

# Infraestructura digital de Calinteligente

BORRER





## Contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
1. METODOLOGÍA INFRAESTRUCTURA DIGITAL DE CALINTELIGENTE .....	9
1.1. Conceptos clave.....	9
<b>1.2. Metodología.....</b>	<b>10</b>
1.2.1. Diagnóstico y evaluación técnica y económica de las tecnologías disponibles para la operación de la ciudad inteligente .....	10
1.2.2. Definición de la tecnología de mejor apropiación para la operación de la ciudad inteligente considerando la interoperabilidad como la característica principal de acuerdo con la línea base.....	12
1.2.3. Definición del modelo de analítica y gestión de datos para garantizar que la información sea pública para el uso de los ciudadanos, sector privado, académico y entidades públicas. ....	14
2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA LA OPERACIÓN DE LA CIUDAD INTELIGENTE .....	17
2.1. Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva [...] .....	17
2.1.1. Referenciación normativa.....	17
2.1.2. Vigilancia Científico-Tecnológica .....	40
2.1.3. Mapa de oportunidades.....	2
2.1.4. Mensajes estratégicos.....	1
3. DEFINICIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE MEJOR APROPIACIÓN PARA LA OPERACIÓN DE LA CIUDAD INTELIGENTE CONSIDERANDO LA INTEROPERABILIDAD COMO LA CARACTERÍSTICA PRINCIPAL DE ACUERDO CON LA LÍNEA BASE.....	3
3.1. Clasificación de tecnologías y/o aplicaciones disponibles de los organismos del Distrito de Santiago de Cali.....	3
3.1.1. Dependencias y su respectiva caracterización por componentes.....	3
3.1.2. Caracterizaciones técnicas de las bases de información .....	12
3.2. Referenciación de casos exitosos de territorios con tecnologías y/o aplicaciones clave para el desarrollo de las dimensiones del Modelo Calinteligente.....	19
3.2.1. Introducción.....	19



3.2.2	Conceptos básicos sobre Arquitecturas Tecnológicas en ciudades inteligentes.....	19
3.2.3	Referenciación Internacional de Arquitecturas Tecnológicas para Ciudades Inteligentes .....	22
3.3.	Definición del modelo de arquitectura de referencia .....	33
4.	DEFINICIÓN DEL MODELO DE ANALÍTICA Y GESTIÓN DE DATOS PARA GARANTIZAR QUE LA INFORMACIÓN SEA PÚBLICA PARA EL USO DE LOS CIUDADANOS, SECTOR PRIVADO, ACADÉMICO Y ENTIDADES PÚBLICAS .....	70
4.1.	Referenciación de modelos de analítica y gestión de datos usados en ciudades inteligentes .....	70
4.2.	Definir criterios de gobierno de los datos .....	90
4.3.	Recomendaciones conceptuales para la implementación en el modelo de Calinteligente.....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	100
	ANEXOS.....	114

BORRADOR



## Índice de anexos

Anexo 1. Metodología de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva ...	114
Anexo 2. Bitácora de búsqueda .....	131
Anexo 3. Categorías de los sensores.....	132
Anexo 4. Costo promedio de sensores con aplicación en IoT.....	135
Anexo 5. Ventajas, desventajas y rango de cobertura de sensores .....	136
Anexo 6. Comparativo entre actuadores neumáticos, hidráulicos y eléctricos ..	138
Anexo 7. Rango de precios de cámaras de CCTV .....	140

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Ficha de necesidades .....	117
Cuadro 2. Bases de datos científicas y tecnológicas especializadas .....	120
Cuadro 3. Bases de datos de patentes y comerciales .....	120
Cuadro 4. Palabras clave .....	122
Cuadro 5. Base de datos y fuentes de consulta por tipo de información .....	124

## Índice de figuras

Figura 1. Secuencia de actividades para el diagnóstico y evaluación técnica y económica de las tecnologías disponibles para la operación de la ciudad inteligente .....	10
Figura 2. Ciclo de VTelC.....	11
Figura 3. Secuencia de actividades para la definición de la tecnología de mejor apropiación para la operación de la ciudad inteligente considerando la interoperabilidad como la característica principal de acuerdo con la línea base .....	13
Figura 4. Secuencia de actividades para la definición del modelo de analítica y gestión de datos.....	15
Figura 1. Marco de Ingeniería de la Ciudad Inteligente	
Figura 2. Capa de adquisición de datos	
Figura 3. Capa Sensorial.....	
Figura 4. Capa de comunicación en red .....	
Figura 5. Capa de computación y almacenamiento.....	
Figura 6. Capa de datos y servicios de apoyo .....	
Figura 7. Capa de aplicación inteligente .....	
<b>Figura 8. Capas transversales Security and privacy protection system .....</b>	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 1. Capa sensorial .....	48
Figura 18. Tecnologías y/o aplicaciones referenciadas para la capa 2.....	56

Figura 13. Tecnologías On premise referenciadas para la capa 3 .....	77
Figura 14. Tecnologías en la nube referenciadas para la capa 3.....	85
Figura 1. Arquitecturas tecnológicas para ciudades inteligentes .....	20
Figura 2. Arquitectura tecnológica de Barcelona Ciudad Inteligente .....	23
Figura 3. Arquitectura tecnológica de Aspern Smart City Research (ASCR) .....	30
Figura 5. Tipos de Vigilancia .....	115
Figura 6. De datos a inteligencia .....	116
Figura 7. Fases del ciclo de la vigilancia. ....	116
Figura 8. Fuentes de información .....	119
Figura 9. Proceso de creación de valor de la información.....	129

### Índice de gráficos

Gráfico 1. Caracterización por tipo de plataforma.....	5
Gráfico 2. Caracterización por nombre de servidor en la base de datos. ....	5
<b>Gráfico 3. Porcentaje de servidor de base de datos virtual</b> .....	6
Gráfico 4. Caracterización por motor de base de datos .....	7
Gráfico 5 Presencia de código fuente.....	7
Gráfico 6. Caracterización por almacenamiento de información de ciudadanos en las bases de datos .....	8
Gráfico 7. Caracterización por tipo de arquitectura .....	9
Gráfico 8. Caracterización por lenguaje de programación.....	10
Gráfico 9 Caracterización por interfaz de acceso .....	10
Gráfico 10 Caracterización por clase de licenciamiento .....	11
Gráfico 11. Presencia de acuerdos de niveles de servicio .....	12
Gráfico 12. Presentación de independencia en la navegación .....	13
Gráfico 13. Optimización los contenidos multimedia .....	13
Gráfico 14. Existencia de documentos de especificaciones no funcionales.....	14
Gráfico 15. Presencia de apertura de datos.....	14
Gráfico 16. Presencia de interoperabilidad del Estado.....	15
Gráfico 17. Características de accesibilidad de Gobierno en Línea .....	15
Gráfico 18. Caracterización desde diferentes componentes .....	16
Gráfico 19. Caracterización por desarrollo del sistema .....	17
Gráfico 20. Caracterización por componentes de revisión técnica & auditoría.....	17

### Índice de imágenes

Imagen 1. Red de agua inteligente .....	127
---	-----

### Índice de tablas

Tabla 1. Aplicabilidad de la Norma ISO 8000 a Smart Cities .....	18
Tabla 2. Beneficios de una evaluación de calidad del producto .....	24
Tabla 3. Aplicabilidad de la Norma ISO 25000 a Smart Cities .....	25
Tabla 4. Aplicabilidad de la Norma ISO 27000 a Smart Cities .....	32
Tabla 5. Aplicabilidad de la Norma 37000 a Smart Cities .....	37
Tabla 1. Dependencias de la Alcaldía de Santiago de Cali .....	3

BORRADOR



## INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto que tiene como objetivo “contratar los servicios para la estructuración técnica, legal y financiera del modelo de ciudad inteligente que será implementado por la Alcaldía de Santiago de Cali”, el cuál es financiado por la Alcaldía de Santiago de Cali mediante el Departamento Administrativo de las Tecnologías de la información y las Comunicaciones (DATIC) cuenta con la participación de actores cooperantes, tales como, la Fundación Universidad del Valle y Octopus Force se decidió realizar un documento denominado “Infraestructura digital de Calinteligente”.

Con el fin de realizar un diagnóstico, evaluación técnica y económica de las tecnologías disponibles para la operación de la ciudad inteligente, definiendo la mejor tecnología de mejor apropiación para la operación de la ciudad inteligente considerando la interoperabilidad como la característica principal de acuerdo con la línea base, por último, definiendo el modelo de analítica y gestión de datos para garantizar que la información sea pública para el uso de los ciudadanos, sector privado, académico y entidades públicas.

Para la construcción de este documento se aplica la metodología de vigilancia tecnológica como herramienta de gestión para el desarrollo de 4 etapas tenidas en cuenta: la primera etapa es la identificación de tecnologías y/o aplicaciones clave a nivel internacional de acuerdo con las dimensiones del modelo de Calinteligente, la segunda etapa es realizar el perfil técnico de las tecnologías y/o aplicaciones identificadas a partir de fuentes secundarias, la tercera etapa contiene la exploración de precios de mercado de las tecnologías y/o aplicaciones referenciadas con base en fuentes secundarias y por último, la cuarta etapa contiene la alineación de las tecnologías y aplicaciones según las capas de ISO 30145- parte 3, con los marcos de referencia aplicables para Cali como ciudad inteligente.

El presente documento cuenta con la siguiente estructura:

**Capítulo 1.** Este capítulo contiene la descripción de la metodología se presenta los conceptos claves de la infraestructura digital y la definición de cada una de las 4 etapas y sus componentes.

**Capítulo 2.** Este capítulo contiene el diagnóstico y evaluación técnica y económica de las tecnologías disponibles para la operación de calinteligente, donde se describe la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, en la cual se describen cada una de las 4 capas de la infraestructura digital contempladas en la ISO 30145-3 y las tecnologías apropiadas en cada una de ellas.

**Capítulo 3.** Este capítulo contiene la definición de las tecnologías de mejor apropiación para la operación de la ciudad inteligente considerando la interoperabilidad como la característica principal de acuerdo con la línea base.

**Capítulo 4.** Este capítulo contiene la definición del modelo de analítica y gestión de datos para garantizar que la información sea pública para el uso de los ciudadanos, sector privado, académico y entidades públicas, referenciando los modelos de analíticas y gestión utilizados en ciudades inteligentes.

**Bibliografía.** Contiene las referencias bibliográficas utilizadas como soporte de cada uno de los capítulos de este documento.

**Anexos.** Contiene la bitácora de búsqueda utilizada en la investigación e información relevante que soporta cada uno de los capítulos de este documento.

# 1. METODOLOGÍA INFRAESTRUCTURA DIGITAL DE CALINTELIGENTE

## 1.1. Conceptos clave

**Ciudad inteligente:** Una ciudad inteligente es aquella que integra la innovación tecnológica con los desafíos económicos, sociales y ambientales de las ciudades del mañana, proveyendo una mejora general de la calidad de vida a sus ciudadanos (Campisi et al., 2021).

**Ciberseguridad:** Es la práctica de proteger sistemas, redes y programas de ataques digitales. Por lo general, estos ciberataques apuntan a acceder, modificar o destruir la información confidencial; Extorsionar a los usuarios o los usuarios o interrumpir la continuidad del negocio.

**Dimensiones:** Áreas de evaluación del modelo de ciudad inteligente que agrupan varios factores relacionados entre sí.

**Gobernanza de datos:** es un conjunto de procesos, funciones, políticas, normas y mediciones que garantizan el uso eficaz y eficiente de la información con el fin de ayudar a una organización a cumplir sus objetivos.

**Interoperabilidad:** La interoperabilidad es la acción, operación y colaboración de varias entidades para intercambiar información que permita brindar servicios en línea a los ciudadanos, empresas y otras entidades mediante una sola venta de atención o un solo punto de contacto (Mintic, s.f).

**ISO / IEC 30145-3: 2020** Este documento describe un marco, estructurado en capas de tecnologías TIC, esencial para el funcionamiento de las ciudades inteligentes. Este marco también proporciona el mapeo de las técnicas de las TIC a varias entidades del sistema con el fin de respaldar los sistemas operativos, de gestión del conocimiento y de negocios de la ciudad inteligente desde la perspectiva de la ingeniería (ISO, 2020).

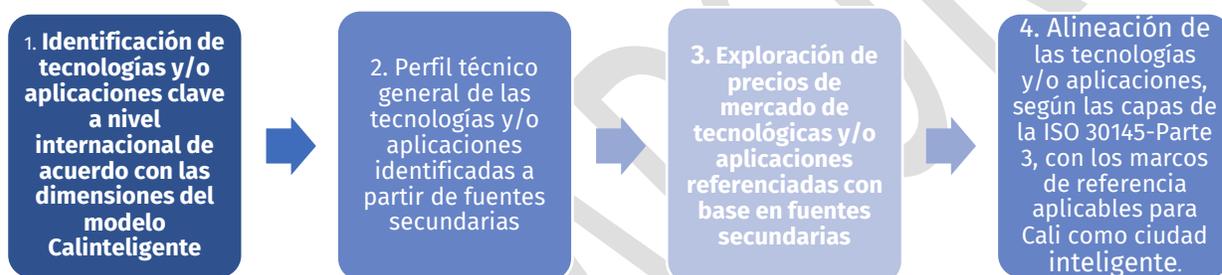
**Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva:** proceso ético y sistemático de recolección y análisis de información acerca del ambiente de negocios, de los competidores y de la propia organización, y comunicación de su significado e implicaciones destinada a la toma de decisiones (AENOR, 2018).

## 1.2. Metodología

### 1.2.1. Diagnóstico y evaluación técnica y económica de las tecnologías disponibles para la operación de la ciudad inteligente

Para el desarrollo de esta actividad se usará la vigilancia tecnológica como herramienta de gestión y llevará las siguientes etapas para su desarrollo.

**Figura 1. Secuencia de actividades para el diagnóstico y evaluación técnica y económica de las tecnologías disponibles para la operación de la ciudad inteligente**



**Fuente:** Fundación Universidad del Valle (2021)

El método para realizar las tres primeras actividades del proceso será la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva definida como un “proceso ético y sistemático de recolección y análisis de información acerca del ambiente de negocios, de los competidores y de la propia organización, y comunicación de su significado e implicaciones destinada a la toma de decisiones” (AENOR (2018). **UNE166006:2018**). En la siguiente figura se presenta el ciclo de trabajo para VTelC.

**Figura 2. Ciclo de VTeIC**



**Fuente:** Octopus Force 2020 con base en AENOR (2018)

**Etapa 1. Definición de temas y objetivos:** Identificar, precisar, delimitar y detallar los temas a vigilar.

**Etapa 2. Búsqueda de la información:** Recopilar, capturar y clasificar la mayor cantidad de información disponible en las bases de datos especializadas, las cuales requieren de métodos y estrategias de búsqueda avanzada.

**Etapa 3. Almacenamiento de la información:** Organización y clasificación de la información, usando gestores de información como las plataformas de Dropbox, Google Drive, entre otros, con el fin de tenerla accesibilidad y disponibilidad en los procesos de validación.

**Etapa 4. Análisis de la información:** Procesar, filtrar y analizar la información disponible agregándole valor para que sean fuentes de información precisas y claras

**Etapa 5. Construcción de informes:** Organización y consolidación de la información obtenida y analizada.

**Etapa 6. Recomendaciones para las acciones de inteligencia:** Distribuir y compartir los resultados del estudio de VTeIC a las personas responsables de la tomas de decisiones dentro de la organización.

De manera complementaria en la cuarta etapa se describirá un marco normativo para el modelo de ciudad inteligente basado en las normas ISO 8000, 25000, 27000, 37000 y 30145 -3 aplicables para Colombia; esta actividad se realizará indicando que numerales y criterios de cada una de estas normas se deben considerar para las aplicaciones, sistemas y plataformas que componen el modelo de ciudad Inteligente.

Para alinear la lista de tecnologías que se encuentren en el proceso de vigilancia tecnológica, se realizará un proceso de clasificación de cada una de las

tecnologías encontradas en las capas que describe la norma 30145-3 y posteriormente definir que norma en particular le aplica y debe tenerse como un criterio mínimo de cumplimiento.

1.2.2. Definición de la tecnología de mejor apropiación para la operación de la ciudad inteligente considerando la interoperabilidad como la característica principal de acuerdo con la línea base

Con base en el modelo propuesto Calinteligente se plantearán las siguientes actividades para el desarrollo de este entregable.

BORRADOR



**Figura 3. Secuencia de actividades para la definición de la tecnología de mejor apropiación para la operación de la ciudad inteligente considerando la interoperabilidad como la característica principal de acuerdo con la línea base**



**Fuente:** Fundación Universidad del Valle (2021)

**Actividad 1. Clasificación de tecnologías y/o aplicaciones disponibles de los organismos del Distrito de Santiago de Cali.**

Esta actividad tiene como alcance clasificar la información disponible de tecnologías y/o aplicaciones que ya fue suministrada formalmente por los organismos del Distrito de Santiago de Cali durante el desarrollo del proyecto Calinteligente. Esta clasificación correspondería con las dimensiones propuesta del modelo de Calinteligente y una caracterización básica considerando la información suministrada.

**Actividad 2. Referenciación de casos exitosos de territorios con tecnologías y/o aplicaciones clave para el desarrollo de las dimensiones del Modelo Calinteligente.**

Esta actividad tiene como alcance brindar un panorama de ciudades que han aplicado tecnologías y/o aplicaciones para acelerar su transformación hacia territorios inteligente, lo cual permitirá tener referentes para el desarrollo de posibles tecnologías y/o aplicaciones en cada una de las dimensiones del Modelo Calinteligente.

### **Actividad 3. Definición del modelo de arquitectura de referencia**

En esta actividad se definirá el modelo de arquitectura de referencia de las tecnologías de dominios de datos que mejor se adaptan al modelo propuesto para el modelo de ciudad Calinteligente considerando la Interoperabilidad como la característica principal, basado en el Marco Normativo ISO 30145-Parte 3.

Se tomarán como base las tecnologías resultantes del análisis de vigilancia tecnológica y del referenciación de casos exitosos de arquitecturas de ciudades inteligentes, se entregará los grupos de tecnologías sugeridas por cada capa del modelo 30145-3 para que sirva como modelo de referencia de la arquitectura considerando como pilar fundamental la interoperabilidad y la transición a un modelo más abierto y seguro.

*Nota: Para los proyectos de iluminación inteligente y de semaforización se acogerán las arquitecturas definidas en el plan maestro de iluminación y en el proyecto de modernización de semaforización inteligente.*

1.2.3. Definición del modelo de analítica y gestión de datos para garantizar que la información sea pública para el uso de los ciudadanos, sector privado, académico y entidades públicas.

Para el desarrollo de esta actividad se planteará las siguientes etapas para su desarrollo.

BORRADOR

**Figura 4. Secuencia de actividades para la definición del modelo de analítica y gestión de datos**



**Fuente:** Fundación Universidad del Valle (2021)

### **Actividad 1. Referenciación de modelos de analítica y gestión de datos usados en ciudades inteligentes**

Con base en revisión literaria y contextual se mapearán modelos de analítica que emplean casos exitosos de ciudades inteligentes en el contexto internacional para con ello un derrotero de posibilidades para el modelo de Calinteligente se usara nuevamente la vigilancia tecnológica como instrumento de gestión.

### **Actividad 2. Definir criterios de gobierno de los datos**

Esta actividad tiene como alcance la definición de los criterios de gobierno de los datos aplicados al modelo propuesto de ciudad Calinteligente basados en el marco de referencia ISO 30145- Parte 3 que garanticen: Categorías, privacidad, propiedad, responsabilidad, apertura, recopilación, anonimización, almacenamiento, acceso y monetización.

Se definirán los criterios mínimos mandatorios que las aplicaciones, plataformas y sistemas en las diferentes dimensiones del modelo de ciudad inteligente deben cumplir en cuanto a la gobernanza de datos considerando la ciberseguridad, propiedad y acceso.

### **Actividad 3. Recomendaciones conceptuales para la implementación en el modelo de calinteligente**

Con base en las dos actividades previas se sugerirá un modelo conceptual de modelo de analítica y gestión de datos para el Distrito en el marco del modelo de Calinteligente donde se describan los elementos fundamentales a tener en cuenta en la articulación institucional actual.

BORRADOR

## 2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA LA OPERACIÓN DE LA CIUDAD INTELIGENTE

### 2.1. Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva [...]

La Ciudad Inteligente, para su correcto funcionamiento, necesita un marco legislativo con el cual respaldarse. Dicho marco estará regido por las Normas ISO (International Organization for Standardization) e IEC (International Electrotechnical Commission) que forman el sistema especializado para la estandarización mundial. Estas normas permiten que el desarrollo, producción y de bienes y servicios sean más eficaces, seguros y transparentes.

Su implementación asegura alcanzar y mantener mayores niveles de calidad, satisface las necesidades de los clientes, permiten la reducción de costos, brinda una ventaja comparativa con respecto a las demás organizaciones, permite procesos de mejora continua y consigue acceso a grandes clientes. La implementación en las organizaciones gubernamentales permite asegurarse de que los bienes y servicios a los que acceden cumplen con los requisitos obligatorios.

Las normas que se abarcarán en este contexto son las Normas ISO: 30145-3, 8000, 25000, 27000 y 37000. De cada una de ellas se analizará su pertinente aplicabilidad a la ciudad inteligente con sus controles respectivos. Estas normas tienen que ver con el marco estructurado de tecnologías TIC, la calidad de los datos, la calidad del producto de software, la seguridad de la información y la gestión antisoborno.

#### 2.1.1. Referenciación normativa

##### 2.1.1.1. Norma ISO 8000

La norma ISO/IEC 8000 es el estándar internacional de la calidad de los datos, en la que se describen características y se definen requisitos de intercambio. Es uno de los estándares tecnológicos al que las organizaciones recurren para mejorar sus procesos comerciales. La premisa básica de la familia de estándares 8000 es

usar un formato preestablecido para los mensajes de datos maestros<sup>1</sup>, intercambiados en la comunicación entre aplicaciones. También, se especifican los requisitos que deben cumplir dichos mensajes para incorporar información, como parte de ese formato preestablecido sobre el nivel de la calidad de los datos (Bermejo et al, 2013).

Dicha norma presenta definiciones y especificaciones de datos para: datos maestros en forma de datos característicos que se intercambian entre organizaciones y sistemas, y que se ajustan a las especificaciones de datos que puedan ser validadas por programas informáticos (Calvert, 2015).

En este sentido, ISO 8000 describe la norma para incorporar referencias a definiciones de datos y datos específicos intercambiados entre las organizaciones, que hacen parte de los datos maestros. Así, se podrá validar automáticamente que las especificaciones se han cumplido (Talbert, 2015).

Cada una de las partes de la norma tiene un objetivo específico donde se definen los estándares, cada uno de ellos se detalla a continuación, y además, para efectos de la aplicabilidad, se determinará a qué capa de la Norma 30145-3 correspondería cada control. Dichas capas son las siguientes:

Capa 1: Capa de adquisición de datos

Capa 2: Capa de comunicación en red

Capa 3: Capa de computación y almacenamiento

Capa 4: Capa de datos y servicios de apoyo

Capa 5: Capa de aplicación inteligente

**Tabla 1. Aplicabilidad de la Norma ISO 8000 a Smart Cities**

APLICABILIDAD DE LA NORMA ISO 8000 A SMART CITIES				
No.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN / JUSTIFICACIÓN	APLICABILIDAD	CAPA
	Definición	Estándar internacional de calidad de datos		
1	General	Las partes de carácter general son una introducción al estándar, definen principios de calidad de datos, conceptos fundamentales, vocabulario, arquitectura de la familia ISO 8000.		
<b>ISO 8000-6X</b>				

<sup>1</sup> Conjunto de información correspondiente a entidades como productos, clientes y proveedores que no se modifican una vez que las transacciones comerciales se han realizado. Tienen como objetivo asegurar que no se estén utilizando múltiples versiones de los mismos datos.

	Gestión de calidad de datos	La serie ISO 8000-6x aborda los procesos de gestión de calidad de datos proporcionando principalmente un modelo de referencia de procesos y un modelo de evaluación de la madurez organizacional de los procesos de gestión.		
	ISO 8000-61	Modelo de Referencia de Procesos. Se especifican los procesos requeridos para la gestión de calidad de datos. Los procesos son usados para mejorar la calidad de datos y evaluar la capacidad de los procesos o la madurez organizacional para la gestión de la calidad de datos	El control es aplicable	2,3,4
	ISO 8000-62	Especifica un modelo que cumple los requisitos de ISO/IEC 33004 y que establece una base sobre la cual se puede determinar la madurez de una organización con respecto a la gestión de calidad de datos		
	ISO 8000-65	Modelo de Evaluación. Se especifica un marco de trabajo para evaluar la madurez de la gestión de la calidad de datos de la organización basado en su capacidad de ejecutar las actividades relacionadas con los procesos de gestión de la calidad de datos identificados en ISO 8000-61.		
<b>ISO 8000-1X0</b>				
	Datos maestros	La serie ISO 8000-1x0 aborda principalmente el intercambio de datos maestros. Propone utilizar un formato específico para el intercambio de mensajes entre organizaciones. Además, se especifican los requisitos que deben cumplir estos mensajes para agregar información sobre los niveles, precisión y completitud de los datos encapsulados en los mensajes.	El control es aplicable	2,3,4
	ISO 8000-100	Visión General. Describe aspectos genéricos sobre los datos maestros que deben ser gestionados.		
	ISO 8000-102	Vocabulario. Describe el vocabulario relacionado con la calidad de los datos maestros usados en las diferentes partes de este estándar.		
	ISO 8000-110	Codificación. Establece reglas que deben usarse para codificar mensajes de datos maestros (sintáctica, codificación semántica y requisitos).		

	ISO 8000-115	Intercambio de identificadores de calidad. Proporciona requisitos sintácticos, semánticos y de resolución para el intercambio de identificadores de calidad.		
	ISO 8000-116	Aplicación de ISO 8000-115 al formato de identificadores de entidades legales autorizadas (ALEI) para individuos y organizaciones.		
	ISO 8000-120	Data Provenance. Establece el modo en el que la información sobre los cambios en el ciclo de vida se agrega a los mensajes de datos maestros para describir su origen (data provenance).		
	ISO 8000-130	Precisión. Establece el modo para incluir información sobre la exactitud de los datos en los mensajes de datos maestros		
	ISO 8000-140	Complejidad. Establece el modo para incluir información sobre la integridad de los datos en los mensajes de datos maestros.		
	ISO 8000-150	Marco de gestión de calidad. Especifica los principios fundamentales de la gestión de la calidad de los datos maestros y los requisitos para la implementación, el intercambio de datos y la procedencia.		
<b>ISO 8000-311</b>				
	Información de ingeniería	La parte de información de ingeniería sólo contiene la norma ISO 8000-311. Es una guía para la aplicación de la calidad de los datos del producto para (PDQ-S), como se describe en ISO 10303-59.	El control es aplicable	2,3,4
<b>ISO 8000-100</b>				
Parte 1	Requisitos Generales			
	1.a	El mensaje de datos maestros deberá indicar de forma inequívoca toda la información necesaria para que el receptor pueda determinar su significado	El control es aplicable	2,3,4
	1.b	Debe especificarse una sintaxis formal utilizando una notación formal		
	1.c	Toda especificación de datos requerida por el mensaje deberá estar en un lenguaje interpretable por ordenador		

	1.d	El mensaje debe indicar explícitamente tanto las especificaciones de datos que cumple como la sintaxis (o sintaxis) formal a la que se ajusta		
	1.e	Debe ser posible comprobar que el mensaje de datos maestros es correcto tanto por su sintaxis formal como por sus especificaciones de datos		
	1.f	Las referencias dentro del mensaje de datos maestros a las entradas del diccionario de datos deben ser en forma de identificadores inequívocos que se ajusten a un esquema reconocido internacionalmente.		
Parte 2	Requisitos de la sintaxis del mensaje			
	2.a	El mensaje deberá contener en su cabecera una referencia a la sintaxis formal a la que cumple	El control es aplicable	2,3,4
	2.b	La referencia será un identificador inequívoco de la versión específica de la sintaxis formal utilizada para codificar el mensaje.		
	2.c	La sintaxis formal deberá estar disponible para todas las partes interesadas.		
Parte 3	Requisitos de la codificación semántica	Cumplimiento del requisito 1.f, representando como un identificador inequívoco cada propiedad.	El control es aplicable	2,3,4
Parte 4	Conformidad con las especificaciones de datos			
	3.a	Cada mensaje de datos maestros deberá contener en su cabecera una referencia a la especificación o especificaciones de datos a las que se ajusta el mensaje de datos maestros.	El control es aplicable	2,3,4
	3.b	Cada referencia tendrá la forma de un identificador inequívoco de la versión específica de la especificación de datos utilizada para codificar el mensaje de datos maestros		



	3.c	Todas las especificaciones de datos referenciadas estarán a disposición de todas las partes interesadas. Si los datos maestros se ofrecen al público, todas las especificaciones de datos referenciadas deberán estar disponibles públicamente. 4. Las especificaciones de los datos deberán estar disponibles a un coste razonable.		
--	-----	--	--	--

**Fuente:** NTC-ISO-IEC 8000:2015 y elaboración propia

BORRADOR



### 2.1.1.2. Norma ISO 25000

La Norma ISO/IEC 25000 también llamada SquaRE (System and Software Quality Requirements and Evaluation) es una familia de normas que tienen por objetivo la creación de un marco de trabajo común para evaluar la calidad del producto de software. Desarrollar un software con calidad implica la utilización de estándares, metodologías y procesos de análisis, diseño, programación y pruebas con el objetivo de lograr efectividad, confianza y productividad para el control de calidad del software (Roa et al., 2015).

