]. Available: <https://www.arsys.es/blog/mapreduce>.
- [34] E-ficiencia, «E-ficiencia,» mayo 2022. [En línea]. Available: <https://e-ficiencia.com/domotica-que-es-y-como-funciona/>.
- [35] D. Sistemas, «Domótica Sistemas,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/gvfkw3>.
- [36] Capterra, «Capterra,» [En línea]. Available: <https://www.capterra.es/glossary/601/semantic-data-model>.

