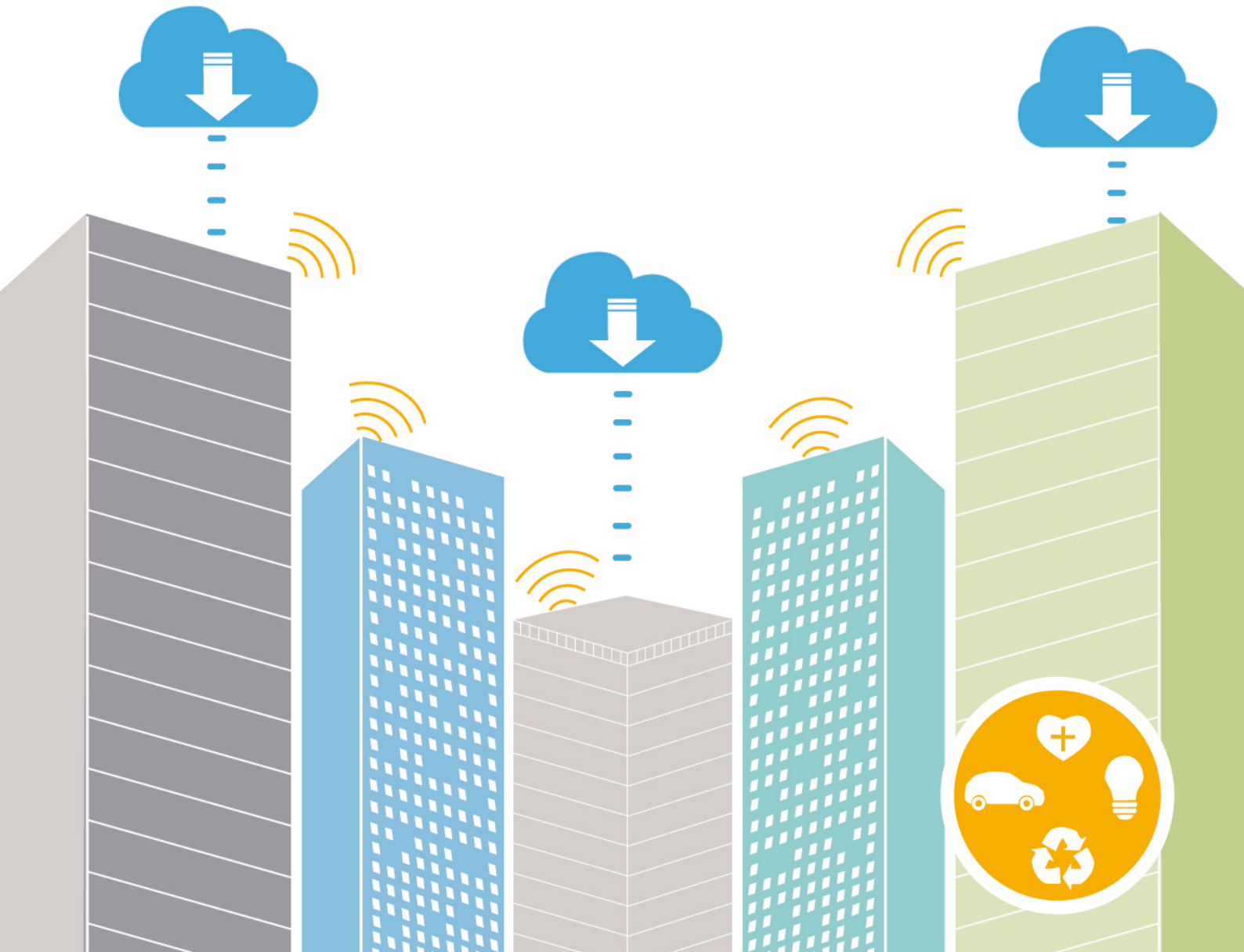


PLAN MAESTRO SOBRE NUEVAS TENDENCIAS Y DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA TIC QUE PROMUEVAN LA CONTRUCCIÓN DE CIUDADES INTELIGENTES



CIUDADES INTELIGENTES

Infraestructura Digital v.1.0

CONTENIDO

CIUDADES INTELIGENTES	3
INFRAESTRUCTURA DIGITAL V.1.0 CONTENIDO	3
LISTA DE FIGURAS	5
1. INTRODUCCIÓN	8
2. DEFINICIONES	10
2.1 CIUDADES INTELIGENTES:.....	10
2.2 STAKEHOLDERS	11
3. POLÍTICAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE CIUDADES INTELIGENTES.....	13
4. ENFOQUE DE LAS CIUDADES INTELIGENTES.....	16
5. ARQUITECTURA DIGITAL PARA CIUDADES INTELIGENTES.....	21
6. DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS TIC PARA CIUDADES INTELIGENTES. 26	
6.1 TECNOLOGÍAS IDENTIFICADAS PARA LA CAPA DE DETECCIÓN	26
6.2 TECNOLOGÍAS IDENTIFICADAS PARA LA CAPA DE RED.....	45
6.3 TECNOLOGÍAS IDENTIFICADAS PARA LA CAPA DE DATOS Y SOPORTE.....	58
7. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI) PARA CIUDADES INTELIGENTES	65
8. SERVICIOS PARA CIUDADES INTELIGENTES EN EL PERÚ	70
8.1 CENTRO DE OPERACIÓN INTEGRADO (COI).....	70
8.2 SERVICIO DE MONITOREO POR VIDEO (CCTV)	72
8.3 SERVICIO DE MONITOREO DE EMERGENCIA Y RESPUESTA.....	74
8.4 SERVICIO DE GESTIÓN DE TRÁFICO Y PARQUEO	76
8.5 DOMÓTICA.....	79
9. CONCLUSIONES.....	83
10. BIBLIOGRAFÍA	85
11. ANEXO DE NORMAS TÉCNICAS PARA EDIFICACIONES.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Stakeholders	12
Figura 2: Estrategias para implementar Ciudades Inteligentes.....	14
Figura 3: Marco de referencia para Ciudades Inteligentes.....	15
Figura 4: Centro de Operaciones Integrado	21
Figura 5: Arquitectura Digital de una Ciudad Inteligente – Perspectiva Multicapa TIC	22
Figura 6: Identificación de capas digitales de una Ciudad Inteligente.....	23
Figura 7: Infraestructura física existente.....	24
Figura 8: Núcleo Óptico y Tecnologías de Acceso para Ciudades Inteligentes.....	25
Figura 9: Sensores y Actuadores	28
Figura 10: Sensores para recolección de datos medioambientales.....	29
Figura 11: Sensores para redes de seguridad.....	30
Figura 12: Sensores de <i>tracking</i> para seguimiento de vehículos.....	31
Figura 13: Estándares de comunicación inalámbrica para Ciudades Inteligentes.....	33
Figura 14: Capas de ZigBee	34
Figura 15: Bandas para WiFi IEEE 802.11ah	35
Figura 16: Elementos de RFID.....	37
Figura 17: Componentes de los sistemas CCTV	39
Figura 18: Diseño de sistemas CCTV	40
Figura 19: Solución de video vigilancia para municipalidades	42
Figura 20: Monitoreo de redes eléctricas, agua, hidrocarburos mediante sistemas SCADA.....	45
Figura 21: Tipos de fibra óptica	46
Figura 22: Fibras para redes Metro y Acceso	46
Figura 23: Soluciones FTTx sobre redes PON.....	47
Figura 24: Segmentos de redes PON.....	48
Figura 25: Solución FTTB	49
Figura 26: Solución FTTA.....	50
Figura 27: Solución FTTH.....	51
Figura 28: Tipos de Small Cell.....	53

Figura 29: Comparativo Macro Cell vs Small Cell	54
Figura 30: Bandas de frecuencia experimentales para tecnología 5G.....	56
Figura 31: Tecnología 5G para Ciudades Inteligentes.....	57
Figura 32: Funcionalidades LTE y 5G.....	57
Figura 33: Representación de la definición de Cloud Computing	62
Figure 34: Modelo de virtualización.....	65
Figure 35: Dimensiones de evaluación de KPI para ciudades inteligentes	66
Figura 36: Diagrama comparativo de COI	70
Figura 37: Centro de Operaciones Integrado (COI)	71
Figura 38: Funciones del COI.....	72
Figura 39: Diagrama conceptual del servicio de monitoreo por video	73
Figura 40: Diagrama conceptual del servicio de monitoreo de emergencia y respuesta	74
Figura 41: Escenario de servicio del monitoreo de emergencia y respuesta	75
Figura 42: Diagrama conceptual del servicio de control de señales de tráfico en tiempo real.....	77
Figure 43: Diagrama conceptual del servicio de gestión de incidentes	77
Figura 44: Diagrama conceptual del servicio de información del transporte público	78
Figure 45: Escenario conceptual del servicio de gestión de tráfico y parqueo	78
Figura 46: Elementos domóticos.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Elementos de la red de sensores inalámbrica	27
Tabla 2: Campo de aplicación de los sensores.....	28
Tabla 3: Tipos de sensores básicos para Ciudades Inteligentes.....	32
Tabla 4: Clases de dispositivos Bluetooth.....	35
Tabla 5: Versiones de dispositivos Bluetooth	35
Tabla 6: Descripción de los elementos de RFID	37
Tabla 7: Aplicaciones de la tecnología RFID según la frecuencia de trabajo.....	38
Tabla 8: Subsistemas SCADA.....	44
Tabla 9: Distancias típicas de uso en fibras multimodo	47
Tabla 10: Tipos de fibra óptica en función a su lugar de instalación	51
Tabla 11: Mejoras del estándar LTE-A.....	55
Tabla 12: Resumen de la clasificación de Data Center.....	59
Tabla 13: Tipos de edificaciones para Data Center.....	60
Tabla 14: Modelos de provisión de servicios de Cloud Computing.....	62
Tabla 15: Modelos de implementación de Cloud Computing	63
Tabla 16: Dimensiones y Sub-dimensiones de KPI.....	66
Tabla 17: Detalle de KPI para Ciudades Inteligentes.....	67
Tabla 18: Definición de servicios de tráfico y gestión de parqueo.....	76
Tabla 19: Resumen de estándares para domótica	80

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo indicado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 2012, *“la mitad de la humanidad vive en ciudades y la población urbana ha aumentado desde los 750 millones de personas hasta los 3,600 millones en el 2011. Se estima que hacia el 2030 casi un 60% de la población mundial residirá en zonas urbanas. Este notable crecimiento conllevará a que, en los próximos años, las ciudades de todo el mundo deban estar preparadas para prestar servicios, fundamentalmente no administrativos, de manera sostenible”* (Plan Nacional de Ciudades Inteligentes, Agenda Digital para España, 2015, p.02).

En ese sentido, atender a las necesidades de agua potable, transporte, energía o aire limpio constituirá un reto de extraordinaria magnitud y una oportunidad para la industria. Así por ejemplo, teniendo una visión prospectiva, *“la construcción de Ciudades Inteligentes constituye un sector emergente en el marco de los objetivos de sostenibilidad de la Unión Europea para el 2020”* (Documento BOE-A-2015-8703, Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Gobierno de España, 2015, p.67119).

“Un número significativo de ciudades de todo el mundo ha ido adoptando las nuevas tecnologías para realizar una gestión más eficiente en la prestación de sus servicios públicos, la redefinición de los mismos o el replanteamiento de las relaciones con ciudadanos, turistas, empresas y proveedores” (Plan Nacional de Ciudades Inteligentes, Agenda Digital para España, 2015, p.02).

Del mismo modo, los organismos internacionales como la UIT, GSMA y empresas líderes globales como IBM, Siemens y Cisco, que tienen su propio camino para definir el concepto de "Ciudad Inteligente", vienen haciendo un gran esfuerzo para mejorar las ciudades diseñando soluciones inteligentes utilizando tecnología de última generación.

Es importante destacar las experiencias internacionales sobre el desarrollo de ciudades inteligentes, así por ejemplo, la República de Corea ha desarrollado el concepto de U-City como una ciudad del futuro de alta tecnología, donde las infraestructuras TIC, las tecnologías convergentes y servicios, son integrados en la vivienda, la economía, el transporte y otros sectores que atienden a las necesidades de la población utilizando tecnología de última generación optimizando el uso energético en armonía con el medio ambiente.

“La ciudad de Seúl-Corea tenía una alta concentración de población e industrias, pero luego de la creación del proyecto U-City se crearon cinco nuevas ciudades alrededor de Seúl metropolitana (fase 1) ayudando entre otras cosas a la descentralización. En la fase 2 se construyeron las ciudades inteligentes Paju-Unjeong City y Hwaseong-Dongtan City (entre 2008 al 2012). En la década de los noventa, el auge de la industria de la construcción y las tecnologías de la información (IT) ocasionó el surgimiento de la economía basada en el conocimiento, y la inversión continua en la industria de Tecnologías de la Información (IT), generando la prosperidad económica de Corea” (KISDI, Perú-Korea Workshop on Smart City, 2014).

“Desde el año 2000 hasta la fecha, el nuevo motor de crecimiento de la República de Corea ha sido la construcción de nuevas ciudades teniendo en cuenta el concepto de U-City, desarrollando mejores soluciones a través de la convergencia de la industria de la construcción y las tecnologías de la información (IT). El papel del gobierno coreano ha sido fundamental para el desarrollo de las U-City, así en el año 2006, el Ministerio de Construcción y Transporte (MOCT) y el Ministerio de Información y Comunicaciones (MIC) de dicho país, firmaron un memorándum de entendimiento para la aplicación de U-City y se desarrolló la política nacional y estrategias para la convergencia, promulgando las leyes que definieron las funciones de los organismos gubernamentales relacionados para la construcción de ciudades inteligentes” (KISDI, Perú-Korea Workshop on Smart City, 2014).

Bajo ese marco, el presente documento intenta ser un insumo para el diseño de políticas orientadas al desarrollo de ciudades inteligentes, identificando las TICs que permitan dotar de inteligencia a las ciudades a través del uso intensivo de tecnologías avanzadas y la creación de nuevos servicios que se centren en solucionar los problemas agudos que aquejan a los ciudadanos.

2. DEFINICIONES

2.1 CIUDADES INTELIGENTES

El concepto de ciudad inteligente lleva implícita la asunción de una visión específica del desarrollo urbano moderno. Reconoce la importancia del uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) como motores de la competitividad económica, sostenibilidad ambiental y habitabilidad general. Mediante el aprovechamiento de las TIC como elemento central de su desarrollo, las ciudades inteligentes del futuro fomentarán el crecimiento económico, mejorando el estilo de vida de los ciudadanos, creando oportunidades para el desarrollo urbano y soportando las iniciativas eco-sostenibles.

La aparición de Ciudades inteligentes en el mundo ha ido acompañado de una gran cantidad de definiciones y terminologías relacionadas con la inteligencia, la sostenibilidad y la innovación en los entornos urbanos. Reconociendo la necesidad de una definición estandarizada de una Ciudad Inteligente, la UIT¹ la definió de la siguiente manera:

"Una Ciudad Inteligente y Sostenible es una ciudad innovadora que aprovecha las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y otros medios para mejorar la calidad de vida, la eficiencia del funcionamiento y los servicios urbanos y la competitividad, al tiempo que se asegura de que responde a las necesidades de las generaciones presente y futuras en lo que respecta a los aspectos económicos, sociales y medioambientales".

El concepto de una ciudad inteligente varía notablemente en las distintas regiones. Así por ejemplo, las perspectivas de una ciudad inteligente en América Latina están fuertemente enfocadas en la mejora de la seguridad, la gestión de los gobiernos locales y la movilidad, mientras que los enfoques europeos a menudo se centran en la mejora de los servicios públicos eficientes con el fin de fortalecer el bienestar de los ciudadanos.

En ese sentido, es importante reconocer que las estrategias para que una ciudad inteligente tenga éxito con el tiempo, necesitan estar bien articuladas y alineadas con los enfoques existentes de planificación urbana, a fin de garantizar que las tecnologías inteligentes, infraestructuras y servicios de la ciudad, respondan a una visión holística de la ciudad. Comprender el sistema urbano, sus metas, su operación, sus brechas y oportunidades, es un paso necesario que debe preceder, y servir como base para la implementación de las estrategias para una ciudad inteligente.

¹ <http://www.itu.int/es/ITU-T/focusgroups/ssc/Pages/default.aspx>

2.2 STAKEHOLDERS

Los “Stakeholders” son los principales actores interesados e involucrados en la construcción de Ciudades Inteligentes. La clasificación de stakeholders es diversa, en particular, distinguiendo entre instituciones públicas y privadas, entidades locales y supralocales, así como entidades comerciales y no comerciales.

De acuerdo al documento denominado “Technical Report on Stakeholder for Smart Sustainable Cities”, elaborado por el WG4 FG SSC-0113 de la UIT, dentro de los principales actores que participan en las estrategias de una ciudad inteligente tenemos:

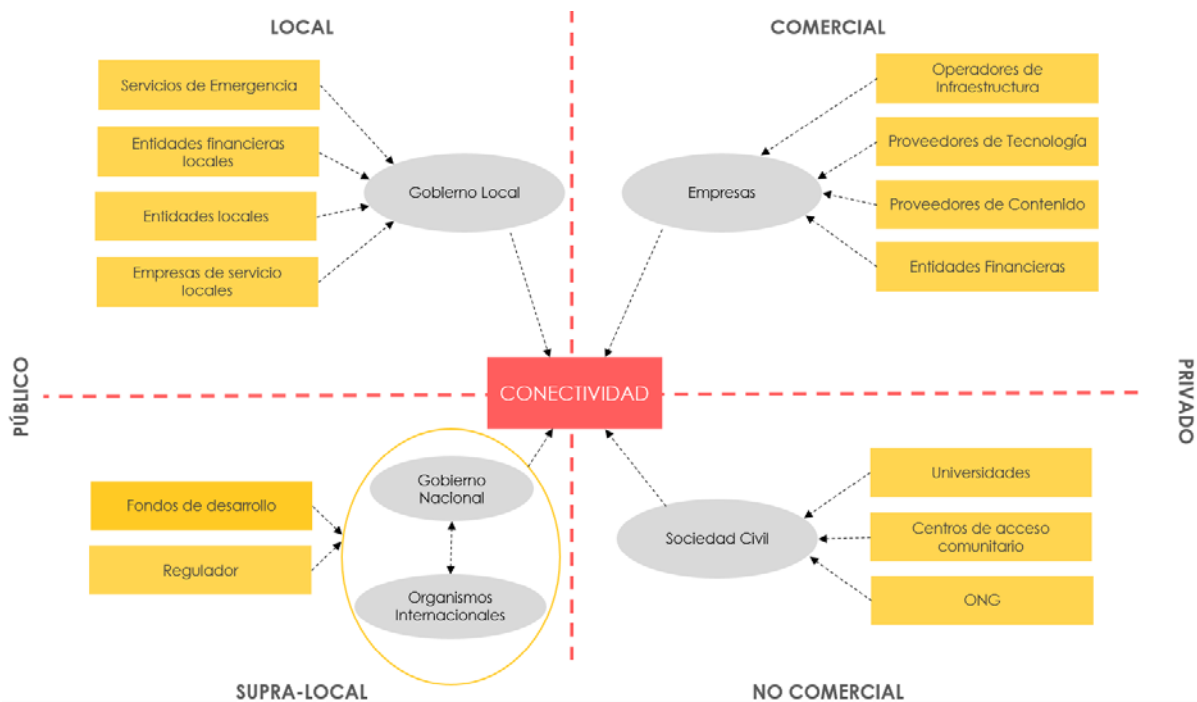
- **Municipalidades y administradores de la ciudad:** *“Son responsables de la gestión de la ciudad y los principales promotores de las iniciativas de una ciudad inteligente. Sus responsabilidades más importantes son definir, con una visión holística de la ciudad, un camino a largo plazo para implementar soluciones específicas con el fin de aumentar la eficiencia, impulsar la participación de la población, informando e incluyendo a los ciudadanos en los proyectos de ciudades inteligentes”* (UIT, FG SSC Technical Report on Stakeholders for SSC, 2014, p.22).
- **Gobiernos nacionales y regionales:** *“Para impulsar el cambio a una ciudad inteligente, los gobiernos nacionales deben definir el marco normativo que permita la implementación de soluciones y aplicaciones que caracterizan a las ciudades inteligentes. Los gobiernos regionales tienen el papel intermedio de articulación de proyectos específicos a implementarse en más de una ciudad de una misma región”* (UIT, FG SSC Technical Report on Stakeholders for SSC, 2014, p.27).
- **Compañías de servicios de la ciudad y proveedores de servicios públicos:** *“Son los encargados de adquirir e implementar la tecnología vertical necesaria, relacionada con sus servicios, de una manera adaptable a plataformas transversales de la ciudad. Existe la necesidad de que aprendan a trabajar con modelos de negocios basado en indicadores KPI, trabajando en conjunto con el municipio con el fin de aumentar la eficiencia de sus soluciones”* (UIT, FG SSC Technical Report on Stakeholders for SSC, 2014, p.29).
- **Compañías TIC (operadores de telecomunicaciones, compañías de software):** *“Las empresas TIC deben proporcionar soluciones tecnológicas globales y estándares con el fin de soportar e integrar los diferentes servicios de la ciudad. Las empresas TIC son los llamados a desarrollar modelos de negocio para la sostenibilidad de la prestación de servicios para las ciudades inteligentes”* (UIT, FG SSC Technical Report on Stakeholders for SSC, 2014, p.30).
- **Organizaciones No Gubernamentales (NGOs):** *“Tienen la función de crear conciencia sobre las preocupaciones de la población, asegurando que toda la sociedad se sienta incluida en el modelo de ciudad inteligente”* (UIT, FG SSC Technical Report on Stakeholders for SSC, 2014, p.32).
- **Organismos Multilaterales:** *“Son promotores de iniciativas de ciudades inteligentes. Pueden proporcionar fondos y también pueden proporcionar las bases de datos y documentos de asistencia y conocimientos técnicos a los*

administradores de la ciudad y los responsables políticos” (UIT, FG SSC Technical Report on Stakeholders for SSC, 2014, p.32).

- **Asociaciones Industriales:** “Las asociaciones industriales agrupadas en diferentes sectores pueden promover el despliegue de ciudades inteligentes mediante la adopción gradual de sistemas automatizados que permitan optimizar sus procesos en tiempo y recurso humano, basado en el uso de equipamiento electrónico, sensores y actuadores que permitan la comunicación maquina-maquina (M2M²)” (UIT, FG SSC Technical Report on Stakeholders for SSC, 2014, p.33).
- **La Academia y La Comunidad Científica:** “Basados en la investigación científica, la aparición de nuevas tecnologías permitirá brindar nuevos servicios inteligentes a los ciudadanos y será la Academia y la Comunidad Científica los encargados de compartir conocimientos y fomentar el uso de las nuevas tecnologías a las nuevas sociedades” (UIT, FG SSC Technical Report on Stakeholders for SSC, 2014, p.34).

El siguiente diagrama muestra las interrelaciones entre estos actores.

Figura 1: Stakeholders



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

² La comunicación M2M consiste en el intercambio automático de datos entre maquinas, equipos, modulos individuales y sistemas completos, sin ningún tipo de intervención humana

Todos estos actores y otros identificables, actuarán y tendrán intereses vinculados a la idea de Ciudades Inteligentes con el fin de:

- Mejorar la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos, lo que significa mejorar la calidad de la atención médica, el bienestar, la seguridad física y la educación, entre otros.
- Asegurar un crecimiento económico sostenible para proporcionar un mejor nivel de vida y las oportunidades de empleo para los ciudadanos.
- Establecer e implementar un enfoque responsable y sostenible con el medio ambiente.
- Fortalecer la prevención y gestión de desastres naturales, incluyendo la capacidad de reducir los impactos del cambio climático.
- Proporcionar un mecanismo eficaz para el cumplimiento normativo y la gobernanza bien equilibrada, con políticas y procesos estandarizados.

3. POLÍTICAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE CIUDADES INTELIGENTES

La planificación para la construcción de ciudades inteligentes es transversal en tanto involucra la participación de diferentes Entidades del Estado, por esta razón es necesario tener un Plan Maestro que defina lineamientos y procedimientos estandarizados, con metas estratégicas específicas que promuevan la construcción planificada de ciudades, incorporando la tecnología de redes y TIC en su diseño, que permita ofrecer servicios inteligentes para beneficio de sus ciudadanos. Esta iniciativa debe ser liderada por el gobierno nacional con el apoyo de los gobiernos regionales y locales, así como por las empresas privadas.

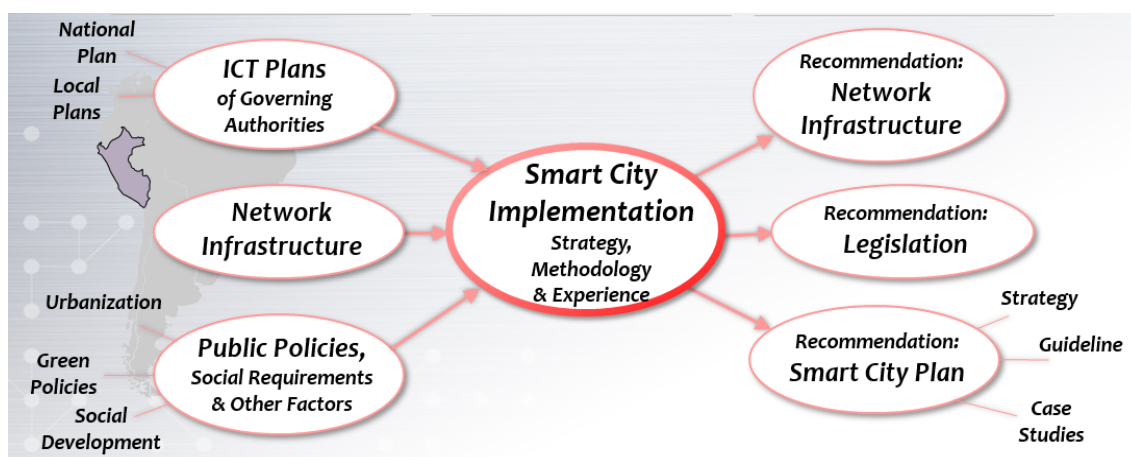
Las políticas de planificación de ciudades inteligentes deben estar alineadas, entre otros, con los planes de desarrollo del país en lo que respecta al despliegue de redes de banda ancha y redes de acceso de última generación, ya que estas redes forman el núcleo de la arquitectura digital que soportará los servicios que dotarán de inteligencia a las ciudades.

Dentro de las políticas y estrategias que el Estado debe implementar para fomentar la construcción de Ciudades Inteligentes destacamos las siguientes:

1. Desarrollar un Plan Maestro de Ciudades.
2. Sensibilización de los stakeholders y de los ciudadanos sobre su necesidad e importancia.
3. Aclarar los roles y responsabilidades de cada organización pública en la promoción de proyectos de Ciudades Inteligentes.
4. Crear procedimientos y modelos estandarizados sobre Ciudades Inteligentes.

5. Emitir normativa relativa a la construcción y operación de Ciudades Inteligentes.
6. Desarrollar un estándar para el intercambio de información de los sistemas de comunicación de las Ciudades Inteligentes.
7. Considerar tecnologías TIC avanzadas y sus tendencias de desarrollo en todas las fases de los proyectos de Ciudades Inteligentes.
8. Diseñar los conceptos de servicios ubicuos.
9. Asegurar los recursos públicos para el fomento del uso de las TIC con el objetivo de mejorar la penetración de la banda ancha con la cual se conseguirá un aumento en la eficiencia, capacidad y velocidad de las redes de comunicaciones.
10. Desarrollar proyectos pilotos de Ciudades Inteligentes.