Según esta norma, la calidad de los datos es la cualidad de un conjunto de información, recogida en una base de datos, un sistema de información o un almacén de datos y algunas de sus características son exactitud, completitud, integridad, actualización, coherencia, entre otros. Así pues, las características del Big Data dependen de la calidad de los datos y de sus estándares de calidad para poder asegurar procesos de análisis fiables y resultados inequívocos. Por lo anterior, las ciudades inteligentes necesitan aprovechar la tecnología que pueda brindar información detallada y de alta calidad.

De este modo, todo va referenciado en las capas 4 y 5 de la Norma 30145-3, capa de datos y servicios de apoyo y capa de aplicación inteligente, respectivamente. La ISO 25000 establece criterios para la especificación de requisitos de calidad de productos de software, sus métricas y evaluación, además, incluye un modelo de evaluación y de calidad para unificar las decisiones de calidad de los clientes a los atributos en el proceso de calidad. Algunos de los beneficios de la norma son:

BOH



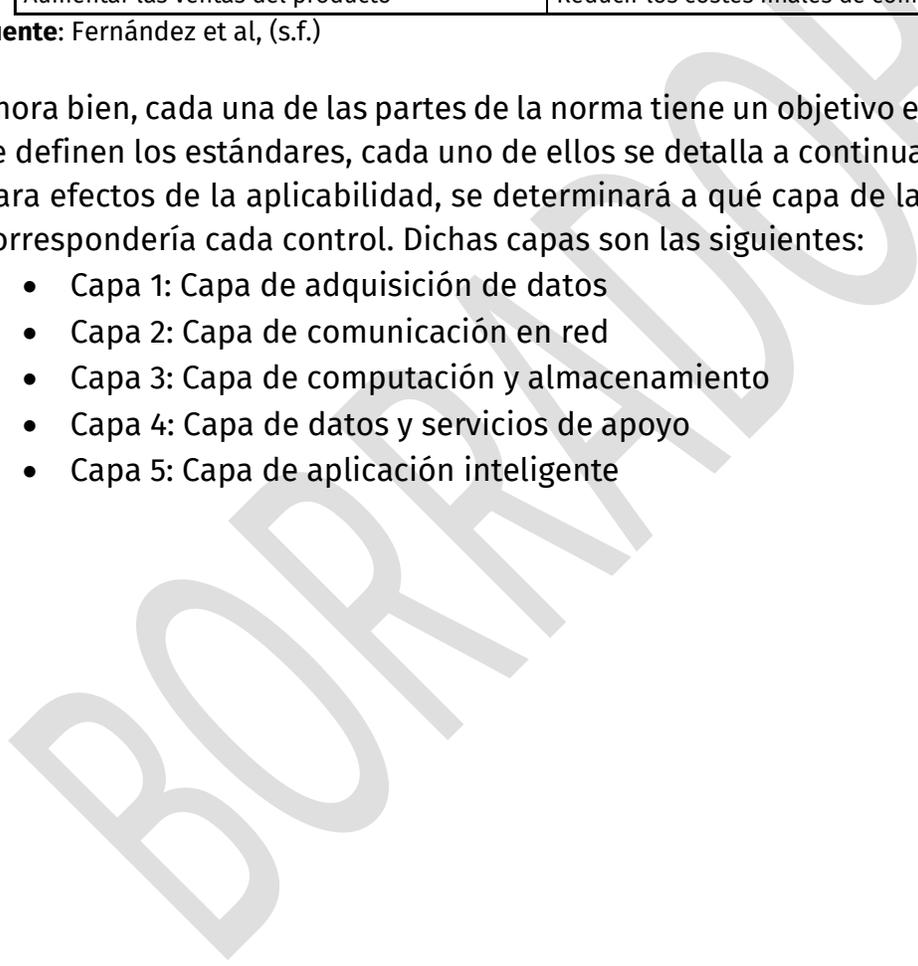
**Tabla 2. Beneficios de una evaluación de calidad del producto**

Beneficios de una evaluación de calidad del producto	
Organismos que desarrollan Software	Organismos que adquieren Software
Controlar la calidad del producto	Conocer la calidad del producto que compran
Mejorar las características del producto	Comparar entre distintas alternativas
Asegurar a sus clientes un nivel de calidad	Establecer acuerdos de nivel de servicio
Comparar con productos de la competencia	Conseguir independencia del proveedor
Posicionar su producto en el mercado	Minimizar los fallos en producción
Aumentar las ventas del producto	Reducir los costes finales de comprar software

**Fuente:** Fernández et al, (s.f.)

Ahora bien, cada una de las partes de la norma tiene un objetivo específico donde se definen los estándares, cada uno de ellos se detalla a continuación, y además, para efectos de la aplicabilidad, se determinará a qué capa de la Norma 30145-3 correspondería cada control. Dichas capas son las siguientes:

- Capa 1: Capa de adquisición de datos
- Capa 2: Capa de comunicación en red
- Capa 3: Capa de computación y almacenamiento
- Capa 4: Capa de datos y servicios de apoyo
- Capa 5: Capa de aplicación inteligente





**Tabla 3. Aplicabilidad de la Norma ISO 25000 a Smart Cities**

Aplicabilidad de la Norma ISO 25000 a Smart Cities				
No.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN / JUSTIFICACIÓN	APLICABILIDAD	CAPA
<b>GESTIÓN DE CALIDAD</b>				
	ISO/IEC 25000-Guía de Square	Define los modelos de arquitectura, terminología y guía a los usuarios por medio de los documentos SquaRE.	El control es aplicable	2,3,4,5
	ISO/IEC 25001-Planificación y Gestión	Establece orientaciones y requisitos para gestionar evaluación y especificaciones del software.	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>MODELO DE CALIDAD</b>				
	ISO 2501n	Presenta un modelo de calidad detallado donde incluye las características de calidad interna, externa y para la calidad en uso	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>ISO/IEC 25010-Modelos del sistema y calidad del software</b>				
<b>Funcionalidad</b>	Compleitud funcional	Grado en el que el conjunto de funciones cubre todas las tareas y los objetivos especificados por el usuario.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Exactitud funcional	Grado en que un producto o sistema proporciona los resultados correctos con el grado necesario de precisión.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Idoneidad funcional	Grado en el que las funciones facilitan la realización de tareas y objetivos especificados.	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>Rendimiento</b>	Comportamiento en el tiempo	Grado en que los tiempos de respuesta y procesamiento y las tasas de rendimiento de un producto o sistema, al realizar sus funciones, cumplen con los requisitos	El control es aplicable	2,3,4,5
	Utilización de recursos	Grado en el que las cantidades y tipos de recursos utilizados por un producto o sistema al realizar sus funciones cumple con los requisitos.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Capacidad	Grado en que cumplen los requisitos respecto de los límites máximos de los parámetros de un producto o sistema. Ejemplo: Cantidad de usuarios concurrentes	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>Compatibilidad</b>	Coexistencia	Grado en que un producto puede llevar a cabo sus funciones requeridas de manera eficiente mientras comparten un entorno y recursos con otros productos, sin impacto perjudicial en los otros productos.	El control es aplicable	2,3,4,5

	Interoperabilidad	Grado en el cual dos o más sistemas, productos o componentes pueden intercambiar información y utilizar la información que se ha intercambiado.	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>Usabilidad</b>	Reconocimiento de Idoneidad	Grado en el cual los usuarios pueden reconocer si un producto o sistema es apropiado para sus necesidades	El control es aplicable	2,3,4,5
	Facilidad de Aprendizaje	Grado en que un producto o sistema puede ser utilizado para el aprendizaje del uso del producto o sistema con eficacia, eficiencia, ausencia de riesgo y satisfacción en un contexto de uso.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Operabilidad	Grado en que un producto o sistema tiene atributos que lo hacen fácil de operar y controlar	El control es aplicable	2,3,4,5
	Protección de errores de usuario	Grado en que el sistema protege a los usuarios de cometer errores	El control es aplicable	2,3,4,5
	Atractividad	Grado en el que la interfaz de usuario permite la interacción agradable y satisfactoria para el usuario.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Accesibilidad	Grado en que un producto o sistema pueden ser utilizados por personas con la más amplia gama de características y capacidades para alcanzar un objetivo especificado en un contexto de uso especificado	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>Fiabilidad</b>	Madurez	Grado en que un sistema cumpla con las necesidades de fiabilidad bajo operación normal.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Disponibilidad	Grado en que un sistema, producto o componentes está operativo y accesible cuando se requiere para su uso.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Tolerancia a fallos	Grado en que un sistema, producto o componente funciona como se esperaba a pesar de la presencia de fallos de hardware o software	El control es aplicable	2,3,4,5
	Capacidad de recuperación	Grado en el cual, en caso de una interrupción o un fracaso, un producto o sistema puede recuperar los datos directamente afectados y restablecer el estado deseado del sistema.	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>Seguridad</b>	Confidencialidad	Grado en que un producto o sistema se asegura de que los datos sean accesibles a las personas autorizadas a tener acceso	El control es aplicable	2,3,4,5
	Integridad	Grado en que un sistema, producto o componente impide el acceso o modificación no autorizado de programas o los datos	El control es aplicable	2,3,4,5

	No repudio	Grado en el que las acciones o eventos se pueden probar que han ocurrido, por lo que los eventos o acciones no pueden ser repudiados.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Responsabilidad	Grado en el que las acciones de una entidad pueden rastrearse y que corresponden únicamente a dicha entidad	El control es aplicable	2,3,4,5
	Autenticidad	Grado en el que la identidad de un sujeto o recurso se puede probar que es quien dice ser	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>Mantenibilidad</b>	Modularidad	Grado en que un sistema o programa se compone de componentes discretos de tal manera que un cambio en uno de los componentes tiene un impacto mínimo en otros componentes.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Reusabilidad	Grado en que un elemento se puede utilizar en más de un sistema, o en la construcción de otros elementos.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Analizabilidad	Grado de eficacia y eficiencia con la que es posible evaluar el impacto sobre un producto o sistema de un cambio previsto a uno o más de sus partes, o para diagnosticar deficiencias o causas de los fallos, o para identificar las partes a ser modificado.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Modificabilidad	Grado en que un producto o sistema pueden ser modificadas de manera efectiva y eficiente sin introducir defectos o degradar la calidad del producto existente.	El control es aplicable	2,3,4,5
	Capacidad para ser probado	Grado de eficacia y eficiencia con la que los criterios de prueba se pueden establecer para un sistema, producto o componente y las pruebas se puede realizar para determinar si se han cumplido los criterios.	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>Portabilidad</b>	Adaptabilidad	Grado en que un producto o sistema puede eficazmente y eficientemente ser adaptado en distintas plataformas de hardware, software u otros entornos operativos o de uso	El control es aplicable	2,3,4,5
	Facilidad de instalación	Grado de eficacia y eficiencia con la que un producto o sistema puede ser instalado y / o desinstalado en un entorno especificado con éxito	El control es aplicable	2,3,4,5
	Reemplazabilidad	Grado en que un producto puede ser sustituido por otro producto para el mismo propósito en el mismo entorno.	El control es aplicable	2,3,4,5

<b>MEDICIÓN DE CALIDAD</b>				
	ISO/IEC 25020-Modelo de referencia para la medida con guía	Presenta un modelo de referencia para las medidas de calidad interna y externa.	El control es aplicable	2,3,4,5
	ISO/IEC 25021-Elementos de medida de calidad	Define y especifica un conjunto de métricas para ser usadas durante el ciclo de vida del producto.	El control es aplicable	2,3,4,5
	ISO/IEC 25022-Medición de la calidad en uso	Especifica las métricas para realizar la medición de la calidad del uso de un producto.	El control es aplicable	2,3,4,5
	ISO/IEC 25023-Medición de sistemas y software de calidad del producto	Define específicamente las métricas para realizar la medición de la calidad de sistemas de software y productos.	El control es aplicable	2,3,4,5
	ISO/IEC 25024-Medición de la calidad de los datos	Especifica las métricas para realizar la medición de la calidad de datos.	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>REQUISITOS DE CALIDAD</b>				
	ISO/IEC 25030-Requisitos de calidad	Ayuda a especificar más claramente los requisitos de calidad del producto software o como entrada del proceso de evaluación.	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>EVALUACIÓN DE CALIDAD</b>				
	SO/IEC 25041-Guía de evaluación para los desarrolladores, compradores y evaluadores independientes	Describe las recomendaciones desde el punto de vista del desarrollador, los compradores y los evaluadores, para la puesta en práctica de la evaluación del producto software.	El control es aplicable	2,3,4,5
	ISO/IEC 25042-Módulos de evaluación:	En este módulo se tiene en cuenta la evaluación y la documentación, la estructura y el contenido que se deben utilizar para definir los módulos completos.	El control es aplicable	2,3,4,5
	ISO/IEC 25045-Módulo de evaluación de recuperabilidad.	Es un módulo para la evaluación de la recuperabilidad de todo tipo de información.	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>ISO/IEC 25040 Modelo de referencia, evaluación y guía</b>				
	ISO/IEC 25040	Define el proceso para llevar a cabo la evaluación del producto software y consta de cinco actividades	El control es aplicable	2,3,4,5

Actividad 1	Establecer los requisitos de la evaluación. Dentro de esta actividad se desglosan algunas tareas	1.1: Establecer el propósito de la evaluación. Inicialmente se documenta el propósito por el que la organización quiere evaluar la calidad de su producto software.	El control es aplicable	2,3,4,5
		1.2: Obtener los requisitos de calidad del producto. Se identifican las partes interesadas en el producto software (desarrolladores, posibles adquirientes, usuarios, proveedores, etc.), adicionalmente se describen los requisitos de calidad del producto utilizando un modelo.	El control es aplicable	2,3,4,5
		1.3: Identificar las partes del producto que se deben evaluar. Especificación de requisitos, diagramas de diseño, documentación de las pruebas, etc., dependiendo de la fase en el ciclo de vida en que se realiza la evaluación y del propósito.	El control es aplicable	2,3,4,5
		1.4: Definir el rigor de la evaluación. Esta definición será conforme al propósito y el uso previsto del producto software, los riesgos para la seguridad, los riesgos económicos o los riesgos ambientales. Así mismo se podrá establecer qué técnicas se deben aplicar y los resultados esperados.	El control es aplicable	2,3,4,5
Actividad 2	Especificar la evaluación. Dentro de esta actividad se especifican herramientas, técnicas de medición y criterios aplicados en la evaluación.	2.1: Seleccionar los módulos de evaluación. Para ello se puede tener en cuenta la norma ISO/IEC 25020, la cual ayudará en la toma de decisiones luego de seleccionar métricas, técnicas y herramientas para la evaluación.	El control es aplicable	2,3,4,5
		2.2 Definir los criterios de decisión para las métricas. Dichos criterios son pasos que se pueden relacionar con los requisitos de calidad y con los criterios de evaluación para decidir la calidad del producto.	El control es aplicable	2,3,4,5
		2.3: Definir los criterios de decisión de la evaluación. Estos criterios y sus resultados permiten en forma general la valoración de la calidad del producto software.	El control es aplicable	2,3,4,5

Actividad 3	Diseñar la evaluación. En esta actividad se define el plan con las acciones de evaluación que se deben realizar.	3.1: Planificar las actividades de la evaluación. Dichas actividades se deben planear dependiendo la disponibilidad de los recursos humanos y materiales necesarios, adicionalmente el presupuesto, los métodos de evaluación y estándares adaptados, las herramientas de evaluación, etc.	El control es aplicable	2,3,4,5
Actividad 4	Ejecutar la evaluación. Aquí se ejecutan los pasos para la evaluación obteniendo las métricas de calidad y aplicando los criterios de evaluación.	4.1: Realizar las mediciones. Las mediciones sobre el producto software se realizan para obtener los valores de las métricas seleccionadas e indicadas en el plan de evaluación. Todos los resultados deberán ser registrados.	El control es aplicable	2,3,4,5
		4.2: Se aplican los criterios de decisión para las métricas sobre valores obtenidos en la medición de un producto.	El control es aplicable	2,3,4,5
		4.3: Se aplican los criterios de decisión de la evaluación, produciendo como resultado la valoración del grado en que el producto software cumple los requisitos de calidad establecidos.	El control es aplicable	2,3,4,5
Actividad 5	Concluir la evaluación. En esta última actividad se culmina la evaluación de calidad del producto software, realizando un informe de resultados que será entregado al cliente y se revisarán los resultados obtenidos.	5.1: El evaluador y el cliente revisarán los resultados obtenidos en la evaluación, con El objetivo de realizar una mejor interpretación y detección de errores.	El control es aplicable	2,3,4,5
		5.2: Crear el informe de evaluación. Este informe es elaborado con los requisitos de la evaluación, los resultados, las limitaciones y restricciones, el personal evaluador, etc.	El control es aplicable	2,3,4,5
		5.3: El evaluador revisará los resultados de la evaluación y obtendrá el feedback, que debe servir para mejorar el proceso de evaluación de acuerdo a los indicadores y las métricas aplicadas.	El control es aplicable	2,3,4,5

		5.4: Tratar los datos de la evaluación. Según lo acordado con el cliente, el evaluador debe realizar un procedimiento correcto con los datos, devolviéndolos, modificándolos, guardándolos, etc.	El control es aplicable	2,3,4,5
<b>INFORMES TÉCNICOS</b>				
	ISO/IEC 25050 a ISO/IEC 25099	Utilizadas para informes técnicos específicos o para completar otras normas de la rama SquaRE.	El control es aplicable	2,3,4,5

Fuente: ISO/IEC 25000, Baldeón (2015) y elaboración propia.

BORRADOR

### 2.1.1.3. Norma ISO 27000

ISO/IEC 27000 es una serie de normas internacionales las cuales proporcionan objetivos de control, requisitos para tratar la seguridad de la información en todo tipo de organizaciones y controles específicos, por ejemplo, en empresas comerciales, agencias gubernamentales y organizaciones sin ánimo de lucro (Beckers et al, 2011). A semejanza de otras normas ISO, la 27000 es una serie de estándares que comprende desde la 27000 a 27019 y de la 27030 a 27044. La guía para aplicar los controles se detalla en la norma UNE-ISO/IEC 27002, que debe usarse como referencia por las organizaciones para la implantación de controles de seguridad de la información que sirvan como soporte al SGSI (Sistema de Gestión de Seguridad de la Información).

El desarrollo de dichos controles es aplicable a un escenario de Smart Cities, ya que, en ella existe una conexión entre la infraestructura y los diferentes actores, en donde se intercambian y analizan datos constantemente. Debido a dicha interconectividad entre las infraestructuras virtuales y físicas, se hace necesario crear estructuras de protección de datos por los nuevos riesgos de ciberseguridad. Con cada punto de acceso adicional, la exposición de los datos es mayor, haciendo más vulnerables a las ciudades con la posibilidad de recibir múltiples ataques cibernéticos.

Al reducir los riesgos operacionales y de seguridad, es posible obtener mejores oportunidades en los escenarios internacionales y reducir los costos de producción. Así mismo, también se crea mayor confianza en las terceras partes sobre los procesos relativos a la seguridad de la información en la organización (Olano, 2016).

La norma ISO/EIC 27000 contiene 18 numerales de control de seguridad de la información que en su conjunto contiene más de 35 categorías de seguridad principales y aproximadamente 144 controles. Para efectos de la aplicabilidad, se determinará a qué capa de la Norma 30145-3 correspondería cada control. Dichas capas son las siguientes:

- Capa 1: Capa de adquisición de datos
- Capa 2: Capa de comunicación en red
- Capa 3: Capa de computación y almacenamiento
- Capa 4: Capa de datos y servicios de apoyo
- Capa 5: Capa de aplicación inteligente

Ahora bien, a continuación se definirá el objetivo general de los controles que hacen parte de la norma ISO/EIC 27000 y su aplicabilidad en Smart Cities.

#### **Tabla 4. Aplicabilidad de la Norma ISO 27000 a Smart Cities**

APLICABILIDAD DE LA NORMA ISO 27000 A SMART CITIES				
No.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN / JUSTIFICACIÓN	APLICABILIDAD	CAPA
<b>A5</b>				
<b>POLÍTICAS DE LA SEGURIDAD DE LA INFORMACION</b>				
A5.1	Orientación de la dirección para la gestión de la seguridad de la información	Objetivo: Brindar orientación y soporte, por parte de la dirección, para la seguridad de la información de acuerdo con los requisitos del negocio y con las leyes y reglamentos pertinentes.	El control es aplicable	4, 5
<b>A6</b>				
<b>ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA INFORMACION</b>				
A6.1	Organización interna	Objetivo: Establecer un marco de referencia de gestión para iniciar y controlar la implementación y operación de la seguridad de la información dentro de la organización.	El control es aplicable	4, 5
A6.2	Dispositivos móviles y teletrabajo	Objetivo: Garantizar la seguridad del teletrabajo y el usos de dispositivos móviles		
<b>A7</b>				
<b>SEGURIDAD DE LOS RECURSOS HUMANOS</b>				
A7.1	Antes de asumir el empleo	Objetivo: Asegurar que los empleados y contratistas comprenden sus responsabilidades y son idóneos en los roles para los que se consideran.	Aplica para el Centro de monitoreo y control y para la entidad Calinteligente	
A7.2	Durante la ejecución del empleo	Objetivo: Asegurarse de que los empleados y contratistas tomen conciencia de sus responsabilidades de seguridad de la información y las cumplan.		
A7.3	Terminación y cambio de empleo	Objetivo: Proteger los intereses de la organización como parte del proceso de cambio o terminación de empleo		
<b>A8</b>				
<b>GESTION DE ACTIVOS</b>				
A8.1	Responsabilidad por los activos	Objetivo: Identificar los activos organizacionales y definir las responsabilidades de protección adecuadas.	El control es aplicable	1, 2 y 3
A8.2	Clasificación de la información	Objetivo: Asegurar que la información recibe un nivel apropiado de protección, de acuerdo con su importancia para la organización.		
A8.3	Manejo de medios	Objetivo: Evitar la divulgación, la modificación, el retiro o la destrucción no autorizados de información almacenada en los medios		
<b>A9</b>				
<b>CONTROL DE ACCESO</b>				
A9.1	Requisitos del negocio para el control de acceso	Objetivo: Limitar el acceso a información y a instalaciones de procesamiento de información.	El control es aplicable	1,2,3,4,5

<b>A9.2</b>	Gestión de acceso de usuarios	Objetivo: Asegurar el acceso de los usuarios autorizados y evitar el acceso no autorizado a sistemas y servicios.		
<b>A9.3</b>	Responsabilidades de los usuarios	Objetivo: Hacer que los usuarios rindan cuentas por la salvaguarda de su información de autenticación.		
<b>A9.4</b>	Control de acceso a sistemas y aplicaciones	Objetivo: Evitar el acceso no autorizado a sistemas y aplicaciones.		
<b>A10</b>	<b>CRIFTOGRAFIA</b>			
A10.1	Controles criptográficos	Objetivo: Asegurar el uso apropiado y eficaz de la criptografía para proteger la confidencialidad, autenticidad y/o la integridad de la información	El control es aplicable	1,2,3,4,5
<b>A11</b>	<b>SEGURIDAD FISICA Y DEL ENTORNO</b>			
A11.1	Áreas seguras	Objetivo: Prevenir el acceso físico no autorizado, el daño e la interferencia a la información y a las instalaciones de procesamiento de información de la organización.	El control es aplicable	2,3
A11.2	Equipos	Objetivo: Prevenir la pérdida, daño, robo o compromiso de activos, y la interrupción de las operaciones de la organización.		
<b>A12</b>	<b>SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES</b>			
A12.1	Procedimientos operacionales y responsabilidades	Objetivo: Asegurar las operaciones correctas y seguras de las instalaciones de procesamiento de información.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
A12.2	Protección contra códigos maliciosos	Objetivo: Asegurarse de que la información y las instalaciones de procesamiento de información estén protegidas contra códigos maliciosos.		
A12.3	Copias de respaldo	Objetivo: Proteger contra la pérdida de datos		
A12.4	Registro y seguimiento	Objetivo: Registrar eventos y generar evidencia		
A12.5	Control de software operacional	Objetivo: Asegurarse de la integridad de los sistemas operacionales		
A12.6	Gestión de la vulnerabilidad técnica	Objetivo: Prevenir el aprovechamiento de las vulnerabilidades técnicas		
A12.7	Consideraciones sobre auditorias de sistemas de información	Objetivo: Minimizar el impacto de las actividades de auditoría sobre los sistemas operativos		
<b>A13</b>	<b>SEGURIDAD DE LAS COMUNICACIONES</b>			

A13.1	Gestión de la seguridad de las redes	Objetivo: Asegurar la protección de la información en las redes, y sus instalaciones de procesamiento de información de soporte.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
A13.2	Transferencia de información	Objetivo: Mantener la seguridad de la información transferida dentro de una organización y con cualquier entidad externa.		
<b>A14</b>	<b>ADQUISICIÓN, DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS</b>			
A14.1	Requisitos de seguridad de los sistemas de información	Objetivo: Asegurar que la seguridad de la información sea una parte integral de los sistemas de información durante todo el ciclo de vida. Esto incluye también los requisitos para sistemas de información que prestan servicios Sobre redes.	El control es aplicable	4, 5
A14.2	Seguridad en los procesos de Desarrollo y de Soporte	Objetivo: Asegurarse de la integridad de los sistemas operacionales		
A14.3	Datos de prueba	Objetivo: Asegurar la protección de los datos usados para pruebas.		
<b>A15</b>	<b>RELACIONES CON LOS PROVEEDORES</b>			
A15.1	Gestión de la seguridad de las redes	Objetivo: Asegurar la protección de la información en las redes, y sus instalaciones de procesamiento de información de soporte.	Aplica para Empresa Calinteligente	
A15.2	Gestión de la prestación de servicios de proveedores	Objetivo: Mantener el nivel acordado de seguridad de la información y de prestación del servicio en línea con los acuerdos con los proveedores		
<b>A16</b>	<b>GESTION DE INCIDENTES DE SEGURIDAD DE LA INFORMACION</b>			
A16.1	Gestión de incidentes y mejoras en la seguridad de la información	Objetivo: Asegurar un enfoque coherente y eficaz para la gestión de incidentes de seguridad de la información, incluida la comunicación sobre eventos de seguridad y debilidades.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
<b>A17</b>	<b>ASPECTOS DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN DE LA GESTION DE CONTINUIDAD</b>			
A17.1	Continuidad de Seguridad de la información	Objetivo: La continuidad de seguridad de la información se debe incluir en los sistemas de gestión de la continuidad de negocio de la organización.	El control es aplicable	3,4 5
A17.2	Continuidad de Seguridad de la información	Objetivo: La continuidad de seguridad de la información se debe incluir en los sistemas de gestión de la continuidad de negocio de la organización.		
<b>A18</b>	<b>SEGURIDAD DE LAS COMUNICACIONES</b>			

A18.1	Gestión de la seguridad de las redes	Objetivo: Asegurar la protección de la información en las redes, y sus instalaciones de procesamiento de información de soporte.	Aplica para Empresa Calinteligente	
A18.2	Continuidad de Seguridad de la información	Objetivo: La continuidad de seguridad de la información se debe incluir en los sistemas de gestión de la continuidad de negocio de la organización.		

**Fuente:** NTC-ISO-IEC 27001:2013 y elaboración propia.

BORRADOR

#### 2.1.1.4. Norma ISO 37000

La norma ISO/IEC 37000 es un estándar de sistema de gestión antisoborno (SGAS o ABMS por sus siglas en inglés) para las organizaciones. En esta, se especifican políticas y procedimientos contra el soborno que se deben implementar para prevenir, identificar y manejar el soborno (GIACC, 2018). Los beneficios de su implementación son variados, entre ellos incluidos: ayudar a prevenir que ocurra el soborno, disminuyendo así su impacto si ocurre; ayudar a mejorar los controles existentes; a garantizar a sus clientes, proveedores y colaboradores las medidas para la transparencia lo cual ayuda a la organización a contratar mejor personal, proporcionar un valor añadido a la empresa diferenciándola de la competencia; tener mejor control y mostrar mayor confianza en las transacciones comerciales. Las ciudades inteligentes, al involucrar una planeación rigurosa de la infraestructura física y digital de todos sus componentes, requieren un nivel importante de recursos económicos. Las características, el alcance técnico y la duración del proyecto demanda gran cuidado en todo el proceso de diseño, planeación, ejecución y evaluación de la ciudad inteligente (The Smart City Journal, 2016).