Figura 2: Estrategias para implementar Ciudades Inteligentes

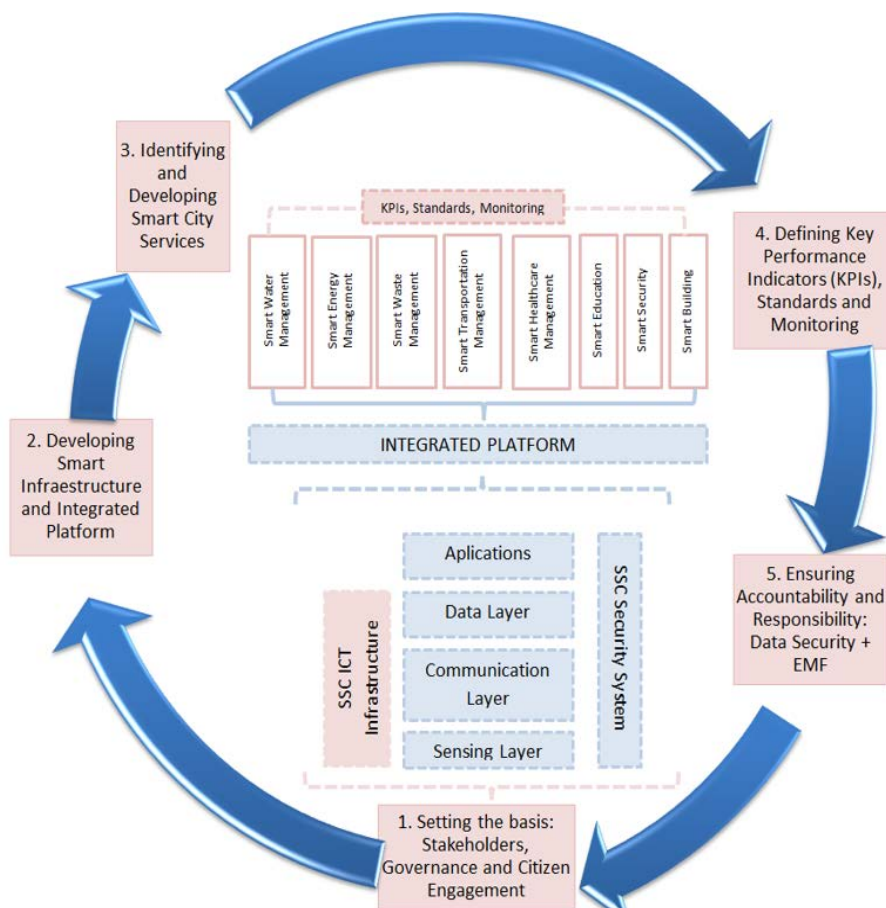


Fuente: Consultoria KISDI - Korea

Por otro lado, las experiencias comparables dirigidas al diseño e implementación de ciudades inteligentes han evidenciado que no existe un enfoque único para hacer una ciudad inteligente y sostenible. Cada ciudad constituye un sistema único, donde los diferentes actores y organismos de la ciudad, llevando a cabo una serie de actividades, interactúan en múltiples escalas, utilizando diferentes plataformas e infraestructuras.

Basándonos en referencias internacionales, como la indicada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a través del grupo de trabajo sobre Smart Sustainable Cities (SSC), el marco de referencia presentado en la Figura 3 presenta una visión general de los componentes clave y las etapas implicadas en el proceso de construcción de una ciudad inteligente.

Figura 3: Marco de referencia para Ciudades Inteligentes



Fuente: Roadmap for Smart Sustainable Cities Implementation
Focus Group Smart City – UIT

El marco sugiere que el diseño e implementación de ciudades inteligentes es un proceso dinámico, considerando los siguientes elementos principales:

- La infraestructura TIC para ciudades, que incluye la implementación de redes de sensores, redes de banda ancha (transporte y acceso), Data Center (virtualización, cloud computing), sistemas de seguridad de la información, desarrollo de aplicaciones para ofrecer servicios inteligentes a la ciudad como parte de una plataforma integrada y monitoreo de indicadores de desempeño claves (KPI).
- Etapas complementarias interrelacionadas como parte de la planificación para la construcción de las ciudades, donde se identifican a los stakeholders, se definen las plataformas TIC, los servicios inteligentes, se definen los indicadores de desempeño claves, la seguridad de los datos y el posible impacto de las radiaciones no ionizantes.

4. ENFOQUE DE LAS CIUDADES INTELIGENTES

“Las diferentes ciudades tienen geografías, poblaciones y recursos naturales radicalmente distintos, así como puntos débiles singulares. Por lo tanto, la visión de una ciudad inteligente debe pensarse a medida de las necesidades, desafíos, oportunidades y recursos propios de cada ciudad. Una vez definida la visión, las autoridades de la ciudad deben empezar por mejorar los sistemas operativos existentes, como los de electricidad, agua, transporte y gas. La combinación de hardware, software y dispositivos de medición interconectados facilita la integración y la colaboración entre sistemas y redes. De este modo, es posible crear una masa crítica de datos relativos a la infraestructura de una ciudad para la mejora continua de los sistemas. Lograr tal integración implica grandes mejoras en las operaciones. La mejora y conexión de los sistemas proporciona un volumen notable de información que es posible analizar mediante sistemas de software inteligente. Ese análisis de datos brinda a las ciudades la oportunidad de desarrollar información útil que podrán emplear para prestar servicios públicos de mejor calidad, más eficientes y eficaces.

De igual modo, se debe lograr la participación de las principales partes interesadas en el proceso (Estado, ciudadanos y el sector privado), para enfrentar de manera coordinada los obstáculos hacia una visión hecha realidad. Ninguna empresa ni organización que actúe en forma individual podrá construir una ciudad inteligente” (Charbel Aoun, Schneider Electric, La piedra angular de la ciudad inteligente: la eficiencia urbana, 2013, p.06).

En ese sentido, la propuesta de la empresa Schneider Electric³ sobre los pasos a seguir para llegar a la ciudad inteligente plantea el siguiente enfoque orientado a los sistemas, el cual consta de cinco pasos:

PASO 1: VISIÓN Y PLAN

“El camino hacia la ciudad inteligente empieza con el establecimiento de una visión. Esa visión debe poner de relieve las metas de la ciudad para el largo plazo, definiendo dónde desea estar la ciudad en 5 a 10 años en lo que respecta a eficiencia, sostenibilidad y competitividad. El siguiente paso es elaborar e implementar un plan pragmático paso a paso orientado a crear valor en el largo plazo. El plan debe ocuparse de los puntos débiles y oportunidades más inmediatos con el fin de generar el impulso y la confianza cívica en la visión en su totalidad. El plan debe implementar una serie de iniciativas en el curso de varios años, cada una de las cuales se cimentará en lo realizado anteriormente⁴. Uno de los elementos

³ Enfoque de Ciudad Inteligente extraído del informe técnico “La piedra angular de la ciudad inteligente - la eficiencia urbana” elaborado por la empresa Schneider Electric, Enero 2013.

http://www2.schneider-electric.com/documents/support/white-papers/smart-cities/998-1185469_smart-city-cornestone-urban-efficiency_CO.pdf

⁴ En el pasado, era típico que las empresas implementaran sus iniciativas de manera aislada. Cada organismo ponía en práctica sus propios planes, sin beneficiarse de las posibilidades de integración ni de gestionar de forma global las iniciativas. Como resultado, la mayoría de las implementaciones servía para mejorar los sistemas de una ciudad pero no aprovechaba las oportunidades de crear valor por medio de mejoras más integrales de la infraestructura urbana.

más importantes a la hora de definir un plan eficaz viable para una ciudad inteligente es idear un proceso inclusivo, de carácter colaborativo.

Una ciudad inteligente no se crea por decreto, requiere participación, aportes e ideas de una amplia gama de partes interesadas de la ciudad. Sin duda, la conducción pública es decisiva, pero la participación del sector privado y los ciudadanos es igualmente importante. Incorporar las ideas y el pensamiento de los ciudadanos permite identificar posibles problemas, al tiempo que garantiza el apoyo y la participación en las iniciativas orientadas a lograr eficiencia a través de su apropiación. En los casos que resulte adecuado lograr la participación de la comunidad universitaria local, ésta permitirá obtener aportes, investigaciones e ideas creativas que servirán de apoyo a los proyectos de ciudades inteligentes. La ciudad necesitará socios que colaboren en la definición de la visión y garanticen el logro de objetivos en materia de eficiencia, habitabilidad y sostenibilidad. Una vez establecido un plan de largo plazo, la ciudad puede poner en marcha su plan paso a paso y beneficiarse con soluciones innovadoras implementadas en asociación con empresas para optimizar la infraestructura de la ciudad y volverla más eficiente” (Charbel Aoun, Schneider Electric, La piedra angular de la ciudad inteligente: la eficiencia urbana, 2013, p.08).

PASO 2: INCORPORACIÓN DE LA TECNOLOGÍA ADECUADA

“Cuando se elabora un plan para el desarrollo de una ciudad inteligente, la inmensa cantidad de tecnologías y soluciones disponibles en la actualidad puede resultar abrumadora. Por este motivo, centrarse en los puntos débiles más agudos resulta vital. Con frecuencia, las ciudades descubren que resolver un punto débil les plantea oportunidades de mejora en otras áreas de la infraestructura urbana. Si una ciudad enfrenta problemas por falta de agua, la implementación de sistemas SCADA para gestionar la circulación del agua puede significar un ahorro del 30% de la energía utilizada para administrar los sistemas de suministro de agua, 20% de reducción de la pérdida de agua y 20% de reducción de los cortes de suministro.

Así por ejemplo, un proyecto reciente diseñado para dotar de eficiencia energética a cuatro plantas de tratamiento del agua en Beijing, China, permitió obtener una notable reducción del 52% en el consumo energético, lo que hizo posible que el proyecto se autofinanciara en menos de 18 meses y dio lugar a ahorros de costos en el largo plazo que podrán destinarse a otras iniciativas en miras a la ciudad inteligente.

Otro ejemplo se relaciona con la gestión del tránsito, uno de los obstáculos más importantes en la mayoría de las ciudades. La congestión constituye un problema para casi todas las grandes zonas metropolitanas. En la actualidad, existen soluciones que permiten optimizar la circulación, gestionar el tránsito para reducir los atascos y los cuellos de botella en autopistas, y dar respuesta rápida a los incidentes que se produzcan.

Ya se trate de gestionar el sistema de agua, el tránsito u otros dominios, con estas soluciones las ciudades logran capturar información útil que permite identificar posibles problemas antes de que se produzcan y tomar decisiones mejor fundamentadas gracias a sus funciones de análisis e inteligencia comercial. La

capacidad de identificar puntos débiles en las ciudades, implementar soluciones integradas y escalables con resultados inmediatos, y posteriormente aprovechar esos resultados en otras iniciativas tendientes a crear ciudades inteligentes requiere de sólidos conocimientos técnicos y de procesos. Esa agudeza, fundada en la comprensión a cabalidad de cada sistema y la experiencia en los procesos subyacentes, es indispensable para diseñar soluciones eficaces tanto en lo que respecta a metas de corto plazo como a visión de largo plazo” (Charbel Aoun, Schneider Electric, La piedra angular de la ciudad inteligente: la eficiencia urbana, 2013, p.09).

PASO 3: INTEGRACIÓN

“El uso de la integración de información para crear una ciudad inteligente se da en el marco de un proceso evolutivo, a medida que la ciudad progresa en el uso de tecnología para gestionar la infraestructura. El primer paso clave del proceso es la implementación de sensores en toda la infraestructura urbana, con el fin de recopilar datos sin procesar, que luego se transmiten mediante redes de comunicación cableadas o inalámbricas. Una vez que los datos se han recopilado y se encuentran disponibles, diversos sistemas en tiempo real pueden utilizarlos para automatizar la gestión de la infraestructura de la ciudad, lo que resulta en ventajas significativas en materia de rendimiento y costos. Integrar sistemas aislados y compartir datos proporciona otros beneficios en cuanto a rendimiento mediante la coordinación de acciones y la gestión global de la ciudad como sistema de sistemas. Con las integraciones anteriores en marcha, las ciudades pueden sacar mayor provecho de ellas para crear valor aplicando herramientas de análisis avanzadas para la optimización, y suministrar datos a los residentes de la ciudad a través de servicios públicos que mejoran su vida cotidiana. Mediante la medición del rendimiento de los sistemas de infraestructura de la ciudad, el gobierno puede identificar áreas problemáticas y efectuar un seguimiento de la eficacia de las soluciones en el logro de los objetivos de largo plazo de la ciudad.

Diversos avances tecnológicos recientes han incrementado en gran medida las posibilidades de reunir volúmenes inmensos de datos relativos a la infraestructura de una ciudad, tales como sensores ubicuos que permita recolectar datos de mediciones relativos a sistemas de energía, agua, transporte y edificios en tiempo real. Comunicaciones de bajo costo que junto con los nuevos protocolos de comunicación simplifican en gran medida el proceso de recolección de datos obtenidos por sensores y reducen su costo. Los protocolos como Zigbee y Bluetooth, el crecimiento de las redes M2M y la mejora sostenida de las tecnologías de comunicación cableada e inalámbrica permiten que las ciudades recopilen datos obtenidos por redes de sensores ampliamente distribuidas a costos accesibles, como por ejemplo los sistemas de gestión en tiempo real que automatizan el control de los sistemas de infraestructura y mejoran así la eficiencia de la infraestructura optimizando el rendimiento utilizando funciones de análisis avanzadas que toman el gran volumen de datos sin procesar y los convierten en información útil que la ciudad puede emplear para aumentar el rendimiento de la infraestructura.

La ciudad de Río de Janeiro es un ejemplo clásico del modo en que la integración de datos y sistemas puede impulsar la concreción de una visión de ciudad inteligente. Once centros de control diferentes gestionan la infraestructura crítica de la ciudad: electricidad, agua, petróleo, gas, transporte público, tránsito urbano, calidad del aire y aeropuertos. La ciudad centró los esfuerzos en los puntos débiles

de esas funciones e implementó un sistema SCADA para aumentar la eficiencia de la distribución de agua; un sistema de gestión para optimizar su red eléctrica; un sistema de vigilancia de CCTV para mejorar la seguridad de la comunidad; y un sistema de gestión del tránsito. Por sí solas, cada una de estas implementaciones proporcionó beneficios significativos a cada uno de los sistemas respectivos; sin embargo, la visión de más largo plazo de Río de Janeiro consistía en hacer realidad los beneficios de la integración de sistemas. El Centro inteligente de operaciones (IOC - Intelligent Operator Center) de la ciudad constituye un nivel avanzado de inteligencia que brinda una visión global de todos los sistemas urbanos, así como la oportunidad de mejora continua sobre la base del análisis de datos” (Charbel Aoun, Schneider Electric, La piedra angular de la ciudad inteligente: la eficiencia urbana, 2013, p.06).

PASO 4: APROVECHAMIENTO DE LA INNOVACIÓN

“En un contexto de mercados financieros con incertidumbre respecto a los flujos de ingresos, no es sorprendente que hoy muchas ciudades se vean aquejadas por la falta de fondos. Los ingresos de los que disponen deben asignarse, ante todo, a las operaciones y al personal esencial; a menudo, es poco lo que queda para actualizaciones, modificaciones y otras medidas orientadas a mejorar los sistemas de las ciudades. Sin embargo, para financiar proyectos de ciudades inteligentes se pueden recurrir a modelos financieros y de negocios innovadores con el fin de hacer de la infraestructura eficiente una realidad a pesar de contar con capital limitado. Una de las estrategias más eficaces consiste en el uso de contratos de rendimiento de ahorro energético (ESPC), que según la experiencia comparada permiten financiar los proyectos de ciudad inteligente con los ahorros de costos generados por los proyectos.

Los proveedores de soluciones para la ciudad inteligente también pueden colaborar en la elaboración e implementación de otros modelos comerciales innovadores para generar el capital requerido para mejoras. Por ejemplo, podrían crearse flujos adicionales de ingresos como beneficio colateral de integrar sistemas públicos antes aislados y mejorarlos.

Asimismo, los avances logrados en el análisis de datos permiten convertir grandes volúmenes de datos obtenidos a partir de la conexión de los sistemas urbanos en información útil y, en última instancia, en ingresos para ciudades con escasez de fondos. Por ejemplo, en una ciudad inteligente se implementarían sistemas de gestión y monitoreo del tránsito que proveen datos sobre el tránsito en tiempo real relativos a automotores, transporte público e incluso tránsito peatonal. Los datos capturados por esos sistemas podrían venderse a empresas privadas que deseen obtener más conocimientos sobre patrones de tránsito para tomar decisiones relativas a desarrollo de nuevos negocios, niveles adecuados de dotación de personal para sus empresas y muchos otros usos. La ciudad inteligente explota la información de sus datos para beneficio propio y de la economía local en su totalidad, facilitando también, a las actividades de fiscalización de actividades antisociales, lo que reduce los costos producidos por las mismas” (Charbel Aoun, Schneider Electric, La piedra angular de la ciudad inteligente: la eficiencia urbana, 2013, p.11).

PASO 5: PROMOVER LA COLABORACIÓN

“Así como una ciudad es la suma de sus partes, para que la elaboración y la ejecución de un plan para crear una ciudad inteligente sean eficaces es necesaria la colaboración de todas las partes interesadas. Cada plan tiene características propias y requiere el trabajo conjunto con empresas, proveedores internacionales de tecnología y organizaciones locales que resulten más aptas para proporcionar las mejoras específicas requeridas.

Las ciudades inteligentes que surjan con más fuerza serán aquellas en que los socios a cargo de proveer las soluciones hagan a un lado la competitividad industrial y las diferencias políticas para gestar entre todas las soluciones más integrales y de mejor calidad. Para lograrlo será necesario compartir información entre los diferentes departamentos de las ciudades con el fin de derribar los compartimentos y contar con la participación de líderes globales, con competencias de primer nivel, así como de proveedores locales y partes interesadas, quienes mejor conocen sus propias ciudades. El éxito resultará de combinar la conducción pública, la propiedad de los ciudadanos y la colaboración empresarial, así como de alentar la comunicación entre esos grupos posibilitando la participación real de cada uno de ellos en la ciudad inteligente construida a partir de la comunidad.

La colaboración comercial entre empresas y sectores puede aportar ideas innovadoras a los proyectos de ciudad inteligente. La participación de empresas de tecnología y de otros actores internacionales clave en la Iniciativa de Infraestructura Urbana del Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) constituye un ejemplo de colaboración. Este programa, que reúne a quince líderes globales de la industria provenientes de todos los sectores, ofrece los conocimientos combinados de sus integrantes a ciudades del mundo entero, entre ellas: Turku, Finlandia; Tilburg, Países Bajos; tres ciudades de Gujarat, India; Guadalajara, México; Kobe, Japón; y Yixing, China” (Charbel Aoun, Schneider Electric, La piedra angular de la ciudad inteligente: la eficiencia urbana, 2013, p.11).

Cabe destacar que las principales etapas en los proyectos de ciudades inteligentes se centra en la implementación de redes de telecomunicaciones de banda ancha a nivel nacional, que garantice la conectividad ubicua de toda la población, y la construcción de Centros de Operaciones Integrado (COI) a nivel local y regional, que centralice la información recolectada de las redes de sensores y sistemas de cámaras de video vigilancia, con el objetivo de monitorear la operación de la ciudad.

Figura 4: Centro de Operaciones Integrado



Fuente: IFEZ U-CITY Operation Center – Korea

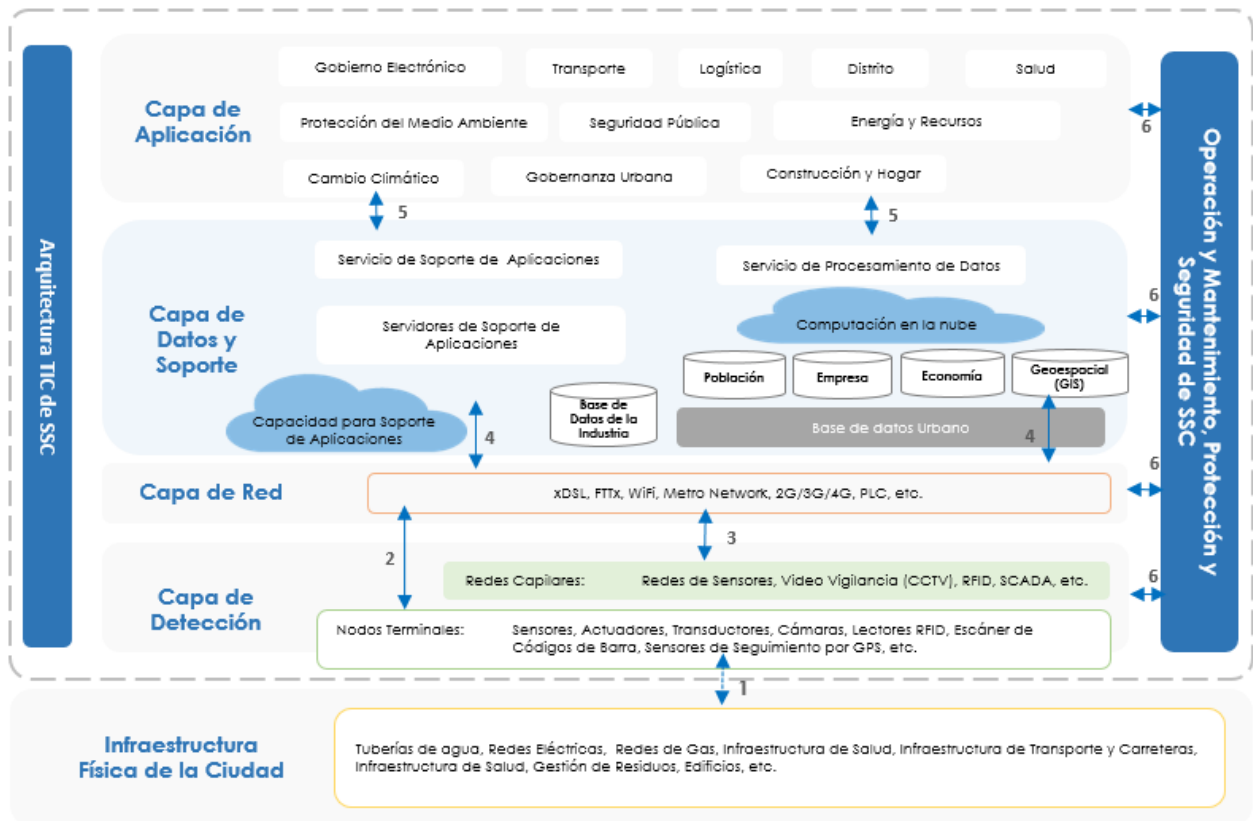
En ese sentido, en los siguientes capítulos se describirán tanto la arquitectura digital como las tecnologías más relevantes que soportarán las comunicaciones de las ciudades inteligentes.

5. ARQUITECTURA DIGITAL PARA CIUDADES INTELIGENTES

Desde el punto de vista tecnológico, una Ciudad Inteligente puede ser considerada como un sistema integral que comprende diferentes capas o subsistemas y una arquitectura TIC asociada, donde cada subsistema está direccionado a brindar servicios inteligentes en diferentes categorías.

De acuerdo a los documentos de trabajo realizados por la UIT, la arquitectura TIC para una Ciudad Inteligente está dividida en cuatro capas:

Figura 5: Arquitectura Digital de una Ciudad Inteligente – Perspectiva Multicapa TIC



Elaborado por: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)
Fuente: UIT Focus Group On Smart Sustainable Cities

CAPA DE DETECCIÓN: Es la capa responsable de la “detección” de los datos registrados por las redes de sensores, a fin de captar y responder a los diversos estímulos del mundo físico. Proporciona la capacidad para detectar el entorno y la inteligencia para monitorear y controlar la infraestructura física dentro de la ciudad. La capa de sensado está compuesta por nodos terminales tales como: sensores, traductores, actuadores, cámaras, lector de RFID, símbolos de códigos de barra, seguidor GPS, etc., y redes capilares tales como: redes SCADA, redes de sensores, redes de video vigilancia, RFID, redes GPS, etc., que proporcionan la capacidad superior para detectar el entorno que nos rodea y la inteligencia para el monitoreo y control de la infraestructura física dentro de la ciudad.

CAPA DE RED: Está conformada por las redes de los operadores de telecomunicaciones, así como de otras redes proporcionadas por las partes interesadas y/o empresas privadas de comunicaciones que sirven de soporte para el acceso y transporte de las comunicaciones de la ciudad. La capa de red va actualizándose en función a la evolución de la tecnología, así por ejemplo podemos indicar como tecnologías base que soportarán las comunicaciones de las Ciudades Inteligentes a las siguientes: xDSL, FTTx, WiFi, Metro Network, 2G/3G/4G, PLC, entre otras tecnologías. Cuando no existe una red comercial de comunicaciones en la zona donde se instalarán los equipos terminales, utilizar una red de propiedad privada puede ser una de las soluciones.

CAPA DE DATOS Y SOPORTE: La capa de datos y soporte hace que la ciudad sea "más inteligente". Su objetivo principal es asegurar la capacidad de apoyo de diversas aplicaciones y servicios. La capa de datos y soporte contiene a los Data Center de las industrias, departamentos, empresas, municipalidades. Son equipos y sistemas establecidos para el procesamiento de datos y almacenamiento de aplicaciones y contenidos.

CAPA DE APLICACIÓN: Esta capa maneja las aplicaciones y servicios de una Ciudad Inteligente, tales como: transporte, seguridad pública, salud, energía, protección medioambiental, etc.

Figura 6: Identificación de capas digitales de una Ciudad Inteligente



Fuente: UIT Focus Group Smart City

La arquitectura TIC incluye un marco de protección y funciones de seguridad para la operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento de los sistemas TIC de las Ciudades Inteligentes. Se debe considerar medidas preventivas contra ataques que intenten vulnerar la seguridad de las redes, mejorando los mecanismos de protección y recuperación, evitando la interrupción de las comunicaciones entre las redes de sensores y la red de comunicación y la vulnerabilidad de los datos almacenados en los Data Center.

La infraestructura física existente en la ciudad está incluida dentro de la arquitectura base inicial para la implementación de las Ciudades Inteligentes. Esta infraestructura podría utilizarse o adecuarse, cuando sea necesaria, a las exigencias de los proyectos para instalar sobre ellas equipamiento electrónico, antenas, sensores y cableados de fibra óptica. Dentro de esta infraestructura tenemos: la infraestructura de las redes eléctricas, las tuberías de las redes de agua, las tuberías de redes de gas, la infraestructura de las redes de transporte, cámaras y ductos, entre otros que disponga la ciudad.

Figura 7: Infraestructura física existente



Fuente: Consultoría KISDI - Korea

Durante la etapa de planificación para construir nuevas ciudades se debe definir qué tecnologías se implementarán en cada capa de la arquitectura digital, esto conllevará a tener una ciudad planificada desde su creación para brindar servicios inteligentes en beneficio de la población.