Es por esto que es relevante combatir y prevenir los actos de corrupción que se puedan presentar, ya que, con ello se puede identificar datos claves para la lucha contra la corrupción, obtener datos sobre funcionarios de gobierno que permiten vigilar su comportamiento y decisiones, adquirir datos sobre gestión y resultados de gobierno que permiten monitorear el proceso de toma de decisiones, reducir la burocracia en las administraciones públicas, hacer los procesos más transparentes, entre otros (The Smart City Journal, 2016).

En este sentido, la ISO 37000 requiere que la organización implemente una serie de medidas diseñadas para ayudar a prevenir, detectar y lidiar con el soborno. A continuación se detalla cada una de y se determinará a qué capa de la Norma 30145-3 correspondería cada medida. Dichas capas son las siguientes:

- Capa 1: Capa de adquisición de datos
- Capa 2: Capa de comunicación en red
- Capa 3: Capa de computación y almacenamiento
- Capa 4: Capa de datos y servicios de apoyo
- Capa 5: Capa de aplicación inteligente

**Tabla 5. Aplicabilidad de la Norma 37000 a Smart Cities**

APLICABILIDAD DE LA NORMA ISO 37000 A SMART CITIES			
No.	DESCRIPCIÓN / JUSTIFICACIÓN	APLICABILIDAD	CAPA

1	Implementar una política antisoborno y apoyar los procedimientos antisoborno (el ABMS). Estos procedimientos son los que se enumeran en los artículos 2 a 23 a continuación.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
2	Asegurarse de que la alta dirección de la organización tenga la responsabilidad general de la implementación y eficacia de la política antisoborno y ABMS, y proporcione el compromiso y el liderazgo adecuados en este sentido.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
3	Asegurarse de que las responsabilidades para garantizar el cumplimiento de la política antisoborno y ABMS se asignen y comuniquen eficazmente en toda la organización. Por ejemplo: -los jefes de departamento serán responsables del cumplimiento dentro de sus departamentos; -todo el personal será responsable de su cumplimiento personal.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
4	Nombrar una persona o personas con la responsabilidad de supervisar el cumplimiento antisoborno por parte de la organización (función de cumplimiento). Esta(s) persona(s) pueden trabajar a tiempo completo o parcial, según el tamaño de la organización, y pueden combinar esta responsabilidad con otras responsabilidades.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
5	Asegurar que existan controles sobre la toma de decisiones en relación con transacciones de riesgo de soborno más que bajo. El proceso de decisión y el nivel de autoridad de los tomadores de decisiones deben ser adecuados al nivel de riesgo de soborno y estar libres de conflictos de intereses reales o potenciales.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
6	Asegurar que los recursos (personal, equipo y financieros) estén disponibles según sea necesario para la implementación efectiva del ABMS	El control es aplicable	1,2,3,4,5
7	Implementar la investigación y los controles apropiados sobre el personal de la organización diseñados para garantizar que sean competentes y que cumplan con la política antisoborno y ABMS, y que puedan ser sancionados si no cumplen.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
8	Brindar capacitación y/u orientación adecuadas contra el soborno al personal sobre la política contra el soborno y ABMS.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
9	Producir y conservar la documentación adecuada en relación con el diseño y la implementación de la política antisoborno y ABMS.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
10	Llevar a cabo evaluaciones periódicas del riesgo de soborno y la debida diligencia en las transacciones y los socios comerciales.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
11	Implementar controles financieros apropiados para reducir el riesgo de soborno (por ejemplo, dos firmas en los pagos, restricción del uso de efectivo, etc.).	El control es aplicable	1,2,3,4,5
12	Implementar controles apropiados de adquisiciones, comerciales y otros controles no financieros para reducir el riesgo de soborno (por ejemplo, separación de funciones, dos firmas en las aprobaciones de trabajo, etc.).	El control es aplicable	1,2,3,4,5

13	Asegurar que todas las demás organizaciones sobre las que tiene control implementen medidas contra el soborno que sean razonables y proporcionadas a la naturaleza y alcance de los riesgos de soborno que enfrenta la organización controlada.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
14	Exigir, cuando sea posible, y cuando ayude a mitigar el riesgo de soborno, a cualquier socio comercial que represente un riesgo de soborno mayor que bajo para la organización, que implemente controles antisoborno que gestionen el riesgo de soborno pertinente.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
15	Asegurar, cuando sea posible, que los socios comerciales, tengan el compromiso contra el soborno para aquellos riesgos catalogados por encima de menores para la organización.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
16	Implementar controles sobre obsequios, hospitalidad, donaciones y otros beneficios para evitar que se utilicen con fines de soborno.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
17	Asegurar que la organización no participe, o se retire de cualquier transacción en la que no pueda gestionar adecuadamente el riesgo de soborno.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
18	Implementar procedimientos de denuncia (denuncia de irregularidades) que alienten y permitan a las personas denunciar sospechas de soborno, o cualquier violación o debilidad en el ABMS, a la función de cumplimiento o al personal apropiado.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
19	Implementar procedimientos para investigar y tratar de manera apropiada cualquier soborno o violación real o sospechada del ABMS.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
20	Monitorear, medir y evaluar la efectividad de los procedimientos ABMS	El control es aplicable	1,2,3,4,5
21	Llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados que evalúen si el ABMS cumple con los requisitos de la ISO 37001 y se está implementando de manera efectiva.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
22	Llevar a cabo revisiones periódicas por parte de la función de cumplimiento y la alta dirección de la eficacia del ABMS.	El control es aplicable	1,2,3,4,5
23	Rectificar cualquier problema identificado con el ABMS y mejorar el ABMS según sea necesario	El control es aplicable	1,2,3,4,5

NTC-ISO-IEC 37000 y elaboración propia

En este sentido, se sugiere que la organización implemente tope en los obsequios o donaciones para evitar que se utilicen como soborno. También, que se cree una unidad que sea responsable del cuidado del personal en cuanto al soborno.



## 2.1.2. Vigilancia Científico-Tecnológica

En este apartado se identificarán las tecnologías de información y comunicaciones para ciudad inteligente a partir de la arquitectura de referencia de la norma ISO 30145-3, la cual se compone de 5 capas y que define la infraestructura para cada capa considerando diversos tipos de tecnologías. De igual forma se realiza un perfil de cada tecnología y/o proveedores a nivel internacional basados en las referencias de tecnologías usadas en modelos de ciudades inteligentes y de acuerdo con el posicionamiento de dichas tecnologías en el modelo de Gartner Inc., Consultora internacional de investigación de tecnologías de la información. Se resalta que para el referenciación de tecnologías por cada capa se consultaron diversos artículos científicos relacionados con su desarrollo en ciudades inteligentes.

### **Identificación y Perfil técnico general de las tecnologías y/o aplicaciones**

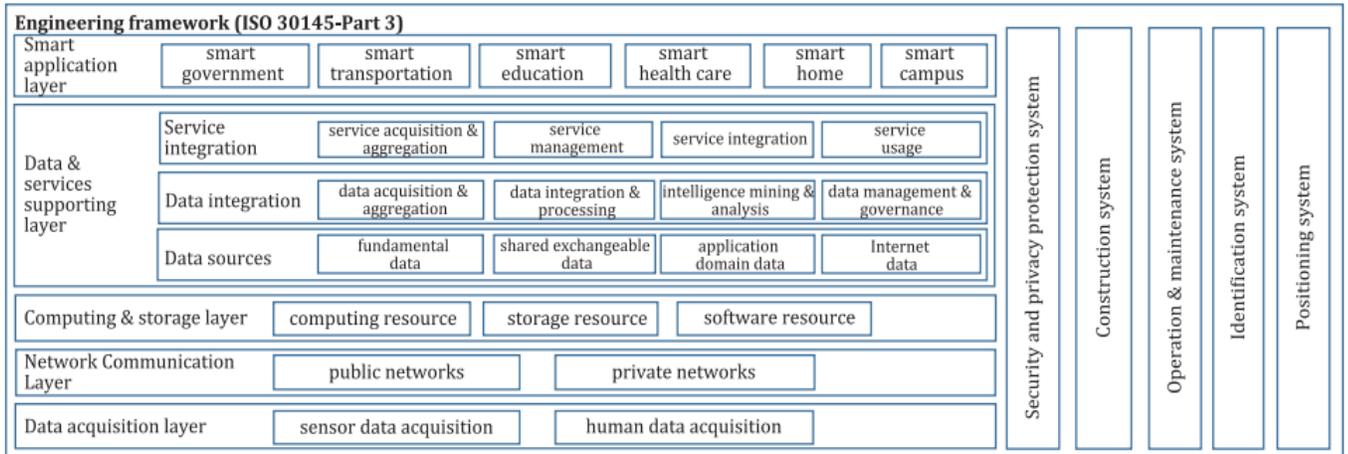
La identificación de tecnologías y/o aplicaciones en este estudio se realiza teniendo en cuenta la norma ISO 30145-3, que soporta la interrelación de tecnologías para el funcionamiento de una ciudad inteligente. A continuación, se define el marco de ingeniería de una ciudad inteligente, de acuerdo con las cinco (5) capas que contiene.

#### **2.1.2.1. NORMA ISO 30145-3**

La norma ISO 30145-3:2020 describe un marco estructurado en capas de tecnologías TIC, el cual es esencial para el funcionamiento de las ciudades inteligentes. En él, también se proporciona el mapeo de técnicas TIC a varias entidades del sistema con el objetivo de apoyar el funcionamiento de la ciudad inteligente, la gestión del conocimiento y los sistemas operativos desde la perspectiva de la ingeniería.



**Figura 5. Marco de Ingeniería de la Ciudad Inteligente**



**Fuente:** ISO 30145-3

Consta de las capas horizontales de ingeniería y de los sistemas verticales, en dicha norma se proporciona un mapa claro de las diferentes técnicas y componentes necesarios para todos los procesos de las ciudades inteligentes. A continuación, se definirá cada una de las capas.

**Capa 1: Capa de adquisición de datos**



**Figura 6. Capa de adquisición de datos**

Esta capa brinda la capacidad de percibir el mundo exterior, su centro es la técnica del Internet de las Cosas (IoT). En esta, se proporcionan las funcionalidades de la Ciudad Inteligente como la adquisición de datos de sensores y la adquisición de datos humanos.

La adquisición de datos de sensores se divide en capacidades y funciones. Algunos de los equipos incluidos aquí son: reconocimiento de identificación, detección de geolocalización, detección de imágenes, detección del entorno, detección de seguridad y detección de instalaciones. Por otro lado, la adquisición de datos humanos tiene que ver con información acerca de las personas como su ubicación, datos de salud o con sus respectivas redes sociales, para así poder

brindar información o servicios más personalizados, pero teniendo en cuenta la privacidad de los datos.

### Capa 2: Capa de comunicación en red



**Figura 7. Capa de comunicación en red**

La capa de comunicación en red está conformada por el internet, la red telefónica, la red de televisión y también por sus intersecciones. Esta capa proporciona la infraestructura de comunicación para la ciudad inteligente en donde habrá elementos como la redes ópticas de gran alcance, anchos de banda con gran capacidad y redes inalámbricas.

Esta se divide en redes públicas y redes privadas. Las redes públicas son las que prestan servicios de telecomunicaciones e internet para cualquier usuario siendo este un individuo, organización, empresa o país. El IoT y los equipos de sensores pueden comunicarse a través de esta por medio de las aplicaciones inteligentes. Las redes privadas, por su parte, son administradas por una organización en específico para una necesidad determinada. En ocasiones, una red pública le puede suministrar servicios a una red privada.

Debido a la gran cantidad de información que se utiliza, es necesario que las redes tengan la capacidad para soportar toda la información en tiempo real, debe ser confiable y permitir el acceso remoto de los equipos, así como también ser ecológica.

### Capa 3: Capa de computación y almacenamiento



**Figura 8. Capa de computación y almacenamiento**

La capa de computación y almacenamiento incluye los recursos para la computación, el almacenamiento de datos y los recursos de software. En esta, se

dota a la ciudad inteligente del hardware y software necesario para llevar a cabo todas sus funciones, en especial, las de las capas superiores. Su integración, permite garantizar la demanda de datos como soporte para las capas 4 y 5.

Los recursos para la computación pueden ser centralizados (se almacena completamente en un solo lugar, servidores personalizados, almacenamiento dinámico, entre otros) o distribuidos (computadoras separadas físicamente pero que comparten entre sí una red de comunicaciones). El recurso de almacenamiento, por su lado, también es centralizado (métodos de almacenamiento comunes) o distribuido (varios tipos de entradas). Por último, el recurso de software incluye las bases de datos, sistemas operativos, middleware y software de gestión de recursos.

Para ver más al detalle cada uno de los componentes de la capa 3, es necesario dirigirse a la norma 30145-3, donde se encuentra cada uno de ellos con su respectiva explicación.

#### Capa 4: Capa de datos y servicios de apoyo



**Figura 9. Capa de datos y servicios de apoyo**

La capa de datos y servicios de apoyo fusiona la capacidad de captura de datos, la capacidad de comunicación, la capacidad de almacenamiento de datos y la capacidad de computación que tiene que ver en el manejo de los datos y servicios. Esta capa se compone de: fuentes de datos, integración de datos e integración de servicios y en conjunto permiten una multiplicidad de datos y servicios para las aplicaciones y para que estas, a su vez, construyan otras aplicaciones.

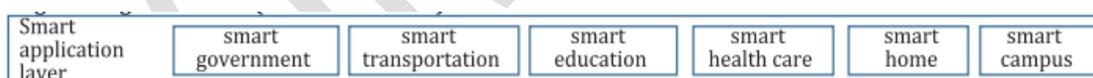
Según la norma 30145-3 (2020), las fuentes de datos, siendo el primer componente, incluyen los recursos de información de los diferentes sectores que hacen parte de la ciudad inteligente. Estos son datos fundamentales, datos intercambiables compartidos, datos de dominio de la aplicación y datos de internet. Esta información es necesaria para tener los datos procesados y lograr tomar decisiones acertadas.

La integración de datos es la capacidad de integrar y analizar datos. En esta se incluyen componentes como adquisición y agregación de datos de datos, integración y procesamiento de datos, extracción y análisis de datos y gestión y gobernanza.

La integración de servicios tiene los requisitos básicos de los servicios que soportan las aplicaciones de la ciudad inteligente. Se compone de la agregación y adquisición de servicios, la gestión de servicios, el uso de servicios y la integración de servicios.

Para ver más al detalle cada uno de los elementos que conforman las fuentes de datos, la integración de datos y la integración de servicios, puede verse la Norma ISO 30145-3 donde se hace énfasis a cada uno de ellos.

### Capa 5: Capa de aplicación inteligente



**Figura 10. Capa de aplicación inteligente**

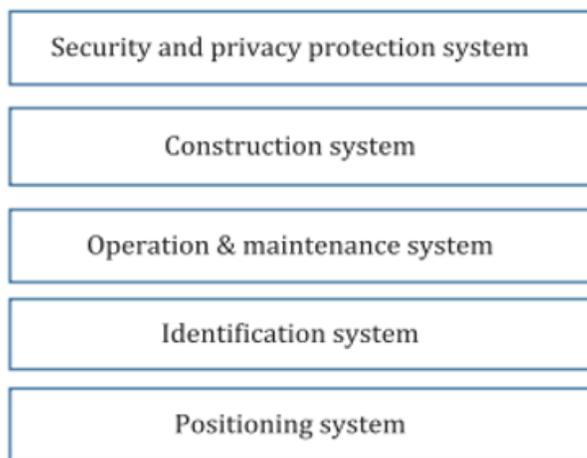
La capa de aplicación inteligente tiene las aplicaciones inteligentes y como estas se integran a todos los sectores y dominios con el apoyo de todas las demás capas inferiores. Aquí se incluyen componentes como:

- El gobierno inteligente
- La educación inteligente
- El transporte inteligente
- El cuidado de la salud inteligente
- El hogar inteligente

- El campus inteligente

Aquí, se responden las demandas de la comunidad en general, las empresas, las organizaciones, entre otros y se atienden todas las actividades de gestión social, operaciones industriales, de servicios públicos, entre otros.

**Requisitos transversales a cada capa.**



**Figura 11. Capas transversales**

**Security and privacy protection system**

La seguridad y la privacidad en los sistemas y datos es un factor de gran relevancia para Calinteligente, y que se abordará detenidamente en la Norma ISO 27000 presentada más adelante.

La información que se tiene de los diferentes sensores, contadores inteligentes, aplicaciones, usuarios, entre otros, debe ser de total fiabilidad y se deben poder detectar a tiempo fallas de la manera adecuada, incluyendo el cambio de la configuración de los dispositivos o redes. El estado actual de todos los equipos, la relación entre todos los dispositivos, la autorización y los derechos de acceso deben ser fácilmente recuperables si llegase a existir algún problema. La seguridad debe ser considerada en múltiples dominios y debe incluir aspectos como la autenticación, la autorización y la gestión de la identidad.

Así mismo, la privacidad es un aspecto clave en las ciudades inteligentes y debe abordarse de acuerdo a su complejidad. Se deben tener en cuenta temas como la

anonimización de datos y la adición de ruido artificial a estos, ya que son puntos clave de debate durante la concepción e implementación de las soluciones de ciudad inteligente.

Con todo, este sistema debe tenerse en cuenta para la planificación, diseño, construcción, seguimiento, privacidad de la información y los derechos de cada individuo en la ciudad inteligente.

### **Construction system**

Se desarrollará un enfoque que va desde las capas inferiores del sistema hacia las superiores en el proyecto de ciudad inteligente. Así mismo, en esta capa se proporcionan las facultades de la ciudad inteligente para su debida planeación, montaje, estructura, entre otros.

### **Operation and maintenance system**

En esta capa transversal, se suministra un plan que abarca las operaciones y los servicios de mantenimiento. Se asegura la calidad de la ejecución para cumplir con todo lo necesario relacionado a la vigilancia, evaluación, análisis y la continua optimización de los resultados de los servicios.

De esta manera, se debe planificar la operación y los mantenimientos de los servicios y objetos, crear un catálogo, instaurar un equipo para la continua evaluación de los servicios, brindarles constante formación y revisar insistentemente la calidad con auditorias internas.

Posterior a esto, se deben implementar los servicios desarrollando un plan para la puesta en marcha de la ciudad inteligente, conocer y organizar la demanda, para el desarrollo y la puesta en la marcha de su implementación. Para esto, también es necesario designar un equipo que se encargue de la implementación del sistema, su operación, mantenimiento y la supervisión del hardware.

Finalmente, se debe evaluar periódicamente la planeación e implementación para conocer si es adecuado su manejo y encuestas a los clientes para conocer su nivel de satisfacción. Así mismo, para el continuo mejoramiento, se debe hacer

seguimiento a la planificación y establecer los mecanismos para optimizar esta última.

### **Identification system**

El sistema de identificación brinda a todas las capas el marco de ingeniería de servicios para la identificación única de personas, objetos, lugares, eventos, etc. Modelos como CIM (Modelo de Información Común) proporcionan una infraestructura conceptual que se puede aplicar a las áreas de gestión donde hay sistemas, aplicaciones, bases de datos, redes y dispositivos (IBM, 2017). Este sistema se puede utilizar para la organización de los datos y para integrar las distintas funcionalidades de la organización.

En este sentido, una de las funcionalidades de este sistema es la identificación de personas mediante el reconocimiento dactilar, o por la simple identificación del ciudadano. Así mismo, también se puede utilizar para la identificación de lugares o eventos.

### **Positioning system**

El sistema de posicionamiento asegura que todos los demás sistemas estén alineados con respecto a la posición espacial de las cosas. Este proveerá las ubicaciones fiables de los objetos brindando también la hora exacta. Está compuesto por satélites, estaciones terrestres de seguimiento y control y los receptores de GPS que tienen los usuarios.

Este sistema servirá para conocer la ubicación de los diferentes sensores, vehículos autónomos, aplicaciones, etc. y es necesario que todo el posicionamiento utilice el mismo sistema de referencia espacial. Su nivel de precisión requerido dependerá del uso o de la necesidad de uso de esta herramienta.

Se pueden utilizar sistemas como WGS84 (World Geodetic System 1984) que se basa fundamentalmente en un patrón matemático que utiliza un elipsoide de referencia similar a la tierra a través de tres dimensiones distintas. También, PZ-90 que utiliza las posiciones de los satélites en las órbitas. Cualquiera que sea el

sistema escogido, se deben sincronizar todos los datos para que en todas las plataformas estos sean uniformes.

### 2.1.2.1. Capa 1: Data acquisition

Acorde a la estructura de referencia sobre las Tecnologías de la Información y Comunicaciones en ciudades inteligentes<sup>2</sup>, se encuentra la capa de adquisición de datos, la cual puede relacionarse con el origen de la arquitectura de IoT<sup>3</sup>; la cual es una capa compuesta primordialmente por sensores o actuadores que monitorean o controlan respectivamente algún objeto físico; más formalmente se puede definir esta capa como la encargada de capturar datos sobre el estado de un proceso o una condición ambiental, como la temperatura, la humedad, composición química, entre otros (StateTech, 2021). En este sentido, como es reconocido por muchos autores (Sinaeepourfard, et al., 2016), los datos actúan como combustible para cualquier estrategia de ciudad inteligente y su recolección puede ser extraída de distintos tipos de fuentes, incluidos sensores de ciudad (sensores públicos), detección participativa (sensores de dispositivos móviles, como smartphones, vehículos), detección privada (sensores despegados por organizaciones privadas), diferentes tipos de cámaras (vigilancia o drones) como también la recolección que datos que se realiza mediante servicios web, incluidos sistemas de información de la administración pública, datos de usuarios en redes sociales u otros datos de aplicaciones locales de terceros o bases de datos corporativas.

**Figura 12. Capa sensorial**



**Fuente:** Tomado de Syed, et al. (2021)

<sup>2</sup> Norma ISO/IEC 30145-3:2020

<sup>3</sup> Internet of Things, lo que traduce Internet de las cosas



BORRADOR





## Sensores

Son convertidores de parámetros de la naturaleza física en señales electrónicas, que bien pueden ser interpretadas directamente por el ojo humano, como también puede alimentar un sistema de información autónomo. Los parámetros que alcanzan a medirse son la luz, la presión, temperatura, húmedas, entre otros (Hancke, Silva y Hancke, 2012).

### Funcionalidad u operación de la tecnología

Tipo de sensor	Aplicación en ciudades inteligentes	Especificaciones de la red sensorial
Sensor electroquímico	Monitoreo del medio ambiente	Alta sensibilidad, amplio rango lineal, instrumentación miniaturizada
Biosensor biofotónico	detección de agentes químicos en suelo, aire o agua	Bajo consumo y bajo costo, uso selectivo para diferentes tipos de análisis, alto tiempo de respuesta
Sensor de gas con resonador de cuarzo	Monitoreo de calidad de aire	Bajo costo, compacto y portátil; Alta sensibilidad y selectividad
Sensor microcantilever	Detección de explosivos	Implementa la desviación fototérmica, resonancia acústica, piezoresistividad; tamaño de la instrumentalización depende del tipo de detección

**Fuente:** Elaboración propia con base en Shamsir, et al. (2017)

**Nota:** Ver mayor detalle en Anexo 3

### Información adicional

El precio de los sensores relacionados con IoT ha ido disminuyendo en la última década, se proyectó que para 2020 tuviese un precio promedio de **USD 0,38** por unidad (Ver Fuente: Tomado de Syed, et al. (2021)

### SENSORES TOP EN IMPLEMENTACIÓN DE INTERNET DE LAS COSAS (IoT)



**Fuente:** Tomado de SOFIA Knowledge City (2020)

### Beneficios y ventajas de la tecnología

Entre los diversos beneficios que trae consigo cada sensor, resaltan (Ver

Anexo 5):

- Trabajo en largas distancias (5-2.000 metros)
- Aplicabilidad en diversos climas
- Alta resolución
- Alta tasa de transmisión de datos
- Tecnologías maduras
- Alto ancho de banda



## Actuadores

Es la parte de la máquina que inicia movimientos al recibir retroalimentación de una señal de control, de forma que una vez que tiene energía, genera movimientos específicos según sea el propósito de la máquina.

### Funcionalidad u operación de la tecnología

Tipo de clasificación	Especificaciones
Movimiento	Dos subtipos, lineales que producen movimiento dentro de una trayectoria recta, pudiendo ser mecánicos o eléctricos; o rotativos que crean un movimiento circular, pudiendo ser eléctricos o por otra parte, hidráulicos como también neumáticos.
Fuentes de energía	Hidráulicos, neumáticos, eléctricos (electromecánicos o electrohidráulicos), térmicos y magnéticos, mecánicos, y los de polímero superenrollado

**Fuente:** Elaboración propia con base en Creative Motion Control (s.f.)

Sensor



Detección de calor por medio de sensor de temperatura



Centro de control



Señal detectada es enviada al centro de control



El centro de control envía el comando al aspersor



Actuador



El aspersor se enciende y apaga la llama

### Flujo de sensor al actuador

**Fuente:** Tomado de Bridgera (2017)

### Beneficios y ventajas de la tecnología

Entre los diversos beneficios que trae consigo cada actuador, resaltan:

- Tiene muchas aplicaciones en diversas industrias
- Se pueden reprogramar y proporciona el posicionamiento de mayor precisión
- Necesitan poco mantenimiento, son duraderos y tienen una larga vida útil
- Existen en gran variedad, con distintos usos según sea la necesidad (Ver Anexo 6)



## Cámaras

Una cámara inteligente es un sistema de visión con características especiales, implementadas para lograr un objetivo específico; puede utilizarse para fines de seguridad o vigilancia, requiriendo un alto rango del sensor para cubrir un amplio rango e iluminación de la escena (Park, 2015); también es concebido como un dispositivo con la capacidad de procesar imágenes e interactuar con otros dispositivos a través de comunicaciones alámbricas o inalámbricas, de forma que estos dispositivos

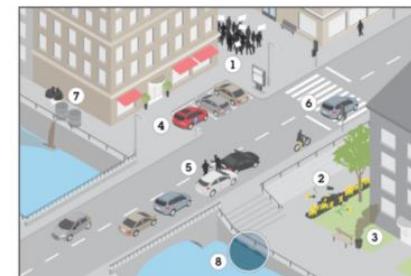
### Funcionalidad u operación de la tecnología

Criterios	Descripción
Resolución	Baja resolución: Por debajo de 1080P, HD o 1920 x 1080; Alta resolución: En o por encima de 1080P. Desde 2048 x 1536 en adelante, 4K
Velocidad de fotogramas o FPS	Alta velocidad de fotogramas: cámaras 4K a 30 cuadros por segundo; Baja pero muchas cámaras populares solo capturan de 22 a 25 FPS.
Campo de visión	Generalmente se encuentran entre 87° y 130°; idealmente se requieren de 360°
Detección de movimiento	Generalmente se encuentran sensores de movimiento, mientras que idealmente se requieren cámaras con sensor de movimiento integrado
Visión nocturna e iluminador infrarrojo	Tecnología incorporada en algunas cámaras de seguridad que ajusta la intensidad de los LED infrarrojos de la cámara para compensar la distancia de un objeto para que el infrarrojo no sobreexponga el objeto.
Servicio monitoreo remoto	Servicio que se ofrece desde compañías de seguridad para estar atento a las eventualidades capturadas.
Almacenamiento de vídeo	Mediante Digital Video Recorder; Network Video Recorder o Network Digital Video Recorder
Reconocimiento facial	El software de reconocimiento facial envía alertas cuando identifica alguna persona que tenga una circular de búsqueda
Fuente de alimentación	Se encuentran baterías, paneles solares, Power over Ethernet (PoE) o cables siameses

Fuente: Elaboración propia con base en Homeguide (s.f.)

### Información adicional

El precio de las cámaras relacionadas con IoT varía según el tipo y funcionalidad que requiera la adquisición de datos de la estrategia de ciudad inteligente. Se identificó un rango de **USD \$10-\$3.000** por unidad (Ver



#### Seguridad pública

1. Detección de multitudes y dinámica
2. Investigación de vandalismo (graffiti's)
3. Detección de humo y conocimiento de la situación

#### Movilidad urbana

4. Gestión de parqueaderos para orientación y detección de infracciones
5. Flujo de tráfico y detección de incidentes
6. Reconocimiento de licencia vía placas por robos o control de vehículos sin licencia

#### Monitoreo ambiental

7. Detección e investigación de vertederos ilegales
8. Monitoreo del temporal con detección de inundaciones

Fuente: Tomado de Axis (2020)

### Beneficios y ventajas de la tecnología

Entre los diversos beneficios que trae consigo cada sensor, resaltan (Ver Anexo 5):

- Añade seguridad y protección en diversos puntos de la ciudad
- Monitorea constantemente las actividades y el movimiento
- Evidencia de alta claridad en videos 4K
- Incrementa sensación de seguridad

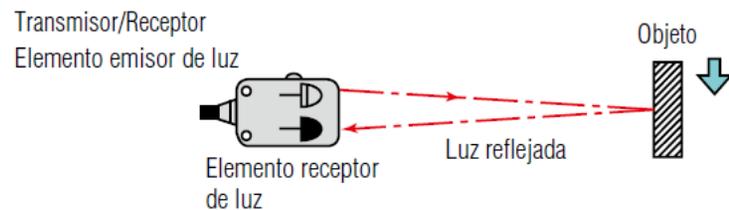


## Sensores – Caso de éxito – Mosman, Australia

Se implementó en este suburbio de Sidney la estrategia de Smart Parking Limited, que consiste en la instalación de una tecnología de sensores de bahía, ubicados en las calles, que tienen el propósito de ayudar a los automovilistas a encontrar un lugar para estacionar de manera rápida y conveniente (Parking Network, 2016).