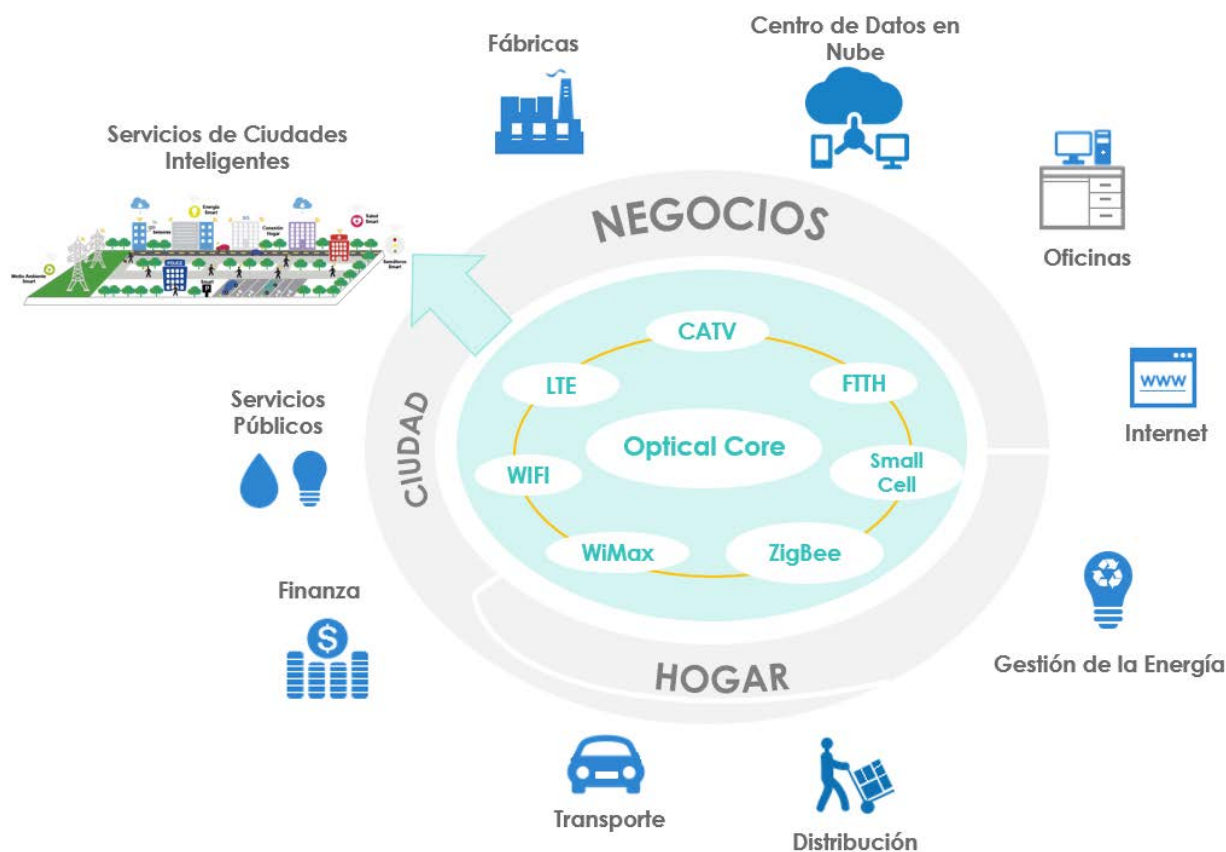
La infraestructura TIC impactará la forma en que cada ciudad se creará y evolucionará, permitiendo a las ciudades inteligentes incluir mejoras en áreas sostenibles, tales como edificios inteligentes, infraestructuras inteligentes (agua, energía, transporte, etc.) y servicios inteligentes (salud, educación, entretenimiento, etc.), que cambiarán drásticamente la experiencia urbana para los habitantes de la ciudad y los viajeros.

Las tecnologías y servicios utilizados en las ciudades inteligentes requieren plataformas comunes abiertas e infraestructuras TIC ubicuas subyacentes (conectividad en todo momento y en cualquier lugar), que incluyan acceso a Internet de alta velocidad, infraestructura cableada y redes inalámbricas. También necesitará aplicaciones TIC (APPS) para habilitar servicios inteligentes que permita el acceso a medios, a los sensores y actuadores de toda la ciudad.

Para los proveedores de servicios de telecomunicaciones y operadores alternativos, tales como proveedores de servicios públicos, empresas de televisión por cable y proveedores de equipos de telecomunicaciones, quienes suministran el hardware y software que habilitan las redes de banda ancha, esto significa que cada infraestructura de la ciudad inteligente debe tener:

- **Una red core 100% IP**, lo que crea una infraestructura convergente para arquitecturas y sistemas TIC, integrando tecnologías alámbricas e inalámbricas.
- **Una red de acceso de banda ancha**, que pueda soportar la integración de numerosos componentes vía inalámbrica, fijo, cobre, fibra y otros nodos de acceso para hacer una ciudad "inteligente" permitiendo servicios avanzados y aplicaciones, tales como: gestión del tráfico urbano, automatización de edificios, gestión eficiente de la energía, redes de seguridad y acceso.

Figura 8: Núcleo Óptico y Tecnologías de Acceso para Ciudades Inteligentes



Elaborado por: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC)
Fuente: Published online "The role of small cell technology in future Smart City applications"

6. DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS TIC PARA CIUDADES INTELIGENTES

Las Ciudades Inteligentes pondrán a disposición de los ciudadanos una amplia gama de servicios, incrementando la calidad con menores costos y un menor impacto ambiental.

En ese sentido, en esta sección se desarrolla de manera descriptiva las tecnologías que permitan la convergencia de servicios sobre redes de banda ancha fija y móvil, tales como: redes de sensores, sistemas de video vigilancia, redes de fibras ópticas, tecnologías de acceso y aplicaciones, que soportarán las comunicaciones y el intercambio de información entre las diferentes plataformas de una Ciudad Inteligente.

6.1 TECNOLOGÍAS IDENTIFICADAS PARA LA CAPA DE DETECCIÓN

Esta capa esta íntegramente relacionada con la adquisición de datos a través del uso de sensores interconectados ya sea a personas o cosas.

6.1.1 REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS (WSN)

Las redes inalámbricas de sensores (WSN ó Wireless Sensor Network por sus siglas en ingles), están conformadas por una gran cantidad de dispositivos pequeños y autónomos llamados nodos sensores, los cuales son distribuidos físicamente e instalados alrededor del fenómeno que se requiere monitorear. Se basan en dispositivos de bajo coste y consumo que son capaces de obtener información de su entorno, procesarla localmente, y comunicarla a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central de coordinación.

Los sensores pueden ser fijos o móviles y pueden controlar diversas condiciones en distintos puntos, entre ellas la temperatura, el sonido, la vibración, la presión y movimiento o los contaminantes.

Debido a las limitaciones de la vida de la batería, los nodos se construyen teniendo presente la conservación de la energía, y generalmente pasan mucho tiempo en modo 'durmiente' (sleep) de bajo consumo de potencia.

Las WSN tienen capacidad de auto restauración, es decir, si se avería un nodo, la red encontrará nuevas vías para encaminar los paquetes de datos. De esta forma, la red sobrevivirá en su conjunto, aunque haya nodos individuales que pierdan potencia o se destruyan. Las capacidades de autodiagnóstico, autoconfiguración, auto organización, auto restauración y reparación, son propiedades que se han desarrollado para este tipo de redes para solventar problemas que no eran posibles con otras tecnologías.

Las redes de sensores se caracterizan por ser redes desatendidas (sin intervención humana), con alta probabilidad de fallo (en los nodos, en la topología), habitualmente construidas adhoc para resolver un problema muy concreto, es decir, para ejecutar una única aplicación.

6.1.2 ELEMENTOS DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICAS

Toda red de sensores inalámbrica (WSN) cuenta con los siguientes elementos:

Tabla 1: Elementos de la red de sensores inalámbrica

ELEMENTOS DE LA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS		
SENSORES	Son de distintos tipos y tecnologías los cuales toman información del medio y la convierten en señales eléctricas.	
NODOS DE SENSOR	Toman los datos del sensor a través de sus puertas de datos y envían la información a la estación base.	
GATEWAY	Son los elementos para la interconexión entre la red de sensores y una red IP.	
ESTACIÓN BASE	Es el recolector de datos.	
RED INALÁMBRICA	Típicamente basada en el estándar 802.15.4 ZigBee.	

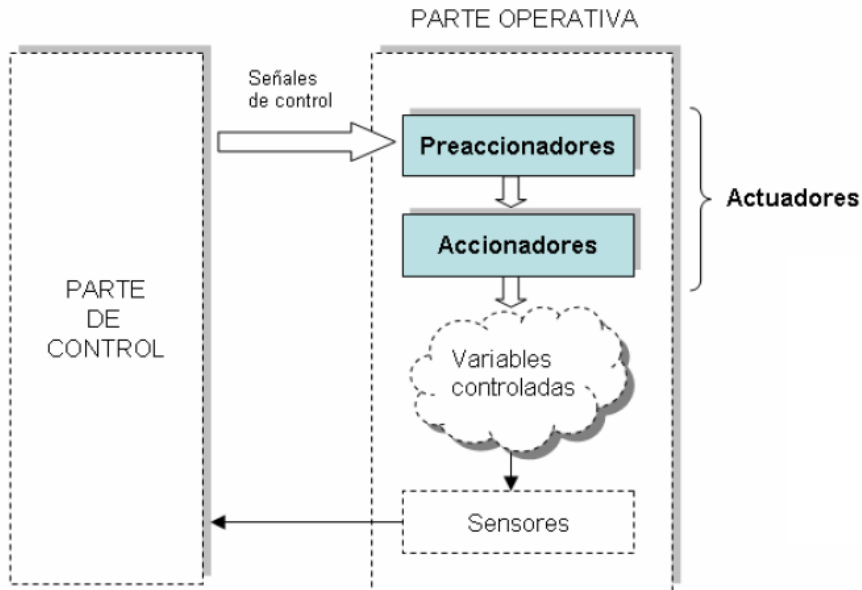
Elaboración: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

SENSORES & ACTUADORES

Los sensores son dispositivos capaces de detectar magnitudes físicas o químicas y transformarlas en variables eléctricas a través de un dispositivo transductor. Como se ha mencionado, los sensores pueden medir temperatura, presencia, viento, campos magnéticos, flujos de líquidos, calidad del aire, propiedades de los líquidos, vibraciones, posiciones geográficas, altitud, presión, entre otras magnitudes.

Los actuadores permiten la interacción con el mundo físico. Son los elementos finales que permiten modificar las variables a controlar en una instalación automatizada. Se trata de elementos que ejercen de interfaces de potencia, convirtiendo magnitudes físicas, normalmente de carácter eléctrico en otro tipo de magnitud que permite actuar sobre el medio o proceso a controlar. Los actuadores pueden abrir puertas, mostrar mensajes, encender luces, enviar señales, controlar un flujo de líquidos, controlar el aire acondicionado, encender y apagar motores, etc.

Figura 9: Sensores y Actuadores



Fuente: Universidad de Ovideo España - Ingeniería de Sistemas y Automática

Los tipos de sensores y actuadores son elegidos en función a lo que se quiere monitorear, controlar y gestionar de acuerdo a las necesidades de la ciudad.

Tabla 2: Campo de aplicación de los sensores

ENERGÍA	GESTIÓN	MONITOREO
<p>Gestión energética eficiente</p> <p>Sostenibilidad y consumo responsable</p> <ul style="list-style-type: none"> Aprovechar energía natural del sol Control zonal de temperatura Intensidad luminosa apropiada Control automático de iluminación 	<p>Supervisión y mantenimiento</p> <p>Localización de averías</p> <p>Avisos a personal de mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Control de accesos Monitorización y control desde un puesto de gestión 	<p>Sensores, Calefacción, Cortinas motorizadas, Iluminación, Riego</p> <p>Módulo entradas, Módulo clima, Módulo motores, Módulo dimmer, Módulo ON/OFF</p> <p>BUS, Módulo interfaz de red, LAN, INTERNET, Cámara IP, Servidor web</p> <p>Módulos autónomos que se comunican entre sí a través del BUS</p>

Elaboración: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

FAMILIA DE SENSORES PARA CIUDADES INTELIGENTES

La familia de sensores para las ciudades se puede agrupar en tres grandes clases:

- Sensores para recolección de datos medioambientales
- Sensores para control de seguridad
- Sensores de seguimiento (tracking)

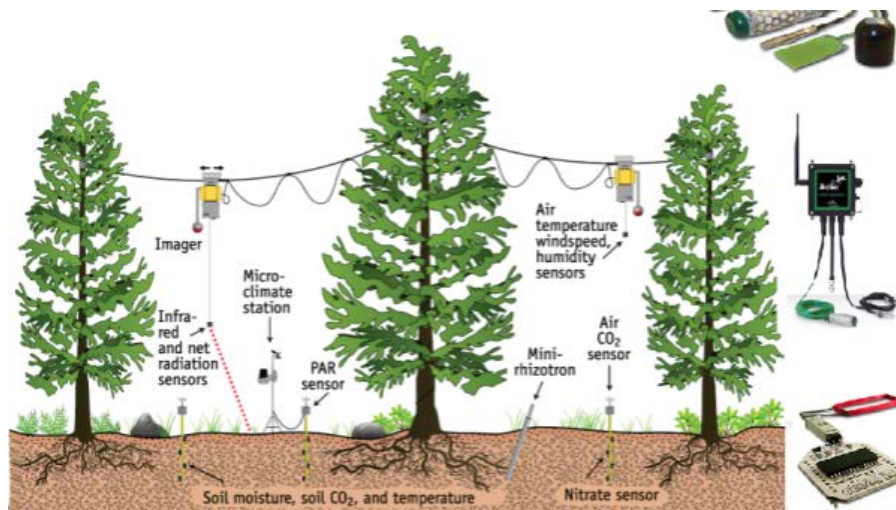
SENSORES PARA RECOLECCIÓN DE DATOS MEDIOAMBIENTALES

A nivel de red, la aplicación de los sensores para recolección de datos medioambientales se caracteriza por tener un gran número de nodos continuamente censando y transmitiendo datos de vuelta a un conjunto de estaciones base que almacenan los datos para analizarlos utilizando los métodos tradicionales. Los parámetros típicos que se monitorean con este tipo de sensores son: temperatura, intensidad de luz y humedad.

Las principales características son:

- Estas redes requieren generalmente muy bajas velocidades de datos.
- En un escenario de uso típico, los nodos se distribuyen de manera uniforme sobre un entorno al aire libre de acuerdo a la topología de red, diseñada previamente, y luego se estima las rutas óptimas hacia los puntos centrales de recolección de datos.
- Las aplicaciones de monitoreo ambiental no tienen requisitos de latencia estrictas.
- Las muestras de datos pueden tener retrasos dentro de la red por períodos moderados de tiempo sin afectar significativamente el rendimiento de la aplicación.
- En general, los datos se recogen para el análisis futuro y no para la operación en tiempo real.
- Con el fin de satisfacer las necesidades en tiempo real, cada evento de comunicación debe ser programada con precisión.
- Los nodos sensores permanecerán en espera la mayoría de veces; sólo entrarán en operación cuando sea necesario transmitir o recibir datos.

Figura 10: Sensores para recolección de datos medioambientales



Aplicaciones: Detección de incendios, inundaciones, medición de la calidad del aire, temperatura, humedad.

SENSORES PARA CONTROL DE SEGURIDAD

Las redes para monitoreo de seguridad se componen de nodos que se colocan en ubicaciones fijas a lo largo de un ambiente que uno o múltiples sensores vigilan continuamente para detectar alguna anomalía. Cada nodo tiene que comprobar con frecuencia el estado de sus sensores, pero sólo tiene que transmitir un informe de datos cuando hay una violación de seguridad.

La comunicación inmediata y fiable de mensajes de alarma es el principal requisito del sistema primario. Además, es esencial que se confirme que cada nodo está presente y en funcionamiento. Si un nodo está deshabilitado representaría una violación de seguridad que debe ser reportado a la estación base central.

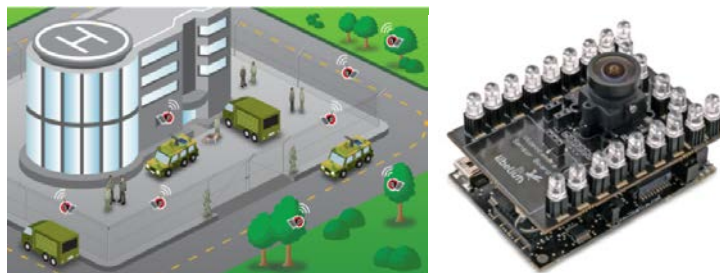
Para aplicaciones de monitoreo de seguridad, la red debe estar configurada de manera que los propios nodos sean responsables de confirmar el estado de cada nodo adyacente integrante de la red. Uno de los enfoques es que a cada nodo se le asigne funcionalidades similares para reportar si un nodo no está funcionando.

“La norma aceptada por los sistemas de seguridad es que cada sensor debe comprobarse aproximadamente una vez por hora” (System Architecture for Wireless Sensor Network, Jason Lester Hill, University of California, 2003, p.15). El mayor porcentaje del consumo de energía en una red de seguridad se da debido al cumplimiento de los requisitos estrictos de latencia asociados a la señalización de la alarma cuando se produce una violación de seguridad. Una vez detectado una violación de seguridad, esta debe ser comunicada a la estación base inmediatamente. La latencia de la comunicación de datos a través de la red a la estación base tiene un impacto crítico en el rendimiento de la aplicación.

Los usuarios exigen que las situaciones de alarma sean reportadas dentro de segundos de la detección. Esto significa que los nodos de la red deben ser capaces de responder rápidamente a las peticiones de sus nodos vecinos para reenviar datos.

En las redes de seguridad, la reducción de la latencia de una transmisión de alarma es significativamente más importante que la reducción del costo de la energía de las transmisiones. Esto se debe a que se espera que los eventos de alarma no sean de manera continua. La reducción de la latencia de transmisión conduce a un mayor consumo de energía porque los nodos de enrutamiento deben supervisar el canal de radio con mayor frecuencia. En las redes de seguridad, una gran cantidad de energía se consume en confirmar la funcionalidad de los nodos vecinos y en estar preparados para anunciar la alarma.

Figura 11: Sensores para redes de seguridad



Fuente: Wireless Sensor Network Technology
Santosh Kumar, Shivani Singh Chauhan

SENSORES DE SEGUIMIENTO

Con las redes inalámbricas de sensores, los objetos pueden ser rastreados etiquetándolos con un nodo sensor pequeño. El nodo sensor realizará un seguimiento a medida que avanza a través de un campo de nodos de sensores que se despliegan en lugares conocidos. Estos nodos serán desplegados para detectar los mensajes de RF de los nodos conectados a diversos objetos.

Los nodos se pueden utilizar como etiquetas activas que anuncian la presencia de un dispositivo. Una base de datos registra la ubicación de los objetos rastreados en relación con el conjunto de nodos ubicados en posiciones conocidas. Con este sistema es posible detectar la ubicación actual de un objeto.

Las aplicaciones de seguimiento de nodo tendrán cambios en la topología de la red debido a que los nodos se mueven constantemente a través de la red. Mientras que la conectividad entre los nodos de ubicaciones fijas se mantendrá relativamente estable, la conectividad con nodos móviles estará en continuo cambio. Es esencial que la red sea capaz de detectar eficientemente la presencia de nuevos nodos que entran en la red.

Figura 12: Sensores de tracking para seguimiento de vehículos



Solución de tracking integrado con sistemas GIS
 Elaboración: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

Durante la etapa de selección de los sensores que se instalarán dentro de las ciudades inteligentes se debe analizar previamente las características técnicas indicadas por los fabricantes de manera que se disponga de información de primera mano para dimensionar las redes en lo que respecta a la capacidad de la red y el nivel de consumo energético.

Todas las iniciativas que se desarrollen para dotar de inteligencia a las ciudades a través de los sensores deberán apoyarse en estándares o alinearse con procesos de estandarización en curso.

En una Ciudad Inteligente puede haber varios tipos de sensores. Los más básicos e importantes para aplicaciones específicas podemos indicar los siguientes:

Tabla 3: Tipos de sensores básicos para Ciudades Inteligentes

TIPOS DE SENSORES	DESCRIPCIÓN
Sensores de aparcamiento	El sensor de aparcamiento facilita la fluidez del tráfico dentro de las ciudades, evitando así que los automóviles estén dando vueltas en busca de aparcamiento.
Sensores de tráfico	Los sensores de tráfico facilitan a los ciudadanos y a las administraciones públicas saber el estado del tráfico, posibles incidencias o incluso elegir la ruta de menor congestión. También contribuyen al manejo de los semáforos, así como de las vallas o puentes elevadores.
Sensores de humedad	Los sensores de humedad contribuyen a la gestión de parques y jardines públicos, haciendo que el regado sea cuando realmente la tierra lo necesite y durante el tiempo justo. Cuando el sensor detecte la humedad adecuada de la tierra, los aspersores dejarán de regar el espacio. Estos sensores pueden ajustar el riego y así ahorrar mucha agua.
Sensores de luz	El sensor de luz es uno de los más comunes. Este detecta si se hace de noche o amanece o si la ciudad necesita más luz o menos a causa del tiempo. El sensor de luz hace que el alumbrado público se encienda o apague, en función de la luz natural que hay en la ciudad.
Sensores de paso	En el alumbrado público de una ciudad inteligente también se pueden instalar sensores de paso. Los sensores de paso hacen que el alumbrado público permanezca con una luz tenue hasta que detecte el paso de algún vehículo o peatón. Es en ese momento cuando la luz del alumbrado por esa zona se intensificará hasta que deje de detectar el paso del vehículo o peatón.
Sensores meteorológicos y de contaminación	Con los sensores meteorológicos se puede conseguir la monitorización y seguimiento de los parámetros ambientales. Se puede medir, por ejemplo, la calidad del aire, la calidad del agua, el ruido, la humedad, la temperatura y la concentración de polen. En cambio, los sensores de contaminación miden otras variables medioambientales, como la concentración de CO ₂ y de las partículas en suspensión.
Sensores de recogida y tratamiento de residuos urbanos	Estos sensores avisan, por ejemplo, cuando los contenedores están llenos y ayudan a planificar la retirada de los residuos según las necesidades reales de la ciudad. Este hecho hace que las rutas de los recogedores de basura sean más eficaces.
Sensor de control de consumo de agua y electricidad	Los sensores de control de consumo interactuarán con algún dispositivo donde se reflejará la lectura del consumo. Este tipo de sensores hacen que los ciudadanos sean más conscientes e intenten cambiar sus hábitos domésticos de la mejor manera para contribuir al ahorro energético.
Sensores de la red eléctrica	Estos sensores son los que hacen que la red eléctrica de la ciudad inteligente sea inteligente, avisando de las incidencias que se producen a lo largo de la red eléctrica, de los datos de consumo o de la meteorología (estos últimos para prevenir posibles incidencias a causa de algún fenómeno climático).

Fuente: Endesa – Grupo Enel

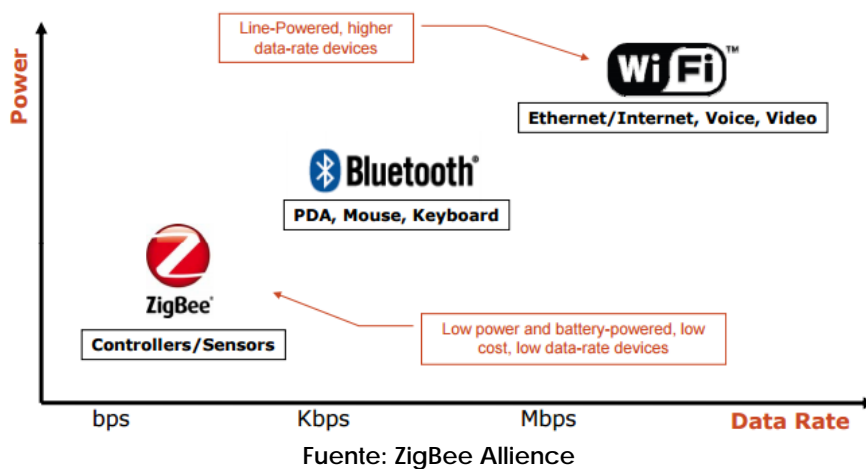
6.1.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS

Los estándares y protocolos de comunicación inalámbrica están clasificados en base a la tasa de datos y potencia que pueden manejar.

Los estándares más utilizados a nivel mundial para establecer las comunicaciones en las redes de sensores tenemos:

- ZigBee
- Bluetooth
- WiFi

Figura 13: Estándares de comunicación inalámbrica para Ciudades Inteligentes



ZIGBEE (IEEE 802.15.4)

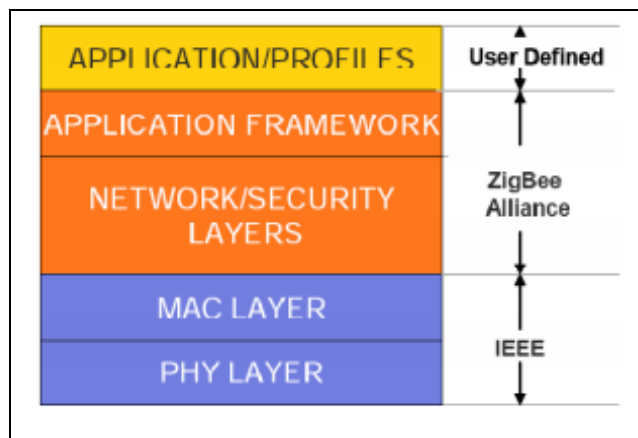
ZigBee es el estándar más aceptado para redes de sensores inalámbricos que define un conjunto de protocolos para la implementación de redes de corta distancia y baja velocidad de datos. Opera en las bandas de 868 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz y puede transferir datos hasta 250Kbps.

La banda más utilizada a nivel mundial para la implementación de redes ZigBee es la de 2.4GHz por ser una banda no licenciada.

Este estándar fue desarrollado por la Alianza ZigBee⁵, adopta al estándar IEEE 802.15.4 para sus 2 primeras capas, es decir la capa física (PHY) y la subcapa de acceso al medio (MAC) y agrega la capa de red y de aplicación.

⁵ <http://www.zigbee.org/>

Figura 14: Capas de ZigBee



Fuente: ZigBee Alliance

El estándar ZigBee fue diseñado con las siguientes especificaciones:

- Ultra bajo consumo que permita usar equipos a batería.
- Bajo costo de dispositivos, instalación y mantenimiento.
- Alcance corto (típico menor a 50 metros).
- Optimizado para ciclo efectivo de transmisión menor a 0.1 %.
- Velocidad de transmisión hasta 250 kbps para 2.4GHz, 40kbps en 915 MHz y 20Kbps en 868MHz.
- Diseñado para las necesidades especiales de comunicación de dispositivo a dispositivo, pensado para el Internet de las Cosas.
- Protocolo fiable y robusto que utiliza redes de malla multi-salto para eliminar puntos únicos de fallo y ampliar el alcance de las redes.
- Utilice una variedad de mecanismos de seguridad como el cifrado AES-128, claves de red y dispositivo.
- Interoperable entre redes y aplicaciones estandarizadas, lo que permite que dispositivos de diferentes fabricantes pueden trabajar juntos sin problemas.
- Permite la conexión de hasta 65,000 nodos en una red.
- Proporciona mecanismos de detección de energía (ED).

BLUETOOTH (IEEE 802.15.1)

El estándar IEEE 802.15.1 es la base para la tecnología de comunicación inalámbrica Bluetooth. Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de 2.4 GHz. Está diseñado para dispositivos pequeños y de bajo coste con bajo consumo de energía.

La tecnología funciona con tres clases diferentes de dispositivos: Clase 1, Clase 2 y Clase 3, donde el rango es de unos 100 metros, 10 metros y 1 metro, respectivamente.

Tabla 4: Clases de dispositivos Bluetooth

Clase	Potencia máxima permitida (mW)	Potencia máxima permitida (dBm)	Alcance (aproximado)
Clase 1	100 mW	20 dBm	~100 metros
Clase 2	2.5 mW	4 dBm	~5-10 metros
Clase 3	1 mW	0 dBm	~1 metro

Fuente: IEEE Standard

Las redes LAN inalámbricas funcionan en la misma banda de 2.4 GHz de frecuencia que Bluetooth, pero las dos tecnologías utilizan diferentes métodos de señalización para evitar interferencias.

Los dispositivos con Bluetooth también pueden clasificarse según su capacidad de canal:

Tabla 5: Versiones de dispositivos Bluetooth

Versión	Ancho de banda
Versión 1.2	1 Mbit/s
Versión 2.0 + EDR	3 Mbit/s
Versión 3.0 + HS	24 Mbit/s
Versión 4.0	32 Mbit/s

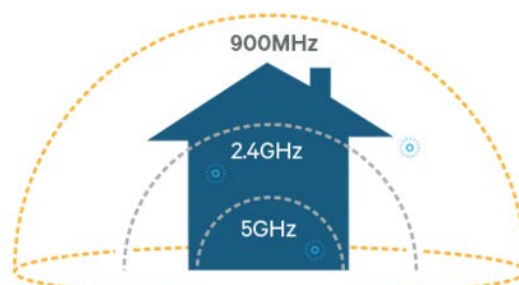
Fuente: IEEE Standard

WIFI (IEEE 802.11AH)

La necesidad de cubrir el vacío existente entre las redes móviles tradicionales y la creciente demanda de redes de sensores inalámbricos ha motivado el diseño del nuevo estándar IEEE 802.11AH, que es una nueva apuesta para redes inalámbricas, dentro de la familia de WiFi, y especialmente adaptada a entornos de comunicaciones de redes de sensores.