### Funcionalidad u operación de la tecnología

Sensores SmartEye, de tipo fotoeléctrico, los cuales constan principalmente de un emisor de luz y un receptor de esta misma, de forma que cuando es emitida la luz sobre un objeto, refleja una señal que es recibida por el sensor, que detecta el cambio en la luz recibida y convierte esta información en una salida eléctrica. La fuente de luz para la mayoría de los sensores fotoeléctricos es infrarroja o luz visible (OMRON, s.f.).



**Fuente:** Tomado de Keyance (s.f.)



**Fuente:** Tomado de Parking Network (2016)

### Beneficios y ventajas de la tecnología

- Distancia de detección larga
- Sin restricción de objetos detectables
- Rápido tiempo de respuesta
- Alta resolución
- Detección sin contacto
- Identificación del color
- Fácil ajuste

### Información adicional

En una primera etapa se instalaron más de **1.000 sensores**, permitiendo que la tecnología infrarroja detecte cuando un vehículo ha ocupado una plaza de estacionamiento.

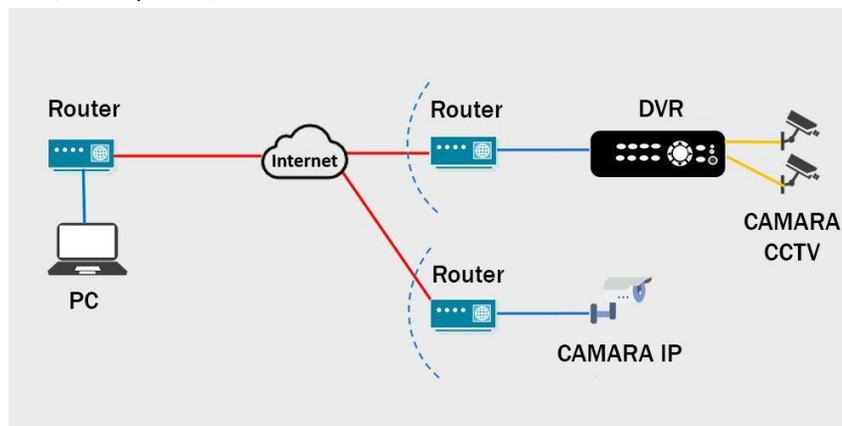


## Cámaras – Caso de éxito – Singapur

Sistema de cámaras ubicadas estratégicamente en la isla, las cuales permiten salvaguardar los ciudadanos e incrementar la sensación de seguridad de los mismo, mediante un sistema de circuito cerrado de TV (CCTV) (Sqfeed, 2021).

### Funcionalidad u operación de la tecnología

Un circuito cerrado de tv es una conexión de equipos conectados, que generan un circuito de imágenes que sólo puede ser visto por un determinado grupo de personas. Adicionalmente estas cámaras son analógicas, y tanto la grabación como la transmisión de datos se realiza a través de una instalación exclusiva (IMSEL, 2019).



Fuente: Tomado de Seguridad 101 (s.f.)

<https://seguridad101.com/camaras-ip-vs-cctv-que-es-mejor/>



Fuente: Tomado de Lakson (2018)

<https://www.lakson.com.sg/fixing-avtech->

### Beneficios y ventajas de la tecnología

- Disuasión de la actividad delictiva
- Disminución de costos de pólizas de seguros
- Mayor sensación de seguridad
- Mayor fiabilidad en la imagen, que una IP
- Mayor seguridad anti-sabotaje

### Información adicional

En comparación con las cámaras IP, las cámaras con tecnología CCTV son más costosas. Se estima que para un domicilio que requiera 4 cámaras, el costo de un sistema IP se encuentra en el rango de USD \$400-650, mientras que un sistema CCTV ronda un valor de **USD \$ 600-2.000** (FIXR, 2021).

### 2.1.2.2. Capa 2: Network Comunicación

Para un desarrollo eficiente del modelo de ciudad de inteligente son necesarios muchos factores y acciones, uno de ellos es la agregación de datos medidos por unidades de detección individuales colocadas en todo el entorno de la ciudad. Hace años se utilizan diferentes sistemas que implementan estas medidas de forma individual para proyectos pequeños, pero para darle énfasis a lo “inteligente” en la ciudad se debe recurrir al uso colectivo de los datos de estas unidades de detección individual, para tomar decisiones complejas mientras se presta un servicio a una población específica.

La identificación de patrones a largo plazo proporciona una información significativa para los servicios de apoyo, por tal razón el uso colectivo de estos datos permite su análisis en un ámbito más amplio en comparación con los niveles individuales.

Para que estos dispositivos intercambien datos, las tecnologías inalámbricas deben utilizarse por diferentes motivos, uno de ellos es debido a que las conexiones físicas son de alto costo, además, no cumplirían con los requisitos previos de movilidad que son indispensables en las aplicaciones de ciudades inteligentes.

El internet ha proporcionado conectividad a muchos dispositivos móviles como los son las computadoras, celulares, entre otros. No es necesario que sea el único método de comunicación, debido a que muchas aplicaciones no poseen dispositivos periféricos que puedan conectarse a internet. Por su parte una aplicación puede consistir en una red local compuesta por unidades de detección que tengan la facilidad de intercambiar datos entre ellas acertando el uso de estas redes inalámbricas.

Colocar una descripción de que esta es la segunda capa de la norma 30145-3. Y que la capa de comunicaciones es el backbone que conecta toda la red de sensores con las capas de procesamiento y aplicaciones de la ciudad inteligente.

Las tecnologías y/o aplicaciones referenciadas en la capa 2 son:

**Figura 13. Tecnologías y/o aplicaciones referenciadas para la capa 2**



**Fuente:** Fundación Universidad del Valle (2021)

Las redes referenciadas en este estudio de vigilancia son **TWACS** que se define como un sistema preeminente de comunicación por línea eléctrica (PCL) bidireccional para empresas de servicios públicos que implementan tecnologías de información automática, **WI-SUN** es un estándar de comunicación inalámbrica que permite una conectividad perfecta entre dispositivos de redes inteligente, **Wi- Fi** es una red inalámbrica la cuál utiliza ondas de radio, al igual que los teléfonos móviles, televisores y radios, **LoRaWan** es un tipo de red de área amplia de baja potencia (**LPWAN**) la cual usa tecnologías de código abierto y transmite a través de bandas de frecuencia sin licencia y por ultimo está **Bluetooth** que es una tecnología inalámbrica que utiliza una frecuencia de radio para compartir datos a corta distancia, eliminando la necesidad de cables, **Redes móviles** son aquellas que constan de una red de estaciones base que cubren un área delimitada y encaminan las comunicaciones en forma de ondas de radio desde y hasta los terminales de los usuarios, **MPLS(Red Remi)** que es una red de transporte propia de la alcaldía de Cali, conformada por 1.200 km de fibra óptica dispersa por todas las 22 comunas. El objetivo de la Remi es fortalecer en términos de telecomunicaciones y trabajo en tiempo real el modelo de

desconcentración administrativa, **Sigfox** es una red de IoT pensada para tener un bajo consumo y ser independiente de los despliegues de telefonía y, por último, RFID es una forma de comunicación inalámbrica entre un lector y un emisor. Teniendo en cuenta las tecnologías y/o aplicaciones referenciadas en la capa 2, se realiza un perfil de cada una de ellas, haciendo énfasis en su funcionalidad u operación, en los beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente y un caso de éxito de dicha tecnología que permite ver su aplicabilidad.

BORRADOR





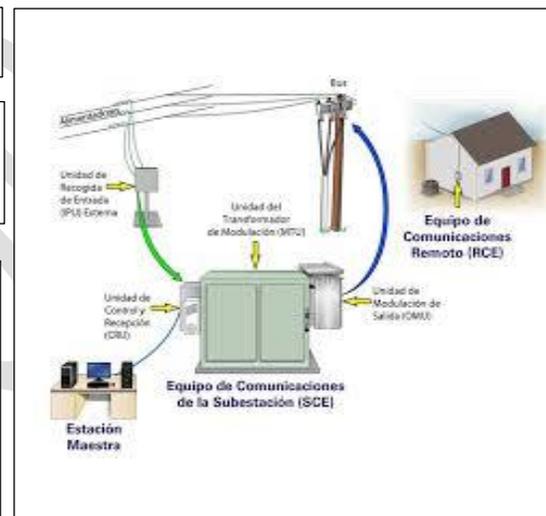
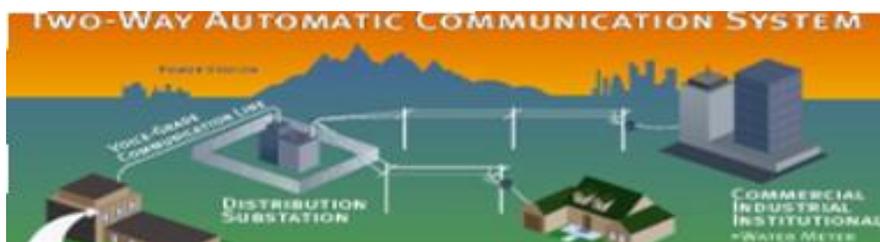
## Perfiles de tecnologías y/o aplicaciones referenciadas en la capa 2:

### TWACS (sistema de comunicación automática bidireccional)

La tecnología TAWCS es el sistema preeminente de comunicación por línea eléctrica (PCL) bidireccional para empresas de servicios públicos que implementan tecnologías de

#### Funcionalidad u operación de la tecnología

Es un potente sistema que utiliza las líneas eléctricas existentes para ofrecer una infraestructura extensa y confiable de medición avanzada (AMI). La tecnología lee eficientemente los medidores eléctricos y facilita servicios adicionales, tales como, el control de carga y respuesta a la demanda. Además, las TWACS permiten la medición con sistema de pre-pago, opciones de conexión y desconexión remota, soluciones inalámbricas de enlace corto para la lectura de medidores de gas y agua.



#### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

- Ahorro de energía y reducción de emisiones
- Reducción de la capacidad de demanda
- Mejor calidad del insumo
- Reducción de fraudes
- Facturación precisa

#### Información adicional

El costo total del sistema TTWACS es de aproximadamente \$ 125 dólares por metro.

**Fuente:** Smart energy international (2021)



### Caso de éxito – EMCALI

Para EMCALI se desarrolló el proyecto AMI/TWACS, el cual implementó soluciones tecnológicas para la solución de problemas comerciales (recaudo) y problemas técnicos (reducción de pérdidas de energía). Además, la mejora en la eficiencia de los recursos, costos de sostenimiento en el mediano y largo plazo, rentabilidad para el negocio de comercialización y distribución de energía. La inversión fue de \$25.53 millones de dólares, el cubrimiento de los usuarios fue alrededor de 617.994 con una cobertura de 94.463 usuarios en Cali, Valle del cauca, es decir aproximadamente del 15,3% de la población.



### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

- Energía prepago
- Balances de pérdidas
- Detección de fraudes
- Integración del sistema comercial
- Detección de daños
- Operar equipos en la red
- Integración al sistema técnico
- Desarrollo de Smart Grid

**Fuente:** Smart energy international (2021)

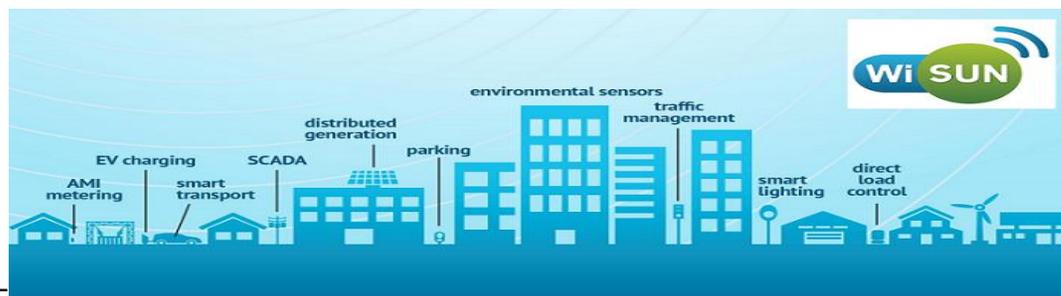


## WI-SUN (WIRELESS SMART UTILITY NETWORK)

Es un estándar de comunicación inalámbrica que permite una conectividad perfecta entre dispositivos de redes inteligentes. Este estándar permite la alimentación de redes IoT al aire libre a gran escala, como redes de malla inalámbrica para infraestructura de medición avanzada (AMI), gestión de energía doméstica, automatización de distribución y otras aplicaciones de redes exteriores a gran escala, incluidas las redes de área de campo y redes de área doméstica.

### Funcionalidad u operación de la tecnología

Esta tecnología de comunicación inalámbrica se basa en el estándar IEEE 80215.4g para la capa física y el estándar IEEE 802.15.4e para la capa MC. La capa física es la responsable de administrar el hardware que modula y demodula los bits de RF, considerando que la capa MAC es la responsable de enviar y recibir campos de RF.



### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

- Ofrecen seguridad cibernética para evitar ataques a las redes
- Interconexión con decenas de millones de puntos finales de manera confiable

### Información adicional

El precio debe cotizarse directamente con la empresa

**Fuente:** World energy trade (2021)



## DEWA (WI-SUN)

Dubái es una ciudad que sigue estableciendo el estándar para las ciudades inteligentes y la innovación centrada en la infraestructura, por tal razón, la autoridad de agua y electricidad de esta ciudad (DEWA) en busca de desarrollar una red de energía inteligente integrada, optaron por una malla de RF lista para Wi-SUN debido a su economía, beneficios de rápida implementación, escalabilidad, seguridad y conectividad en la red.

Esta implementación ayuda en caso de cortes de energía, debido a su incorporación de la tecnología last gap, a su vez los medidores inteligentes tienen suficiente energía para comunicar cortes de energía posteriores. Además, ha maximizado la seguridad, gracias a un método centrado en certificados que garantiza que solo los dispositivos conocidos puedan acceder a la red. Esta nueva modalidad ha permitido la conectividad de aproximadamente un millón de medidores de electricidad y 5.000 unidades terminales remotas a la red de malla RF lista para Wi-SUN en Dubái en solo 4 años.



### **Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.**

La interoperabilidad de la tecnología con proveedores de productos ayuda a la implementación de medidores de electricidad inteligentes.

Con los medidores inteligentes se puede registrar el consumo de energía en toda la ciudad cada 15 minutos.

La red de malla de RF da la oportunidad de utilizarse para cargadores de vehículos eléctricos, cámara de seguridad fijas, administración de paneles solares, entre otros.

### **Información adicional**

Se tuvo un éxito en la automatización de más de 3.000 subestaciones de distribución en menos de tres años, con planes de agregar 1.500 adicionales al año.

**Fuente:** Wi SUN Alliance (2021)



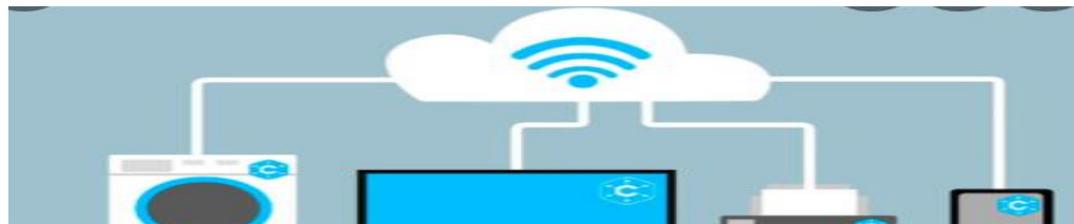
### Wi-fi

Es una red inalámbrica la cuál utiliza ondas de radio, al igual que los teléfonos móviles, televisores y radios. Esta es muy similar a la comunicación por radio bidireccional, debido a que un adaptador inalámbrico de una computadora traduce los datos en una señal de radio y los transmite mediante una antena. Además, un enrutador inalámbrico recibe la señal y la decodifica. El enrutador envía la información a internet mediante una conexión de internet por cable física.

### Funcionalidad u operación de la tecnología

Las ondas de radio wifi suelen tener la frecuencia de 2,4 gigahercios a 5,8 gigahercios. Estas dos bandas de frecuencia wifi se subdividen en múltiples canales, siendo cada canal compartido por muchas redes diferentes. El dispositivo wifi en un computador o teléfono celular interpreta las señales de radios y las convierte en información de nuevo. El ciclo se repite cuando el aparato envíe en lugar de recibir información, y así sucesiva y simultáneamente.

-



### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

Tiene un impacto importante para el turismo, debido a que los viajeros comparten sus fotos.

Facilita el ahorro del consumo de energía con la programación.

### Información adicional

El precio debe cotizarse directamente con la empresa.

**Fuente:** AZ adsl zone (2021)



### Wifi (Tallín, Estonia)

Tallín, capital de Estonia cuenta con más de 400.000 habitantes, ofrece wifi gratuito a todas las personas que se encuentren en este lugar, es importante aclarar que se convirtió en el primer país del mundo en declarar el acceso a internet como un derecho humano básico.

Por ello, una de las principales iniciativas fue la fomentación de empresas con medidas como crear procesos en líneas para presentar documentos oficiales, de modo que los empresarios contratantes no tuvieran que esperar los documentos en oficinas públicas, ahorrándose tiempo y dinero para firmar a nuevos empleados.

La información al ciudadano solo se pide una vez, mejorando la eficiencia de la recaudación fiscal y la recaudación de impuestos digitales. Además, en Estonia las bases de datos de todos sus registros están apoyado bajo la tecnología blockchain, esto para asegurar la integridad de sus bases de registros.



### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

Puente para disminuir la brecha digital  
Sirve para guiar a los turistas en ciertos espacios, los cuales son de difícil ubicación.

Plataformas de marketing

Gobierno electrónico para facilitar las peticiones o formularios oficiales.

La recopilación de datos anónimos sobre sus movimientos.

Optimización del transporte público

### Información adicional

La realidad es que la mitad de la población mundial no tiene acceso a internet, lo que hace de esto una brecha digital. Las ciudades inteligentes ayudarán a abordar la desigualdad económica y social que crea esta división.

**Fuente:** BBC News (2017)

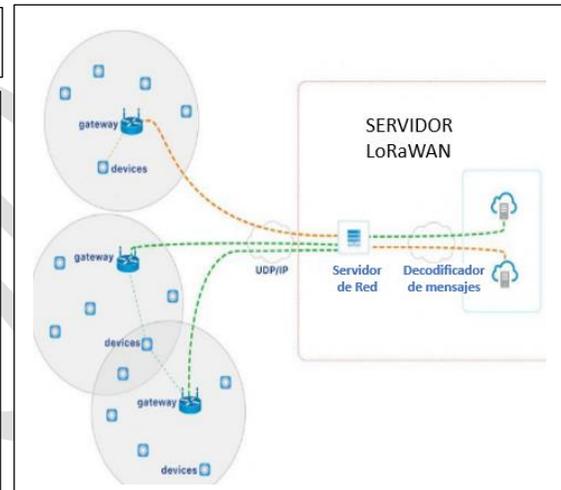


## LoRa WAN (Long Range Wide Area Network)

Es un tipo de red de área amplia de baja potencia (LPWAN) la cual usa tecnologías de código abierto y transmite a través de bandas de frecuencia sin licencia. Estas redes no se enfocan en garantizar una alta transferencia de datos o proporcionar una baja latencia (EMnify, 2021). Esta tecnología está diseñada principalmente para internet de las cosas (IoT). Además, este tipo de red garantiza la escalabilidad, es decir, alcanzar el rango de comunicación más largo, al menor costo posible, asegurando la eficiencia en el consumo de energía.

De este modo la tecnología LoRa WAN proporciona un alcance mucho más largo que las conexiones WiFi o Bluetooth. También funciona en interiores y es especialmente valiosa para aplicaciones en áreas remotas donde las redes de celulares tienen poca cobertura.

LoRaWAN es un protocolo de capa superior que define la comunicación y la arquitectura de la red. De forma más específica, es un protocolo de capa de control de acceso medio (MAC) con algunos componentes de capa de red; utiliza también el protocolo o tecnología de radio LoRa, que se refiere específicamente a la red y como viajan las transmisiones de datos a través de ella, que funciona a través del uso de Chirp Spread Spectrum para convertir las frecuencias de radio en bits con el fin de que puedan transportarse a través de una red (EMnify, 2021).



### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

Reducción de costos, al tener la infraestructura LoRaWAN no se paga por el uso de datos.

Bajo consumo de energía al hacer que los dispositivos que no están interactuando de forma activa “duerman”.

**Información adicional:** La arquitectura de esta tecnología está compuesta por una serie de componentes con diferentes proveedores. Dentro de las partes más costosas de su arquitectura se encuentra el servidor que dependiendo de su tamaño varía desde los \$ 10.000 dólares hasta \$ 44.000 dólares.

**Fuente:** (EMnify ,2021), (Ivy Knob, 2019) y ( It Price, 2021).



## CASOS DE ÉXITO.

**Toledo- Paraná (Brasil):** En cooperación con la Universidad Federal de Tecnología, este municipio busca implementar el concepto de ciudades inteligentes y para ello, realizaron un estudio sobre la red LoRaWan por medio del análisis de 4 dispositivos de seguimiento, dos ellos comercial y los otros dos de emsamble y programado; los cuales son usados por la red LoRaWan para enviar sus geolocalizaciones en velocidades constantes y variables.

La evaluación de la red de LoRaWan mostró que la simulación realizada con CloudRF no contiene obstáculos, los resultados de la evaluación practica corroboraron los resultados de la simulación con respecto a la cobertura de la señal.

Concluyeron que la red LoRaWan como tecnología puede lograr una buena cobertura de largo alcance, esta cobertura en la señal podría ampliarse evitando obstáculos. Además, en los dispositivos programables se obtuvo una cobertura más amplia, respecto a los dispositivos comercial las soluciones eran limitadas (Camargo et al, 2021).



### **Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.**

- Cobertura de largo alcance de la señal.
- Alcanzar un mayor rango de comunicación.
- Cobertura en áreas remotas

**Fuente:** (Camargo et al, 2021).



## Bluetooth

Es una tecnología inalámbrica que utiliza una frecuencia de radio para compartir datos a corta distancia, eliminando la necesidad de cables. Esta tecnología se puede usar con otros dispositivos móvil para compartir documentos o para conectarse con otros dispositivos habilitados para bluetooth. Por razones de seguridad, los dispositivos bluetooth deben emparejarse antes de que puedan comenzar a transferir información.

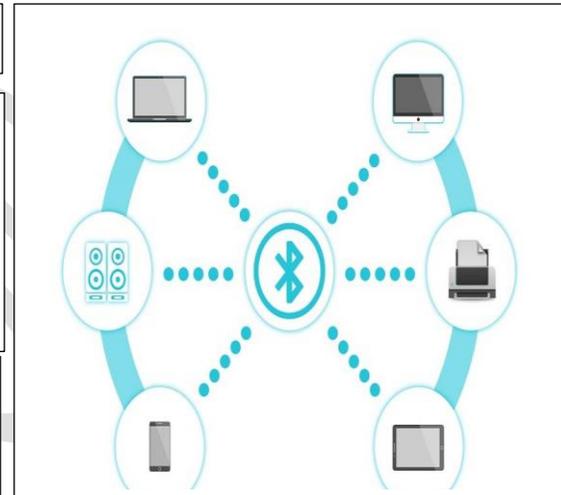
### Funcionalidad u operación de la tecnología

La tecnología bluetooth utiliza ondas de radio en la banda de frecuencia ISM de 2,4 GHz. Se trata de bandas no comerciales que, a nivel internacional, tienen usos industriales, médicos y científicos. Además, emplea redes WPAN, un estándar de comunicación para equipos próximos al punto de acceso, por tal razón los dispositivos no pueden estar muy alejados entre sí.



### Información adicional

El precio debe cotizarse directamente con la empresa.



### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

Mayor rango para ofertar servicios y productos a través de los teléfonos móviles.

Sistema de navegación de navegación de interiores sofisticados.

Monitorear los niveles de contaminación en toda la ciudad a través de sensores.

**Fuente:** Orange (2020)



## Bluetooth (Metro de Shanghái)

Shanghái tiene una de las redes de metro más grande de China con la mayor capacidad. En 2016, el tráfico total de pasajeros alcanzó los 3.400 millones de personas, para el 28 de abril del 2018 alcanzó a los 12 millones por día con más alto tráfico de personas.

Por tal razón ha iniciado una nueva opción de pago, implementando el escaneo de códigos QR para las estaciones de metro entrantes y salientes en la puerta. Para generar un código QR, los pasajeros deben tener bluetooth activado en sus teléfonos, antes el metro admitía boletos de tarjetas IC delgadas, incluidos boletos individuales, pases de un día, pases de tres días y tarjetas de transporte público que podrían recargarse y reembolsarse, con el cambio al código QR brinda a los pasajeros una experiencia de viaje más fluida.



## Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

Conectividad inalámbrica generalizada.

Los datos son abiertos y permiten tener un mayor conocimiento de lo que sucede en todas las áreas.

La seguridad al momento de adquirir los pasajes para transportes públicos

Mayor movilidad en el sistema de transporte público

Fomentar el pago obligatorio en los sistemas de transporte.

## Información adicional

Ya no es necesario preocuparse por las tarjetas del pasaje de abordar cuando se recorre un trayecto muy largo porque con la aplicación y habilitando el bluetooth pueden desplazarse sin obstáculos.

**Fuente:** Bluetooth (2018)

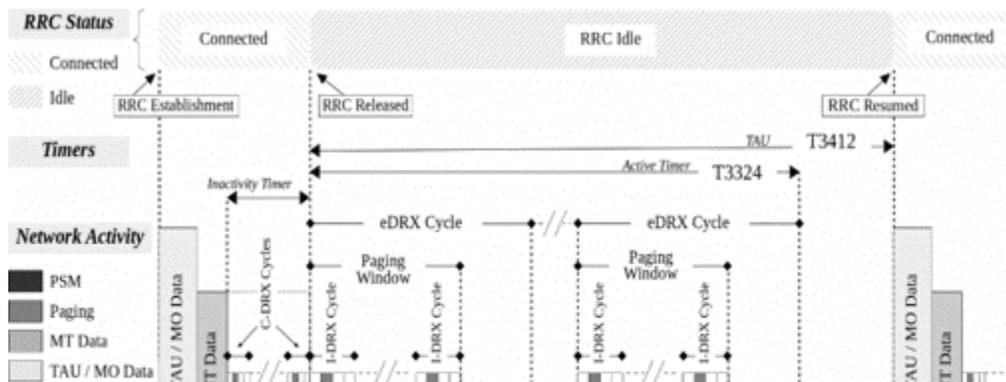


## NB-IoT (Narrowband)

Es una tecnología de área amplia de baja potencia (LPWA) basada en estándares desarrollada para permitir una amplia gama de nuevos dispositivos y servicios de IoT. Esta tecnología mejora significativamente el consumo de energía de los dispositivos de los usuarios, la capacidad del sistema y la eficiencia. Además, cuenta con una cobertura profunda, en la cual puede coexistir con redes móviles 2G, 3G y 4G.

### Funcionalidad u operación de la tecnología

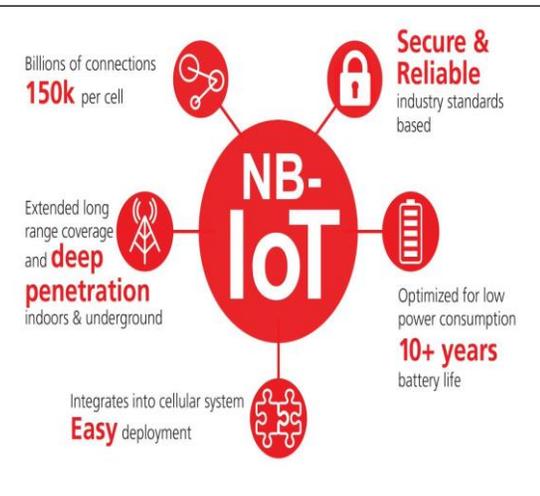
NB-IoT es una tecnología la cual usa las bandas celulares de comunicación y se ha diseñado para operar de distintas formas, incluyendo el uso de la banda GSM substituyendo el despliegue actual, usando la banda de LTE y por lo tanto compartiéndola o incluso utilizando el espaciado que hay entre los canales LTE para aprovechar al máximo el espectro de comunicaciones.



### Información adicional

Esta tecnología está haciendo de las economías de escala una teoría válida para la industria de IoT.

Fuente: GSMA (2019)



### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

- Conectará a millones de dispositivos de manera más inteligente
- La rentabilidad es mayor gracias a un menor consumo de energía para usar dispositivos de bajo costo
- Proporciona una amplia gama de



### MPLS (Red REMI)

Es una red de transporte propia de la alcaldía de Cali, conformada por 1.200 km de fibra óptica dispersa por todas las 22 comunas. El objetivo de la Remi es fortalecer en términos de telecomunicaciones y trabajo en tiempo real el modelo de desconcentración administrativa.

#### Funcionalidad u operación de la tecnología

Las redes MPLS (Multiprotocol Label Switching) es una red privada virtual que proporciona la comunicación entre las sedes o delegaciones de una empresa de una manera totalmente fiable y segura. Esta red esta ideada para agrupar diferentes tipos de datos transmitidos mediante la misma red y para mandar paquetes de información de forma rápida. Es válido aclarar que MPLS no es un servicio, es una tecnología o técnica en transferencia de datos, por ello que es capaz de facilitar cualquier servicio en telecomunicaciones, desde una VPN IP hasta una simple internet metropolitana.



#### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

- Menos costos en transportes de banda ancha
- Aceleración de los proyectos de innovación en servicios avanzados y apropiación de las TICs.
- Asegura la priorización de tráfico, de vital importancia.
- Video de vigilancia, control de tráfico y Wi-Fi

#### Información adicional

La red REMI garantiza la continuidad de las 1.951 conexiones que están disponibles, vigentes y en optimo estado.

**Fuente:** Alcaldía de Cali (2021).



## Redes móviles (3G, 4G y 5G)

Las redes móviles constan de una red de estaciones base que cubren un área delimitada y encaminan las comunicaciones en forma de ondas de radio desde y hasta los terminales de los usuarios.

### Funcionalidad u operación de la tecnología

La telefonía móvil 3G represento un salto en la telefonía digital entre los cambios que trajo esta la transmisión de datos, videos y voz sin necesidad de cables. También permitió la posibilidad de conectarse a internet a través de un modem USB, alcanzando una velocidad de hasta 2 mbps.

Por su parte la cuarta generación (4G) es la que actualmente se utiliza en muchos países, es mucho más rápida que la 3G, alcanzando hasta 100 mbps, esta brinda ventajas como la facilidad de realizar transmisiones en directo de un smartphone, tiempos de carga de páginas y descargas en menor tiempo.

La conexión 5G representa un gran avance respecto a su predecesor, la principal característica que esta posee es su velocidad, la cual puede ser hasta 10 y 20 más rápida que la conexión 4G y 4.5G. por su parte la latencia será casi nula, reduciéndose a 1 milisegundo, cuando el 4G posee una latencia de 200 milisegundos.



### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

Los sistemas de tráfico inteligente hacen que las vías de comunicación sean cada vez más ricas con el mundo exterior. El análisis en tiempo real mejorara significativamente los servicios relacionados con la seguridad pública. Ofrecer servicios de telemedicina a distancia mejorara el tema de la salud.

Fuente: IFP (2020)

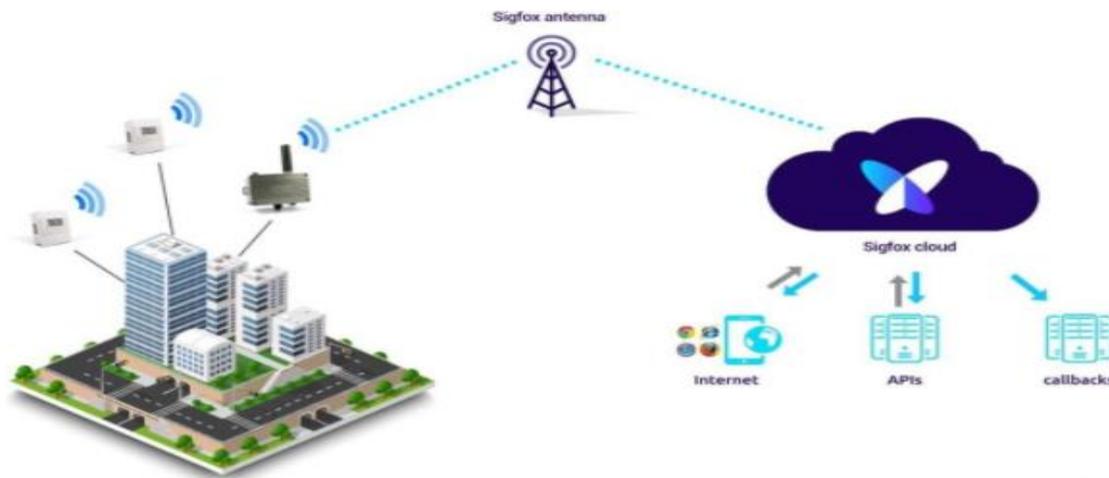


## Sigfox

de telefonía. Este servicio aporta soluciones al mundo de las M2M (comunicación de máquina a máquina) con su oferta de conectividad, totalmente pensada y dedicada para las

### Funcionalidad u operación de la tecnología

Sigfox depende de otra red distinta, basada en 868Mhz. Cada nodo puede cubrir un área de cobertura bastante grande. Además, empresas que necesiten mejorar la cobertura bastante grande pueden instalar un equipo repetidor, esto se logra por un sistema en la nube donde desde la interfaz web es posible dar de alta a los equipos, que funcionan por ID único en vez de autenticaciones por tarjetas SIM como los móviles u otros dispositivos.



### Calinteligente.

- Controlar vallas publicitarias.
- Gestionar el sistema de ventilación y calefacción de edificios.
- Gestión y programación de alarmas.
- Trazabilidad de activos
- Red de buena calidad efectiva para bajo volumen de datos.

### Información adicional

Las áreas de aplicaciones son domótica, Smart grid, transporte, logística, ciudades inteligentes y alarmas.

**Fuente:** Vicent Ferrer (2020).



## RFID

La tecnología RFID es una forma de comunicación inalámbrica entre un lector y un emisor. Se puede comparar con un código de barras, aunque en lugar de marcas de tinta se utiliza ondas de radio, las etiquetas son utilizadas tanto para localizar objetos como para que no tengan un direccionamiento incorrecto.

### Funcionalidad u operación de la tecnología

El funcionamiento de esta tecnología es un procedimiento simple, el cual se trata de un receptor que envía una señal continua dentro de un radio de alcance concreto. Cuando una etiqueta entra en contacto con esta, envía información que el lector interpreta según esté programado. Esta tecnología presenta diversos dispositivos estos se pueden clasificar en emisores y receptores, los emisores pueden llegar a ser pasivo y activos.



### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

- Localizar e identificar todo tipo de objetos.
- Facilita la gestión y agrega valor a los productos y servicios.
- Almacenan datos de productos, envía indicadores de clima, temperatura y combinada a un gps, informa la ubicación precisa.

### Información adicional

Reduce costos con distribución y movimiento de materiales, mejora servicios y la atención al cliente

**Fuente:** SYNnex (2020).

### 2.1.2.3. Capa 3: Computing and Storage

La capa 3 *Computing & Storage* de la infraestructura digital comprendida en la norma 30145- 3, hace referencia al proceso del manejo de los datos donde se analizan, se procesan y se almacenan (Fehda y Munam, 2017). La importancia de esta capa en la implementación de una Ciudad Inteligente radica en que es necesario el desarrollo de nuevos algoritmos que permitan hacer uso de los datos y mejorar los servicios que se prestan a este tipo de ciudades, dichos algoritmos deben ser aplicables para datos estructurados y no estructurados (Shah et al, 2021).

En esta capa se encuentra la infraestructura de procesamiento, memoria y almacenamiento, la cual puede ser local (on premise), ubicada en la data centers propios o de proveedores y también pueden incluir soluciones en la nube que son de amplio uso por las aplicaciones de ciudad inteligente.

Dentro de esta capa se encuentran dos grandes enfoques de tecnologías que se usan ampliamente a nivel empresarial y en ciudades inteligentes de acuerdo a los usos y aplicaciones específicas. Las dos tecnologías son la infraestructura On-Premise y la infraestructura en la nube.

#### **Imagen 1. Infraestructura tecnológica On premise- en la nube.**

##### **Infraestructura tecnológica On premise**

- Infraestructura convergente
- Infraestructura hiperconvergente
- Infraestructura híbrida
- Infraestructura virtualizada
- Infraestructura de almacenamiento-Storage

##### **Infraestructura tecnológica en la nube**

- Infraestructura como servicio- IAAS
- Plataformas como servicios-PAAS
- Software como servicio- SAAS
- Nube pública
- Nube privada
- Nube híbrida

**Fuente:** Elaboración propia

#### **Infraestructura tecnológica On-Premise**

La infraestructura on-premise o en local son los modelos tradicionales de aplicaciones empresariales que enmarca a los equipos de procesamiento, se encuentra en las instalaciones de las compañías y requiere de una elevada inversión en hardware, licencias de software y soporte en mantenimiento permanente, una de las ventajas mayoritarias de este tipo de infraestructura es que los datos sensibles pertenecientes a la empresa pueden permanecer en el sistema y no tienen por qué ser traspasados a terceros (Guzmán et al , 2020).



Esta infraestructura está dividida en 3 tipos: La Infraestructura hiperconvergente que se define como una tecnología que permite lograr escalabilidad y costos similares a entornos de nube pública y/o privada sin comprometer el rendimiento, la confiabilidad y la disponibilidad de los centros de datos, esta infraestructura definida por Software separa las operaciones de la infraestructura del hardware del sistema y las converge a nivel del hipervisor en un bloque único y se establece como estándar para los centros de datos on-premises (Lowe,2019).

La infraestructura convergente hace referencia a los dispositivos de almacenamiento de datos, equipos de redes, software que permiten la gestión de la infraestructura tecnológica, virtualización, servidores y otros componentes de la red, los cuales se gestionan de manera centralizada desde solo punto de control. Además, posee un alto nivel de acoplamiento con cualquier tipo de empresa por lo que el hardware y el software poseen paquetes preconfigurados para ejecutar en diferentes cargas de trabajo, el principal objetivo de esta infraestructura es centralizar la gestión de todos los recursos de la tecnología de la información (Pozo et al, 2021).

Por otro lado, se encuentra la infraestructura híbrida hace referencia a la combinación entre centros de datos y la nube pública o privada, es muy eficiente para ejecutar aplicaciones en entornos múltiples permitiendo que los diversos sistemas funcionen de manera conjunta (HPE, 2020).

También, se encuentra la infraestructura virtualizada que se define como la creación de manera virtual de los recursos físicos como que se encuentran agregados mediante un software dentro de un hypervisor, el cual permite hacer un uso eficiente de los datos (Llontop, 2021).

Por último, se encuentra la infraestructura de almacenamiento que se define como

el pilar fundamental para las tecnologías de la información porque es el lugar donde se almacenan todos los datos, el cual es un entorno estable que provee la protección segura de dichos datos (Esquivel, 2021).

De acuerdo con lo anterior, es necesario implementar sistemas de almacenamiento robustos que permitan el funcionamiento óptimo de esta capa en la implementación del modelo de ciudad inteligente, para el desarrollo de este estudio de vigilancia se optó por analizar las siguientes tecnologías, las cuales son acordes a las necesidades de dicha capa.

Como criterio de selección para las tecnologías se tomó el índice de Gartner, Gartner Peer Insights es una plataforma de análisis y clasificaciones de pares



diseñada para responsables de la toma de decisiones de TI empresariales, la cual reconoce a los proveedores que son altamente clasificados por sus clientes, dichas clasificaciones se basan en el interés y en la adopción del usuario (Gartner, 2021).

Por lo tanto, los principales tres proveedores en almacenamiento y cómputo según este índice son Dell technologies con una calificación de 4.8, HPE con una calificación de 4.6 y Hadoop con una calificación de 4. Por ello, las tecnologías seleccionadas son **VxRail** que es una tecnología creada por DELL EMC, inicia mínimo con 3 nodos y puede llegar hasta 64, formando un arreglo de nodos, **HPE Simplivity** se define como una tecnología que permite implementar una infraestructura hiperconvergente que posee arreglo mínimo de dos nodos con capacidad de crecimiento hasta 16 nodos y **Hadoop Distributed File System (HDFS)** que es un sistema proporciona medios para almacenar big data de una manera distribuida, la principal característica es que no puede almacenar un dato tan grande en un solo nodo, por ello posee dos nodos.

### **Infraestructura tecnológica en la Nube**

La infraestructura de nube como servicio (IaaS) es un tipo de servicio de computación en nube que es paralelo a las iniciativas de infraestructura y centros de datos de TI. La IaaS de computación en la nube se define como una oferta estandarizada y altamente automatizada, donde los recursos de computación son complementados con capacidades de almacenamiento y redes, son propiedad de un proveedor de servicios y se ofrecen al cliente bajo demanda. Los recursos son escalables, elásticos y se miden según el uso (Gartner, 2021).

Las grandes compañías con las capacidades productivas en cuanto a la estructura de análisis y gestión de datos a gran escala están prestando sus servicios haciendo Cloud Computing, como un nuevo modelo de negocio resolviendo los problemas relacionados con la información digital y su correcta gestión, teniendo como clientes desde empresas hasta gobiernos.

El concepto de Cloud Computing se define como la computación basada en internet, a través de la cual los recursos de hardware y software se suministran a los usuarios de acuerdo con sus necesidades y requerimientos. Se puede considerar como un subproducto de la facilidad de acceso a sitios informáticos remotos proporcionados mediante el internet. Una de las principales características de este servicio es la capacidad de usar software entregado a través del internet, usando como única herramienta el navegador sin ningún tipo de instalación (Tsz Lai et al, s.f).

En cuanto a ciberseguridad existe una tecnología llamada Cloud Security, que abarca las políticas, el hardware, el software junto con las mejores prácticas para mantener la integridad y seguridad de los datos, la infraestructura y los sistemas en la nube, dentro de este campo existe un concepto conocido como Cloud IoT, que se basa en aprovechar la conectividad de los dispositivos habilitados para internet entre ellos a través de una red basada en la nube, subcontratando la infraestructura, el almacenamiento en línea y los servicios a otra empresa (MTI, 2021).

La Plataforma como Servicio (PaaS) se define como una colección de servicios relacionados que permiten desarrollar formas rápidas y convenientes de crear, implementar y administrar aplicaciones. Los principales beneficios son la reducción de costos, la disminución del riesgo y rapidez en el tiempo de comercialización (Bajaj et al, 2020).

De igual manera, El Software como Servicio (SaaS) es un modelo de difusión de software en el que un proveedor de la nube tiene aplicaciones y las hace accesibles a los clientes finales a través de la web, las organizaciones que usan aplicaciones SaaS no deben realizar mantenimiento porque de ello se encarga el proveedor, por lo tanto, este modelo permite la reducción de costos (Enireddy et al, 2021).

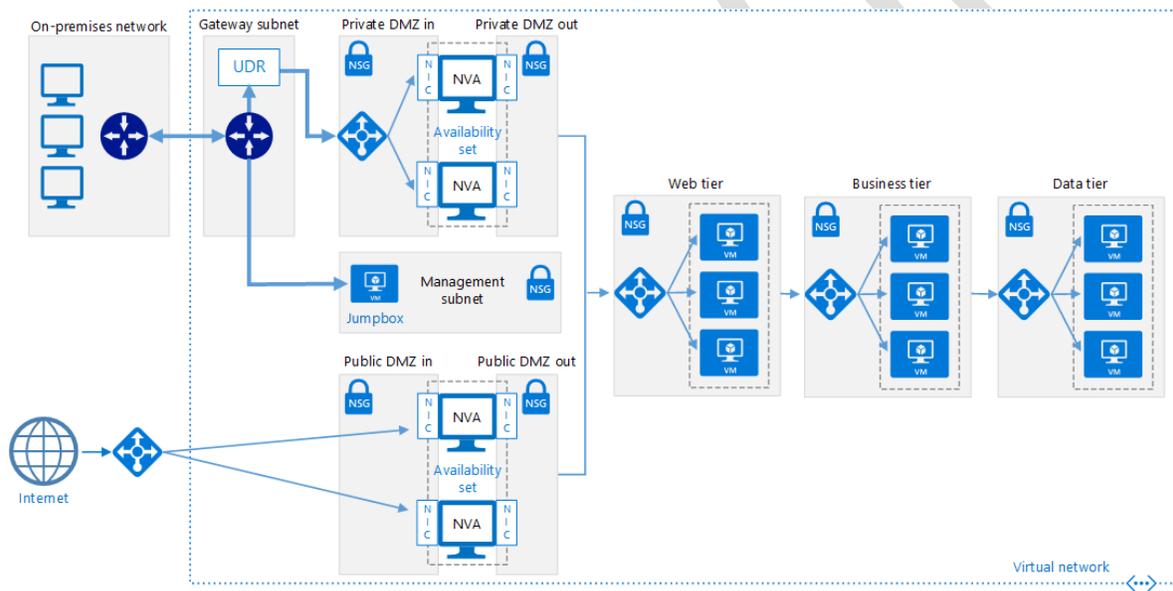
La nube pública se define como los servicios de nube (almacenamiento o software) que una entidad contrata, que comparte alojamiento y servicios de cómputo con otras entidades, contrariamente, la nube privada se define como la posesión de servidores exclusivos por una entidad, los cuales no son compartidos y están implementados en las instalaciones de la entidad (Morales et al, 2021).

Existe la posibilidad de que en la ciudad Inteligente se utilicen los dos tipos de infraestructura tanto en la nube como On-premise, esta gestión se denomina híbrida y hay múltiples tipos de combinaciones que se definen de acuerdo a las aplicaciones y usos de la arquitectura.

Una infraestructura híbrida o nube híbrida es un diseño y un entorno de infraestructura de TI compuesto por una combinación de centros de datos locales, nubes privadas y / o nubes públicas. Los sistemas operativos y las aplicaciones se pueden implementar en cualquier parte de este entorno, según las necesidades y requisitos comerciales. La infraestructura híbrida utiliza servicios de infraestructura de TI híbridos, o servicios en la nube, para ayudar a administrar y monitorear toda la infraestructura de TI de una empresa. Esto es importante a medida que los entornos y requisitos de TI continúan volviéndose más complejos (Vmware, 2021).

El crecimiento de la nube y el declive del centro de datos es una realidad empresarial. Para 2020, Gartner predice que las empresas gastarán aproximadamente la misma cantidad de dinero en servicios de infraestructura tradicional, alojamiento y nube. Las organizaciones quieren agilidad y flexibilidad y no necesitan las molestias y los gastos de mantener centros de datos locales y personalizados, razón por la cual la mayoría de las organizaciones querrán algún tipo de solución en la nube.

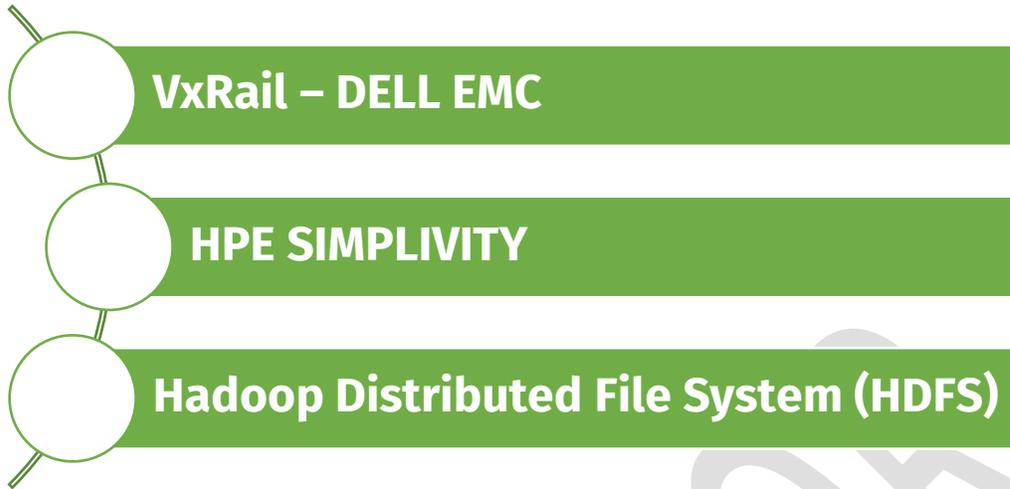
**Imagen 2. Infraestructura Híbrida**



**Fuente:** Tomado de Mulesoft (2021).

La siguiente figura muestra las tecnologías On premise referenciadas en la capa 3:

**Figura 14. Tecnologías On premise referenciadas para la capa 3**



**Fuente:** Elaboración propia

A continuación, se presenta el perfil de las tecnologías On premise referenciadas en la capa 3:

BORRADOR



### **VxRail – DELL EMC**

Esta tecnología es creada por DELL EMC, inicia mínimo con 3 nodos y puede llegar hasta 64, formando un arreglo de nodos. Cada nodo posee discos locales que provienen de fábrica con el hipervisor, software de gestión necesarios y puertos listos que se integran a la red existente, los cuales pueden operar a velocidades de 40Gb, 10Gb o 1Gb (Marquina, 2020). Además, automatiza la implementación, proporciona administración del ciclo de vida de la pila completa, facilitando puntos de integración críticos ascendentes y descendentes; también, elige entre múltiples opciones de computación, memoria, almacenamiento, redes y gráficos con el fin de cubrir una amplia variedad de aplicaciones y cargas de trabajo (DELL, 2021).



### **Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.**

Incrementa el rendimiento y sencillez operacional.

Eficiencia en el almacenamiento de datos.

Obtener escritorios virtuales e infraestructura de oficinas remotas.

71% más rapidez en la implementación de nuevo almacenamiento

32% más rapidez en la ejecución de transacciones comerciales

### **Información adicional**

Para obtener el precio de VxRail se debe cotizar con la empresa directamente.

**Fuente:** (DELL,2021) y ( Marquina, 2020).

## CASOS DE ÉXITO.

**Universidad de Aalto:** Es una universidad ubicada en Finlandia que durante la pandemia de la COVID-19 tuvo que enfrentar un grande desafío debido a que tenía que apoyar todas las necesidades de investigación de la universidad de manera remota, por lo tanto, necesitaban proporcionar aplicaciones académicas especializadas para que los estudiantes se pudieran acceder a su software desde cualquier dispositivo y momento.

Por ello, decidieron implementar una combinación de VxRail y VMware Horizon para adquirir una infraestructura de escritorios virtuales, logrando 400 aplicaciones virtualizadas para 1000 usuarios simultáneos (DELL,2021).

**New Belgium Brewing:** Es una cervecería con sede principal en Estados Unidos, la cual buscaba lograr un rendimiento superior del sistema y una mayor contribución del negocio de TI, para ello implementaron un clúster de 4 nodos de VxRail en su centro de datos, de esta manera logró reemplazar una infraestructura física y virtualizada híbrida que era poco confiable y presentaba problemas de agrupación en clústeres (DELL,2021).

**Fuente:** (DELL, 2021).



### **Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.**

Implementar una infraestructura de escritorios virtuales.



## HPE SIMPLIVITY

Es una tecnología que permite implementar una infraestructura hiperconvergente, posee arreglo mínimo de dos nodos con capacidad de crecimiento hasta 16 nodos, tiene como base una gama de procesadores Intel Xeon, cuenta con memoria RAM desde 128 GB hasta 1536 GB por cada nodo, respecto al almacenamiento físico ofrece desde 3.5 TB hasta 40.2 TB por cada nodo, ofrece conexión de red LAN a 40 Gb, 10 Gb o 1 Gb. Así mismo, mantiene las copias de seguridad de lógicas completas sin afectar el rendimiento ni desperdiciar la capacidad de almacenamiento (Marquina, 2020).

Converge toda la pila de TI en cada nodo, combinando hasta diez dispositivos, aplicaciones en un componente sencillo y potente para entornos civilizados, además, su diseño está destinado para potenciar el administrador de máquinas virtuales (HPE, s.f.).



### **Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.**

Obtener soluciones hiperconvergentes en la nube.

Mayor retorno de la inversión.

Mayor eficiencia y rendimiento de las aplicaciones.

Mejora la gestión, la protección, la eficiencia y el rendimiento de las cargas de trabajo virtualizadas.

### **Información adicional**

Para obtener el precio de HPE SIMPLIVITY se debe cotizar directamente con el proveedor.

**Fuente:** (Marquina,2020) y (HPE , s.f).



## CASOS DE ÉXITO.

**Grupo Logisiete:** Es una empresa europea innovadora en el servicio de puertas y complementos para el profesional del mueble de cocina, la cual implementó HPE Simplivity con el fin de usar una herramienta que ofreciera mayor computación en los cores y procesadores.

Uno de los principales beneficios es que han aumentado la velocidad de dos servidores con mayor carga de trabajo, por ello cuentan con sistemas más flexibles que se adaptan el ritmo del crecimiento sin preocupaciones por interrupciones, otro de los beneficios es que la capacidad del almacenamiento se ha multiplicado dando solución a la creciente cantidad de datos que utiliza la empresa (EMESA, 2020).

**GMV:** Es una multinacional europea del sector aeroespacial, la cual implementó HPE Simplivity con el fin de actualizar la infraestructura de TI para adaptarse a las necesidades futuras del sistema de navegación por satélite Galileo, logrando mejoras en la gestión de los recursos virtualizados, asegurando el soporte tecnológico de la evolución de la constelación de satélites Galileo debido a que facilita la administración de los datos de una manera más eficiente (HPE, 2018).



GRUPO  
**Logisiete**



**gmv**<sup>®</sup>  
INNOVATING SOLUTIONS

### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

- Gestión centralizada de las distintas máquinas virtuales.
- Utilizar discos de estado sólido de alto rendimiento que son eficientes en el almacenamiento de datos.

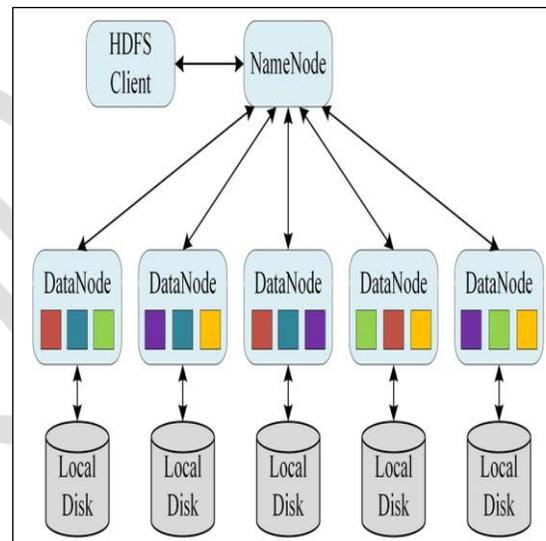
**Fuente:** (EMESA, 2020) y (HPE, 2018).

## Hadoop Distributed File System (HDFS)

Este sistema proporciona medios para almacenar big data de una manera distribuida, la principal característica es que no puede almacenar un dato tan grande en un solo nodo, por ello posee dos nodos: (1) NameNode: Es el nodo maestro que otorga el permiso de acceso para manipular los datos. (2) DataNode: Es el nodo responsable de procesar los datos (Fehda & Munam, 2017).

El NameNode ejecuta operaciones de espacio del nombre del sistema de archivos (abrir, cerrar, cambiar el nombre de archivos y directorios), también determina la asignación de bloques a Datanodes. Los Datanodes son responsables de atender las solicitudes de lectura y escritura de los clientes del sistema de archivos (Borthakur,2020).

Es tolerante a fallas, está diseñado para implementarse en hardware de bajo costo, tiene acceso de alto rendimiento a los datos de aplicación, los archivos usados en HDFS tienen un tamaño de gigabytes a terabytes, además, proporciona un gran ancho de banda de datos agregados y escala a cientos de nodos en un solo clúster. Para tener acceso a HDFS se puede utilizar la API de Java generado por el sistema para usar las aplicaciones, también, se puede utilizar un navegador HTTP para examinar los archivos (Borthakur, 2020).



### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

- Implementar un sistema de almacenamiento que albergue una amplia cantidad de datos.
- Mayor eficiencia en el manejo de datos.

### Información adicional

Para obtener el precio de Hadoop se debe cotizar con la empresa directamente.

**Fuente:** (Hadoop,2020)



## CASOS DE ÉXITO.

**APACHE NUTCH:** Es un rastreador web desarrollado y listo para la producción, basado en la estructura de datos Apache Hadoop que es excelente para el procesamiento por lotes. Apache Hadoop desarrolla software de código abierto para una computación distribuida, escalable y confiable. Permite el procesamiento de grandes conjuntos de datos utilizando modelos de programación simples. No depende del hardware para ofrecer alta disponibilidad debido a que está diseñada para detectar y manejar fallas en la capa de aplicación (Hadoop Apache, s.f).

**FACEBOOK:** Cuenta con decenas de millones de usuarios y más de mil millones de visitas diarias, por lo que termina acumulando una cantidad masiva de datos. Para ello Facebook implementó Hadoop con el fin de manejar su consumo y agregación de datos masivos. Posee varios clústeres de Hadoop, el más grande tiene aproximadamente 2500 núcleos de CPU y 1 Petabyte de espacio en disco, carga más de 250 gigabytes en datos comprimidos y más de 2 terabytes sin comprimir (Aptude, 2018).