Entre las principales ventajas de IEEE 802.11AH respecto al estándar WiFi actual en el ámbito de las comunicaciones M2M, destacan los mecanismos de ahorro energético que alargan el tiempo de vida de los dispositivos, una mayor área de cobertura como resultado del uso de la banda de frecuencias sub-1GHz (900MHz) y un mayor número de estaciones conectadas a un único *Access Point* (hasta 8,191 dispositivos), gracias a un nuevo esquema de organización jerárquica.

Figura 15: Bandas para WiFi IEEE 802.11ah



Fuente: Qualcomm

De los tres protocolos de comunicación para redes de sensores descritos, en la actualidad el más utilizado es el protocolo ZigBee por su bajo consumo energético, sin embargo, el estándar WiFi IEEE 802.11AH será también, luego de su estandarización, uno de los protocolos más eficientes para la Internet de las Cosas (IoT) y las Ciudades Inteligentes.

6.1.4 SISTEMAS RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION)

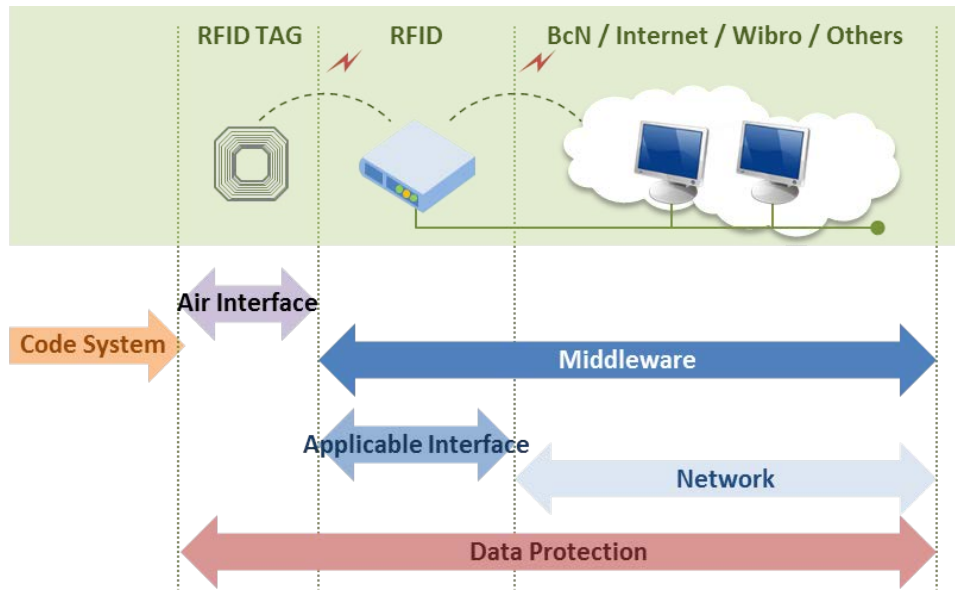
RFID (Identificación por Radiofrecuencia) es un método de almacenamiento y recuperación remota de datos, basado en el empleo de etiquetas o "tags" en las que reside la información. RFID se basa en un concepto similar al del sistema de código de barras; la principal diferencia entre ambos reside en que el segundo utiliza señales ópticas para transmitir los datos entre la etiqueta y el lector, y RFID, en cambio, emplea señales de radiofrecuencia (en diferentes bandas dependiendo del tipo de sistema, típicamente 125 KHz, 13,56 MHz, 433-860-960 MHz y 2,45 GHz).

Todo sistema RFID se compone principalmente de los siguientes elementos: (1) etiqueta RFID, (2) lector RFID, (3) ordenador y (4) software de aplicación RFID.

- Una etiqueta RFID, también llamada tag o transpondedor (transmisor y receptor). La etiqueta se inserta o adhiere en un objeto, animal o persona, portando información sobre el mismo. En este contexto, la palabra "objeto" se utiliza en su más amplio sentido: puede ser un vehículo, una tarjeta, una llave, un paquete, un producto, una planta, etc. Consta de un microchip que almacena los datos y una pequeña antena que habilita la comunicación por radiofrecuencia con el lector.
- Un lector o interrogador, encargado de transmitir la energía suficiente a la etiqueta y de leer los datos que ésta le envíe. Consta de un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena para interrogar los tags vía radiofrecuencia.
- Los lectores están equipados con interfaces estándar de comunicación que permiten enviar los datos recibidos de la etiqueta a un subsistema de procesamiento de datos, como puede ser un ordenador personal o una base de datos. Algunos lectores llevan integrado un programador que añade a su capacidad de lectura, la habilidad para escribir información en las etiquetas.
- Un ordenador, host o controlador, que desarrolla la aplicación RFID. Recibe la información de uno o varios lectores y se la comunica al sistema de información. También es capaz de transmitir órdenes al lector.
- Adicionalmente, un middleware y en backend un sistema ERP de gestión de sistemas IT son necesarios para recoger, filtrar y manejar los datos.

El siguiente diagrama describe los elementos del RFID:

Figura 16: Elementos de RFID



Fuente: Consultoría KISDI - Korea

Tabla 6: Descripción de los elementos de RFID

TIPO	DESCRIPCIÓN
Air Interface	Son especificaciones técnicas relativas a la interfaz de conexión inalámbrica entre la etiqueta RFID y el lector.
Code System	Sistema de código de identificación que se registra en las etiquetas RFID
Middleware	Software para intercambio de datos y procesamiento común aplicable a varios RFID
Applicable Interface	Interfaz para la comunicación entre el lector RFID y el sistema servidor
Network	Función de servicio de red requerida en la operación del servicio RFID
Data protección	Función de protección de datos requerido en la etiqueta RFID, lector y sistemas aplicables.

Fuente: Consultoría KISDI - Korea

Es importante destacar que la frecuencia de trabajo de la etiqueta y de los lectores condiciona las características físicas de propagación del campo electromagnético y, por tanto, las de la transmisión de los datos, tipo de acoplamiento, distancia máxima de lectura, velocidad de transmisión y sensibilidad a los materiales. Estas características condicionan también las aplicaciones comerciales para las que se puede utilizar la tecnología RFID.

En la siguiente tabla se indican las aplicaciones comerciales más usuales de la tecnología RFID.

Tabla 7: Aplicaciones de la tecnología RFID según la frecuencia de trabajo

FRECUENCIA DE TRABAJO	APLICACIONES USUALES
135 KHz (LF)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Control de acceso ▪ Identificación de animales ▪ Control antirrobo en coches
13.56 MHz (HF)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Control de acceso ▪ Bibliotecas y control de documentación ▪ Pago en medios de transporte ▪ Control de equipaje en aviones
860-960 MHz (UHF)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cadenas de suministro ▪ Trazabilidad de objetos de valor ▪ Control anti falsificación ▪ Automatización de las tareas de inventario ▪ Pago de peajes en autopistas
2.4GHz, 5.8GHz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pago de peajes en autopistas ▪ Rastreo de vehículos

Fuente: Consultoría KISDI - Korea

La correcta elección de las aplicaciones de la tecnología RFID para Ciudades Inteligentes deberá ser asesorada por fabricantes especializados teniendo en cuenta la regulación en el uso de las frecuencias.

6.1.5 REDES DE VIDEO VIGILANCIA PARA CIUDADES INTELIGENTES

Las ciudades inteligentes necesitan ser monitoreadas en todo momento, de manera tal que se disponga de información en tiempo real para el análisis y toma de decisiones.

Un sistema de video vigilancia para ciudades inteligentes debe considerar:

- Monitorear lugares importantes, como los edificios comerciales, los bancos, los correos y las escuelas, en forma dimensional.
- Aplicar diversos métodos de vigilancia basados en:
 - Alarmas
 - Video vigilancia
 - Conexión de alarmas
- Promover la informatización y detectar potenciales eventos en tiempo real.
- Garantizar la seguridad dentro de la ciudad.

A continuación describiremos al Sistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV System por sus siglas en inglés), que consiste en dispositivos electrónicos u otros diseños, construida o adaptada para supervisar o grabar imágenes dentro o en las proximidades de locales.

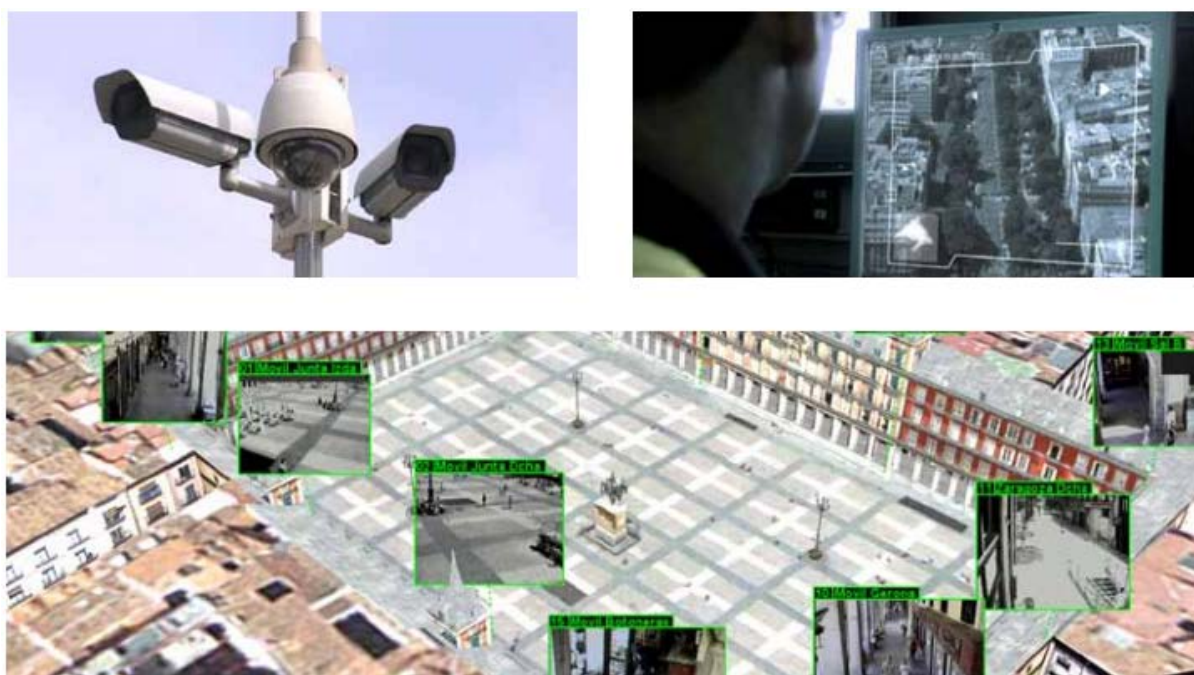
SISTEMAS CCTV PARA CIUDADES INTELIGENTES

Los sistemas CCTV permiten monitorear la ciudad a través de cámaras de video vigilancia estratégicamente distribuidas. La selección de los tipos de cámara PTZ, Domo, Semi Domo y Fijas, dependerá del nivel de detalle, alcance y calidad de imagen que se desea observar.

Asimismo, es necesario realizar el dimensionamiento de la red considerando el ancho de banda que consumirá cada cámara, para este fin se debe definir la calidad de la imagen que se va transmitir (HD, FHD, etc.) y la simultaneidad en el uso de cámaras, es decir, el número de cámaras transmitiendo en simultáneo. Como resultado del dimensionamiento se definirá si será necesario utilizar redes de fibra óptica para interconectar las cámaras o en su defecto, la utilización de enlaces microondas de alta capacidad. En ambos casos, las imágenes serán transportadas hacia el Centro Integrado de Seguridad para su almacenamiento y análisis.

Los sistemas avanzados de video vigilancia utilizan cámara IP y se configuran soluciones que permiten grabar, gestionar y visualizar imágenes detalladas de Alta Definición (HDTV 720p, 1080p o 5 Megapixel) a través de todo tipo de infraestructura (Ethernet, WiFi, WiMAX, LTE, etc.).

Figura 17: Componentes de los sistemas CCTV



Fuente: Seguridad Urbana - Indra

CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA SISTEMAS CCTV

Para el diseño de sistemas CCTV se recomienda considerar el siguiente diagrama de flujo:

Figura 18: Diseño de sistemas CCTV

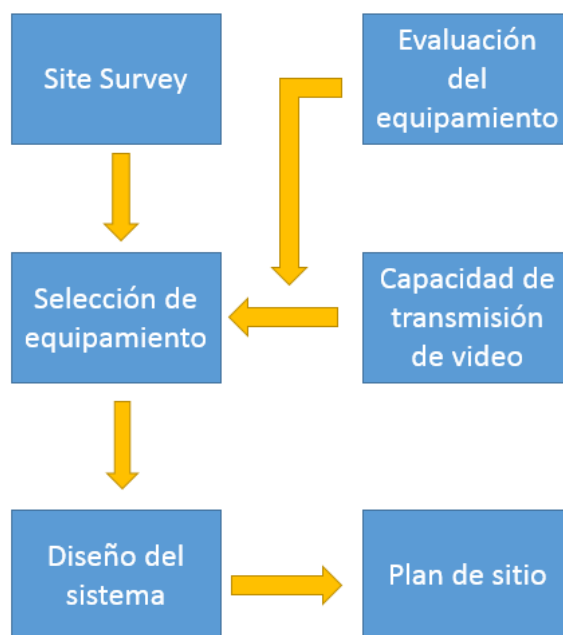


Diagrama de flujo

Elaboración: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

SITE SURVEY (ESTUDIO DE SITIO): Como trabajo previo se debe realizar un estudio de sitio para determinar la ubicación de las cámaras, la necesidad de instalar iluminación adicional a las cámaras, determinar la provisión de energía eléctrica, determinar la existencia de infraestructura para su instalación o la necesidad de realizar adecuaciones previas y las facilidades de espacio para realizar los trabajos de mantenimiento de manera periódica. El trabajo de Site Survey incluye la realización de planos donde se indique la ubicación exacta de las cámaras y el recorrido de la fibra óptica necesaria para su interconexión. Si la interconexión entre las cámaras y el centro de control es vía enlaces microondas, se debe indicar en los planos la ubicación de los enlaces requeridos.

SELECCIÓN DEL EQUIPAMIENTO: Durante la etapa de diseño y selección de equipos, se debe considerar las especificaciones técnicas de los componentes individuales, así como la compatibilidad y desempeño durante la operación con otros componentes.

CÁMARAS Y LENTES: Se deben elegir cámaras y lentes que sean compatibles y deben ser seleccionados teniendo en cuenta que debe identificar a cualquier persona u objeto y a las características ambientales del área que se van a cubrir.

Dentro de los parámetros que se deben de considerar para la elección de cámaras tenemos: Sensibilidad a la luz, campo de visión, iluminación adicional, carcasas de protección y soportes, rotación completa y velocidad de rotación requerida.

REQUISITOS DE ENERGÍA: Se debe considerar los requisitos de alimentación del sistema, esto incluye: definir si será conexión eléctrica local o centralizada, la distancia límite del cableado de energía recomendado por el fabricante, considerar energía de respaldo, considerar la posibilidad de utilizar sistemas Power over Ethernet (PoE) de alta potencia para ciertas cámaras, especialmente para aquellas con iluminadores incorporados, funciones de calentador o cámaras PTZ con rotación motorizada.

RENDIMIENTO DEL VIDEO: El diseño global del sistema y los equipos utilizados deben tener en cuenta la necesidad de alcanzar los niveles de rendimiento esperados durante la etapa de funcionamiento. Esto incluye considerar la velocidad de los fotogramas (frame rate), la resolución y calidad de las imágenes en vivo y grabadas, tanto para la visión humana como para el análisis automatizado de los videos.

CARACTERÍSTICAS DE ALMACENAMIENTO: El diseño global del sistema y los equipos utilizados deben tener en cuenta la necesidad de alcanzar los niveles de rendimiento esperados durante la etapa de funcionamiento. Esto incluye considerar la velocidad de los fotogramas (frame rate), la resolución y calidad de las imágenes en vivo y grabadas, tanto para la visión humana como para el análisis automatizado de los videos.

PRESENTACIÓN DE LA IMAGEN: El dispositivo de presentación de imágenes (multipantallas) debe ser seleccionado después de definir el nivel de detalle requerido por las cámaras para identificar, reconocer, detectar o controlar. Se debe tener en cuenta si las pantallas serán utilizadas para visualizar mapas, planos, lista de dispositivos, estado del sistema, condiciones de alarma, etc. Para superficies de visualización más grandes, la resolución de la pantalla puede ser definido de acuerdo al tamaño mínimo visible de un pixel. Cuando se visualizan imágenes en las que está presente una cantidad significativa de movimientos (por ejemplo tráfico vehicular), las tasas de refresco de pantalla y resoluciones deben ser adaptados a la imagen fuente.

DISEÑO DEL SISTEMA Y ELABORACIÓN DEL PLAN DE SITIO: El diseño debe tener en cuenta los requerimientos definidos para el sistema y considerar la ubicación de las cámaras identificados en las etapas anteriores. En esta etapa se debe elaborar un plan de sitio, que es un dibujo de ingeniería que detalla las mejoras propuestas incluyendo ubicaciones de los diferentes componentes claves, por ejemplo la características de las cámaras (incluyendo campo de visión), y las posiciones preestablecidas, detectores (incluyendo alcance y cobertura), salas de control, fuentes de alimentación, interconexiones, etc.

El sistema diseñado debe estipular las condiciones de prueba en que se debe utilizar cualquier imagen. Por ejemplo, si el sistema se utilizará tanto en condiciones diurnas y nocturnas, las pruebas independientes deben realizarse para las diferentes condiciones de luz.

Cualquier cambio en los planes de sitio, planes de instalación, diseños de sistemas y arquitectura lógica debe ser incluido y adjuntarse a la documentación final y debe incluir los permisos de cambio y riesgo durante el proceso de instalación.

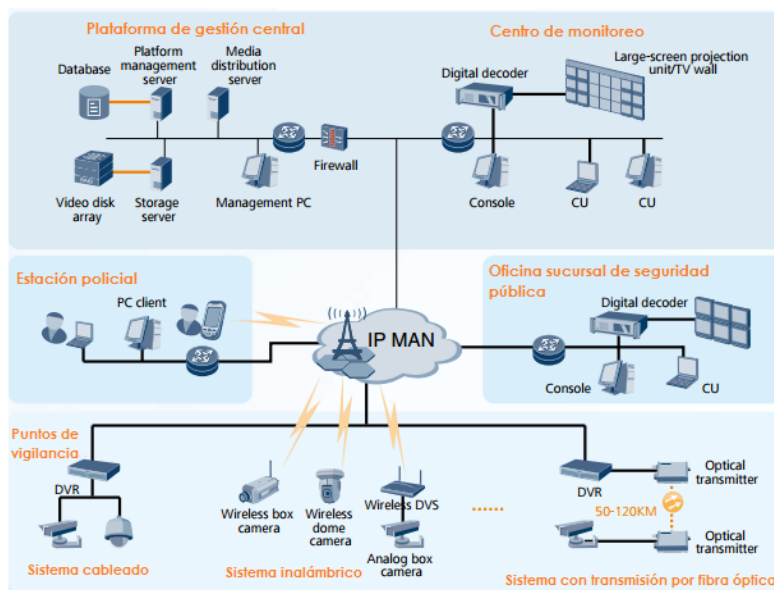
CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRADO DE CCTV SYSTEM

A continuación describiremos algunas consideraciones técnicas para implementar una solución con CCTV System teniendo en cuenta las propuestas de algunos fabricantes que diseñan sistemas integrados de video vigilancia.

La solución que se implemente ya sea a pequeña escala o gran escala, debe soportar networking centralizado por capas que integre unidades periféricas (PU), redes, dispositivos de almacenamiento, computación y almacenamiento en nube y que cuente con gran escalabilidad. Las características de esta solución en particular son las siguientes:

- Debe tener una plataforma abierta unificada de diseño modular por capas de alta compatibilidad.
- La solución debe utilizar interfaces y protocolos abiertos y estandarizados para video, audio y transmisión que cumplan con los estándares internacionales e industriales.
- Debe considerar mecanismos de protección, gestión de ancho de banda y bajo retardo de transmisión que cumpla con los requerimientos de confiabilidad y calidad.
- Se recomienda utilizar la tecnología de almacenamiento en nube y plataformas de computación que garanticen el almacenamiento confiable, con capacidades de búsqueda efectiva.
- El sistema debe permitir detectar y grabar en forma automática a los vehículos que infrinjan las normas de tránsito.
- El sistema debe permitir la integración con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y el Sistema Georeferencial (GIS) para atender emergencias precisando su ubicación a través de mapas georeferenciados.

Figura 19: Solución de video vigilancia para municipalidades



Fuente: Huawei (IVS)

La solución integral debe considerar la construcción de un centro integrado de seguridad y emergencias que centralice la atención y monitoreo de alarmas, así como el control y la vigilancia de la ciudad.

El Centro Integrado de Seguridad y Emergencias debe albergar los sistemas de video vigilancia, el sistema de atención por GIS/GPS y un sistema de alarmas, que a su vez, formen parte de los equipos de respuesta en caso de emergencia de los departamentos de bomberos, de la policía y de tránsito.

Las cámaras de video vigilancia estarán interconectadas a través de enlaces microondas o fibra óptica, según sea el caso, al Centro Integrado de Seguridad y Emergencias construido dentro de la ciudad con el fin de recibir y analizar las imágenes capturadas por el sistema de CCTV. Esta información será analizada por personal especializado para informar a la policía, bomberos o tránsito en caso de una emergencia para la acción inmediata.

6.1.6 SISTEMAS SCADA PARA CIUDADES INTELIGENTES

Las soluciones automatizadas para monitorear y controlar las redes eléctricas, redes de agua y redes de hidrocarburos permitirán a las ciudades inteligentes reducir el consumo energético y las emisiones contaminantes, mejorando la calidad del servicio y la satisfacción de la población.

Actualmente las ciudades enfrentan grandes retos en lo relacionado a eficiencia energética, la integración de múltiples instalaciones heterogéneas o la monitorización de procesos. El sistema SCADA es una excelente solución para gestionar los recursos de la ciudad mediante procesos eficientes, puntos claves dentro del concepto de Ciudades Inteligentes.

Los sistemas SCADA, son sistemas computarizados que procesan información proveniente de campo, en tiempo real, y que pueden controlar y monitorear infraestructuras industriales, o procesos continuos de producción, transporte, generación, redes eléctricas, de gas, de petróleo, de productos refinados, de agua, de telecomunicaciones, etc. Permiten monitorear y controlar variables en áreas físicamente alejadas unas de otras en grandes zonas geográficas a través de un conjunto de elementos de software y hardware que permiten una comunicación bidireccional con los elementos de campo en tiempo real.

Un sistema SCADA se compone de varios subsistemas:

Tabla 8: Subsistemas SCADA

SUBSISTEMAS	DESCRIPCIÓN
Interfaz Hombre-Máquina (MMI)	Son los dispositivos y elementos de software que le permiten al operador estar en comunicación en tiempo real con el proceso, sus variables, fijar límites de supervisión y alarma, tomar decisiones en situaciones críticas, hacer diagnósticos, tendencias, pronósticos, mantenimientos programados, etc.
Sistema de Computo	Adquiere la información proveniente del proceso y envía comandos de control al sistema central.
Unidades Terminales Remotas (RTUs)	Reciben las señales en tiempo real de todos los sensores del proceso y los convierte en señales digitales enviando los datos al Centro de Control.
Controladores Lógicos Programables (PLCs)	Ejecuta en forma autónoma procesos o rutinas en forma independiente de la Computadora Maestra, o Centro de Control.
Infraestructura de Comunicaciones	Permite la conectividad de las RTUs con el Centro de Control. Es una red de fibra óptica, respaldada por una red de comunicaciones vía satélite.
Instrumentación de campo	Monitorea las variables que participen en el proceso a controlar. Convierte señales analógicas en señales digitales mediante transductores.

Fuente: Scheider Electric

Para que un sistema de monitorización y control adquiera la denominación de SCADA debe soportar protocolos de comunicaciones normalizados (OPC) e implementar capacidades de gestión de alarmas e históricos de las variables de proceso. Es necesario también que incluya gestión de usuarios y permisos, a la vez que potentes editores gráficos de pantallas y generación de informes.

Figura 20: Monitoreo de redes eléctricas, agua, hidrocarburos mediante sistemas SCADA



Fuente: www.tecnologiatotal.net

La importancia de los sistemas SCADA en el control del suministro de servicios críticos, como la energía eléctrica o el agua potable, hace que se conviertan en sistemas estratégicos. El empleo cada vez más generalizado de los sistemas SCADA constituye una realidad en la infraestructura de muchas ciudades y para afrontar este nuevo reto, las Ciudades Inteligentes deben estar preparadas.

6.2 TECNOLOGÍAS IDENTIFICADAS PARA LA CAPA DE RED

El tráfico de red generado por las redes de sensores, las redes de cámaras de video vigilancia y toda información que se curse en las ciudades inteligentes, deben ser soportados por redes de transporte y acceso de banda ancha de alta eficiencia, garantizando que la información llegue a su destino con alta velocidad y sin sufrir distorsiones en el canal de comunicación.

En ese sentido, el diseño y construcción de Ciudades Inteligentes debe considerar la instalación de medios de transmisión alámbricos e inalámbricos, considerando la infraestructura necesaria para su instalación.

Para cumplir con este objetivo se debe desplegar redes de fibras ópticas a lo largo de la ciudad el cual será la columna vertebral de la red de comunicaciones, así mismo, para brindar el acceso a los servicios inteligentes, se debe utilizar redes inalámbricas avanzadas que permitan la conectividad ubicua.

Las redes comerciales de los operadores de telecomunicaciones ayudan al propósito de brindar acceso de banda ancha a los pobladores, pero es necesario garantizar la cobertura en toda la ciudad de lo contrario los servicios inteligentes no llegarán al 100% de la población.

La instalación de la fibra óptica debe ser armonizada respetando el entorno arquitectónico de la ciudad sin impactar el medio ambiente, es por esto la importancia de planificar su instalación considerando en primera instancia canalizaciones subterráneas a lo largo de la ciudad. En caso no sea factible realizar canalizaciones subterráneas, un porcentaje de la red de fibra podría ser aérea.

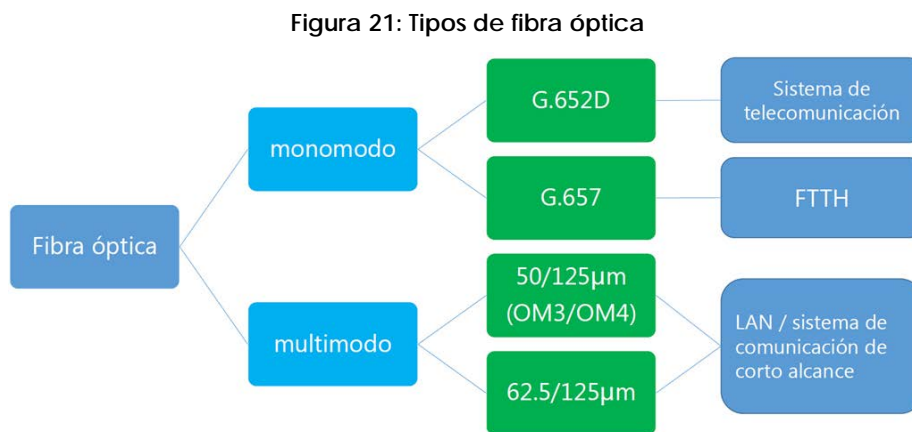
De la misma manera, la implementación de redes de acceso inalámbrico deberá considerar la instalación de equipos de pequeñas dimensiones como las denominadas "small cell" y el uso de antenas mimetizadas de fábrica.

A continuación se describirán las consideraciones técnicas para la implementación de redes de fibra óptica y tecnologías de acceso para ciudades inteligentes.