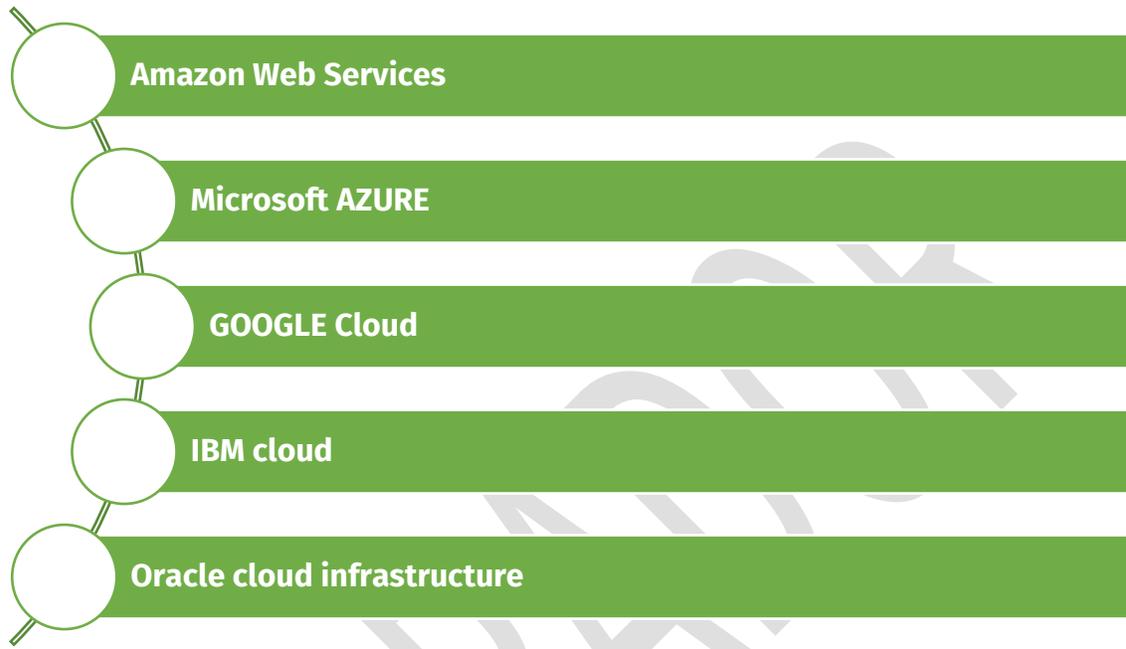
### Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.

- Utilizar grandes cantidades de datos.
- Tener un excelente almacenamiento de los datos.
- Tener una mayor disponibilidad de datos.

**Fuente:** (Hadoop Apache,2020) y (Aptude, 2018)

La siguiente figura muestra las tecnologías en la nube referenciadas en la capa 3:

**Figura 15. Tecnologías en la nube referenciadas para la capa 3**



**Fuente:** Elaboración propia

En la actualidad existen muchos proveedores a nivel mundial de este tipo de servicios siendo los más rankeados AWS (Amazon Web Services), Microsoft AZURE, GOOGLE Cloud, IBM cloud, entre otros (Gartner, 2021).



### **Amazon Web Service.**

Amazon Web Service (AWS) es un proveedor de servicios en la nube que ofrece soluciones de Cloud Computing. Es un espacio donde diferentes entidades buscan solucionar problemas relacionados con almacenamiento y recursos de computación. En cuanto a las ciudades inteligentes Amazon cuenta con un programa especializado para el sector público el cual busca conectar tecnologías como el internet de las cosas o el machine learning con el funcionamiento de diferentes subsectores públicos.



### **Newport Smart City**

Gracias a la conectividad ofrecida por el Marketplace de la plataforma de Amazon Web Service, La ciudad de Newport logró facilitar el despliegue del proyecto de ciudad inteligente en cuestión de semanas. Con el uso de AWS la ciudad de Newport en Gales, Reino Unido, implementó soluciones de internet de las cosas para ciudades inteligentes con la finalidad de mejorar la calidad del aire, el control de inundaciones y la gestión de desechos en solo unos meses. La participación de AWS en este importante proyecto se vio reflejada en la prestación de servicios de Cloud Computing al ejecutar Davra Networks ConnecThings a través de AWS IoT. La ciudad de Newport otorga las licencias necesarias para que Davra trabaje sin obstáculos.



Newport quería explorar usos innovadores de la tecnología de Internet de las cosas (IoT) para mejorar muchos aspectos de la vida de la ciudad, quizás menos visibles que el tráfico, pero igual de importantes tanto para los ciudadanos como para las finanzas de la ciudad. En colaboración con el integrador de sistemas Pinacl Solutions y el proveedor de soluciones IoT Davra Networks, Newport está implementando tres proyectos de prueba de concepto que se centran en la calidad del aire, el control de inundaciones y la gestión de residuos, todos ejecutados en Amazon Web Services (AWS).

**Fuente:**(TszLai et al, s.f), (MTI, 2021) y (Powell, 2021).



## Microsoft Azure.

La plataforma Azure está compuesta por más de 200 productos y servicios en la nube diseñados para darle vida a nuevas soluciones que permitan resolver las dificultades actuales y futuras. Crea, ejecuta y administra aplicaciones en varias nubes, en el entorno local y en el perímetro, con las herramientas y los marcos que prefiera.



**TASMU Platform, Microsoft Qatar:** Se define como una plataforma innovadora para las ciudades inteligentes. TASMU funciona como un mercado digital en Qatar que agiliza la prestación de servicios públicos y la realización de tareas que van desde pagar facturas hasta concertar citas médicas, administrar el hogar y la oficina. Construidos sobre la infraestructura de nube Azure altamente disponible, escalable y segura de Microsoft, los servicios avanzados e inteligentes de la plataforma TASMU harán evolucionar el ecosistema digital del país para todas las empresas y ciudadanos.



La plataforma funciona como un mercado digital que agiliza la coordinación de los servicios públicos en los cinco sectores, impulsando así la adopción de soluciones inteligentes para proveedores de servicios y consumidores de servicios de toda la ciudad. A través de la plataforma, los innovadores y emprendedores pueden implementar soluciones inteligentes para mejorar y facilitar su desempeño digital dentro de cada sector prioritario, describiendo sus indicadores clave de desempeño para satisfacer las necesidades de la gente de Qatar.

**Fuente:** Microsoft News Center (2021)



## Google Cloud.

Google Cloud evita depender de un solo proveedor gracias al compromiso con el código abierto, el uso de múltiples nubes y la utilización de nubes híbridas, lo cual permite aprovechar los datos y ejecutar apps en cualquier nube o entorno. Las soluciones de nube abierta proporcionan coherencia a las nubes públicas y privadas, teniendo como resultado que las empresas se modernicen y que los desarrolladores creen con más rapidez en cualquier entorno.



**La ciudad de Pittsburgh:** se concretó un acuerdo de cuatro años para migrar la infraestructura de TI heredada de viejos servicios informáticos de la ciudad de Pittsburgh, Estados Unidos, a Google Cloud. La iniciativa tiene como objetivo ayudar a la ciudad a reducir costos, alejarse de sus viejos sistemas de TI "frágiles" y crear una plataforma para proyectos de ciudades inteligentes y servicios digitales. La migración comenzará con herramientas de TI para monitorear y administrar la infraestructura de la ciudad. Después de esto, la capacidad de procesamiento y almacenamiento se trasladará a la nube, seguida de las aplicaciones restantes.



Google y la ciudad de Pittsburgh han colaborado para diseñar una solución innovadora que hasta ahora pocas ciudades han tenido la oportunidad de lograr. Esta asociación con Google Cloud no solo es una inversión para mejorar la eficiencia y confiabilidad de la infraestructura de TI de la ciudad; también sirve como una asociación piloto para el valor agregado de Google Cloud para los municipios que incluye capacitación y certificaciones para nuestro personal de TI de la ciudad para que podamos desarrollar nuestro talento interno para administrar estos servicios en el futuro.

**Fuente:** Wray (2021), Planet of Hotel (2021) y Google (2021)



## IBM Cloud.

Proporciona servicios en la infraestructura como servicio (IaaS), Software como servicio (SaaS) y plataforma como servicio (PaaS), estos servicios son ofrecidos por medio de la nube pública, privada e híbrida. Es conocida como una la nube inteligente, la cual contiene la base, el equipo, el acondicionamiento, la unión y la seguridad siendo estos los cimientos de la nube privada (Dixit, 2021).



**Cemex:** Es una empresa trasnacional mexicana enfocada en la industria de la construcción, en conjunto con IBM implementaron una plataforma digital que permite gestionar recursos, empleados, datos y flujo de trabajo llamada Cemex Go. Esta plataforma ha permitido a Cemex cambiar radicalmente su modelo de negocio y la manera de gestionar recursos empleados, entre otros. También, implementaron sistemas de nubes híbridas e inteligencia artificial (It sitio,2021).

**Baeza S.A:** Es una empresa española dedicada a la distribución de soluciones sostenibles para una óptima gestión del agua. El reto de esta empresa radicaba en que necesitaba conexión directa entre los centros de datos de las distintas sedes en España y en la península de África, por lo tanto requería de la disposición del ERP durante las 24 horas del día y los 365 días del año, con el fin de mejorar la gestión de la logística, la accesibilidad a su web, la información y el servicio a los clientes (Asersa, 2021).

**Fuente:** (Dixit, 2021), (It Sitio,2021) y (Asersa, 2021).



## Oracle Cloud Infrastructure (OCI)

Es una infraestructura/plataforma/software como servicio (IaaS, PaaS, SaaS) de segunda generación, diseñada con principios desde su concepción, los cuales incluyen la virtualización de red aislada y un entorno físico de implementación de Hots reduciendo el riesgo de amenazas persistentes.

La seguridad es fundamental en el diseño del centro de datos, la selección de personal, procesos de aprovisionamiento, entre otros (Rodríguez y Escobedo, 2020).



**ORACLE**  
Cloud Infrastructure



**Keyter**



**INTARCON**



**IDEMIA**

**Keyter- Intarcón:** Es una empresa líder en la fabricación de equipos de climatización industrial que comercializa sus equipos en más de 40 países, implementó su ERP en la nube de Oracle obteniendo para sus procesos de negocio un rendimiento, una seguridad y una disponibilidad difícilmente alcanzables en escenarios “On premise” (Neteris, 2020).

**IDEMIA:** Es una empresa líder dedicada a la gestión de identidad de personas, empresas y transacciones. Su pilar es la seguridad de tarjetas de crédito, medios de pago y reconocimiento biométricos, entre otros. Implementó Oracle cloud para integrar toda su operación con el fin de atender el crecimiento de la compañía en Centroamérica y América latina obteniendo como resultado mayor eficiencia, compatibilidad, escalabilidad y flexibilidad respecto a la toma de decisiones (Iteria, 2020).

**Fuente:** (Rodríguez y Escobedo, 2020), (Neteris, 2020) y (Iteria, 2020).

A modo de conclusión, en la capa 3 de procesamiento y almacenamiento, la infraestructura híbrida es la más apropiada para implementar en el modelo de Calinteligente debido a que esta infraestructura consta de servicios On-premise y servicios de la nube pública y/o privada, los cuales permiten que la infraestructura tecnológica sea más eficiente en la satisfacción de las necesidades reconocidas en el modelo de caliinteligente. La infraestructura híbrida recomendada para este modelo está basada en la implementación de un procesamiento On-premise, un almacenamiento HDFS y un procesamiento en la nube.

#### 2.1.2.4. Capa 4: Data & Services Supporting

Después de transformar la información recopilada y distribuirla a través de redes de área local o amplias, la integración de datos llega a esta capa usando bases de datos compartidas, distribuidas y tolerantes a fallas. Estas bases de datos pueden estar estructuradas en el centro de la ciudad o en el almacenamiento de big data como prestadores de servicios de nube usando Cloud Computing. Estos datos que se almacenan se procesan luego con base a diferentes consultas utilizando modelos de programación basadas en lotes, todo con la finalidad de disponer de datos más estilizados para ser utilizados por diferentes aplicaciones en la gestión final de los datos y su análisis dentro del modelo de ciudades inteligentes (Malik & Ali Sha, 2017).

En esta cuarta capa del modelo se encuentran los componentes que gestionan las fuentes de datos, incluyendo los modelos de gestión de datos, analítica y la infraestructura de integración de servicios y datos, normalmente estos componentes hacen parte de las arquitecturas de cómputo en la nube y de plataformas y software como servicio. Por otro lado, y debido a su extensión, esta capa se divide en tres subcapas fundamentales que cuentan con módulos internos extensos en cuanto a operabilidad. Estas subcapas son las **fuentes de datos**, la **integración de servicios** y la **integración de datos**.

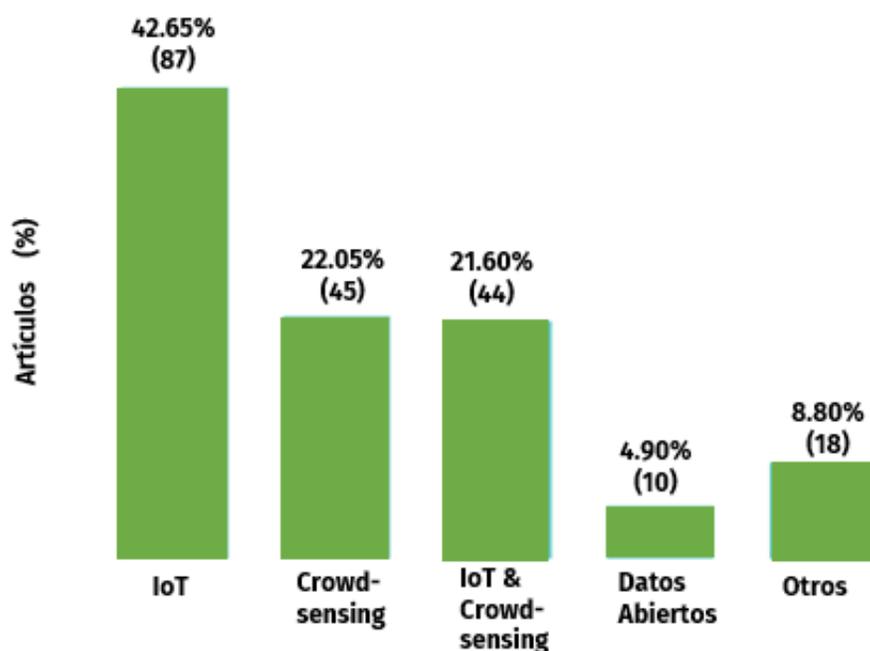
#### 3.3.4.1. Fuentes de datos

De acuerdo con un estudio realizado por ACM Computing Surveys (2018) a 204 artículos sobre recolección y procesamiento de datos en ciudades inteligentes, dentro de las principales **fuentes de datos** se encuentran las ciudades, como “motores de datos”, ya que estas constantemente producen y consumen datos. Esto debido a que una gran cantidad de dispositivos y aplicaciones funcionan como fuentes de datos al registrar múltiples actividades cada día de cualquiera lugar y producir una gran cantidad de conjuntos de datos heterogéneos. Existen dos formas de producir los datos urbanos, la primera es mediante la producción directa durante las actividades diarias y el funcionamiento de los servicios inteligente tales como las redes sociales y aplicaciones inteligentes que es conocida como producción de datos **Crowd-Sensing**; la segunda es a través de la recolección de datos usando dispositivos de detección, que pueden ser fijos o portátiles como los sensores ambientales, sensores de tráfico, sensores de movimientos entre otros, que se conoce como recolección de datos **IoT** (Moustaka, Vakali & Anthopoulos, 2018).

Adicionalmente los datos derivados de fuentes de datos urbanas se destacan por sus cualidades heterogéneas y el gran tamaño que los cataloga como **Big Data**. Que de acuerdo con la definición de **Big Data** de Gartner “*Los Big Data son activos de información de gran volumen, alta velocidad y/o alta variedad que exigen formas rentables e innovadoras de procesamiento de la información que permitan mejorar la visión, la toma de decisiones y la automatización de los procesos.*”

Por otro lado, y en relación con los resultados presentados por la investigación de ACM Computing Surveys, al revisar la literatura relacionada con la generación de datos urbanos en ciudades inteligentes, se obtuvo que la fuente de datos más común son los datos generados por dispositivos conectados a IoT seguido por los datos recolectados a través de Crowd-Sensing. También es común la combinación de estas dos modalidades dentro de la recolección de datos de ciudades inteligentes.

**Figura 15: Artículos por tipo de fuentes de datos.**



**Fuente:** Elaboración propia basado en ACM Computing Surveys (2018).

Finalmente, dentro de las principales tecnologías que basan su funcionamiento en el principio definido como fuente de datos se encuentran los Data Lakes, siendo estos, herramientas utilizadas para cubrir las necesidades originadas de la generación de grandes bloques de datos y su posterior tratamiento.

### Data Lakes

Estos son entornos que funcionan como repositorios masivos de fácil acceso para datos estructurados, semiestructurados y no estructurados. Se crean con el fin de almacenar “macrodatos”. Los **Data Lakes**, están diseñados para retener todos los atributos de lo datos aun cuando no se sabe su alcance o uso. En comparación

con los Data Lakes, los almacenes de datos más comunes guardan solo unos atributos de los datos con el fin de realizar análisis óptimos. Es común encontrar en un Data Lake una gran cantidad de datos sin procesar en su formato nativo hasta el momento que se necesiten (Banafa, 2021).

**Figura 16: Esquemización del procesamiento de datos en ciudades inteligentes.**



**Fuente:** Amazon Web Service (2018).

El principio de su funcionamiento es basar el almacenamiento de los datos en arquitecturas planas a diferencia de los almacenes de datos jerárquicos que almacenan los datos en archivos o carpetas. Posteriormente se le asigna a cada elemento del Data Lake un identificador único y a estos se les asigna un conjunto de etiquetas de metadatos extendidos. Al momento de necesitar cualquier elemento, se puede consultar el Data Lake para obtener datos relevantes y un conjunto más pequeño de datos se puede analizar de acuerdo con las necesidades de búsqueda (Banafa, 2021).

**Aplicación en ciberseguridad:** Independiente del tipo de datos que se estén procesando en un Data Lake, estos pueden ser altamente seguros en cuanto al uso de autenticación multifactorial, acceso basado en roles, protección de datos entre otros factores de ciberseguridad (Banafa, 2021).

**Aplicación en IoT:** Los datos generados por dispositivos conectados a tecnología IoT pueden ser almacenados para su posterior utilización dentro de la gestión de

la ciudad inteligente. Estos se almacenan como datos sin procesar para su posterior análisis y selección dentro del Data Lake.

**Beneficios e impactos en el modelo de Calinteligente.**

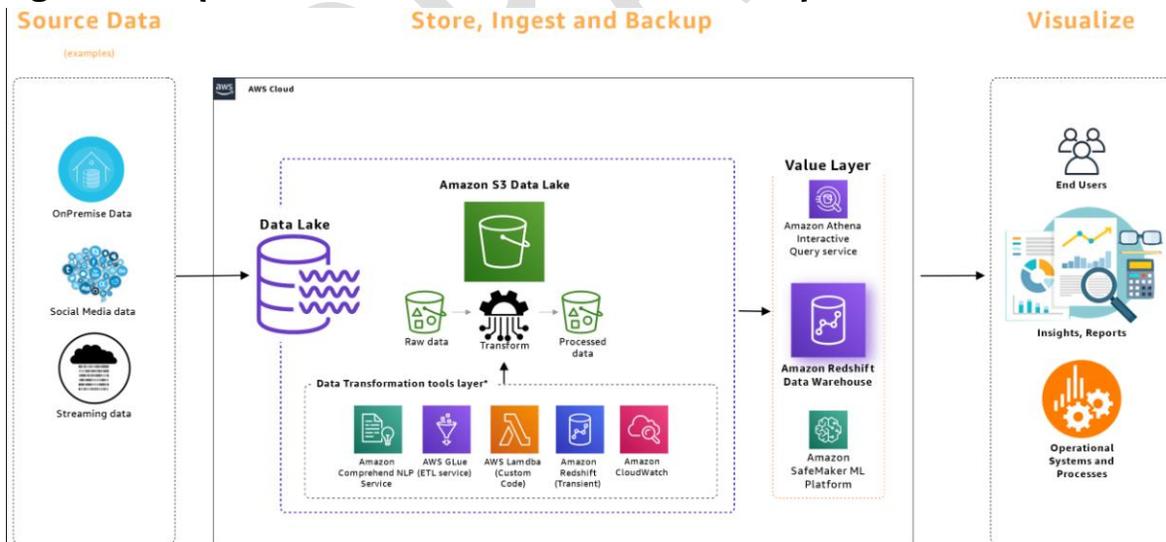
- Acceso inmediato a todos los datos además de presentar ventajas económicas en cuanto al almacenamiento de estos.
- Fácil escalamiento a las grandes cantidades de datos generados además de flexibilidad.
- Centralización de diferentes fuentes de contenido y operabilidad transversal respecto al uso de diferentes unidades de trabajo.

**Tipo de medio:** Internet, bases de datos en la nube.

**Información adicional:** Los principales referentes son Amazon, IBM, Oracle y Microsoft Azure.

**Amazon Simple Storage Service**

**Figura 17: Esquema de servicios de análisis de datos a partir de un Data Lake.**



**Fuente:** Amazon Web Service (2021).

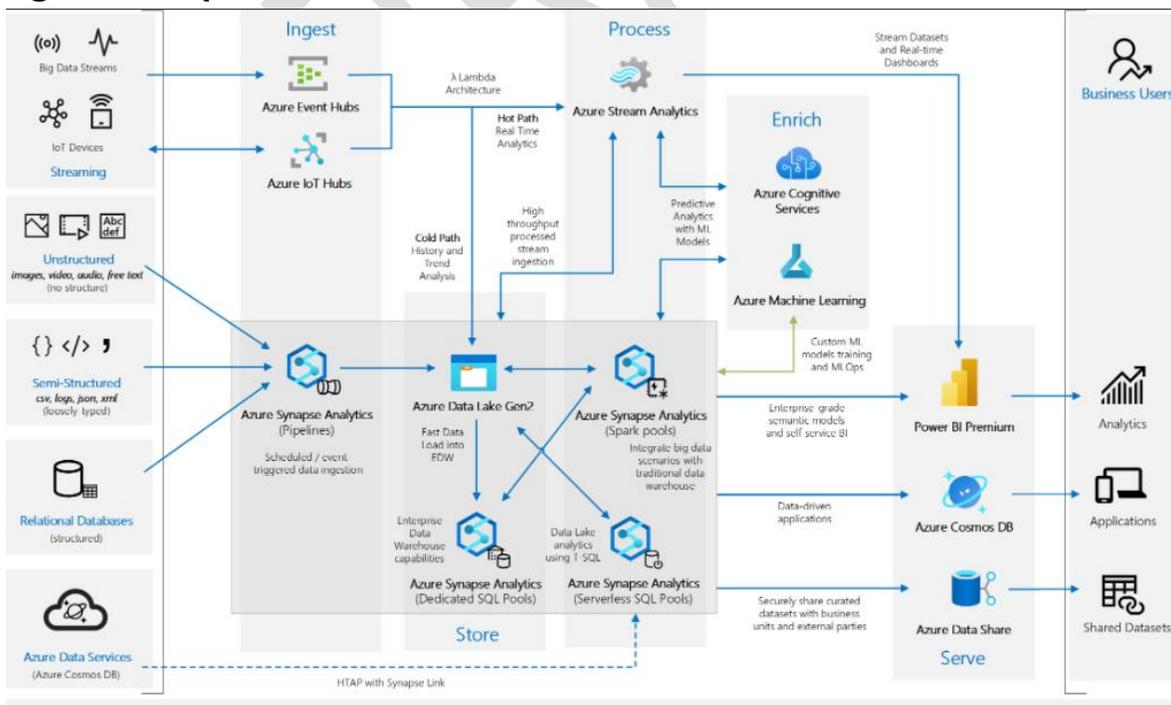
Amazon cuenta con uno de los servicios de almacenamiento de datos más grandes y de mayor rendimiento de la web llamado Amazon Simple Storage Service (S3). A través de Amazon S3 es posible escalar y crear de forma rentable un Data Lake de cualquier tamaño dentro de un entorno seguro. A través de un

Data Lake creado en esta plataforma se pueden utilizar los servicios nativos del AWS con la finalidad de generar análisis de Big Data, inteligencia artificial, aprendizaje automático, computación de alto rendimiento y aplicaciones de procesamiento de datos. Este es el espacio con mayor durabilidad de datos del mercado, además de crear un respaldo de todos los objetos cargados en múltiples sistemas (Vogels, 2020).

Por otra parte, es importante definir la aplicación de este servicio ofrecido por AWS dentro del proceso de desarrollo de ciudades inteligentes, ya que después de procesar las entradas de datos en la nube se debe actuar y almacenar los datos para su uso posterior. Durante este proceso Amazon S3 es un potencial almacenador de objetos seguro y escalable, ideal para brindarle las soluciones requeridas a las ciudades inteligentes. Una vez los datos se trasladaron a Amazon S3, los clientes pueden utilizar servicios como AWS Glue, AWS IAM y AWS Lambda con el fin de crear un Data Lake donde se pueda transformar y enriquecer aquellos datos sin procesar, poniéndolos a disposición para su posterior uso (AWS, 2018).

## Azure Data Lake

**Figura 18: Arquitectura Azure Data Lake Gen 2.**



Fuente: Microsoft (2021).

Actualmente dentro del Azure Storage Microsoft se encuentra trabajando el Data Lake Storage Gen2, una nueva actualización que se está creando para dar servicios a múltiples petabytes de información mientras mantiene cientos de gigabytes en rendimiento, con la finalidad de administrar eficientemente grandes cantidades de datos. Esto lo hace mediante la jerarquización de los datos, ya que puede crear una estructura de directorio jerárquica. La cual facilita operaciones como cambiar nombres o eliminar directorios (Microsoft, 2021).

Este sistema se basa en Blob Storage y mejora el rendimiento de los datos al no tener que copiar o transformar datos como requisito previo para el análisis. En cuanto a administración, los datos se manipulan más fácil a través de los directorios y subdirectorios. Por último, la ciberseguridad de estos Data Lakes se cumple a través de la definición de permisos POSIX en directorios o archivos (Microsoft, 2021).

En cuanto su operabilidad dentro de las ciudades inteligentes esta compañía basa el diseño Azure Storage en la escalabilidad. Al acceder al Data Lake Storage Gen2 o las interfaces de Blob Storage, la plataforma es capaz de almacenar y servir muchos exabytes de datos. El funcionamiento se basa en un rendimiento medido en gigabits por segundo (Gbps) a altos niveles de operaciones de entrada y salida por segundo (IOPS). Este procesamiento se ejecuta en latencias por solicitud casi constantes que se miden dentro de los niveles de servicios, cuenta y archivos (Microsoft, 2021).

### 3.3.4.2. Integración de servicios

De acuerdo con la definición generada por expertos de IBM, la integración y gestión del servicio, o SIAM por sus siglas en inglés, organiza la prestación de servicios de un extremo a otro. Esto se traduce en centrar la operación de un prestador de servicios en principios y prácticas que permitan la colaboración interfuncional y organizativa entre proveedores. Esto con la finalidad de mejorar la calidad del servicio prestado (Wiggers & Kueppers, 2021).

#### **Plataformas gubernamentales de gestión de datos abiertos (ODM)**

Una plataforma de gestión de datos abiertos (ODM) es un paquete de software integrado que consta de un portal de datos abiertos, gestión de metadatos, una biblioteca de API públicas y análisis de datos, y herramientas de visualización y generación de informes. Una plataforma ODM se puede desarrollar a partir de

software de código abierto (OSS) y se puede administrar en las instalaciones, o se puede alojar y respaldar como un servicio por un proveedor de servicios de datos abiertos. La plataforma ODM admite la recopilación, el descubrimiento, la mejora, el análisis y el intercambio de datos, la catalogación de datos, el almacenamiento de datos y la publicación de datos en uno o más formatos legibles por máquina. , los investigadores, los piratas informáticos cívicos y las empresas con fines de lucro pueden buscar, acceder, analizar o descargar y utilizar datos gubernamentales de forma gratuita (Gartner, 2021).

El mercado de la plataforma de gestión de datos abiertos del gobierno está creciendo a un ritmo más rápido con tasas de crecimiento sustanciales en los últimos años y se estima que el mercado crecerá significativamente (Gartner, 2021).

Lista de los más representativos exponentes en el mercado Plataforma gubernamental de gestión de datos abiertos: -

- Esri
- Civicactions
- Viderum
- Opendatasoft
- Junar
- Socrata
- Opendgov

**Fuente:** (WBOC, 2021)

Algunas plataformas gubernamentales de datos abiertos

Los datos abiertos hacen parte de la información pública y representan un gran potencial para el desarrollo de procesos de Gobierno Abierto (Open Government), en la medida en que permiten reutilizar información de diversas fuentes, sin restricciones de uso y en formatos de fácil lectura y análisis, de tal manera que se habilitan nuevas formas de tomar decisiones, de resolver problemas públicos, de entender determinados comportamientos y hasta generar valor no solo social sino económico a través de la innovación (MINTIC, 2016).

## Colombia



Esta iniciativa tiene por objetivo promover y habilitar las condiciones para la apertura, uso y generación de valor a partir de datos abiertos de gobierno. Estos datos son publicados en el portal de datos abiertos del estado colombiano [www.datos.gov.co](http://www.datos.gov.co). En Colombia, la Ley que soporta la iniciativa es la 1712 de 2014 de Transparencia y Acceso a la Información Pública Nacional (MINTIC, 2021).

## India

El objetivo de Open Government Data Platform India es facilitar el acceso a datos e información compartidos propiedad del gobierno en formas legibles por humanos y legibles por máquinas de una manera proactiva y periódicamente actualizable, dentro del marco de varias políticas, leyes y reglas de gobierno relacionadas. India, promoviendo así una mayor accesibilidad y aplicación de los datos propiedad del gobierno y liberando el potencial de los datos para el desarrollo nacional (Gobierno de la India , 2021).





Desarrollado utilizando Open Source Stack, el proyecto es una de las iniciativas del Pilar 6 (Información para todos) de la iniciativa Digital India. La base de Open Government Data Platform India es una iniciativa conjunta del Gobierno de la India y el Gobierno de los Estados Unidos. Open Government Data Platform India también está empaquetada como un producto y está disponible en código abierto para su implementación en países de todo el mundo (Gobierno de la India, 2021).

### Estados Unidos



Data.gov se lanzó en 2009 y es administrado y hospedado por la Administración de Servicios Generales de EE. UU. Funciona con dos aplicaciones de código abierto, CKAN y WordPress, y se desarrolla públicamente en GitHub. Data.gov sigue el esquema DCAT-US v1.1 (esquema de metadatos de datos abiertos del proyecto) : un conjunto de campos obligatorios (título, descripción, etiquetas, última actualización, editor, nombre de contacto, etc.) para cada conjunto de datos (U.S. General Services Administration, 2021).

## MDM gestión de datos maestros

Las soluciones de gestión de datos maestros (MDM) son productos de software empresarial que: Soportan la identificación, vinculación y sincronización global de datos maestros a través de fuentes de datos heterogéneas a través de la reconciliación semántica de datos maestros. Crear y administrar un sistema de registro o índice de registro central y persistente para datos maestros.

### ¿Qué son los datos maestros?

Un dato maestro es un registro único que sirve de referencia para toda la empresa. Por ejemplo, el nombre de un cliente, el código de un producto o un número de cuenta son datos de referencia (INFORMATICA, 2008).

### Características principales de una solución de MDM

Una solución de MDM (tanto si se trata de una plataforma genérica que incluya todas las categorías de datos de referencia como de una solución específica a una sola categoría) debe:

- Permitir la definición de las funciones y los derechos de acceso individuales para cada etapa del proceso de gestión de los datos maestros.
- Ofrecer funciones completas de ETL<sup>4</sup> para extraer los datos de referencia de las diversas fuentes y cargarlos en el repositorio.
- Prestar servicios de limpieza de datos para comparar y desduplicar los registros.
- Ofrecer capacidades de colaboración para coordinar las decisiones de reconciliación y de racionalización de los datos maestros.

---

<sup>4</sup> Extract, Transform and Load («extraer, transformar y cargar», frecuentemente abreviado ETL) es el proceso que permite a las organizaciones mover datos desde múltiples fuentes, reformatearlos y limpiarlos, y cargarlos en otra base de datos, data mart, o data warehouse para analizar.

- Ocuparse de la detección de los cambios, la sincronización bidireccional y la replicación de los datos para trasladar a los sistemas afectados cualquier cambio efectuado en el repositorio.
- Permitir el control de versión y la validación de los cambios en el conjunto del sistema. En especial, la solución debe permitir la recreación de un estado anterior de los datos y el modelado de estados futuros.

**Fuente:** (INFORMATICA , 2008)

### **Herramientas de preparación de datos**

La preparación de datos es un proceso iterativo y ágil para encontrar, combinar, limpiar, transformar y compartir conjuntos de datos seleccionados para varios casos de uso de datos y análisis, incluidos análisis / inteligencia empresarial (BI), ciencia de datos / aprendizaje automático (ML) e integración de datos de autoservicio. . Las herramientas de preparación de datos prometen un tiempo más rápido para la entrega de datos integrados y seleccionados al permitir a los usuarios comerciales, incluidos analistas, integradores ciudadanos, ingenieros de datos y científicos de datos ciudadanos, integrar conjuntos de datos internos y externos para sus casos de uso. Además, permiten a los usuarios identificar anomalías y patrones y mejorar y revisar la calidad de los datos de sus hallazgos de manera repetible. Algunas herramientas incorporan algoritmos de aprendizaje automático que aumentan y, en algunos casos, automatizan por completo ciertas tareas de preparación de datos repetibles y mundanas. El tiempo reducido para la entrega de datos y conocimientos es el núcleo de este mercado.

### **tecnologías de enmascaramiento de datos (Data Masking)**

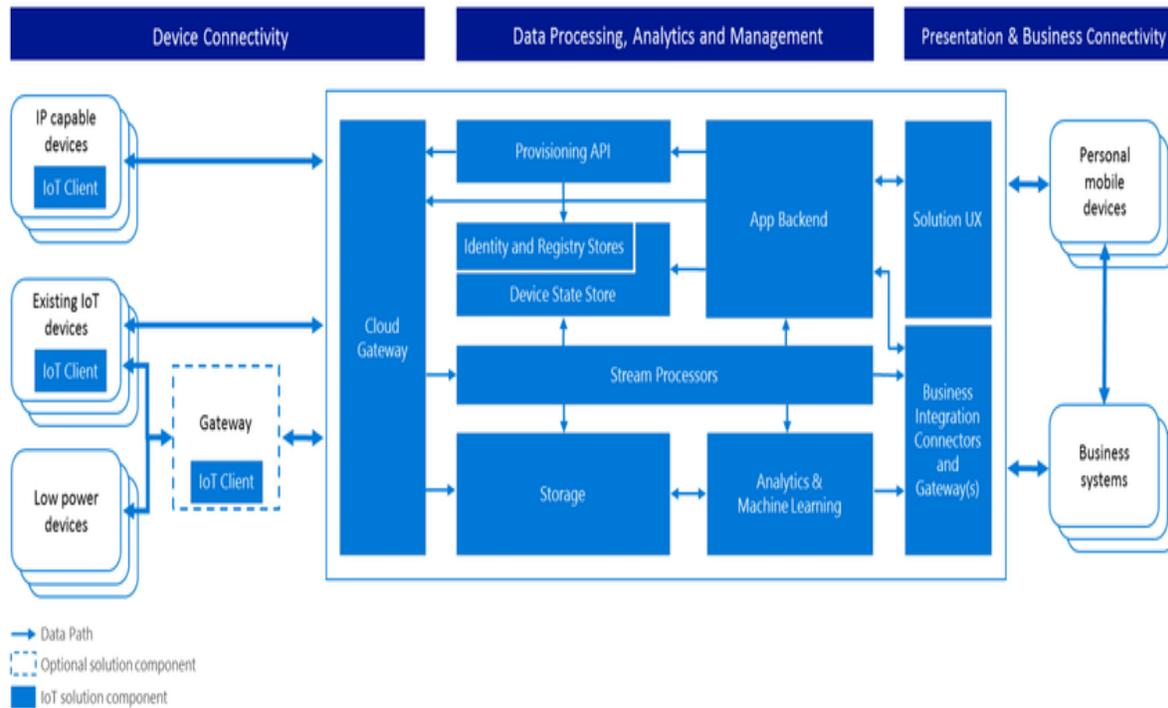
El mercado de herramientas de enmascaramiento de datos reagrupa las ofertas diseñadas para desensibilizar los datos para protegerlos contra la confidencialidad o el abuso de la privacidad. Estas tecnologías permiten a las organizaciones minimizar operativamente la huella y la propagación de datos confidenciales (o su vista), sin un desarrollo personalizado extenso. Los datos se enmascaran antes del acceso o en el momento del acceso, según los requisitos del caso de uso. El caso de uso más común para las tecnologías DM es la desensibilización de datos en entornos que no son de producción (Gartner Research, 2021).

Algunas de las plataformas más conocidas para Internet de las Cosas que pueden ser implementadas en Cali son las siguientes:

BORRADOR



**Figura 16 Arquitectura IoT Microsoft Azure**



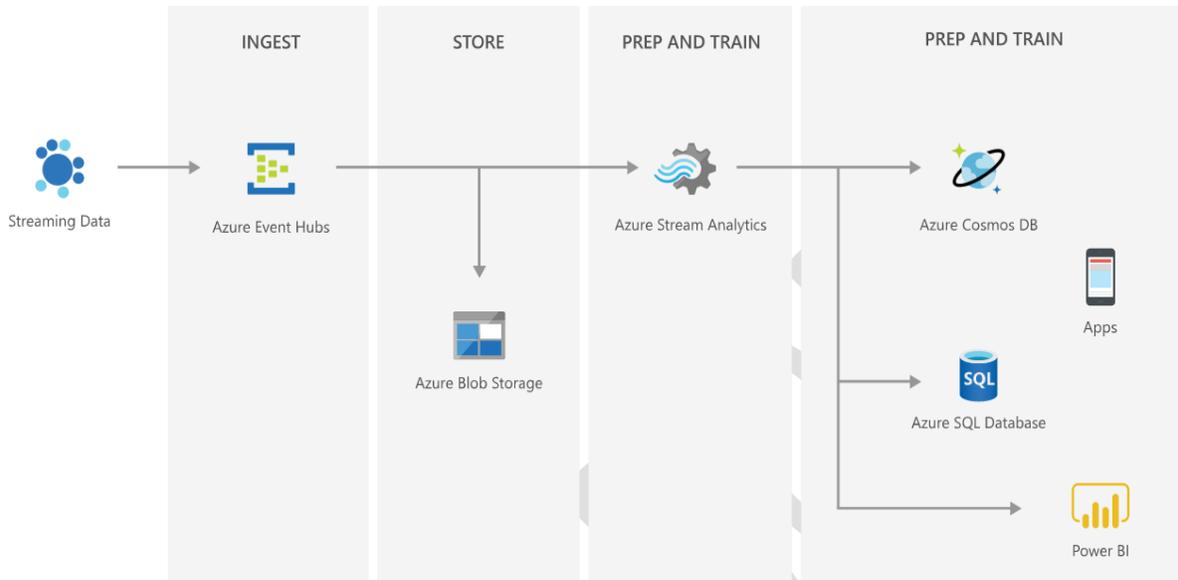
**Fuente:** ResearchGate (2019)

El cloud gateway es la parte de la arquitectura Azure base que permite la comunicación remota desde y hacia dispositivos o gateway locales. En general, gestiona todos los aspectos de la comunicación, incluida la gestión de conexión a nivel de protocolo de transporte, la seguridad del canal de comunicación, la autorización del dispositivo y la autorización hacia el sistema. Algunos servicios que brinda Azure para la implementación de este componente son:

**Azure IoT Hub:** Es el componente principal de la tecnología cloud gateway en Azure, el cual brinda un servicio de gran escala que permite una comunicación bidireccional segura desde diversos dispositivos, permite la conexión de grandes cantidades de dispositivos y soporta el procesamiento de grandes volúmenes de datos hacia el back-end de la nube.

**Azure Event Hubs:** Es un servicio de solo de procesamiento de datos a gran escala que recopila datos de telemetría de fuentes concurrentes a tasas de rendimiento muy altas. Puede ser usado en conjunto con IoT Hub, para flujos de telemetría sin dispositivo (Secundaria), o para recopilar datos de otras fuentes como datos meteorológicos o de redes sociales.

**Figura 17 Streaming 5 sin servidor con Event**



**Fuente:** Microsoft Azure (2021)

Event Hubs es un servicio de ingesta de datos en tiempo real totalmente administrado que es sencillo, confiable y escalable. Permite hacer streaming de millones de eventos por segundo desde cualquier origen para crear canalizaciones de datos dinámicos y responder a los desafíos empresariales de inmediato. Mantiene el procesamiento de los datos en situaciones de emergencia usando las características de recuperación ante desastres geográfica y replicación geográfica (Microsoft Azure, 2021).

Microsoft Azure ofrece cuatro posibilidades para poder usar IoT Hub: Gratis, con una suscripción (requiere tarjeta de crédito o débito internacional) se puede probar de manera limitada el servicio de IoT Hub. La limitante está dada por la cantidad de mensajes que pueden ser transmitidos en el día; esta cantidad es de hasta 8.000 mensajes. S1, puede transmitir hasta 400.000 mensajes por día entre todos los dispositivos conectados. Está pensado para soluciones de IoT que generan pequeñas cantidades de datos. S2, diseñado para las soluciones que generan grandes cantidades de datos, permitiendo que se envíen hasta 6 millones

---

5 El streaming es un tipo de tecnología multimedia que envía contenidos de vídeo y audio a su dispositivo conectado a Internet.

de mensajes por día. S3, similar al anterior, pero con esta cuenta puede enviar hasta 300 millones de mensajes por día entre todos los dispositivos conectados. Además, brinda planes de soportes flexibles desde 29 dólares por mes y garantiza una conectividad del 99.9 % (Microsoft Azure, 2021).

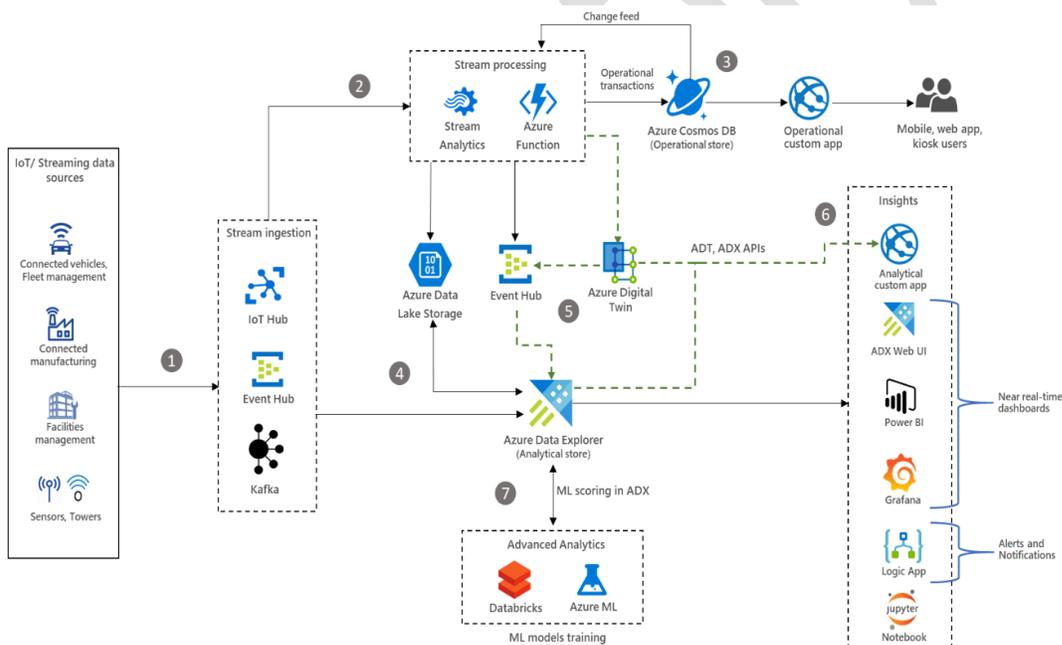
BORRADOR

## Análisis de IoT con Azure Data Explorer

Azure Data Explorer es un almacén de análisis de macrodatos para servir aplicaciones y paneles de análisis casi en tiempo real. Dado que este patrón sirve a los casos de uso analítico y operativo, los datos se pueden enrutar a Azure Data Explorer y Cosmos DB en paralelo, o de Cosmos DB a Azure Data Explorer.

Integre Cosmos DB con Azure Data Explorer mediante la fuente de cambios. Todas las transacciones de Cosmos DB pueden desencadenar una función de Azure a través de esta fuente de cambios. Luego, los datos se pueden transmitir a Event Hub e ingerir en Azure Data Explorer (Microsoft, 2021).

**Figura 18 Arquitectura Azure Data Explorer**



Fuente: Microsoft (2021)

### Características

- Permite incorporar una amplia variedad de datos de streaming de flujo rápido como registros, eventos de negocio y actividades de usuario de diversos orígenes, como Azure Event Hub, Azure IoT Hub o Kafka.

- Procesa datos en tiempo real mediante Azure Functions o Azure Stream Analytics.
- Almacena en Cosmos DB mensajes JSON transmitidos para atender una aplicación operativa en tiempo real.
- Permite incorporar datos en Azure Data Explorer con baja latencia y un rendimiento elevado mediante sus conectores para Azure Event Hub, Azure IoT Hub y Kafka, entre otros. Como alternativa, ingiera los datos con Azure Storage (Blob o ADLS Gen2), que usa Azure Event Grid y desencadena la canalización de la ingesta en Azure Data Explorer. También puede exportar los datos continuamente a Azure Storage en formato Parquet comprimido con particiones y consultar con facilidad esos datos como se detalla en la introducción a la exportación continua de datos.
- Desde Azure Functions, las API de Azure Digital Twins (ADT). ADT se usa para almacenar modelos digitales de entornos físicos. Este servicio transmite datos a Event Hubs, que posteriormente se ingieren en Azure Data Explorer.
- Obtiene información de los datos almacenados en Azure Data Explorer por cualquiera de los métodos siguientes:
- Permite crear una aplicación de análisis personalizada que invoque las API que exponen ADT y Azure Data Explorer para combinar los datos de ambos orígenes.
- Permite Crear paneles de análisis casi en tiempo real con paneles de Azure Data Explorer, Power BI o Grafana.
- Crea y programe alertas y notificaciones mediante el conector de Azure Data Explorer para Azure Logic Apps.
- Analiza los datos mediante la interfaz de usuario web de Azure Data Explorer, Kusto.Explorer o cuadernos de Jupyter Notebook

**Fuente:** Microsoft (2021)

Azure Data Explorer proporciona funcionalidades de análisis avanzado nativas para el análisis de series temporales, reconocimiento de patrones, detección de anomalías y previsiones y aprendizaje automático. Azure Data Explorer también está perfectamente integrado con los servicios de Machine Learning, como Databricks y Azure Machine Learning. Esta integración le permite crear modelos con otras herramientas y servicios, y exportar los modelos de Machine Learning a Azure Data Explorer para puntuar los datos (Microsoft, 2021).

## **IBM**

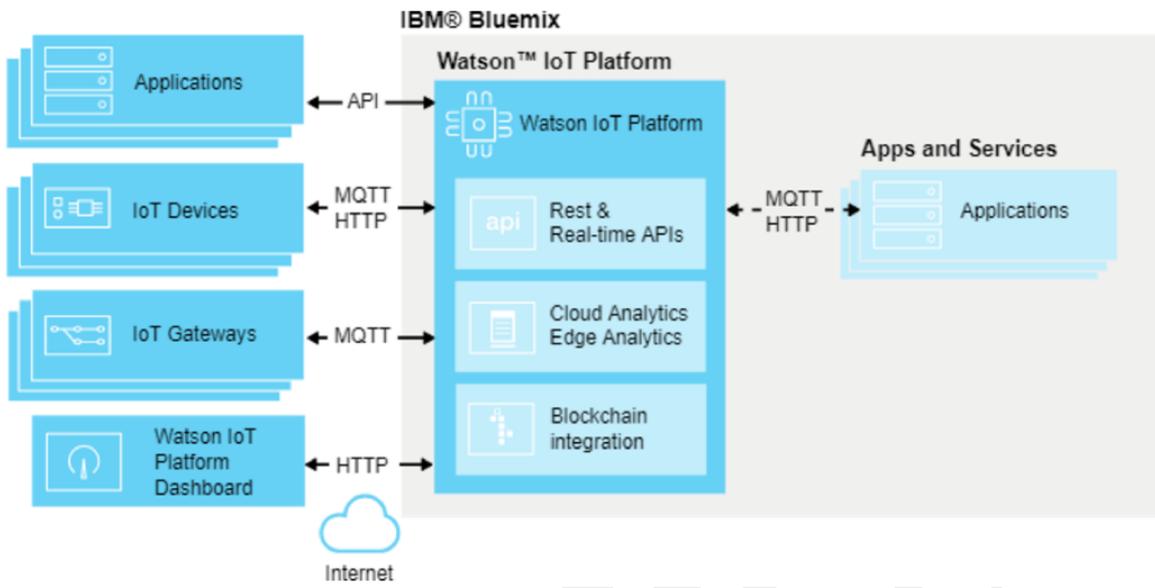
La plataforma IBM Watson es la encargada de gestionar los dispositivos para una solución IoT, permitiendo registrar dispositivos para luego poder almacenar y acceder a los datos de los mismos, proporcionando siempre una conexión segura desde el dispositivo a la plataforma y desde la plataforma al dispositivo, utilizando los protocolos MQTT<sup>6</sup> y TLS. Esta plataforma es un servicio disponible dentro de IBM Bluemix. Gracias a esto se puede integrar con otros servicios, como por ejemplo servicios para el análisis y almacenamiento de datos, desarrollo de app, etc., alojados en Bluemix (Codeguru,2021).

Watson IoT es una plataforma segura, inteligente y escalable como concentrador de IoT, que permite obtener un análisis en tiempo real de los datos generados por el sistema, máquinas y usuarios, incluyendo voz, vídeo de texto y opinión en las redes sociales. Necesita conocimientos contextuales para obtener aplicaciones de IoT cognitivas. Igual permite administrar las aplicaciones y dispositivos dentro de un ecosistema de IoT mediante el reconocimiento de patrones de uso y rendimiento y la detección de anomalías, así como la validación de datos y transacciones de IoT (IBM, 2021).

### **Figura 19 Arquitectura IBM IoT**

---

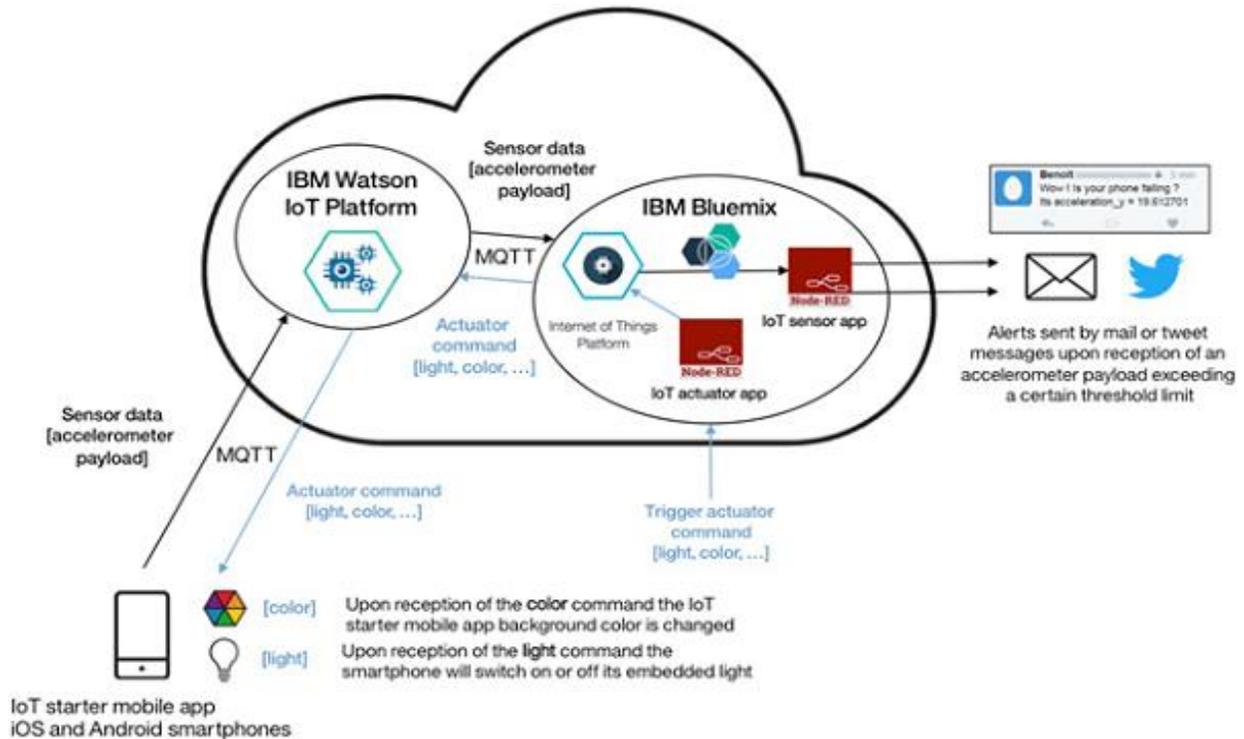
<sup>6</sup> El MQTT (Message Queue Telemetry Transport) es un protocolo de IBM destinado a mejorar la conectividad M2M (Machine to machine)



Fuente: Codeguru (2021)

BORRADOR

**Figura 20 Comunicación los dispositivos con IBM Watson IoT Platform a través de MQTT**



**Fuente:** Codeguru (2021)

Cuando se leen los datos del sensor, se transmiten a IBM Watson IoT Platform utilizando el protocolo MQTT a través de la red admitida. Por lo general, convierte los datos a un formato como la notación de objetos de JavaScript en lugar de enviar los datos sin procesar a través de MQTT utilizando la biblioteca cliente del dispositivo. El dispositivo puede conectarse directamente a Internet y a IBM Watson IoT Platform mediante Wi-Fi o una conexión Ethernet, o puede conectarse a una puerta de enlace Intel que luego se conecta a IBM Watson IoT Platform (Codeguru, 2021).

### **Costo y concesión de licencias de plataformas y soluciones de IoT**

Según Codeguru (2021), Watson IoT Platform ofrece tres modelos de precios: seguridad gratuita, estándar y avanzada.

El modelo gratuito incluye:

- Hasta 500 dispositivos registrados y un máximo de 200 MB de cada métrica de datos
- Máximo de 500 dispositivos registrados
- Máximo de 500 enlaces de aplicación
- Máximo de 200 MB de cada uno de los datos intercambiados, datos analizados y datos de borde analizados

El modelo estándar abarca:

- El nivel gratuito de 200 MB cada uno de los datos intercambiados, los datos analizados y los datos de borde analizados por mes sin costo alguno. Por encima de la cuota gratuita, las tres métricas están escalonadas por uso en MB.
- Cargo por MB de datos intercambiados
- Cargo por MB de datos analizados
- Cargo por MB de datos de borde analizados

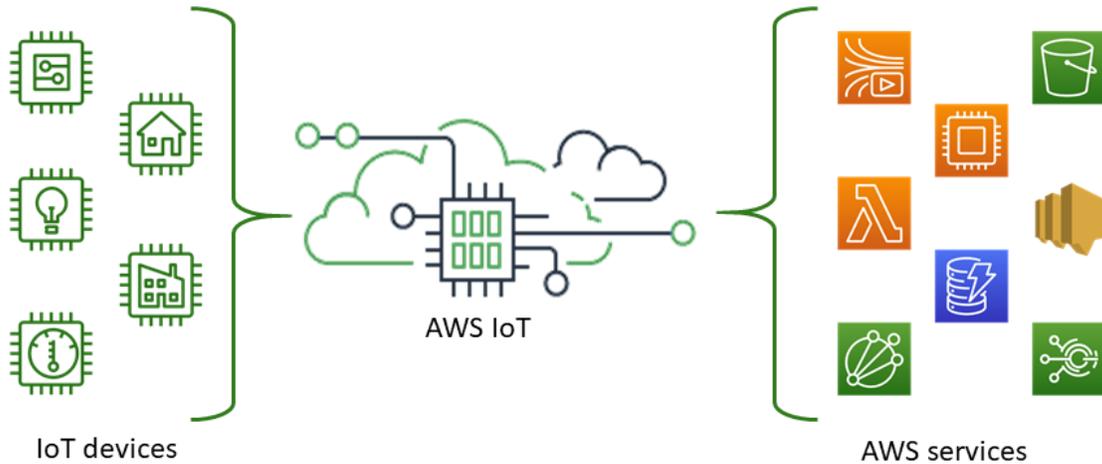
El modelo de seguridad avanzada incluye:

- El nivel gratuito de 200 MB cada uno de los datos intercambiados, los datos analizados y los datos de Edge analizados, al igual que para el Plan Estándar.

## **AWS IoT**

A WS ofrece servicios y soluciones del Internet de las cosas (IoT) para conectar y administrar miles de millones de dispositivos. Recopile, almacene y analice los datos de IoT de las cargas de trabajo industriales, de consumo, comerciales y automotrices. AWS IoT Core permite conectar dispositivos a servicios de AWS y a otros dispositivos, proteger datos e interacciones, procesar y actuar sobre datos de dispositivos y habilitar las aplicaciones para que interactúen con dispositivos, aunque no estén conectados. Esto permite producir dispositivos de bajo costo con Alexa integrada (Amazon Web Services, 2021).

**Figura 21 Plataforma IoT Amazon Web Services**



**Fuente:** Amazon Web Services (2021)

AWS IoT se integra directamente con otros servicios que brinda Amazon como por ejemplo Amazon S3 (para almacenamiento escalable en la nube), Amazon DynamoDB (provee el manejo de bases de datos no SQL), Amazon Kinesis (para el procesamiento en tiempo real de los datos de streaming a gran escala), AWS Lambda, Amazon Simple Notification Service y Amazon Simple Queue Service. Es posible hacer que las aplicaciones se comuniquen directamente con los dispositivos conectados usando el gateway para dispositivos o el motor de reglas en AWS IoT, de tal forma que no requiera usar el registro ni las sombras de los dispositivos. Sin embargo, se recomienda su uso porque ofrecen una experiencia de desarrollo y administración más rica y estructurada.