6.2.1 REDES DE FIBRA ÓPTICA PARA CIUDADES INTELIGENTES

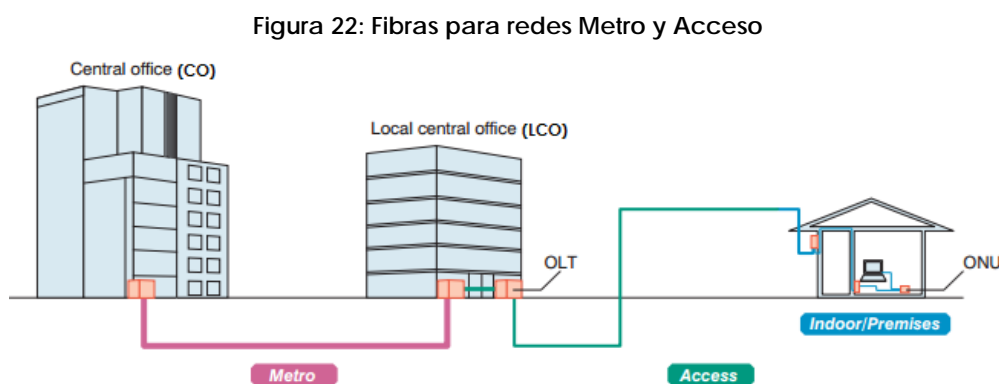
La elección del tipo de fibra óptica a utilizar dependerá de la aplicación que se le va a dar, es decir, si va a utilizarse como una red de transporte que va a cubrir largas distancias se debe utilizar fibras del tipo monomodo, y si se va utilizar como red de acceso para brindar conectividad al usuario final en tramos cortos, las fibras del tipo multimodo son las más recomendables.

En ese sentido, podemos agrupar los tipos de fibras ópticas de la siguiente manera:



Fuente: Fiberhome

Para proyectos de telecomunicaciones de redes Metro los fabricantes de fibras ópticas recomiendan utilizar el tipo G.652D y para proyectos FTTH recomiendan la fibra G.657.A1 porque tiene bajas pérdidas por atenuación. Así mismo, para cableados internos (indoor) se recomienda utilizar la fibra tipo G.657.A2 o G.657.B3.



Fuente: Furukawa

- OLT : Terminal de Línea Óptica
- ONU : Unidad de Red Óptica
- CO : Oficina Central
- LCO : Oficina Central Local

Respecto a las fibras multimodo, recomendable para redes LAN y sistemas de comunicaciones de corto alcance, el fabricante Fiberhome recomienda utilizar las fibras del tipo OM, donde las distancias máximas de aplicación varían en función a la velocidad de transmisión de la fibra.

Tabla 9: Distancias típicas de uso en fibras multimodo

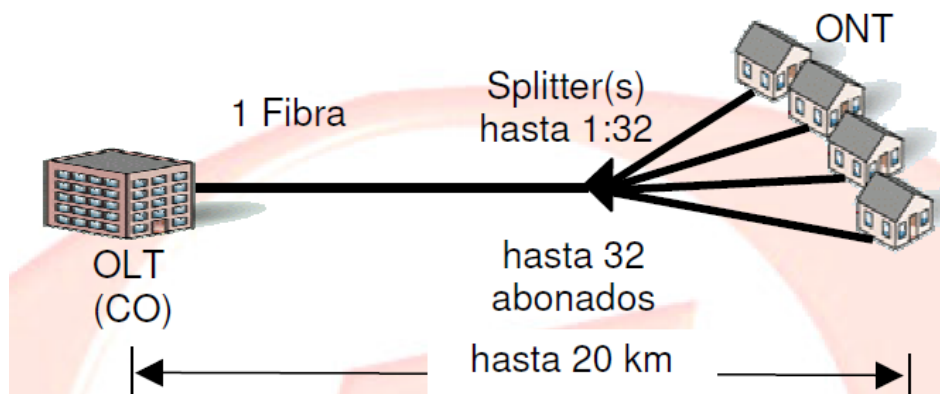
TIPO DE FIBRA	DISTANCIA DE TRANSMISIÓN PARA 1GBPS	DISTANCIA DE TRANSMISIÓN PARA 10GBPS
OM1	275m	32m
OM2	800m	150m
OM3	1000m	300m
OM4	1100m	550m

Fuente: Fiberhome

SOLUCIONES DE FIBRA ÓPTICA SUGERIDAS PARA FTTX

“La solución FTTx es una expresión genérica para asignar arquitecturas en redes de transmisión de alto desempeño, basadas en tecnología óptica. Son redes totalmente pasivas, también llamadas redes PON (Passive Optical Network). De una manera generalizada, en la Sala de Equipos (CO - Central Office) la señal es transmitida por una red óptica donde en una región próxima a los suscriptores, la señal se divide y es transmitida a los Terminales de Red Óptica ONTs (Optical Network Terminal) localizada en los respectivos suscriptores” (Guía de Aplicación FTTX, Furukawa, s.f., p.01).

Figura 23: Soluciones FTTx sobre redes PON



Fuente: Furukawa

- OLT : Terminal de Línea Óptica
- ONU : Unidad de Red Óptica
- ONT : Terminal de Red Óptica
- CO : Oficina Central
- LCO : Oficina Central Local

Una red de transmisión basada en la arquitectura PON está compuesta por los siguientes segmentos:



Fuente: Furukawa

SALA DE EQUIPOS/CABECERA: "Es el local donde están instalados el equipo de transmisión óptica (OLT) y el Distribuidor Óptico General (DGO) responsable por la transición entre el equipo de transmisión y los cables ópticos troncales de transmisión" (Guía de Aplicación FTTX, Furukawa, s.f., p.02).

RED ÓPTICA TRONCAL/FEEDER: "Compuesta básicamente por cables ópticos que llevan la señal de la Sala de Equipos hasta los centros de distribución. Estos cables ópticos son indicados prioritariamente para instalación subterránea en el interior de líneas de conductos o subductos y en instalaciones aéreas, devanados por mensajero. Para redes PON, las fibras ópticas utilizadas son del tipo monomodo" (Guía de Aplicación FTTX, Furukawa, s.f., p.02).

PUNTOS DE DISTRIBUCIÓN: "Para optimizar el aprovechamiento de fibras ópticas, las redes PON normalmente se presentan en topología Estrella-Distribuida. En esta configuración, los puntos de distribución hacen la división de la señal óptica en áreas más distantes de la central, disminuyendo el número de fibras ópticas para atender a estos accesos. En este local son instalados pequeños armarios ópticos de distribución asociados a divisores ópticos. En este punto de distribución es hecha la división, distribución y la gerencia de la señal óptica asociada a esta área. De forma alternada, estos armarios pueden ser cambiados por cajas de empalme asociados a divisores ópticos para uso específico. Estos divisores ópticos deben tener excelente estabilidad térmica, uniformidad y bajas pérdidas de inserción" (Guía de Aplicación FTTX, Furukawa, s.f., p.02).

RED ÓPTICA DISTRIBUCIÓN: "Compuesta por cables ópticos, llevan la señal de los centros de distribución a las áreas específicas de atención. Estos cables normalmente son auto soportados con núcleo seco para facilitar la instalación.

Asociados a estos cables, son utilizados cajas de empalme para derivación de las fibras para una distribución mejorada de la señal. Cajas de empalme también nombradas de NAP (Network Access Point), son puestos para la distribución de la señal realizando la transición de la red óptica de alimentación a la red terminal, también conocida como red de bajada” (Guía de Aplicación FTTX, Furukawa, s.f., p.02).

RED ÓPTICA DE ACOMETIDA: “Compuesta por cables ópticos auto soportados de baja cantidad de fibras. Debido a las grandes restricciones de espacio y utilización de conductos ya existentes, normalmente son utilizadas fibras ópticas de características especiales para evitar la pérdida de señal por curvaturas acentuadas. Otra alternativa es la utilización del cable de acometida para aplicación en conducto subterráneo” (Guía de Aplicación FTTX, Furukawa, s.f., p.02).

RED INTERNA: “A partir del bloqueo óptico (FOB) o distribuidor interno óptico (DIO), son utilizadas extensiones o cordones ópticos para realizar la transición de la señal óptica de la fibra al receptor interno del abonado. Por las mismas razones de restricción de espacio y utilización de conductos existentes internamente a la casa del abonado, las extensiones y cordones ópticos son hechas en fibra óptica flexible” (Guía de Aplicación FTTX, Furukawa, s.f., p.03).

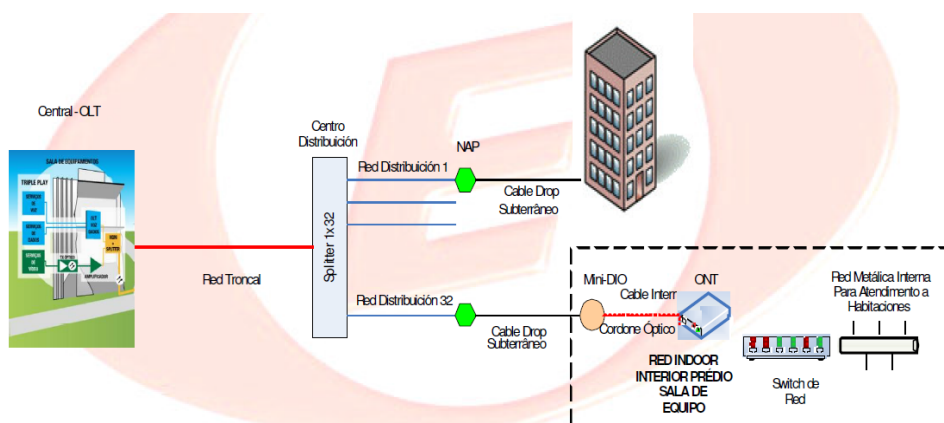
Los principales modelos de arquitectura FTTx que se desarrollan actualmente son:

- FTTB – Fiber-To-The-Building (Fibra al edificio)
- FTTA – Fiber-To-The-Apartment (Fibra al apartamento)
- FTTH – Fiber-To-The-Home (fibra a la casa)

SOLUCIÓN FTTB – FIBER TO THE BUILDING

“FTTB es una arquitectura de red de transmisión óptica, donde la red de bajada termina en la entrada de un edificio (comercial o residencial). A partir de este punto terminal, el acceso interno a los usuarios es normalmente hecho a través de una red metálica de cableado estructurado” (Guía de Aplicación FTTX, Furukawa, s.f., p.04).

Figura 25: Solución FTTB

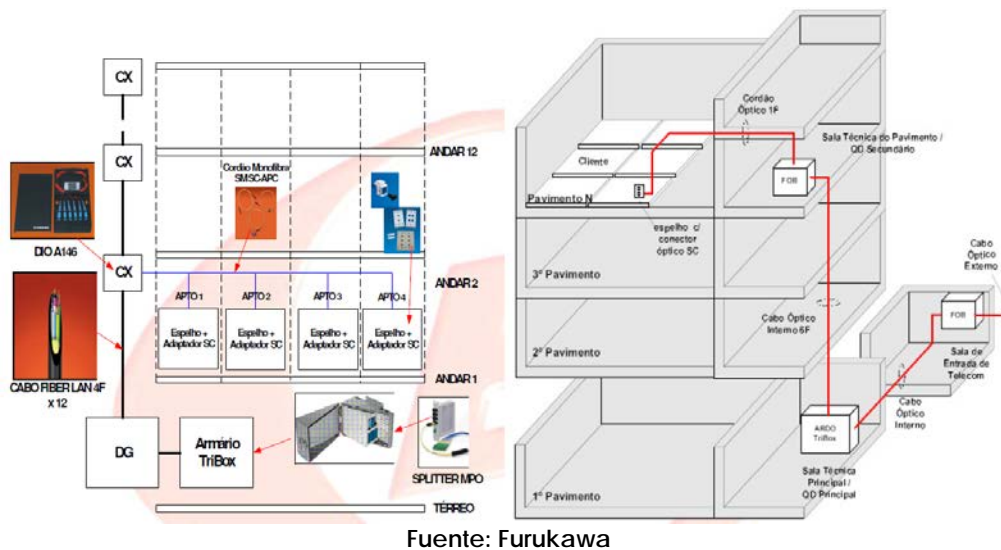


Fuente: Furukawa

SOLUCIÓN FTTA – FIBER TO THE APARTMENT

“FTTA es una arquitectura de red de transmisión óptica, donde la red de bajada entra al edificio (comercial o residencial) llegando a una sala de equipos. A partir de esta sala, la señal óptica puede sufrir una división de la señal a través del uso de divisores ópticos, posteriormente encaminado individualmente a cada habitación u oficina. Otras alternativas de división interna del edificio pueden ser implementadas pero siempre cada habitación u oficina será atendido por una única y exclusiva fibra óptica, el punto terminal de acceso interno a los usuarios es llevado adentro de cada habitación u oficina” (Guía de Aplicación FTTX, Furukawa, s.f., p.04).

Figura 26: Solución FTTA

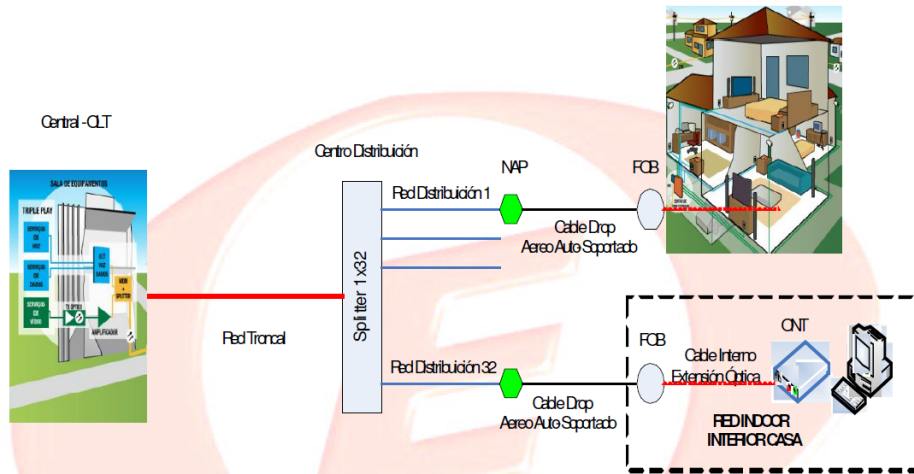


Fuente: Furukawa

SOLUCIÓN FTTH – FIBER TO THE HOME

“FTTH es una arquitectura de red de transmisión óptica, donde la red de bajada entra en la residencia del abonado y es suministrado por una fibra óptica exclusiva para este acceso. Normalmente entre la red de bajada y la red interna del abonado, es utilizado un mini-DIO o un bloqueo óptico (FOB) para realizar la transición de la señal óptica al interior de la residencia. Después de esta transición, la señal es debidamente suministrada a través de una extensión o cordón óptico para el receptor óptico del abonado” (Guía de Aplicación FTTX, Furukawa, s.f., p.06).

Figura 27: Solución FTTH



Fuente: Furukawa

Para las soluciones FTTx se recomienda utilizar los siguientes tipos de fibra:

Tabla 10: Tipos de fibra óptica en función a su lugar de instalación

APLICACIÓN	TIPO DE FIBRA	CARACTERÍSTICAS
Fibra enterrada (Underground)	Cable tipo S, cable tipo SZ	Cable central ranurado helicoidal, fibra de alta densidad.
Fibra aérea (Aerial)	Cable ADSS, Cable tipo figura 8, Cable SSW	Fabricado con elementos totalmente dieléctricos.
Cable de bajada (Drop Cable)	Cable Drop	Estructura de soporte suave, capucha externa fácil de remover.
Cable interior (Indoor cable)	Cable curvado EZ	Cable de baja fricción, fácil de remover la capucha exterior.

Fuente: Fiberhome

6.2.2 REDES DE ACCESO DE ALTA CAPACIDAD PARA CIUDADES INTELIGENTES

Uno de los principales pilares para la creación de Ciudades Inteligentes la conforman las redes de acceso inalámbrico de alta capacidad, ya que estas redes y tecnologías permiten movilidad y conectividad de banda ancha ubicua a los ciudadanos, siendo esto uno de los requisitos claves de las futuras Ciudades Inteligentes para acceder a los servicios en cualquier momento y en cualquier lugar.

En ese sentido, serán los operadores de servicios de telecomunicaciones quienes deberán desplegar o repotenciar sus redes en toda la ciudad, garantizando cobertura total, calidad y continuidad de servicio. Para este fin, corresponderá a las autoridades municipales brindar las facilidades para el despliegue de la infraestructura de telecomunicaciones respetando las normas vigentes.

A continuación describiremos la tecnología LTE-Advanced (LTE-A) que a la fecha de elaboración del presente documento es el estándar de redes inalámbricas de banda ancha más avanzado, que permite a través de la técnica de agregación de portadoras, obtener velocidades máximas de 1Gbps (@100 MHz) por estación base, soportando el tráfico de datos y video que se generará en las Ciudades Inteligentes.

Asimismo, describiremos el funcionamiento de las denominadas "Small Cell" y la infraestructura necesaria para su instalación, como equipamiento alternativo para minimizar el impacto paisajístico de la ciudad.

SMALL CELLS Y LTE-ADVANCED (LTE-A): CONCEPTOS BÁSICOS Y AVANCES POTENCIALES PARA CIUDADES INTELIGENTES

Los servicios avanzados de las Ciudades Inteligentes se centran en la integración y el procesamiento de grandes cantidades de datos generadas por fuentes heterogéneas como por ejemplo, el clima, la contaminación ambiental, monitoreo de la ciudad, entre otras fuentes.

En ese sentido, las predicciones de los patrones de tráfico a nivel de la red siguen siendo extremadamente especulativas, tal es así que el diseño y dimensionamiento de una adecuada infraestructura de comunicación debe tener en cuenta la capacidad de la red a adaptarse a las necesidades de demanda de tráfico y escenarios cambiantes.

Dentro de las consideraciones de comunicación y operación que las redes de las Ciudades Inteligentes deben cumplir podemos mencionar los siguientes aspectos:

1. **Interoperabilidad:** una tendencia clara es interconectar todas las posibles fuentes de datos a través de una infraestructura global para soportar nuevos servicios, por ejemplo, un servicio basado en la nube.
2. **Escalabilidad:** la comunicación y la creación de infraestructura de red de una ciudad inteligente debe proporcionar capacidad de banda ancha y alto rendimiento, utilizando arquitecturas capaces de escalar y actualizarse fácilmente a medida que aumentan los usuarios y servicios cuando las redes alcanzan la madurez.
3. **Rápido despliegue:** el despliegue de nuevas soluciones o mejoras de la infraestructura existente debería ser lo más rápido posible, favoreciendo la instalación de dispositivos pequeños fáciles de instalar.
4. **Robustez:** vivir en una ciudad inteligente requerirá un gran número de servicios. Como consecuencia de esto, las comunicaciones deben ser lo suficientemente robusta como para proporcionar garantías en la disponibilidad incluso en condiciones extremas.
5. **Limitado consumo de energía:** los recursos inteligentes de gestión y el impacto ambiental controlado son otros aspectos importantes a tener en cuenta en las Ciudades Inteligentes. A raíz de las recientes actividades en el campo de la denominada comunicación verde, la infraestructura debería tener un impacto ambiental limitado y bajo consumo de energía para reducir al mínimo los costos de operación y gestión.

6. **Acceso Multi-modal:** los usuarios deben estar facultados para utilizar los servicios de una ciudad inteligente, independientemente de los dispositivos que estén utilizando. El acceso a los servicios en las Ciudades Inteligentes deberán seguir el principio AAA: Any-time (todo el tiempo), Any-where (en todo lugar), Any-device (cualquier dispositivo).

Teniendo en cuenta estas consideraciones de comunicación, las Ciudades Inteligentes dependerán en gran parte de la infraestructura de red. Asimismo, la conectividad móvil de banda ancha tendrá que experimentar un aumento de la cobertura y calidad de servicio. En este marco, las Small Cell representarán una tecnología adecuada para hacer frente a estos requerimientos.

SMALL CELLS:

En la perspectiva de LTE-A, una Small Cell es una estación base de bajo consumo de energía y bajo costo, cuyo principal objetivo es proporcionar una mayor cobertura celular en zonas residenciales y empresariales de manera complementaria a la cobertura de las Macro Cell, así mismo, operar como hot spot en ambientes al aire libre.

Dentro de los principales tipos de Small Cell tenemos:

1. **Pico-celdas:** Son pequeñas, ligeras y de conexión directamente a una red central del operador.
2. **Femto-celdas:** Es una topología específica de Small Cell cuyo objetivo es proveer cobertura de corto alcance en ambientes interiores.
3. **DAS (Distribution Antenna System):** Los Sistemas de Antenas Distribuidas, se utilizan para agregar cobertura puntual en áreas de alto tráfico en ambientes interiores y exteriores. Diseñadas para una instalación sencilla y un mínimo de impacto visual. Su aplicación está centrada en áreas difíciles de cubrir como edificios altos, estadios, aeropuertos y centros comerciales.
4. **Nodos de retransmisión:** Utilizadas para ampliar la cobertura de las macro células o cubrir los huecos de cobertura.

Figura 28: Tipos de Small Cell

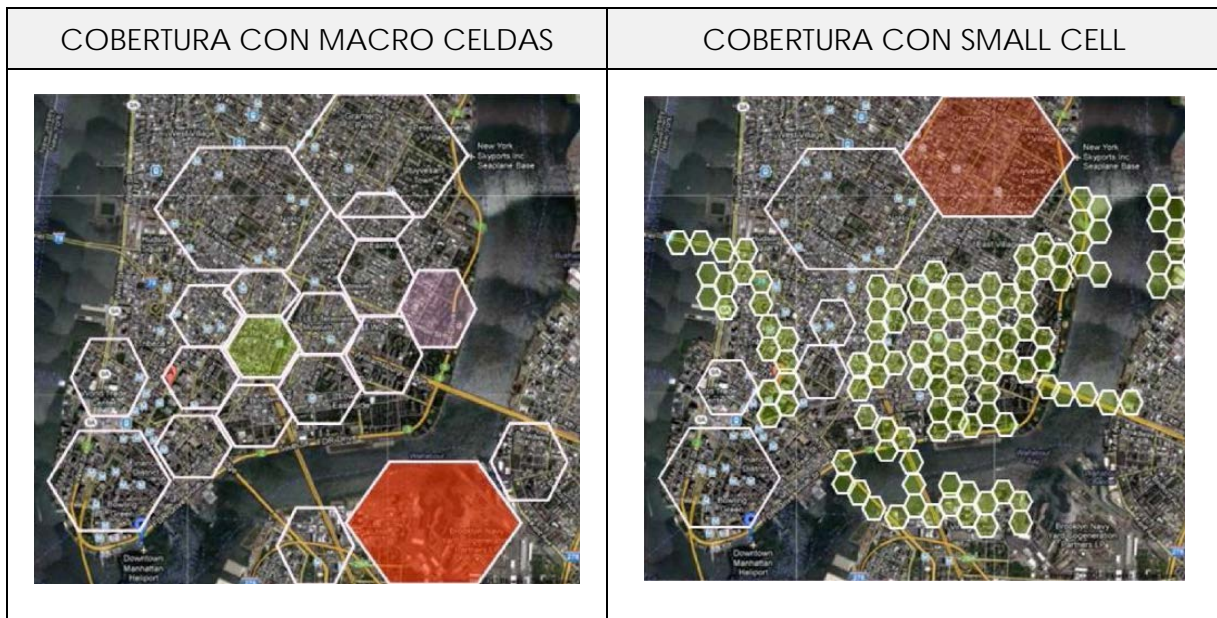


Fuente: Nokia Siemens Network

En los primeros estudios de viabilidad sobre los sistemas LTE-A y versiones superiores, se asignó un papel clave a las Small Cell respecto a la cobertura de banda ancha futura hasta 25 Gbps/km² en ambientes urbanos. En tal perspectiva, el uso intensivo de la duplexación por división de tiempo dinámico, agregación de portadoras, coordinación de interferencia y MIMO masivo, incrementarán la capacidad disponible en algunos órdenes de magnitud. Por otra parte, los usuarios que intercambian datos en cada Small Cell experimentarán un aumento en la calidad y experiencia de los servicios, porque los recursos de transmisión son compartidos por un número menor de usuarios móviles en comparación con el caso de las macro celdas.

De hecho, la cobertura de radio usando el despliegue de Small Cell permitirá un mejor control del área geográfica de la ciudad y una reducción de la emisión electromagnética en las zonas urbanas (menores niveles de RNI).

Figura 29: Comparativo Macro Cell vs Small Cell



Fuente: Published online "The role of small cell technology in future Smart City applications"

Las Small Cell también son consideradas como una solución valiosa para el problema de la sostenibilidad ecológica para futuras redes de acceso inalámbrico de banda ancha. La idea de un despliegue de estaciones base de baja potencia, auto-organizados y de bajo costo, ha demostrado que tiene el potencial de incrementar significativamente la capacidad de las redes de telefonía móvil, mientras reduce el consumo de energía.

TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS AVANZADAS LTE-A Y 5G:

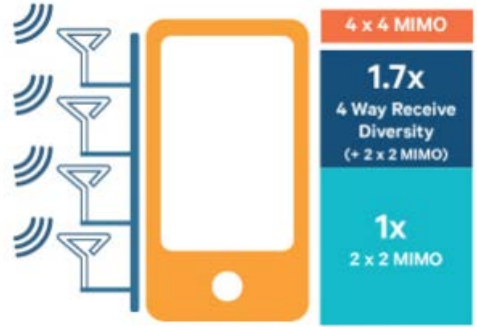
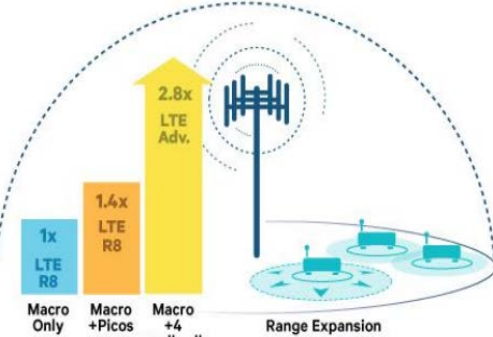
La tecnología LTE Advanced es un estándar definido por la 3GPP que será una de las principales tecnologías habilitadoras del acceso a los servicios para las Ciudades Inteligentes en el ámbito de las plataformas de comunicaciones.

La tecnología LTE-A incorpora múltiples mejoras a la red móvil que se pueden agrupar en tres categorías principales:

1. Permite realizar la agregación de portadoras (Carrier Aggregation) para aprovechar más el espectro radioeléctrico y aumentar la tasa de datos (bps).
2. Permite el uso de técnicas de antenas avanzadas para aumentar la eficiencia espectral (bps/Hz).
3. Opera sobre Redes Heterogéneas (HetNets), permitiendo la operación de Macro Celdas y Small Cell de manera sincronizada para incrementar la capacidad y el área de cobertura (bps/Hz/Km²).

Aunque cada una de estas mejoras tiene un papel que desempeñar para aumentar la capacidad y mejorar la experiencia del usuario, la mejora más importante proviene de la optimización de las redes HetNets.

Tabla 11: Mejoras del estándar LTE-A

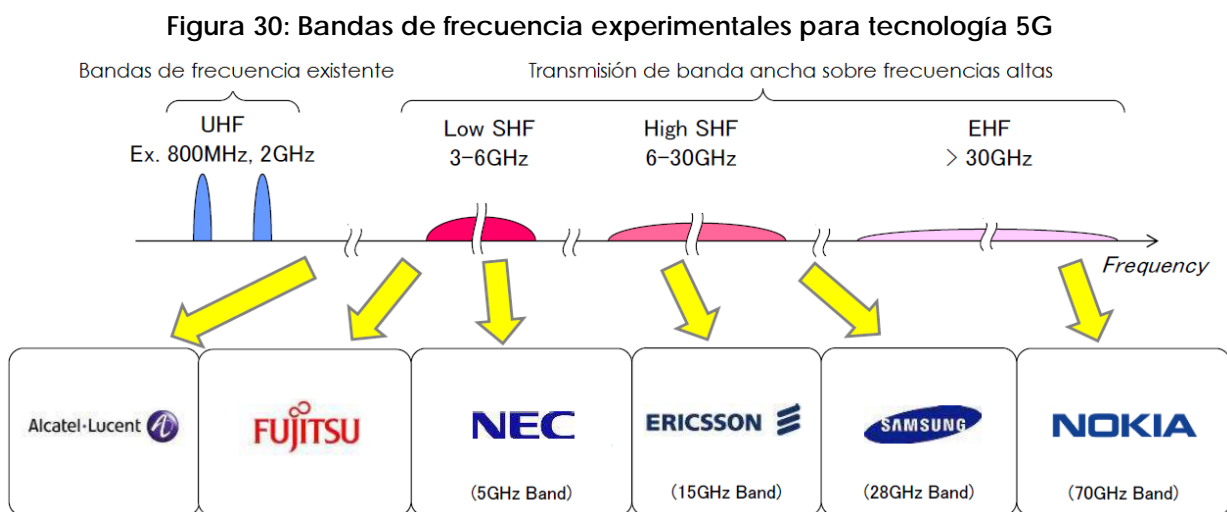
DESCRIPCIÓN DE LAS MEJORAS LTE-A	
<p>Carrier Aggregation</p> <p>Esta técnica combina múltiples portadoras en el dispositivo para proporcionar altas tasas de datos a los usuarios mejorando la experiencia en la navegación por internet y el uso de aplicaciones en teléfonos inteligentes.</p> <p>El estándar define el uso de hasta 5 portadoras sobre 100MHz de espectro radioeléctrico para obtener velocidades de hasta 1Gbps.</p>	
<p>Técnica de antenas avanzadas</p> <p>Esta técnica hace referencia a los sistemas MIMO que consiste en el arreglo de un conjunto de antenas que permiten incrementar la eficiencia espectral basada en la técnica de diversidad y multiplexación.</p> <p>El estándar LTE-A define el uso del MIMO hasta 8x8 (8 antenas de transmisión y 8 antenas de recepción).</p>	
<p>Redes Heterogéneas HetNet</p> <p>La optimización de redes HetNet es el componente más importante de la tecnología LTE-A.</p> <p>Las redes HetNet combinan celdas pequeñas y macro celdas para incrementar la capacidad de la red.</p> <p>El estándar LTE-A define herramientas de gestión para controlar y minimizar las interferencias que pudieran existir en las celdas.</p>	

Fuente: Qualcomm

Las redes y tecnologías avanzadas que se implementen en las ciudades inteligentes deberán ser actualizadas y mejoradas en forma gradual, en base al desarrollo de nuevas tendencias tecnológicas desarrolladas por la industria, tal es así que en lo que respecta a las tecnologías de acceso inalámbrico de banda móvil ya se viene trabajando en el estándar 5G que permitirá la conectividad ubicua de alta velocidad y de acuerdo a lo indicado por los expertos de la industria y la academia será la columna vertebral de la nueva economía digital permitiendo la modernización de las ciudades y la industria como el transporte, la salud y los servicios públicos.

Se espera que las redes 5G sean implementadas comercialmente en el año 2020 y ofrezcan nuevos y mejores servicios que los ofrecidos actualmente con las redes LTE.

Una de las grandes interrogantes que aún no son definidas para el estándar 5G es la banda de espectro radioeléctrico sobre el cual se desplegarán los servicios inalámbricos. Las tendencias apuntan al uso de bandas licenciadas y no licenciadas compartiendo espectro en bandas altas para zonas ultra densas desplegadas sobre small cell. Tal es así que los desarrolladores de tecnología como Fujitsu, NEC, Ericsson, Samsung, Nokia, entre otros, vienen desarrollando pruebas experimentales en las siguientes bandas:



Fuente: NTT DOCOMO

La tecnología 5G permitirá la masificación de la Internet de las Cosas (IoT) facilitando la conectividad y la gestión de autos, robots, drones y ecosistemas enteros de las ciudades inteligentes.

La Industria que será posible gracias a 5G, permitirá a los fabricantes automatizar operaciones de extremo a extremo y establecer nuevas líneas de productos de forma virtual. Con miles de millones de sensores, robots, equipos y máquinas autónomas, todos ellos capaces de comunicarse y operar de forma remota en tiempo real a través de las redes 5G, los fabricantes ganarán en productividad. Lo que implica eliminar las ineficiencias del proceso, garantizar la calidad, minimizar los costes y responder a la demanda en tiempo real.

La movilidad conectada será importante para los fabricantes de automóviles, logística, equipos y también para los municipios, ya que se podrían manejar más vehículos y soluciones con la infraestructura existente. La conducción autónoma se convertirá en una realidad y para ello será necesario un sistema de comunicación que conecte los vehículos en el que realmente se pueda confiar, proporcionando latencia cero.

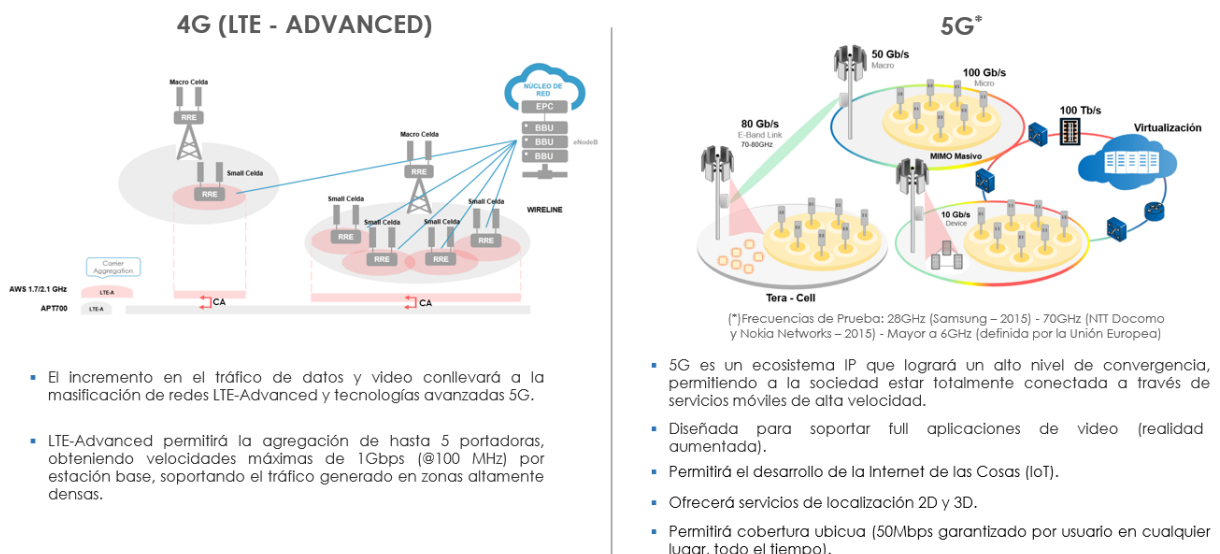
Figura 31: Tecnología 5G para Ciudades Inteligentes



Fuente: 5G Focus Magazines – European Commission

En la siguiente figura se describen las funcionalidades y características más resaltantes de las tecnologías LTE-A y 5G, tecnologías que permitirán la conectividad ubicua a los ciudadanos, permitiendo acceder a servicios de banda ancha como descarga de video en tiempo real proveniente de las cámaras de video vigilancia, información del tráfico vehicular en tiempo real, información del estado del clima, informaciones sobre situaciones de emergencia y desastres directamente en los terminales móviles (Smartphone). Estas redes serán implementadas por las empresas operadoras en los próximos años.

Figura 32: Funcionalidades LTE y 5G



Fuente: NGMN 5G White Paper

6.3 TECNOLOGÍAS IDENTIFICADAS PARA LA CAPA DE DATOS Y SOPORTE

Las nuevas tendencias hacia el uso de plataformas tecnológicas abiertas, flexibles, escalables y seguras permiten consolidar y gestionar de forma unificada toda la infraestructura, los datos y los servicios de una Ciudad Inteligente desde el extremo de la red hasta el almacenamiento en Data Center tradicionales o en los nuevos servicios de almacenamiento en nube (cloud).

Estas plataformas de nueva generación permitirán no sólo consolidar y gestionar de forma centralizada servicios inteligentes sino también simplificar, acelerar y reducir el coste de despliegue de nuevos servicios gracias a las capacidades de virtualización, escalabilidad, automatización y analítica en el extremo de la red.

Se estima que en la actualidad hay 15,000 millones de dispositivos conectados a Internet a escala global. Cisco calcula que esta cifra aumentará en el 2020 hasta los 50,000 millones y que un 40% de los datos procederán de sensores y objetos inteligentes. Para entonces, una ciudad inteligente con 1 millón de habitantes generará más de 180 millones de Gigabytes de datos diariamente, de forma que procesar la información en el extremo de la red y conectarla con el cloud será esencial para ciudades y países de todo el mundo.

Bajo esta prospectiva, en esta sección se describen las nuevas tendencias orientadas al almacenamiento y análisis de datos para las Ciudades Inteligentes, tales como:

- Data Center
- Cloud Computing
- Big Data

DATA CENTER⁶

Los Data Centers albergan recursos críticos de computación en ambientes controlados y bajo una gestión centralizada lo que permite a las entidades e instituciones garantizar una operación continua en sus actividades. Estos centros de datos deben tener la capacidad de administrar toda una gama de aplicaciones, disponer de un número de servidores de apoyo para las operaciones de red y aplicaciones basadas en protocolos como: FTP, DNS, DHCP, TFTP, sistema de archivos de red NFS, aplicaciones para telefonía IP, streaming de vídeo a través de IP, etc. Los Data Center están conformados por equipos y servidores centralizados que almacenan, gestionan y realizan análisis de datos, utilizando hardware y software escalable de alto rendimiento.

La infraestructura para Data Center debe ser diseñada y provisionada considerando la volumetría específica del trabajo computacional que van a realizar

⁶ Los Data Center se implementan bajo el estándar ANSI/TIA-942-A "Norma de infraestructura de telecomunicaciones para Data Centers".

los equipos para soportar las aplicaciones de las Ciudades Inteligentes, teniendo en cuenta las transacciones de carga pico que debe realizar por segundo, así como la disponibilidad y escalabilidad.

Los Data Centers deben ser construidos con alta confiabilidad y seguridad, protegidos contra riesgos físicos o fallas de infraestructura. Su construcción debe ser planificada para que no haya interrupción en los servicios prestados en la Ciudad.

Los proyectos de implementación de Data Centers deben ser modulares, con entornos seguros y con niveles de redundancia Tier II, III o IV, idealizados para evolucionar de acuerdo con las necesidades de la ciudad.

El Uptime Institute clasificó los siguientes aspectos claves para un Data Center: La disponibilidad, confiabilidad, costos de construcción y mantenimiento. Asimismo, ha definido un sistema de certificación (TIER) de Data Centers basado en cuatro niveles:

Tabla 12: Resumen de la clasificación de Data Center

<p>TIER I (Básico)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño mecánico, eléctrico y ventilación de una sola ruta, sin componentes redundantes. 2. Sin piso elevado. 3. Susceptible a interrupciones de las actividades planificadas o no planificadas. 4. Disponibilidad 99.671%. 5. 28.8 horas anuales de downtime. 6. El tiempo de construcción es aproximadamente de tres meses.
<p>TIER II (Componentes redundantes)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño mecánico, eléctrico y ventilación de una sola ruta, con componentes redundantes. 2. Con piso elevado 3. Menos susceptible a interrupciones en comparación al Tier 1. 4. Disponibilidad 99.741%. 5. 22.0 horas anuales de downtime. 6. El tiempo de construcción es aproximadamente de tres a seis meses.
<p>TIER III (Mantenimiento concurrente)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño mecánico, eléctrico y ventilación múltiple, pero solo una ruta activa. 2. Componentes redundantes. 3. Permite cualquier modificación de layout y mantenimiento sin interrupciones de las actividades operativas. 4. Disponibilidad 99.982%. 5. 1.6 horas anuales de downtime. 6. El tiempo de construcción es aproximadamente de quince a veinte meses.
<p>TIER IV (Tolerancia a fallas)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño mecánico, eléctrico y ventilación múltiple, ambas rutas activas. 2. Componentes redundantes. 3. Todos los hardwares deben tener fuente de energía redundante. 4. Soporta máximo una falla no planificada o eventos con impactos en la pérdida de los datos no críticos. 5. 0.4 horas anuales de downtime. 6. Disponibilidad 99.995%. 7. El tiempo de construcción es aproximadamente de quince a veinte meses.

Fuente: Estándar ANSI/TIA-942

Los Data Center se albergan en edificaciones especialmente construidas y ambientadas para su correcto funcionamiento en lo que respecta a climatización, energía, sistemas de seguridad, etc. A continuación se describen algunos tipos de edificaciones para Data Center.

Tabla 13: Tipos de edificaciones para Data Center

TIPOS DE EDIFICACIONES PARA DATA CENTER	
<p>EDIFICIOS DE MISIÓN CRÍTICA:</p> <p>Edificios exclusivos dedicados totalmente al Data Center y otros entornos de TI. Son proyectados para albergar equipos de TI, telecomunicaciones, datos, voz e imagen, y proveer los niveles de seguridad y redundancia necesarios para garantizar la alta disponibilidad de las operaciones.</p>	
<p>EDIFICIOS MULTIDISCIPLINARIOS:</p> <p>Entornos construidos en edificios compartidos con otros departamentos, donde los riesgos de incidentes son mayores. Estos Data Centers demandan soluciones de seguridad física comprobadamente eficientes, que garanticen la protección de datos y la disponibilidad, independientemente de los riesgos del entorno, con el uso de Salas-Cofres.</p>	
<p>DATA CENTER MODULARES PREFABRICADOS:</p> <p>Construidos outdoor, diferente de los contenedores tradicionales, estos Data Centers tienen la ventaja de no limitarse a tamaños-estándar. Pueden ser construidos para la necesidad de TI de la ciudad y ampliados cuando sea necesario.</p>	

Fuente: Aceco TI - Brasil

En lo que respecta a la infraestructura eléctrica, un Data Center necesita ser de alta confiabilidad y disponibilidad. Cuanto mayor es la calidad y el nivel de redundancia del sistema, menor será su vulnerabilidad a fallas.

Cuando se proyecta el diseño de un Data Center se debe explorar varios escenarios posibles de la operación considerando la vida útil del Data Center, en ese sentido, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- Determinar la capacidad total para todos los equipos.
- Anticipar el crecimiento futuro.
- Buscar soluciones escalables.
- Proyectar un buen sistema de cableado estructurado, que ofrezca desempeño adecuado a sus necesidades actuales y futuras.
- Utilizar, para los sistemas críticos, cableado redundante en el Área de Distribución principal (MDA) y el Área de Distribución Horizontal (HDA).
- Utilizar recorridos redundantes con fibra óptica o cobre.
- Se debe tener un backup de los equipos críticos, más los módulos de repuestos (obligatorio).
- Proyectar sistemas que permitan una total gestión de la infraestructura.

En los data centers de hoy en día, muchas de las tecnologías clave, tales como la virtualización y el cloud computing, han mejorado en gran medida la eficiencia y la utilización de los diferentes activos de la infraestructura. Sin embargo, también han introducido un nivel mucho más alto de complejidad en la red.

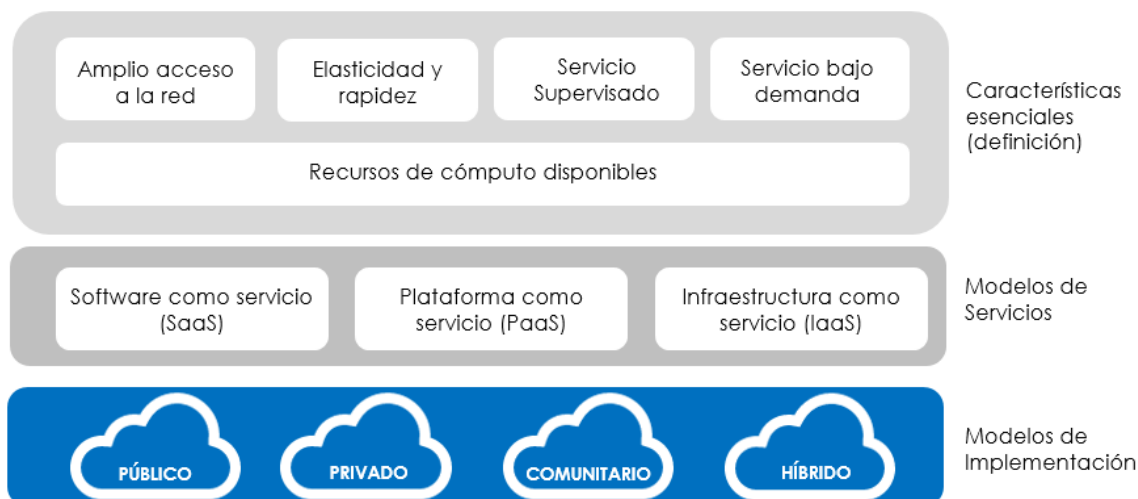
A medida que las ciudades inteligentes generarán altos niveles de tráfico en la red, el uso de la virtualización optimizará los recursos de hardware de los Data Center, permitiendo crear máquinas virtuales mediante software para gestionar parte de la red en horas de alto tráfico sin necesidad de usar nuevo hardware, lo que se traduce en una reducción de costos en equipamiento.

En ese sentido, describiremos algunos conceptos asociados al almacenamiento en nube y la virtualización.

CLOUD COMPUTING:

El Cloud Computing, también conocido como "Computación en la Nube", ha sido definido por el NIST (National Institute of Standards and Technology) como *"un modelo de servicios escalables bajo demanda para la asignación y el consumo de recursos de cómputo"*. Describe el uso de infraestructura, aplicaciones, información y una serie de servicios compuestos por reservas de recursos de computación, redes, información y almacenamiento. Estos componentes pueden orquestarse, abastecerse, implementarse y liberarse rápidamente, con un mínimo esfuerzo de gestión e interacción por parte del proveedor de Cloud Computing y de acuerdo a las necesidades actuales del cliente.

Figura 33: Representación de la definición de Cloud Computing



Elaboración: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)
 Fuente: National Institute of Standards and Technology - NIST

La prestación de servicios de Cloud Computing puede asociarse a tres modelos específicos.

Tabla 14: Modelos de provisión de servicios de Cloud Computing

MODELO	DESCRIPCIÓN
Infraestructura como servicio (IaaS)	Ofrece al consumidor la provisión de procesamiento, almacenamiento, redes y cualquier otro recurso de cómputo necesario para poder instalar software, incluyendo el sistema operativo y aplicaciones. El usuario no tiene control sobre el sistema de nube subyacente pero sí del sistema operativo y aplicaciones.
Plataforma como servicio (PaaS)	Ofrece al consumidor la capacidad de ejecutar aplicaciones por éste, desarrolladas o contratadas a terceros, a partir de los lenguajes de programación o interfaces provistas por el proveedor. El usuario no tiene control ni sobre el sistema subyacente ni sobre los recursos de Infraestructura en nube.
Software como servicio (SaaS)	Ofrece al consumidor la capacidad de utilizar las aplicaciones del proveedor que se ejecutan sobre la infraestructura en la nube. Las aplicaciones son accedidas desde los dispositivos del cliente a través de interfaces, por ejemplo un navegador web. En este caso, el usuario solo tiene acceso a una interfaz de configuración del software provisto.

Fuente: National Institute of Standards and Technology - NIST

Dependiendo de cómo se despliegan los servicios en la nube, existen cuatro modelos que caracterizan la implementación de los servicios de Cloud Computing.

Tabla 15: Modelos de implementación de Cloud Computing

MODELO	DESCRIPCIÓN
Nube Pública	Es aquel modelo de Nube en el cual la infraestructura y los recursos lógicos que forman parte del entorno se encuentran disponibles para el público en general o un amplio grupo de usuarios. Suele ser propiedad de un proveedor que gestiona la infraestructura y los servicios ofrecidos. Ejemplo: Servicio de GoogleApps.
Nube Privada	Es aquel modelo en el cual la infraestructura se gestiona únicamente por una organización. La administración de aplicaciones y servicios puede estar a cargo de la misma organización o de un tercero. La infraestructura asociada puede estar dentro de la organización o fuera de ella. Ejemplo: Cualquier servicio de nube propio de la organización o contratado a un proveedor pero cuyos recursos sean exclusivos para dicha organización.
Nube Comunitaria	Es aquel modelo donde la infraestructura es compartida por diversas organizaciones y su principal objetivo es soportar a una comunidad específica que posea un conjunto de preocupaciones similares (misión, requisitos de seguridad o de cumplimiento normativo, etc.). Al igual que la Nube Privada, puede ser gestionada por las organizaciones o bien por un tercero y la infraestructura puede estar en las instalaciones propias o fuera de ellas. Ejemplo: El servicio app.goc (www.apps.gov) del gobierno de EEUU, el cual provee servicios de cloud computing a las dependencias gubernamentales.
Nube Híbrida	Es aquel modelo donde se combinan dos o más tipos de Nubes (Pública, Privada o Comunitaria) que se mantienen como entidades separadas pero que están unidas por tecnologías estandarizadas o propietarias, que permiten la portabilidad de datos y aplicaciones.

Fuente: National Institute of Standards and Technology - NIST

Debido a que los Data Center tradicionales generan un alto consumo de energía, la computación en nube es también una de las principales formas de Green IT, que se refiere al uso eficiente de los recursos informáticos reduciendo así al mínimo los impactos ambientales, contribuyendo a la reducción de las emisiones de consumo de energía o de gases de efecto invernadero.

Se debe tomar ventaja de la convergencia de las tecnologías Cloud, tales como: SaaS (Software como servicio), STaaS (Almacenaje como servicio), IaaS (Infraestructura como servicio), para aumentar la disponibilidad, fiabilidad y seguridad, proporcionando una óptima calidad de servicio de aplicaciones para el gran número de dispositivos y plataformas heterogéneas.

BIG DATA:

Se denomina Big Data al conjunto de datos de gran volumen, de gran velocidad y procedente de una gran variedad de fuentes de información que demandan formas innovadoras y efectivas de procesar la información. Aplica a toda aquella información que no puede ser procesada o analizada utilizando procesos o herramientas tradicionales. Sin embargo es importante entender que las bases de datos convencionales son una parte importante y relevante de las soluciones analíticas. Además, este gran volumen de información existe en una gran variedad de datos, que pueden ser representados de diversas maneras en todo el mundo, por ejemplo de dispositivos móviles, audio, video, sistemas GPS, sensores digitales en equipos industriales, automóviles, medidores eléctricos, veletas, anemómetros, etc., los cuales pueden medir y comunicar el posicionamiento, movimiento, vibración, temperatura, humedad y hasta los cambios químicos que sufre el aire, de tal forma que las aplicaciones que analizan estos datos requieren que la velocidad de respuesta sea muy rápida para lograr obtener la información correcta en el momento preciso.

Las ciudades inteligentes están llenas de información, generadas por fuentes heterogéneas en diferentes formatos, granularidad, dinamicidad y calidad. El conocimiento de este espacio de información complejo es vital para la creación de servicios y está ligado no sólo a las cuestiones tecnológicas que subyacen a la centralización, almacenamiento, transformación y análisis de la información, sino que se extiende a cuestiones como la seguridad, la propiedad de los datos generados, la interoperabilidad, etc.

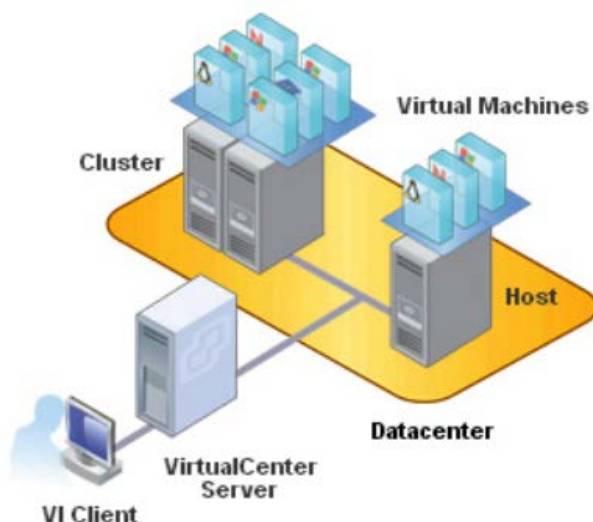
VIRTUALIZACIÓN:

La virtualización es la creación de una versión virtual de un sistema operativo, un servidor, un dispositivo de almacenamiento o recursos de la red. Es una técnica empleada para el aprovechamiento de los recursos informáticos a través de la cual se consolidan múltiples servidores, aplicaciones o escritorios físicos en un único host, en el que se ejecutan máquinas virtuales. Permite que funcionen varios sistemas operativos en un servidor físico.

La automatización de las tareas esenciales asociados a los procesos de computación del núcleo de red, como la administración de servidores de dominio de red (DNS), asignación de direcciones IP (DHCP) y la administración de cambios y configuraciones en la red, permiten administraciones más dinámicas, eliminando errores de configuración y mejora la seguridad de las redes.

La tecnología de automatización es clave para la visualización y el aprovisionamiento de las complejas redes de hoy en día y las que existirán de cara al desarrollo de las ciudades inteligentes, especialmente las que dependen en gran medida de máquinas virtuales, enrutadores, switches y direcciones IP que cambian rápidamente.

Figure 34: Modelo de virtualización



Fuente: Universidad de Málaga - España

La tendencia a nivel de redes móviles también va hacia la virtualización del core de la red. La funcionalidad basada en software permite a los elementos de red desacoplar las funciones de hardware, manejando funciones y recursos más flexibles e inteligentes.

La virtualización de plataformas puede proveer aplicaciones abiertas para administrar funciones utilizando recursos compartidos.

Entre los beneficios potenciales tenemos:

- Eficiencia en costos y en el uso de energía de extremo a extremo, maximizando el conjunto de recursos físicos comunes.
- Flexibilidad en la implementación, asignación y gestión de recursos.
- Ecosistema más amplio permitiendo una rápida actualización y mejoras.

7. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI) PARA CIUDADES INTELIGENTES⁷

Los indicadores clave de desempeño (Key Performance Indicators) son mediciones cuantificables establecidas de antemano a través de métricas y evaluaciones para determinar los posibles impactos de las TIC en la sostenibilidad ambiental, la eficiencia energética, la calidad de vida, los aspectos sociales y económicos de los proyectos de ciudades inteligentes.

⁷ Grupo Temático de la UIT-T sobre Ciudades Inteligentes y Sostenibles (Focus Group - Smart Sustainable Cities, FG-SSC)

La evaluación de estos indicadores permite monitorear los procesos, resultados y el impacto, lo que permite conocer el grado de implementación de una Ciudad Inteligente. Los KPI también permiten hacer comparaciones entre ciudades con el fin de determinar qué ciudad es más inteligente y sostenible de cara a los desafíos comunes.

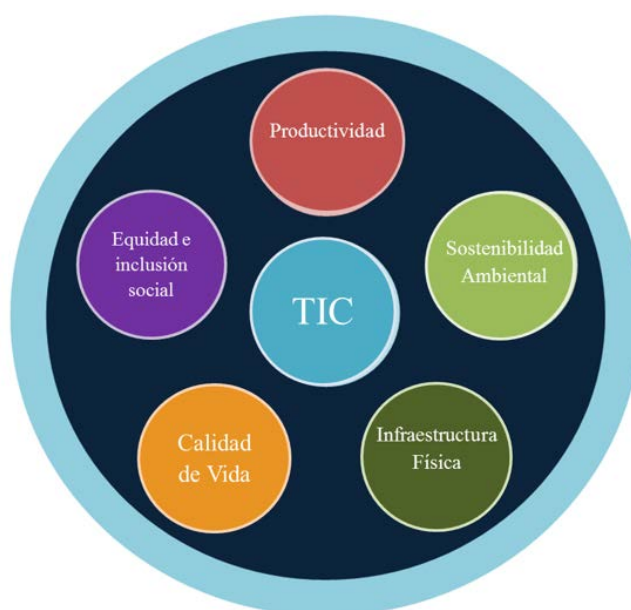
Las dimensiones y sub-dimensiones de KPIs para ciudades inteligentes pueden ser categorizadas de la siguiente manera:

Tabla 16: Dimensiones y Sub-dimensiones de KPI

DIMENSIONES	SUB-DIMENSIONES
TIC	Cubre las instalaciones de red y servicios de información.
Sostenibilidad Ambiental	Cubre el medio ambiente, energía y recursos naturales.
Productividad	Cubre los temas de innovación y sostenibilidad económica.
Calidad de Vida	Cubre la comodidad y confort, seguridad y protección, asistencia médica, educación y formación.
Igualdad e Inclusión Social	Cubre la participación ciudadana, sostenibilidad social y sostenibilidad de gobierno.
Infraestructura Física	Cubre la construcción, transporte, saneamiento y redes de tuberías municipales.

**Fuente: Overview of Key Performance Indicator
ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities**

Figure 35: Dimensiones de evaluación de KPI para ciudades inteligentes



Fuente: UIT

Tabla 17: Detalle de KPI para Ciudades Inteligentes

DIMENSIÓN	SUB-DIMENSIÓN	INDICADORES
TIC	INSTALACIONES DE RED	Fija (alámbrica) – abonados de banda ancha por cada 100 habitantes.
		Ancho de banda de internet internacional (bits/s).
		Suscriptores de banda ancha inalámbrica por cada 100 habitantes.
		Porcentaje de hogares con acceso a internet.
		Tasa de cobertura de redes de radiodifusión de próxima generación.
		Marco de cumplimiento para emisiones de frecuencias electromagnéticas (EMF).
		Planificación de la legislación incorporando redes TIC y requerimientos de antenas.
		Disponibilidad de Información al público sobre la emisión de frecuencias electromagnéticas.
	SERVICIOS DE INFORMACIÓN	Porcentaje de empresas que ofrecen servicios basados en la red (e-commerce, e-learning, e-entretenimiento, computación en la nube).
		Proporción de negocios basados en computación en nube.
		Proporción de negocio basado en sistemas GIS (localización, navegación, etc.).
		Porcentaje de hogares con al menos una computadora.
		Nivel de cyber-security.
		Tasa de protección de niños online.
SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	MEDIOAMBIENTE	Nivel de información publicada sobre calidad ambiental.
		Nivel de progreso de las TIC en la protección de los principales recursos hídricos de la ciudad.
		Efecto del monitoreo y control de inundaciones a través del uso de TIC.
		Nivel de control de la contaminación del agua a través del uso de TIC.
		Nivel de monitoreo de la contaminación del aire a través del uso de TIC.
		Nivel de monitoreo de sustancias tóxicas a través del uso de TIC.
		Nivel de monitoreo del ruido a través del uso de TIC.
		Nivel de gestión respecto a la eliminación de residuos sólidos a través del uso de TIC.
	ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES	Nivel de mejora respecto al consumo de electricidad civil (per cápita) con medidas TIC.
		Nivel de mejora respecto al consumo de electricidad industrial (producto bruto interno) con medidas TIC.
		Nivel de mejora respecto al consumo de agua civil (per cápita) con medidas TIC.
		Nivel de mejora respecto al consumo del agua industrial (producto bruto interno) con medidas TIC.

DIMENSIÓN	SUB-DIMENSIÓN	INDICADORES
PRODUCTIVIDAD	INNOVACIÓN	Porcentaje de gasto destinado a investigación y desarrollo en PBI (producto bruto interno).
		Número de empresas de innovación y conocimiento.
		Repartición de ingresos (Revenue Share) de las empresas de innovación y conocimiento.
		Número de patentes por cada 100,000 habitantes.
		Oportunidades de nuevos proyectos de ciudades inteligentes.
		Nivel de penetración del sistema de teletrabajo.
	SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	Nivel de mejora de la industria tradicional a través del uso de TIC.
		Porcentaje de la economía del conocimiento en la inversión total.
		Porcentaje de la economía del conocimiento en el PBI.
		Tasa de empleo en sectores de innovación y conocimiento.
CALIDAD DE VIDA	COMODIDAD Y CONFORT	Porcentaje de la cantidad de transacciones de comercio electrónico.
		Nivel de satisfacción de los servicios financieros y comerciales en línea.
		Nivel de satisfacción de la seguridad ambiental.
		Nivel de satisfacción de los servicios de gobierno.
		Nivel de satisfacción de los servicios de administración e información del tráfico inteligente.
		Nivel de satisfacción de la calidad del transporte público.
		Nivel de satisfacción de la prevención del delito y control de la seguridad.
		Nivel de satisfacción de las contramedidas contra desastres.
		Nivel de satisfacción del monitoreo de la seguridad.
		Nivel de satisfacción de la atención médica urbana.
	Nivel de satisfacción de los ciudadanos de acceder a recursos de educación.	
	SEGURIDAD Y PROTECCIÓN	Tasa de predicción de accidentes.
		Nivel de penetración de TIC para prevención de desastres.
		Tasa de publicación de las alertas por desastres.
		Nivel de penetración de los sistemas de video vigilancia para la ciudad.
	ASISTENCIA MEDICA	Porcentaje de registros electrónicos sobre la salud de residentes.
		Tasa de utilización de los registros médicos electrónicos.
		Tasa de compartición de recursos e información entre hospitales.
		Tasa de cobertura de servicios electrónicos para la salud en el hogar.
	EDUCACIÓN Y FORMACIÓN	Nivel de eficacia del uso de la tecnología en los centros de conocimiento (centros de investigación, universidades, etc.).
		Nivel de penetración de los sistemas e-learning

Fuente: Smart City - UIT

DIMENSIÓN	SUB-DIMENSIÓN	INDICADORES	
IGUALDAD E INCLUSIÓN SOCIAL	PARTICIPACIÓN CIUDADANA	Contribución favorable de la población al medio ambiente a través del uso de TIC.	
		Mejora de la participación ciudadana en las audiencias de la ciudad a través de las TIC.	
		Participación ciudadana en línea.	
	SOSTENIBILIDAD SOCIAL	Plataformas online para libre expresión de los ciudadanos.	
		Contribución en el aumento de la conciencia de la ciudadanía y la coherencia social.	
	SOSTENIBILIDAD DE GOBIERNO	Nivel de acceso digital a la planificación urbana y presupuesto documentario.	
		Nivel de aplicación de servicios comunitarios inteligentes.	
		Tasa de penetración de servicios públicos en línea.	
		Porcentaje de información abierta del gobierno.	
	INFRAESTRUCTURA FÍSICA	CONSTRUCCIÓN	Nivel de aplicación de las tecnologías de ahorro de energía en edificios públicos.
			Porcentaje de edificios públicos con tecnologías integradas.
			Nivel de adopción de casas inteligentes.
TRANSPORTE		Cobertura de la instalación sensores terminales en carreteras.	
		Cobertura de los sistemas de aparcamiento inteligente.	
SANEAMIENTO		Gestión de los sistemas de descarga de aguas residuales a través del uso de TIC.	
		Nivel de mejora del Sistema de reciclaje de aguas residuales a través del uso de TIC.	
RED DE TUBERÍAS MUNICIPALES		Gestión del sistema de drenaje a través del uso de TIC.	
		Gestión del sistema de iluminación a través del uso de TIC.	
		Gestión del sistema de gas a través del uso de TIC.	
		Ahorro del agua con mediciones inteligentes (smart metering).	
		Sistemas de gestión para suministro eléctrico a través del uso TIC.	
		Nivel de mejora de las tuberías subterráneas y administración de las redes de tuberías a través del uso de TIC.	

Fuente: Overview of Key Performance Indicator
ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities

8. SERVICIOS PARA CIUDADES INTELIGENTES EN EL PERÚ

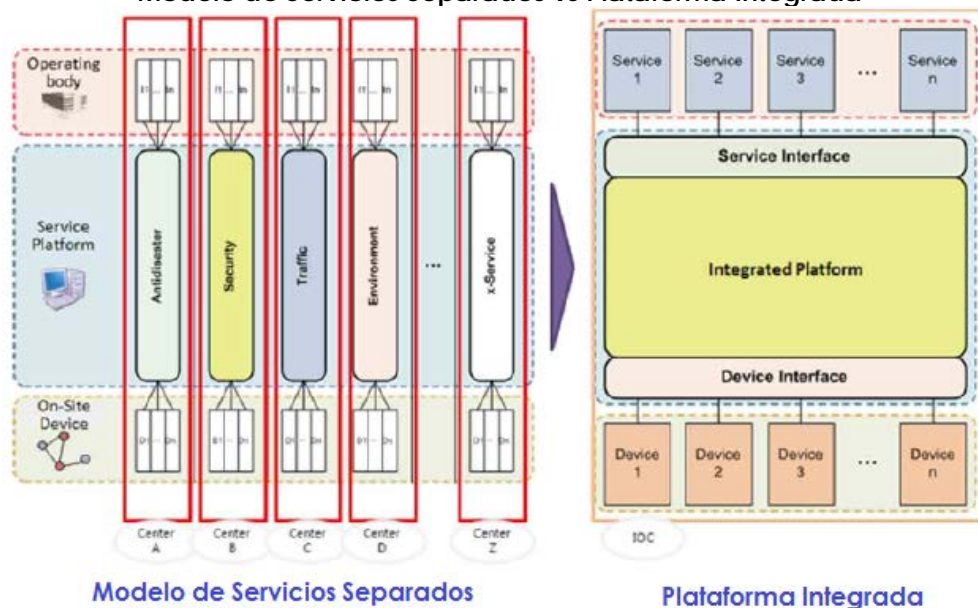
Tal y como hemos descrito en los capítulos anteriores, los servicios que se integren a las Ciudades Inteligentes solo podrán ser ofrecidas sobre la base de una infraestructura de red de banda ancha, que utilice en su diseño la implementación de nuevas tecnologías TIC, esto permitirá diseñar servicios y soluciones a la medida para el hogar, los negocios y la ciudad en temas relacionados al transporte, energía, agua, seguridad, entre otros.

Previamente a la descripción de los servicios que se ofrecerán en las Ciudades Inteligentes, es importante destacar la necesidad de implementar un Centro de Operación Integrado (COI) que tendrá la función de integrar todos los componentes de las redes alámbricas e inalámbricas, redes de sensores y la infraestructura de la ciudad, para recolectar datos, analizarlos y tomar decisiones inmediatas.

8.1 CENTRO DE OPERACIÓN INTEGRADO (COI)

El Centro de Operación Integrado está diseñado para operar y supervisar varios servicios en toda la ciudad de forma integrada en un centro unificado basado en una plataforma estandarizada. Este concepto ha surgido de la necesidad de operar eficientemente la ciudad y reducir costos. Cuando los servicios de la ciudad son controlados y operados por separado, los costos operativos son redundantes. Asimismo, tener sistemas y soluciones por separado limita la funcionalidad de los servicios y la interconexión entre los sistemas, ocasionando retrasos en el tiempo de respuesta para reconocer y responder a eventos. Además, los sistemas no estandarizados generan dificultades para responder a la expansión de los servicios futuros o al cambio de nuevas plataformas.

Figura 36: Diagrama comparativo de COI
Modelo de Servicios Separados vs Plataforma Integrada



Fuente: Consultoría KISDI – Korea

El Centro de Operaciones Integrado es un componente esencial de las Ciudades Inteligentes ya que proporciona el monitoreo de los servicios públicos de manera integrada, permitiendo la generación de sinergias a partir del análisis de datos en tiempo real optimizando los costos asociados. Su objetivo es mejorar no solo las funcionalidades de la ciudad, sino también crear nuevas oportunidades de negocio.

Figura 37: Centro de Operaciones Integrado (COI)



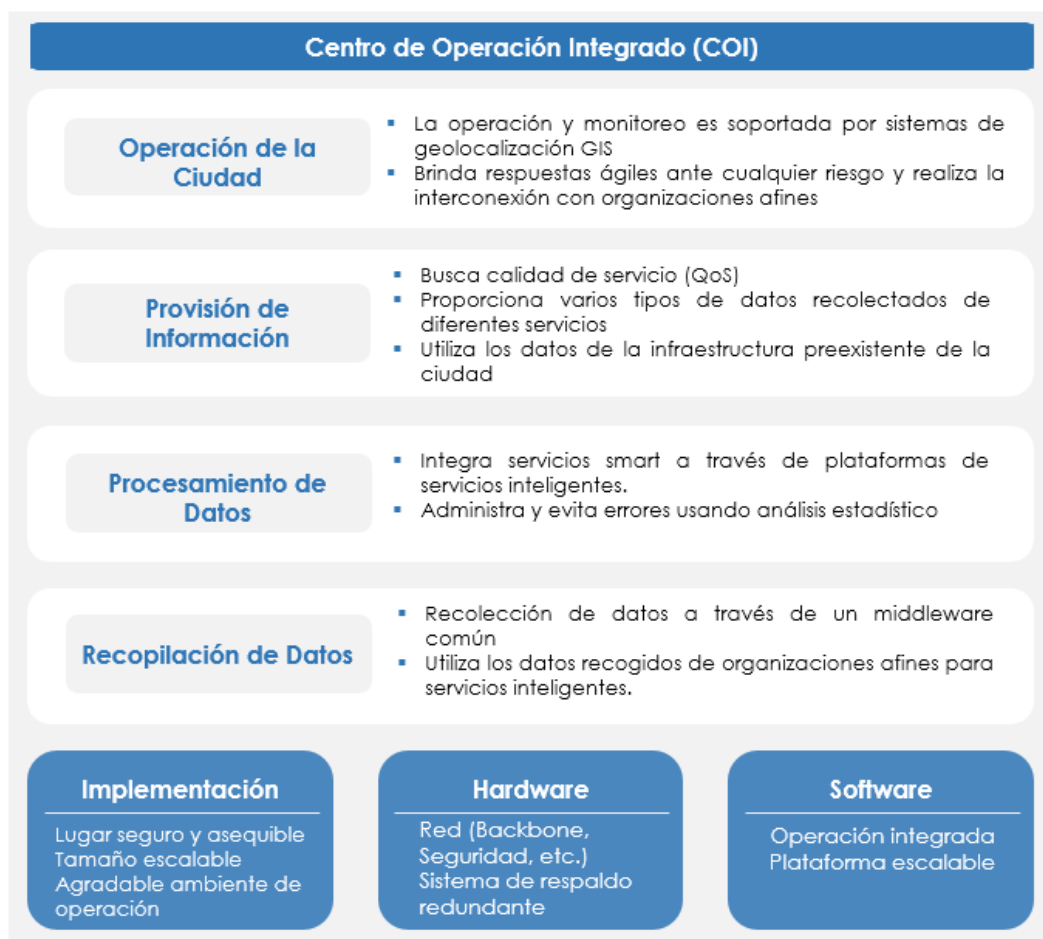
Fuente: Seguridad Urbana - Indra

Dentro de las principales funciones del Centro de Operaciones Integrado (COI) tenemos las siguientes:

- 1. Monitoreo de servicios públicos integrados:** Transporte, vigilancia y otros servicios son integrados para su gestión y operación. Los datos de emergencia son recolectados en tiempo real para responder al evento de manera oportuna y con prontitud.
- 2. Generación de sinergias desde el análisis de datos:** Adquiere nuevos resultados desde el análisis y procesamiento de datos en bruto. Genera datos estadísticos para el análisis que son útiles para el establecimiento de políticas.
- 3. Reducción de costos:**
Opera con el mínimo de fuerza laboral de manera eficiente.
Reduce costos de implementación integrada por la reutilización de diversos módulos y la compartición de recursos del sistema.
Reduce costos de operación y mantenimiento a través de procesamiento por lotes.
- 4. Nuevo modelo de ingresos:**
Crea un modelo de negocio secundario con la utilización de datos recolectados de la operación de la ciudad.

Proporciona datos de alta calidad para los usuarios del sector empresarial, incrementando la competitividad.

Figura 38: Funciones del COI



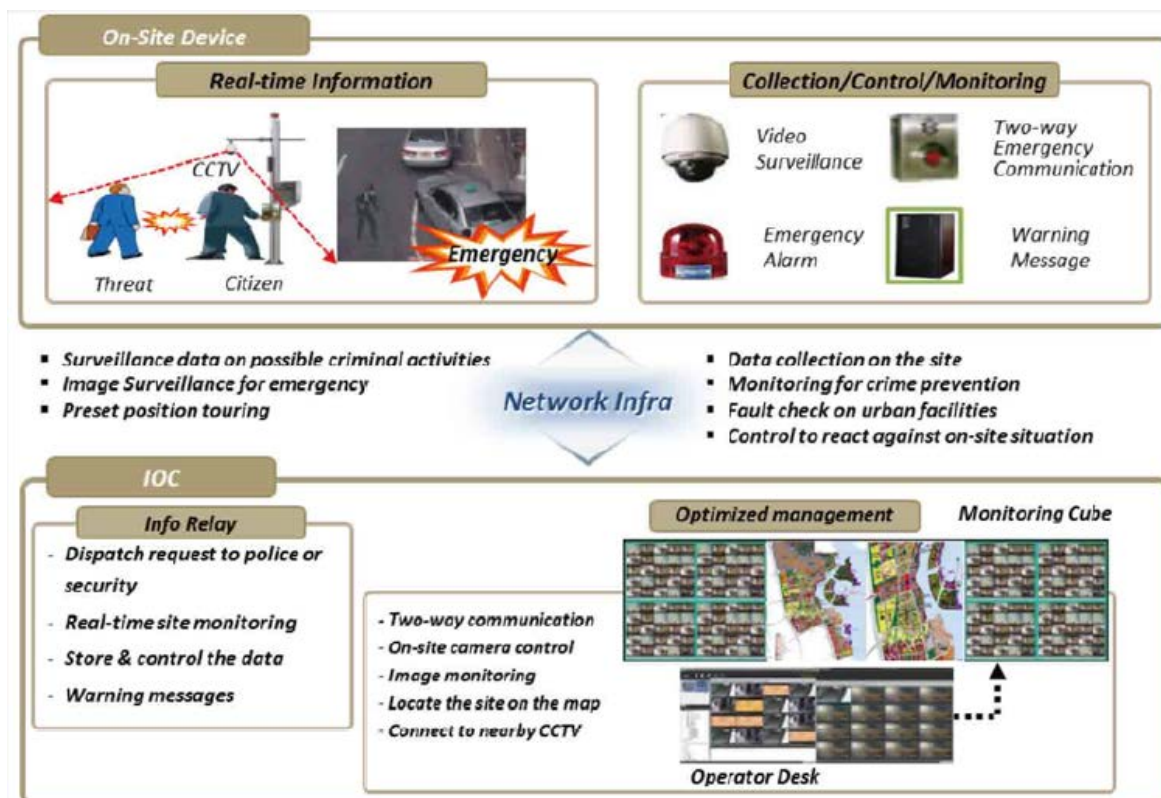
Fuente: Consultoría KISDI – Korea

A continuación describiremos algunos servicios smart que pueden ser implementadas en las ciudades del Perú para monitorear, controlar y gestionar de manera eficiente la seguridad pública, el transporte urbano y la prevención.

8.2 SERVICIO DE MONITOREO POR VIDEO (CCTV)

El servicio apunta a contrarrestar de forma rápida cualquier situación de emergencia de áreas públicas a través del monitoreo integrado de cámaras de video vigilancia y la gestión de información en tiempo real desde dispositivos in situ (sistemas CCTV).

Figura 39: Diagrama conceptual del servicio de monitoreo por video



Fuente: Consultoría KISDI – Korea

Se espera que el servicio ofrezca los siguientes beneficios:

- Mejora el uso de la fuerza de trabajo relacionada a la vigilancia de la ciudad.
- Mejora la velocidad de respuesta a un evento delictivo.
- Permite la visualización de imágenes en tiempo real y emisión de alarmas.
- Permite la preparación rápida y sistemática para eventos especiales que requieran una mejor vigilancia.
- Permite el reuso de imágenes de alta resolución para promoción de la ciudad y operaciones diversas.
- Permite evitar diversos tipos de accidentes y analizar las imágenes de forma detallada.
- Permite la fiscalización de actividades ilícitas (mal estacionamiento), cobro de multas y sostenibilidad económica del sistema.

El servicio proporciona control de vigilancia 24x7 en áreas públicas para contrarrestar rápidamente posibles eventos enviando alarmas a los organismos pertinentes incluyendo la estación de policía, estación de bomberos y hospitales.

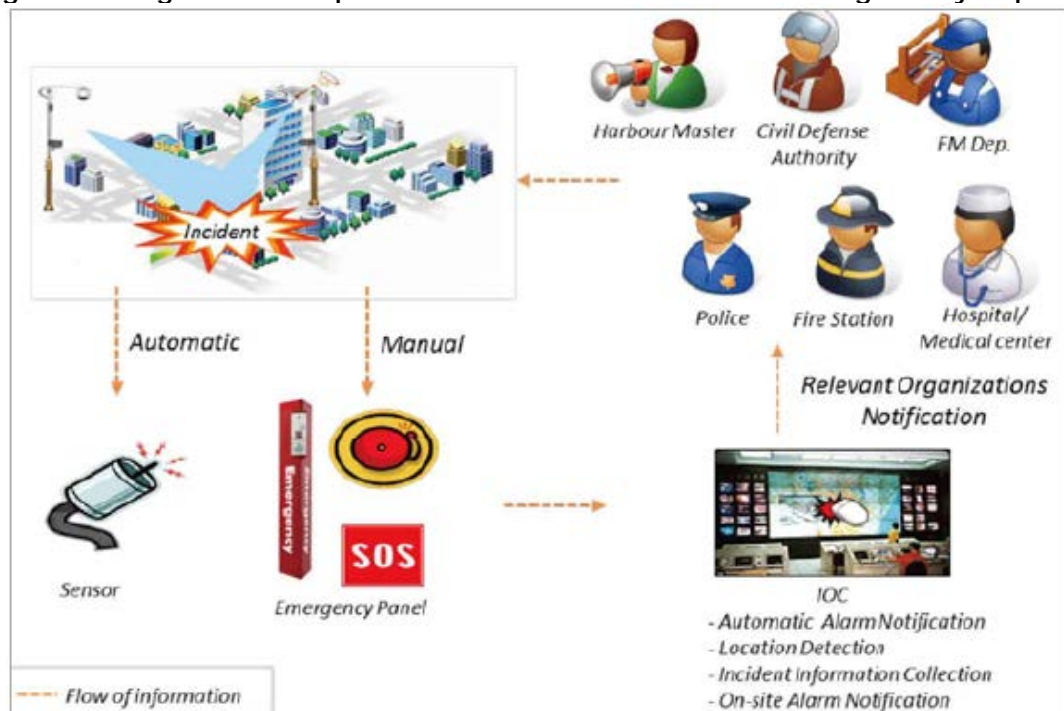
8.3 SERVICIO DE MONITOREO DE EMERGENCIA Y RESPUESTA

El servicio crea una ciudad segura para proteger la vida de los ciudadanos, sus instalaciones y propiedades contra la delincuencia y los desastres, a través del monitoreo periódico de situaciones delictivas y desastres, apoyando a la respuesta oportuna de los organismos competentes en caso de incidente.

Se espera que el servicio ofrezca los siguientes beneficios:

- Apoyo a la gestión en situaciones de emergencia.
- Prevenir la delincuencia y obtener evidencias de crímenes.
- Establecer respuestas rápidas y sistemas de recuperación en caso de desastres.
- Crear una ciudad segura y un estado de vida agradable.
- Proteger la vida de los ciudadanos y sus propiedades.
- Garantizar ambientes estables en la ciudad mediante la prevención de desastres.

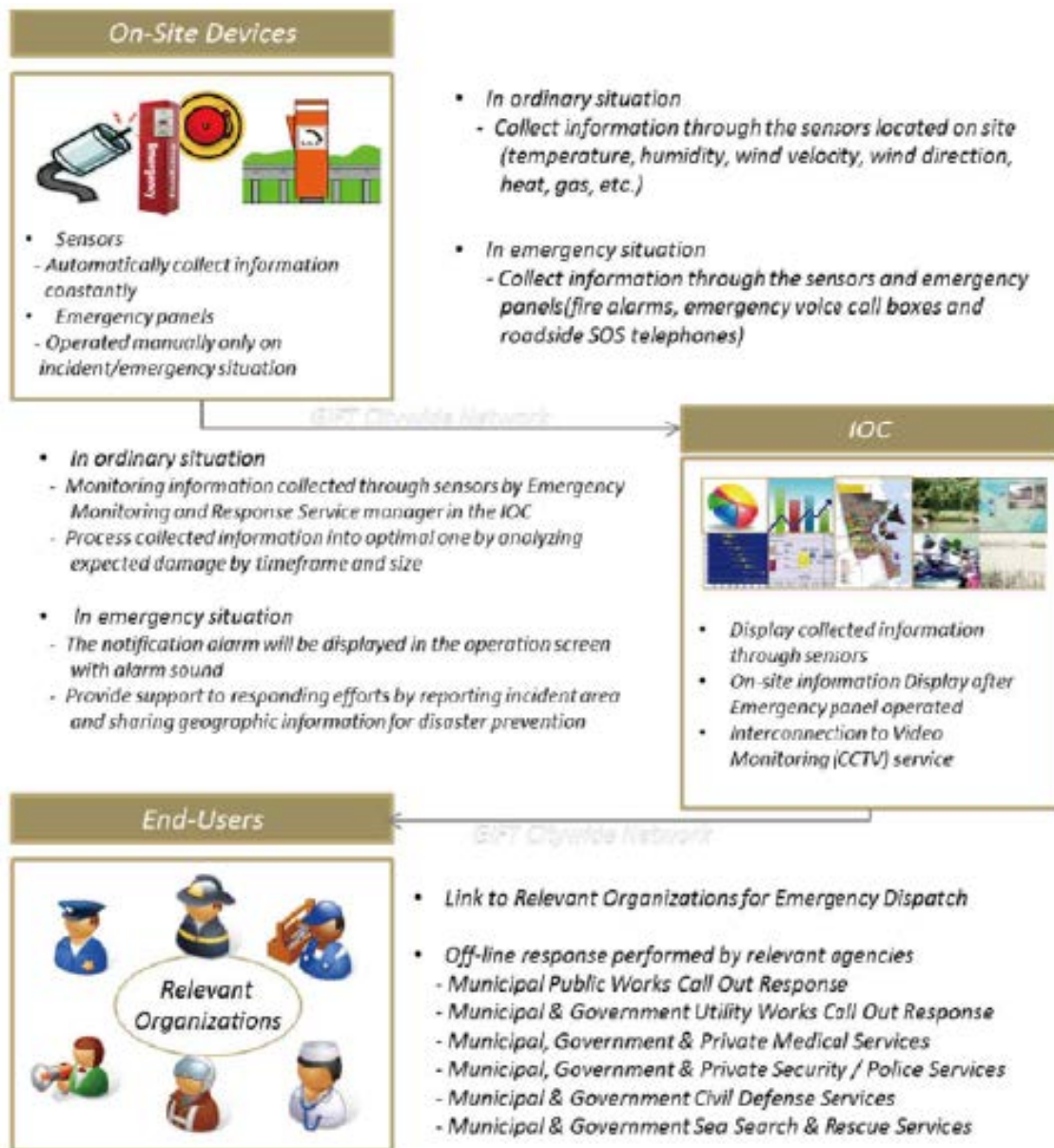
Figura 40: Diagrama conceptual del servicio de monitoreo de emergencia y respuesta



Fuente: Consultoría KISDI – Korea

El servicio monitorea la información desde los sensores in situ para detectar cualquier situación de emergencia. Si el sistema detecta un evento desde los sensores o una llamada de alarma desde el panel de emergencia, la información recogida se analiza en el Centro de Operación Integrado (COI) y notifica a los organismos pertinentes para apoyar con una respuesta rápida.

Figura 41: Escenario de servicio del monitoreo de emergencia y respuesta



Fuente: Consultoría KISDI – Korea

8.4 SERVICIO DE GESTIÓN DE TRÁFICO Y PARQUEO

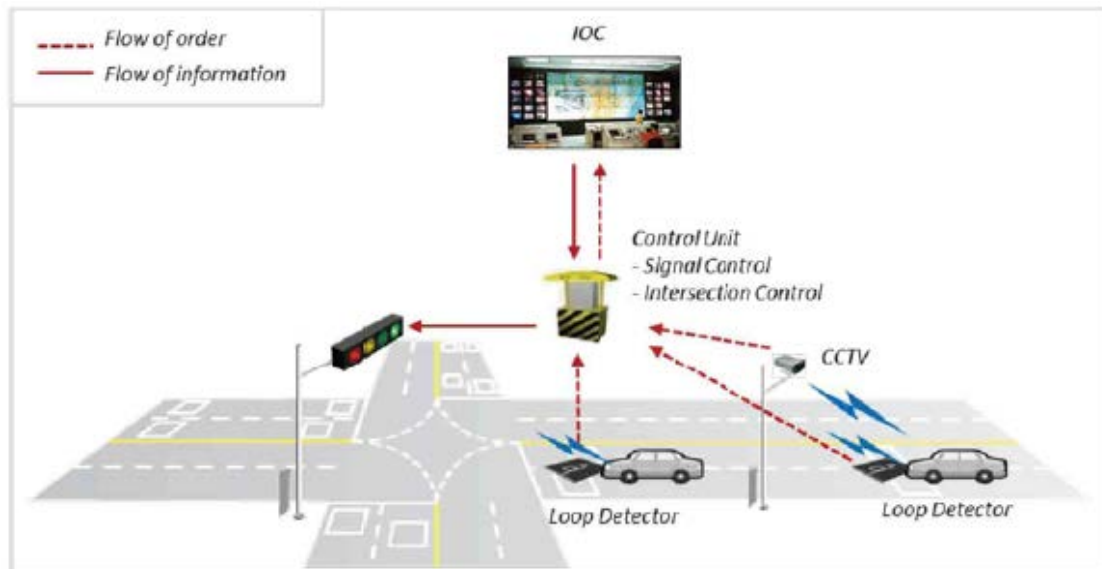
La información del transporte y aparcamiento recolectado y procesado desde los sistemas CCTV y sensores se envían al Centro de Operación Integrado (COI) y a los ciudadanos a través de diversos dispositivos. El servicio incluye siete servicios subordinados.

Tabla 18: Definición de servicios de tráfico y gestión de parqueo

N°	SERVICIO	DEFINICIÓN
1	Servicio de control de señales de tráfico en tiempo real	Detecta el flujo de tráfico en tiempo real para controlar el ciclo de señales y optimizar el movimiento del tráfico.
2	Servicio de control de tráfico automatizado	Identifica violaciones de tráfico en tiempo real e impone sanciones automáticamente. Emite advertencias y toma acciones administrativas necesarias contra la infracción dada.
3	Servicio de gestión de incidentes	Recolecta, procesa y gestiona la información sobre los accidentes de tráfico, avería de vehículos, congestiones viales y soporta con respuestas sistemáticas sobre incidentes de tráfico.
4	Servicios de gestión de apoyo para medios de transporte	Recolecta y gestiona la información en tiempo real de los sensores incorporados en los semáforos, detectores de vehículo, cámaras de video vigilancia y otros medios de transporte, para el apoyo con una respuesta conveniente sobre el mal funcionamiento.
5	Servicio de información del transporte	Proporciona información sobre las rutas del transporte público, hora de llegada, ubicación actual e información sobre la programación de la operación de transporte público.
6	Servicio de alquiler de bicicletas inteligentes	Los ciudadanos pueden alquilar bicicletas que tienen sensores/etiquetas RFID y pagar a través del portal de la ciudad desde las estaciones de bicicletas públicas.
7	Servicio de gestión inteligente de aparcamiento	Proporciona información de parqueo en tiempo real y servicios de gestión para estacionar vehículos utilizando etiquetas RFID y sensores.

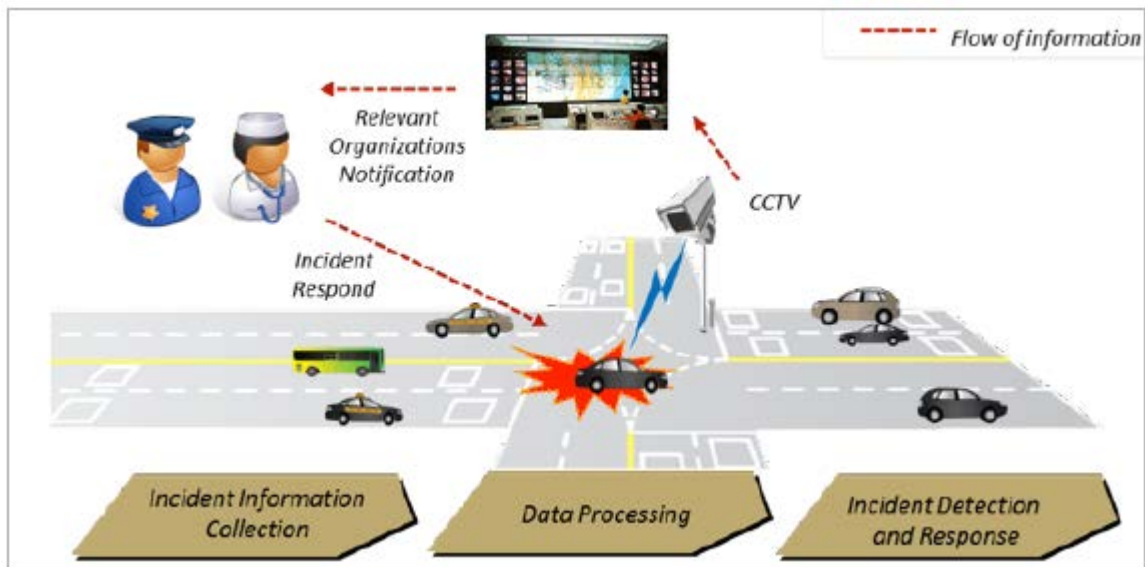
En la siguiente figura se muestra el diagrama conceptual del servicio de control de señales de tráfico en tiempo real.

Figura 42: Diagrama conceptual del servicio de control de señales de tráfico en tiempo real



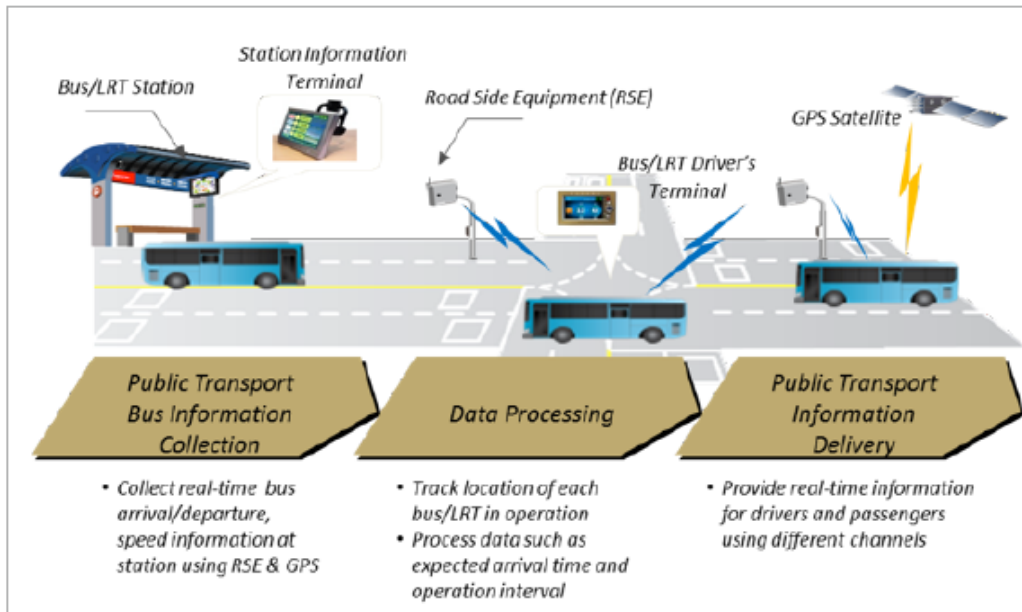
Fuente: Consultoría KISDI – Korea

Figure 43: Diagrama conceptual del servicio de gestión de incidentes



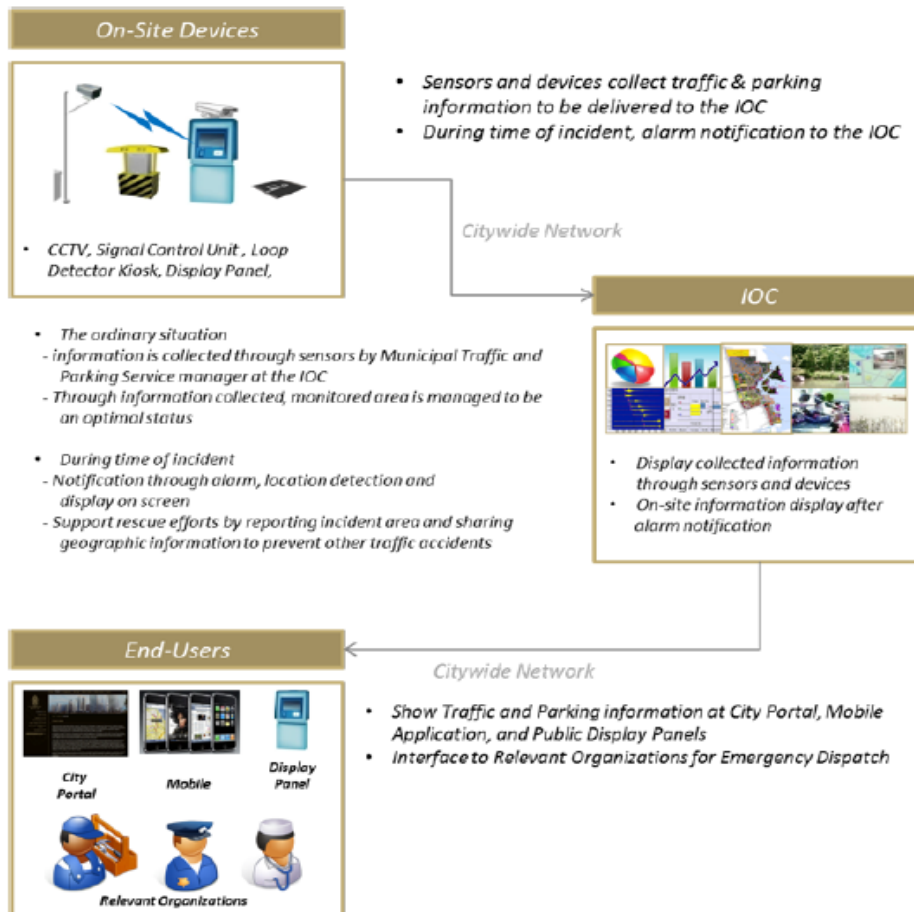
Fuente: Consultoría KISDI – Korea

Figura 44: Diagrama conceptual del servicio de información del transporte público



Fuente: Consultoría KISDI – Korea

Figure 45: Escenario conceptual del servicio de gestión de tráfico y parqueo



Fuente: Consultoría KISDI – Korea

El servicio predice emergencias y situaciones inesperadas a través del análisis de los datos recogidos de los sensores. En el momento del evento, la información del lugar se recolecta a través de paneles de emergencia y se envían al Centro de Operación Integrado (COI) y si se es necesario, la información también se envía a los organismos pertinentes.

8.5 DOMÓTICA

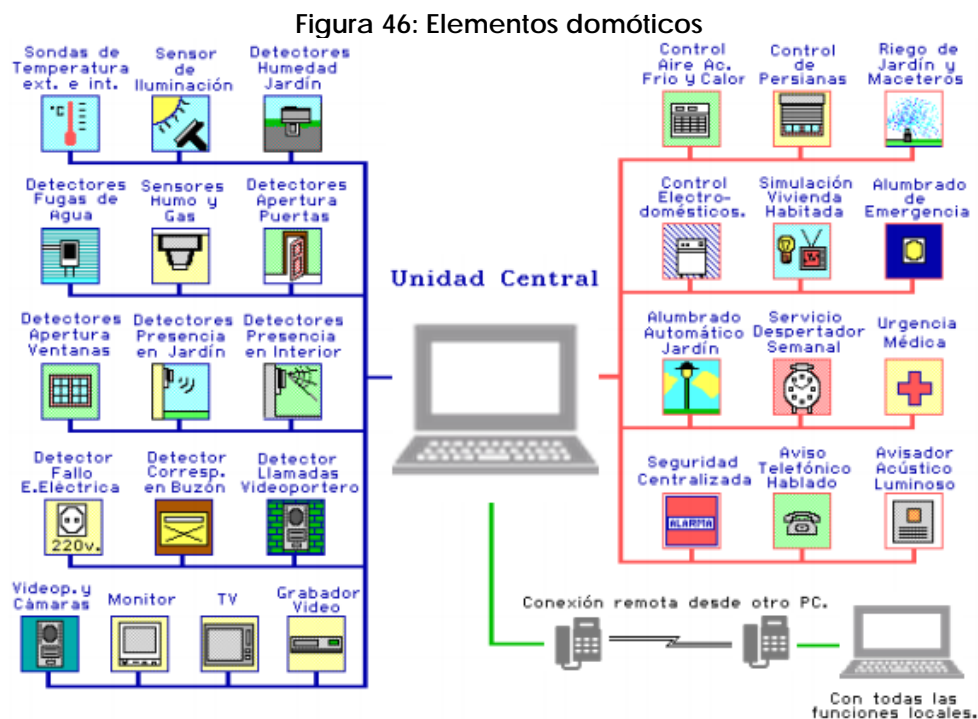
La domótica es una disciplina tecnológica que se aplica en lugares como los edificios de todo tipo, con el fin de aumentar la seguridad, el confort, los servicios multimedia, el uso del diseño bioclimático y el ahorro energético. Se entiende por lo tanto como domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar y controlar una edificación.

En general, la finalidad de la domótica es que cubra con las necesidades del usuario, entre ellas se tiene:

- Ahorrar energía, dinero y tiempo.
- Aumentar la seguridad.
- Mejorar las comunicaciones.
- Incrementar el confort.
- Ofrecer nuevos servicios.

Elementos que son parte de un sistema domótico:

- Controladores.
- Medio de transmisión.
- Actuadores.
- Sensores.
- Elementos externos.



Fuente: Universidad de Murcia-España

TIPOS DE ESTÁNDARES O PROTOCOLOS PARA DOMÓTICA:

ESTÁNDARES PROPIETARIOS O CERRADOS:

Son protocolos específicos de un fabricante en particular y que solo son usados por dicha marca. Pueden ser variantes de protocolos estándares.

Son protocolos cerrados de manera que solo el fabricante puede realizar mejoras y fabricar dispositivos que “hablen” el mismo idioma.

Esto protege los derechos del fabricante, pero limita la aparición de continuas evoluciones en los sistemas domóticos, con lo que, a medida que los sistemas con protocolo estándar se van desarrollando, van ganando cuota de mercado a los sistemas de protocolo propietario.

Otro problema que tienen es la vida útil del sistema domótico, ya que un sistema propietario que depende en gran medida de la vida de la empresa y de la política que siga, si la empresa desaparece, el sistema desaparece y las instalaciones se quedan sin soporte ni recambios.

ESTÁNDARES ABIERTOS:

Son protocolos definidos entre varias compañías con el fin de unificar criterios. También llamados “open systems”, es decir, que no existen patentes sobre el protocolo, de manera que cualquier fabricante puede desarrollar aplicaciones y productos que lleven implícito el protocolo de comunicación.

Los protocolos estándar para aplicaciones domóticas más extendidos en la actualidad son: KNX, Lonworks y X10.

A continuación se presenta un breve seguimiento de los estándares de domótica:

Tabla 19: Resumen de estándares para domótica

PROTOCOLO	DESCRIPCIÓN
X10	Protocolo de comunicaciones para el control remoto de dispositivos eléctricos, hace uso de los enchufes eléctricos, sin necesidad de nuevo cableado. Puede funcionar correctamente para la mayoría de los usuarios domésticos. Es de código abierto y el más difundido. Poco fiable frente a ruidos eléctricos.
KNX/EIB	Bus de Instalación Europeo con más de 20 años y más de 100 fabricantes de productos compatibles entre sí.
ZigBee	Protocolo estándar, recogido en el IEEE 802.15.4, de comunicaciones inalámbrico.
OSGi	Open Services Gateway Initiative. Especificaciones abiertas de software que permite diseñar plataformas compatibles que puedan proporcionar múltiples servicios. Ha sido pensada para su compatibilidad con Jini o UPnP.

PROTOCOLO	DESCRIPCIÓN
LonWorks	Plataforma estandarizada para el control de edificios, viviendas, industria y transporte.
Universal Plug and Play	(UPnP): Arquitectura software abierta y distribuida que permite el intercambio de información y datos a los dispositivos conectados a una red.
Modbus	Protocolo abierto que permite la comunicación a través de RS485 (Modbus RTU) o a través de Ethernet (Modbus TCP). Es el protocolo libre que lleva más años en el mercado y que dispone de un mayor número de fabricantes de dispositivos, lejos de desactualizarse, los fabricantes siguen lanzando al mercado dispositivos con este protocolo continuamente.

Fuente: Universidad de Murcia-España

Dentro de las ventajas de vivir en un hogar digital y conectado podemos indicar las siguientes:

Climatización y consumo energético

- Programación del encendido y apagado de todo tipo de aparatos (calderas, aire acondicionado, toldos, luces, etc.), según las condiciones ambientales.
- Acondicionamiento a los planes de tarifas reducidas de energía (tarifa nocturna).
- Contadores electrónicos que informan del consumo energético.

Entretenimiento y confort

- Conexión a internet desde cualquier punto y acceso a juegos en red.
- Visión de canales de TV en cualquier habitación.
- Control de los dispositivos eléctricos y electrónicos del hogar, desde una PC, internet o desde un dispositivo móvil.

Seguridad

- Configuración de procedimientos para avisos e caso de intrusión o avería (alarma técnica).
- Instalación de cámaras y micrófonos.
- Control de acceso a viviendas.

Servicios comunitarios

- Control de iluminación de las zonas comunes.
- Manejo de alarmas de seguridad y alarmas técnicas.
- Servicios Web para la comunidad de propietarios.

Del mismo modo que se controlan los hogares y grandes edificios con la domótica y la inmótica⁸, también las grandes ciudades empiezan a integrar la tecnología para beneficio de sus habitantes. El sistema de control de grandes ciudades se conoce como urbótica⁹.

El propósito último de la urbótica es hacer uso del diseño inteligente para automatizar las ciudades en pos de una mejor eficiencia energética.

La urbótica cumple un papel fundamental en las ciudades inteligentes, debido a que se encarga de captar información del medio a través de cámaras y sensores, luego procesar y analizar para tomar decisiones que posteriormente ejecuta las acciones correspondientes, optimizando recursos para incrementar la eficiencia.

El campo de acción de la urbótica es bastante amplio y esto se debe a que la composición tan compleja que tienen las ciudades de hoy convierte a cada componente de ciudad en prospecto de ser automatizado o intervenido por la urbótica con miras a transformarla en una ciudad inteligente.

Las ciudades funcionan como inmensas redes en que todo va ligado, todo afecta y depende de otros ámbitos. La integración de todos los sistemas de control en el diseño de una ciudad inteligente es crucial, solo de esta forma, se puede procesar la información de estos parámetros variables y es posible mejorar de forma remota aspectos como el transporte público, las comunicaciones y la seguridad.

Procesar y analizar los datos que se obtienen de los sensores y detectores instalados estratégicamente, permite integrar un funcionamiento óptimo de una gran ciudad.

Otros parámetros urbanos que se regulan por tecnología urbótica son:

- Los sistemas de alumbrado público.
- La contaminación atmosférica.
- La seguridad y la atención ciudadana, etc.

⁸ Bajo este nuevo concepto se define la automatización integral de inmuebles con alta tecnología. La centralización de los datos del edificio o complejo habitacional, posibilita supervisar y controlar confortablemente desde una PC, los estados de funcionamiento o alarmas de los sistemas que componen la instalación, así como los principales parámetros de medida. La Inmótica integra la domótica interna dentro de una estructura en red.

⁹ Es un término relativamente nuevo que empezó a utilizarse hace tan solo un par de años cuando las palabras domótica e inmótica comenzaron a quedar obsoletas en su definición ante las nuevas soluciones tecnológicas que se estaban planteando para las ciudades en términos de automatización. La aplicación de tecnologías de automatización en viviendas, se identifica con el término Domótica, cuando esta tecnología integra el control de un conjunto de unidades habitacionales se denomina Inmótica. Desde hace algo más de una década se amplió esta terminología a los sistemas de automatización que actúan sobre ciudades: eso es la Urbótica.

9. CONCLUSIONES

Experiencias emergentes dirigidas al diseño y realización de Ciudades Inteligentes han evidenciado que no existe un enfoque único para desarrollar una ciudad más inteligente y más sostenible. Cada ciudad constituye un sistema único, donde los diferentes actores y organismos de la ciudad, llevando a cabo una serie de actividades, interactúan en múltiples escalas, utilizando diferentes instalaciones e infraestructuras.

El reconociendo de los contextos ambientales y sociales particulares de la ciudad, sus propósitos y acciones prioritarias, así como su historia y características, se ha convertido en crucial no sólo para garantizar una gobernanza eficaz, sino también para determinar el camino más adecuado para convertirse en una ciudad inteligente y sostenible.

Las ciudades que deciden convertirse en inteligente y sostenible tienen que empezar por determinar sus motivaciones y prioridades, incluyendo la identificación de los stakeholders, las implicancias de esta transformación en la gobernabilidad de la ciudad, así como los mecanismos necesarios para garantizar la participación continua de la ciudadanía y retroalimentación a lo largo del proceso en el corto, mediano y largo plazo y a todas las escalas.

Convertirse en una ciudad inteligente sostenible es un camino a largo plazo que puede hacerse más lento por desacuerdos políticos. En esa línea, la planificación de ciudades inteligentes debe ser fomentada como una estrategia a largo plazo con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

También es muy importante llegar a un consenso entre las autoridades locales y otros interesados en la definición de las prioridades y objetivos de la ciudad.

Dentro de las fases de vital importancia en los proyectos de ciudades inteligentes destaca la implementación de redes de telecomunicaciones, utilizando nuevas tecnologías que brinden conectividad ubicua de banda ancha. Así mismo, fomentar el uso de las TIC con el fin de mejorar el rendimiento de las ciudades y sus servicios.

Se debe tener en cuenta que adicionar las TIC en las operaciones de la ciudad, no proporcionará automáticamente cualquier mejora o cambio sostenible. La instalación de tecnologías inteligentes por sí sola no va a mejorar los servicios de la ciudad, para que esto suceda la nueva tecnología necesita ser complementada por una gestión inteligente. En este sentido, es fundamental diseñar estrategias que identifiquen cómo las TIC van a ser utilizadas en las ciudades y qué se va a hacer con la información recopilada con estas tecnologías.

En la actualidad, un reto que está ralentizando el despliegue de las ciudades inteligentes a nivel mundial es la disponibilidad de fondos económicos. Para obtener financiación externa, los municipios deben considerar nuevas alianzas multisectoriales.

Cuando se implementen políticas y estrategias para ciudades inteligentes, estas deben responder a las preocupaciones y necesidades públicas de los ciudadanos. En ese sentido, los temas a ser priorizados para la realidad peruana están centradas, en la seguridad ciudadana y el control del tráfico vehicular.

Considerando los costos asociados y el prolongado tiempo para su implementación, convertir a las principales ciudades del Perú en Ciudades Inteligentes puede parecer a simple vista alejado de nuestras necesidades inmediatas y de la disponibilidad presupuestaria actual; no obstante, esta afirmación es falsa en razón a que la intervención consistente en la implementación de Ciudades Inteligentes, permite la reducción de costos y el aumento de los ingresos tanto para el sector privado (actividades económicas) y para el sector público (provisión de bienes y servicios públicos) a partir de la generación de externalidades positivas, la generación de valor agregado a través de un enfoque sistémico. De este modo, la sostenibilidad social de este tipo de intervenciones en nuestro país es consistente con el entorno vigente, debiendo tener la prioridad debida para su ejecución por parte de los sectores involucrados.

10. BIBLIOGRAFÍA

- a. **KISDI:** Consultation on Developing ICT Infrastructure for Smart Cities in Peru
- b. **ITU: Focus Group on Smart Sustainable Cities deliverables**
 - SSC-0146 Agreed definition of a Smart Sustainable City
 - WG4 FG SSC-0113 Technical Report on Stakeholders for Smart Sustainable Cities
 - WG2 FG SSC-031 Technology requirement for ICT infrastructure of smart sustainable cities – Power saving system control technology to maintain temperature and humidity of container – type data centres.
 - WG1 SSC-0184 Roadmap for Smart Sustainable Cities Implementation.
 - WG2 SSC-0036 Technology requirement for ICT infrastructure of smart sustainable cities –Technology to create, integrate, and search the heterogeneous and multi-domain data, and deliver the unified information.
- c. **ITU-T Recommendations**
 - Recommendation ITU-T L.1300 Best practices for green data centres.
 - Recommendation ITU-T L.1400 Overview and general principles of methodologies for assessing the environmental impact of information and communication technologies.
 - Recommendation ITU-T L.1410 provides a Methodology for the assessment of the environmental impact of information and communication technology goods, networks and services.
- d. **Plan Nacional de Ciudades Inteligentes (Marzo 2015):** Agenda Digital para España. Gobierno de España, Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- e. **Schneider Electric:** La piedra angular de la ciudad inteligente: la eficiencia urbana
- f. **Nokia:** Outdoor 3G-LTE Small Cells Deployment Strategy Whitepaper
- g. **FiberHome:** FTTx Solution
- h. **University of Florence:** The role of small cell technology in future Smart City applications
- i. **European Commission:** The 5G Infrastructure Public Private Partnership: “The next generation of communication networks and services”.
- j. **Huawei Technologies:** Video surveillance solution
- k. **Furukawa:** Application Guide FTTx
- l. **British Security Industry Association :** CCTV surveillance systems
- m. **NGMN 5G White Paper:** Next Generation Mobile Network

11. ANEXO DE NORMAS TÉCNICAS PARA EDIFICACIONES

Para el diseño y construcción de los sistemas públicos vitales, así como las instalaciones esenciales en caso de desastres, deberá aplicarse el Reglamento Nacional de Edificaciones aprobado por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA.

Del listado de las Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones, deberá aplicarse las siguientes normas:

- Norma GH.020 Componentes de Diseño Urbano.
- Norma TH.010 Habilitaciones residenciales.
- Norma OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano.
- Norma OS.020 Plantas de tratamiento de agua para consumo humano.
- Norma OS .030 Almacenamiento de agua para consumo humano.
- Norma OS.040 Estaciones de bombeo de agua para consumo humano.
- Norma OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano.
- Norma OS.060 Drenaje pluvial urbano.
- Norma OS.070 Redes de aguas residuales.
- Norma OS.080 Estaciones de bombeo de aguas residuales.
- Norma OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Norma OS.100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria.
- Norma EC.010 Redes de distribución de energía eléctrica.
- Norma EC.030 Subestaciones eléctricas.
- Norma EC.040 Redes e instalaciones de comunicaciones.
- Norma GE.030 Calidad en la construcción.
- Norma A. 010 Condiciones generales de diseño.
- Norma A. 020 Vivienda.
- Norma A. 040 Educación.
- Norma A. 050 Salud.
- Norma A. 060 Industria.
- Norma A. 070 Comercio.
- Norma A. 100 Recreación y deportes.
- Norma A. 110 Comunicación y transporte.
- Norma A. 120 Accesibilidad para personas con discapacidad.
- Norma A. 130 Requisitos de seguridad.
- Norma E.030 Diseño sismorresistente.
- Norma E.050 Suelos y cimentaciones.
- Norma E.060 Concreto armado.
- Norma E.070 Albañilería.
- Norma E.090 Estructuras metálicas.
- Norma IS.010 Instalaciones sanitarias para edificaciones.
- Norma EM.010 Instalaciones eléctricas interiores.
- Norma EM.070 Transporte mecánico.
- Norma EM.100 Instalaciones de alto riesgo.

Así mismo, se debe considerar el "Código Técnico de Construcción Sostenible", aprobado por Decreto Supremo N° 015-2015-VIVIENDA, publicado el 28 de agosto de 2015, que tiene por objeto normar los criterios técnicos para el diseño y construcción de edificaciones y ciudades, a fin que sean calificadas como edificación sostenible o ciudad sostenible.