AWS IoT permite seleccionar las tecnologías más adecuadas y actualizadas para su solución. Para ayudarle a administrar y dar soporte a sus dispositivos IoT en el campo, AWS IoT Core soporta estos protocolos:

- MQTT (Message Queue Server y transporte de telemetría)
- MQTT sobre WSS (Websockets Secure)
- HTTPS (Protocolo de transferencia de hipertexto - Seguro)
- LoraWan (Red de área amplia de largo alcance)

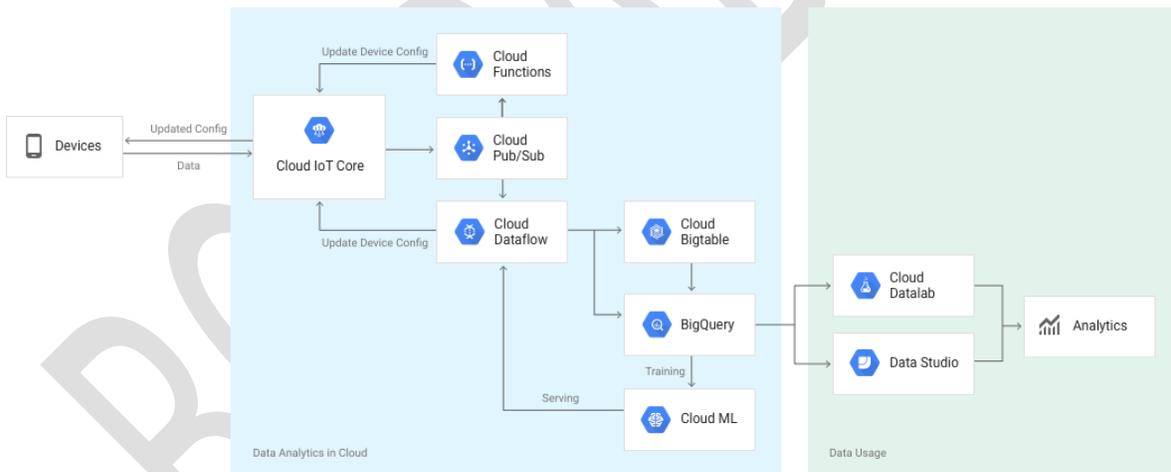
Los precios dependen del número de mensajes publicados en AWS IoT (costo de publicación) y el número de mensajes enviados por AWS IoT a dispositivos o

aplicaciones (costo de envío). La capa gratuita de AWS IoT permite comenzar con 250.000 mensajes gratuitos (publicados o enviados) al mes durante 12 meses. El costo es de U\$ 5 por millón de mensajes, si se trata de grandes volúmenes de mensajería pueden existir precios personalizados.

### Google IoT

Cloud IoT Core es un servicio completamente administrado que permite conectar, administrar y transferir datos de manera fácil y segura desde millones de dispositivos si se requiere. Si se combina Cloud IoT Core con otros servicios de la plataforma de Cloud IoT, se puede implementar una solución completa para recopilar, procesar, analizar y visualizar datos de la ciudad inteligente en tiempo real. Con esta plataforma se puede implementar soluciones bidireccionales de respuesta rápida y por medio de flujos de datos se puede automatizar las reglas de negocio que dependiendo de las mediciones active acciones automáticas o mensajes para tomar acciones manuales.

### Ilustración 1 Arquitectura Google IoT Core



**Fuente:** Google Cloud (2021)

Google cuenta con un modelo que cobra por MB de mensajes, de 250 MB a 250 GB U\$0.0045, de 250 GB a 5 TB U\$0.0020 y a partir de 5 TB U\$0.00045

Conforme a lo anterior, criterios y experiencia de la entidad el proveedor de servicios PaaS más recomendable es Google Cloud Platform dado que reúne todas las capacidades y componentes necesarios para la implementación de una ciudad inteligente.

## Conclusión

A lo largo de esta capa se habla sobre el proceso de soporte de datos y servicios, que se subdivide en tres partes fundamentales. La primera parte, hace referencia al acceso de los datos a través de entornos denominados Data Lakes, que se clasifican como fuentes al acumular grandes cantidades de datos heterogéneos, producto del funcionamiento de distintos sistemas de recolección dentro de las ciudades inteligentes. Los data lakes actúan como actores fundamentales para la posterior gestión de grandes bloques de datos generados de diferentes fuentes, siendo así un punto de convergencia dentro de la purificación y posterior uso de los datos.

La segunda parte de esta capa busca combinar la gestión adecuada de los datos con sistemas óptimos de administración de los servicios para brindar mejores resultados. Aquí se tienen en cuenta distintas tecnologías de gestión del servicio y las dinámicas que deben seguir los proveedores de estas tecnologías optimizando las actividades dentro del desarrollo de los datos. Esta parte es un puente entre el acceso a los datos y la integración de estos.

La última parte de esta capa se define como integración de datos y hace referencia a la generación de datos muchos más consistentes, bajo ciertos criterios de calidad y listos para su posterior utilización dentro de la siguiente capa. Esta parte podría definirse como el resultado final de la cuarta capa del modelo, ya que concreta a través de un portafolio de tecnologías la manera en que se presentaran los datos para su posterior uso en la siguiente capa. Es importante resaltar el hecho que durante toda la capa de referenciaron los principales prestadores de los servicios mencionados con la intención de hacer una guía para la su aplicación dentro del proyecto de Calinteligente.

### 2.1.2.5. Capa 5: Smart application

Las aplicaciones en las ciudades inteligentes son de gran importancia, pues con ellas se toman las decisiones inteligentes para superar los problemas o situaciones complejas de las ciudades. Después de realizar diferentes operaciones, los datos son procesados y utilizados en diferentes aplicaciones. Basados en los resultados obtenidos del procesamiento de datos, se toman decisiones inteligentes y se proporcionan servicios inteligentes a los ciudadanos. Las aplicaciones se clasifican de acuerdo con su utilidad práctica en sectores como: seguridad, tráfico, salud, eficiencia energética, etc. (Malik & Shah, 2017).

El modelo Calinteligente tiene como objetivo promover una estrategia de desarrollo de ciudad inteligente que oriente la transformación estructural del territorio y el posicionamiento nacional e internacional del Distrito de Santiago de Cali. Por consiguiente, se proponen cinco dimensiones que pretenden abarcar las problemáticas con mayor preponderancia en la ciudad. Las dimensiones del modelo Calinteligente se definen de la siguiente manera (Fundación Universidad del Valle, 2021):

- **Seguridad inteligente:** En una ciudad inteligente se utilizan las tecnologías de la información y la comunicación para detectar y prevenir conductas delictivas no deseadas, la identificación y autenticación de infractores, la automatización e integración de sistemas de seguridad existentes y la predicción de amenazas o delitos (Laufs et al., 2020).
- **Movilidad inteligente:** En una ciudad inteligente los sistemas de transporte son integrados y apoyados por las tecnologías de la información y la comunicación, promueven la movilidad compartida, en función de la demanda, se priorizan las opciones limpias y facilita información relevante y en tiempo real al usuario para mejorar la eficiencia de los desplazamientos, ahorrar costos, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, mejorar los servicios y proporcionar retroalimentación a los ciudadanos (Arena et al., 2020).
- **Calidad de vida inteligente:** Una ciudad inteligente ofrece un entorno mediado por las tecnologías de la información y la comunicación que contribuyen a promover la educación, la salud y la construcción de sistemas avanzados de servicios públicos con menores huellas de carbono basados en nueva

estrategia de distribución y consumo impactando directamente el bienestar de los ciudadanos (Kim et al., 2021).

- **Gobernanza inteligente:** Una ciudad inteligente cuenta con una estructura de gobernanza conjunta que vincula e integra organizaciones públicas, privadas, académicas y civiles utilizando herramientas TIC's (infraestructuras, hardware y software), habilitadas por procesos inteligentes, interoperabilidad y alimentadas por datos (The European parliament, 2014). Además, la planificación urbana se puede simplificar, mientras que la gestión de multitudes y las respuestas efectivas a problemas de emergencia también son de gran interés (Moustaka & Vakali, 2018).
- **Desarrollo sostenible inteligente:** Una ciudad inteligente utiliza las tecnologías de la información y la comunicación para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras en los aspectos económicos, sociales y medioambientales (Patiño, 2014).

A continuación, se presentan algunos casos de éxito de aplicaciones en ciudades inteligentes por cada una de las cinco dimensiones que se presentan en el modelo de Calinteligente:

BORRADOR

## Calidad de vida inteligente - The Danish Outdoor Lighting Lab (DOLL) – Copenhague, Dinamarca

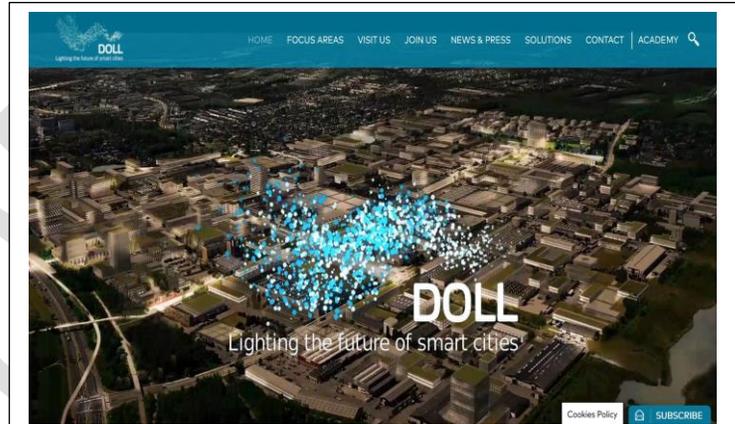
### Descripción:

DOLL es producto de una asociación entre CISCO y TDC. Es el “Street Lab” para exteriores líder en el mundo, ubicado en el centro de Copenhague, que incluye más de 40 soluciones de iluminación exterior, así como múltiples soluciones de detección ambiental, de residuos y de estacionamientos, que convergen en más de 10 Km de carretera.

### Características:

DOLL se ve reforzada por la plataforma digital Smart + Connected de Cisco. Esta tecnología conecta la infraestructura de la ciudad a través de una red común y una capa de datos, lo que mejora la efectividad operativa al ser posible monitorear, controlar y optimizar cada solución en tiempo real, para satisfacer las necesidades de los ciudadanos de manera más rápida y sencilla, al tiempo que mejora la productividad, costo eficiencia y calidad de vida.

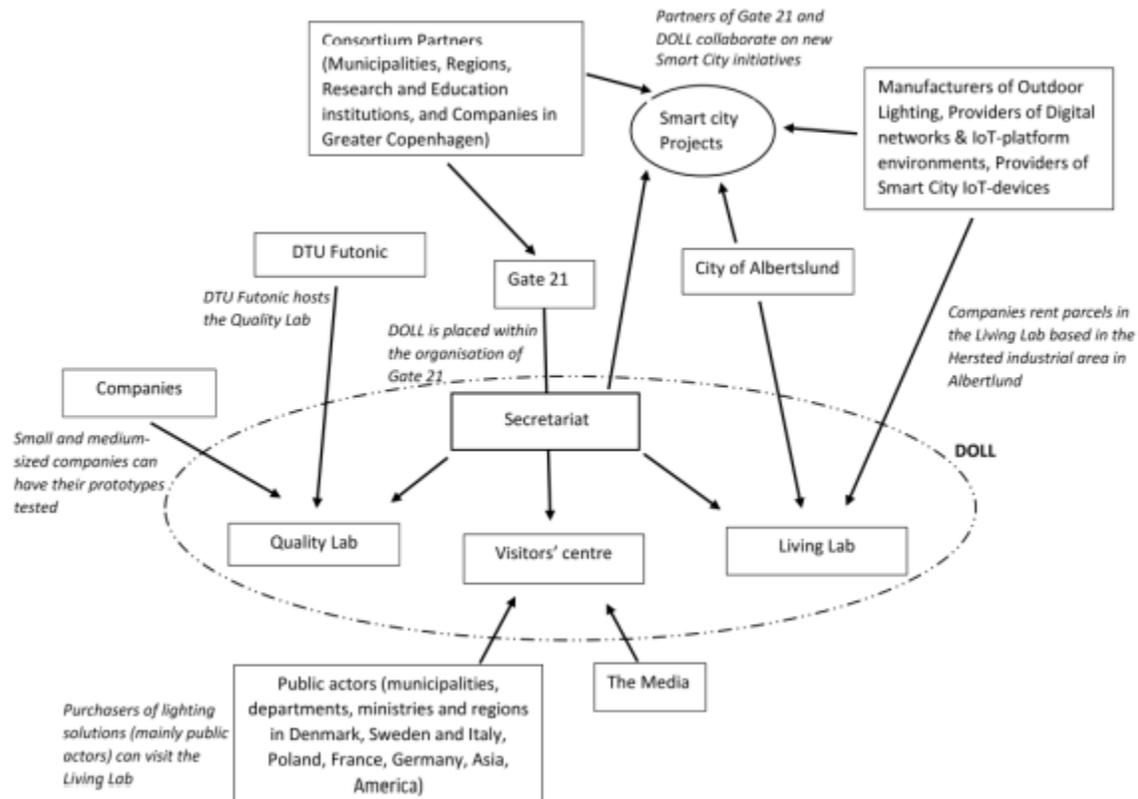
Fuente: CISCO (2019)



Fuente: Sauer (s.f.)

El siguiente gráfico muestra cómo el sistema DOLL es organizado y cómo los diferentes actores (tanto públicos como privados) están integrados.

**Gráfico 1. Organización del sistema DOLL en la ciudad de Albestslund**



**Fuente:** Rackwitz et al (2021)

**Nota:** La ciudad de Albestslund hace parte del área metropolitana de Copenhague, Dinamarca.

## Movilidad inteligente - Glance TravelSafely – Valdosta, Estados Unidos

### Descripción:

Glance TravelSafely™ es una nueva aplicación para celulares inteligentes, desarrollada por Applied Information, que utiliza tecnología de vanguardia para conectar vehículos y hacer que la ciudad sea más inteligente y segura. La ciudad de Valdosta ya ha invertido varios millones de dólares en el desarrollo del Centro de Manejo de Tráfico (TMC, por sus siglas en inglés) para monitorear y controlar todas las 128 intersecciones de la ciudad. Para este propósito, usa el software de Glance.

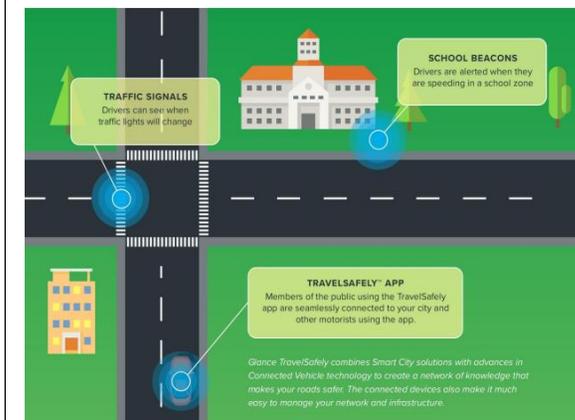
### Características:

El sistema de supervisión de información de Glance conecta las señales de tránsito y vehículos de emergencia para formar un sistema cohesivo y conectado. Las aplicaciones disponibles en el sistema son diversas, entre las que se incluyen: alertas de proximidad de peatones, ciclistas y motoristas; velocidad de los carros, paradas de buses, vehículos de emergencia, luces rojas, zona escolar, alerta de curva, zonas de baja velocidad, etc. En la Figura 22 se presenta la arquitectura de este sistema.

Fuente: City of Valdosta (2020)

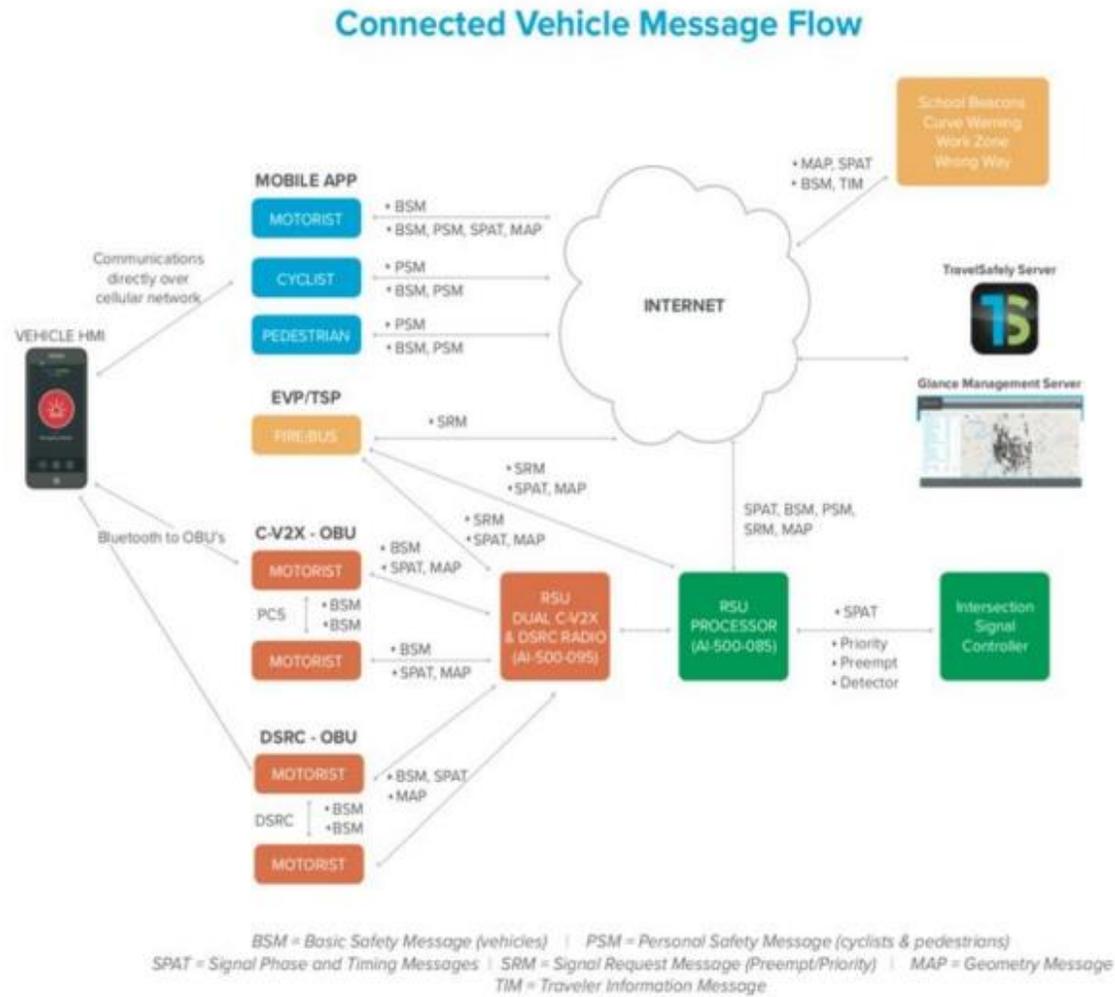


Fuente: City of Valdosta (2020)



Fuente: City of Valdosta (2020)

**Figura 22. Flujo del sistema inteligente de movilidad de Glance TravelSafely**



**Fuente:** City of Valdosta (2020)

## Seguridad inteligente - Hitachi Visualization Platform (HVP) – Austin, Estados Unidos

### Descripción:

En Austin, Texas se está utilizando la plataforma Hitachi Visualization Platform para recopilar, compartir y analizar información. HVP captura la información de las cámaras para monitorear la actividad en tiempo real para áreas específicas de la ciudad, proporcionar evidencia de delitos potenciales y respaldar los objetivos de seguridad pública.

### Características:

- Solución de seguridad pública altamente escalable para toda la ciudad.
- Captura, transcribe, analiza y comprime datos.
- Soporte para vigilancia policial basada en datos y basada en inteligencia.
- Nuevo programa de observación para monitoreo y visibilidad en tiempo real.
- Prepara mejor a los agentes para responder a las llamadas de emergencia.

Fuente: Hitachi (s.f.-a)

# HITACHI

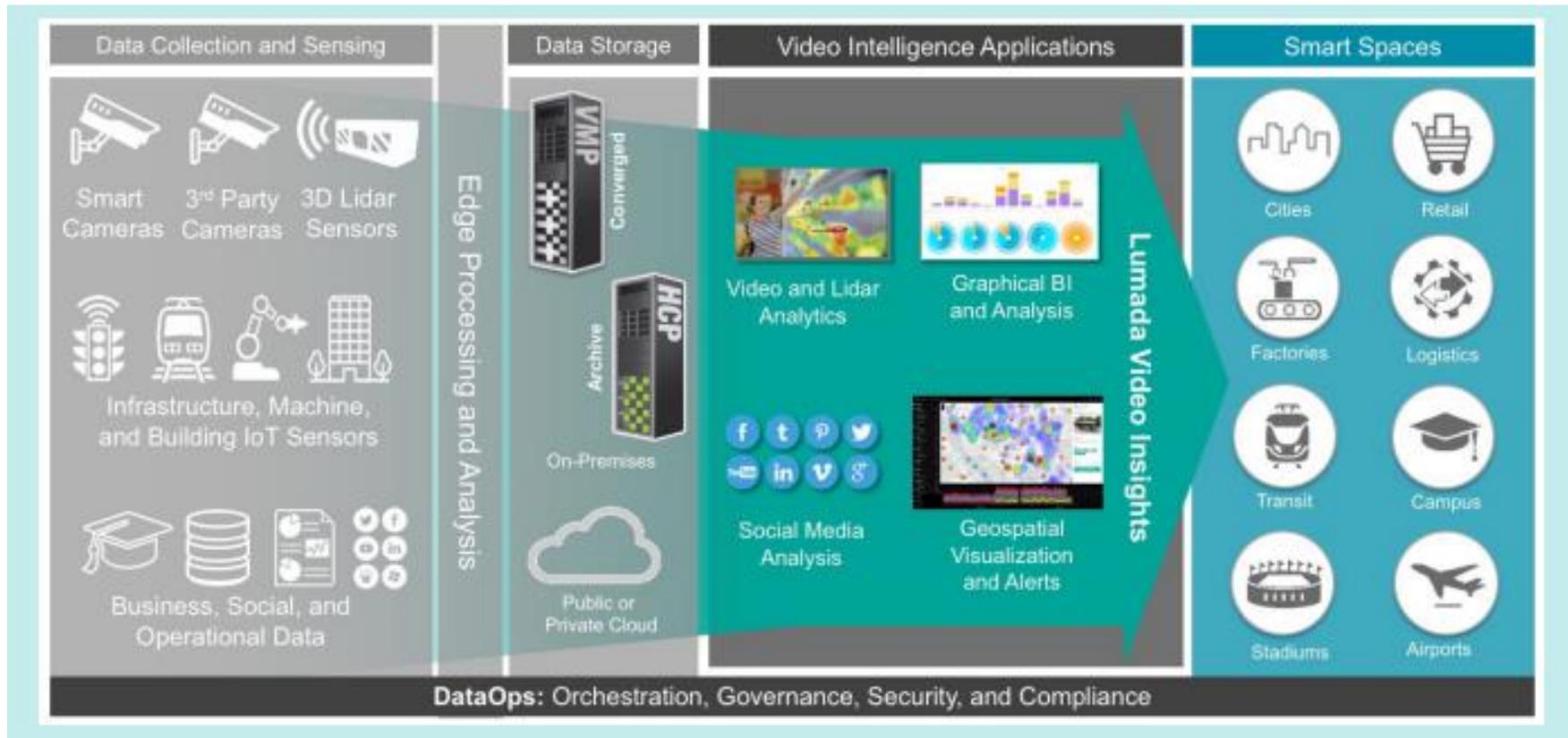
## Inspire the Next

Fuente: Hitachi (s.f.-b)



Fuente: Hitachi (s.f.-b)

**Figura 23. Arquitectura del sistema inteligente de seguridad con cámaras de video de Hitachi**



**Fuente:** Hitachi (s.f.-c)

## Gobernanza inteligente - Solución inteligente de votación Polys - Emiratos Árabes Unidos

### Descripción:

Polys es una solución inteligente para votación en línea (ver anexo # sobre votación electrónica), creada por la multinacional Kaspersky Lab, con sede en Moscú. Polys se basa en la tecnología blockchain para proporcionar la máxima verificabilidad en todos los pasos del proceso de votación. El sistema está diseñado para una variedad de tipos de elecciones: municipales, partidos políticos, organizaciones estudiantiles, etc. Existen varios casos de éxito de esta aplicación, como en el caso de la votación de la Asociación Médica de los Emiratos Árabes Unidos.

### Características:

- Sistema modular para diferentes casos de uso (opción única, opción múltiple, distribución de puntajes, etc.).
- Tecnología blockchain para proporcionar verificabilidad del sistema de votación debido a la inmutabilidad de los datos de blockchain.
- La plataforma blockchain incorpora contratos inteligentes que definen la lógica del proceso de votación.
- Se puede optar por adquirir componentes opcionales como panel organizador y un panel para votantes (interfaz gráfica).

**Fuente:** Kaspersky (s.f.)

# Polys

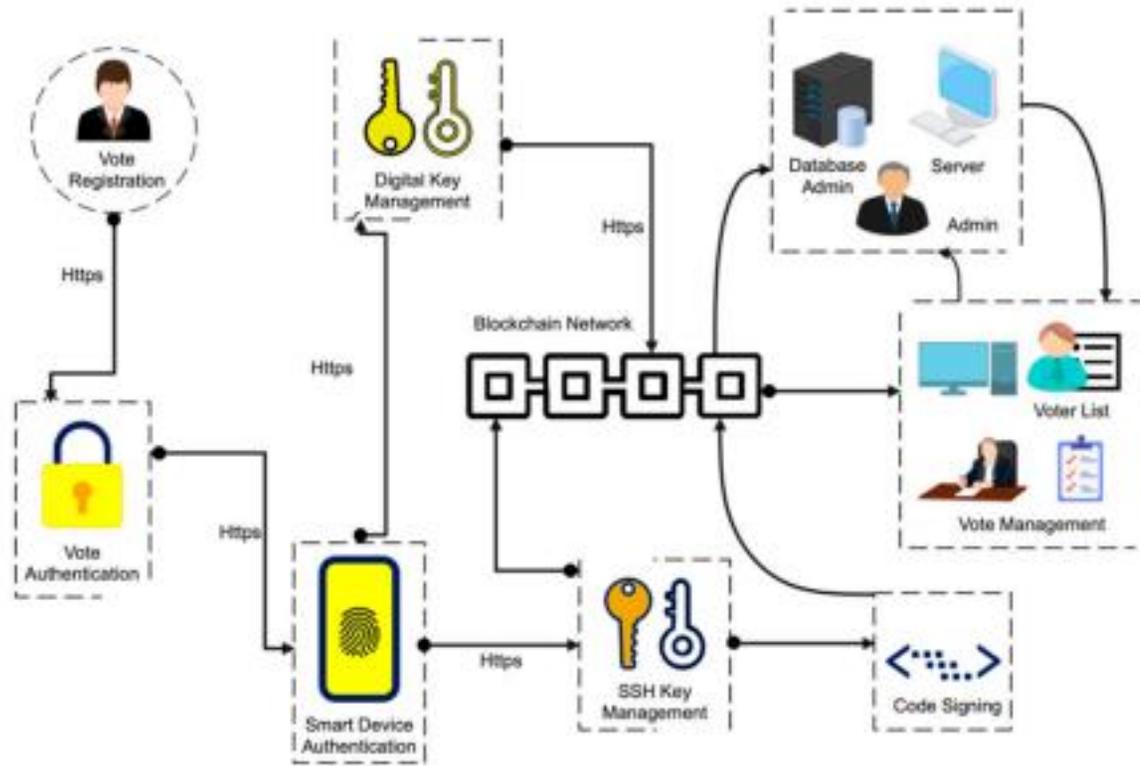
ONLINE VOTING SYSTEMS

**Fuente:** Polys.me



**Fuente:** Polys.me

Figura 24. Arquitectura del sistema de votación electrónica con tecnología blockchain



Fuente: Jafar et al (2021)

**Desarrollo sostenible inteligente - Smart Water System de Sensus -  
Condado de Loudoun. Estados Unidos**

**Descripción:**

El sistema inteligente de agua de la empresa Sensus (una marca la multinacional Xylem) abarca todas las partes del ciclo del agua, desde el abastecimiento, hasta el tratamiento, la entrega, el consumo y la recuperación. En la base del ciclo inteligente del agua se encuentran los datos confiables y solidos que se entregan a través de una red de servicios inteligentes. En el condado de Loudoun, Estados Unidos, se está utilizando este sistema de SENSUS para manejar el servicio del agua (Sensus, s.f.-b).

**Características:**

Con el uso de FlexNet, el cual es una red de servicios inteligentes, es posible recopilar, administrar y analizar los datos a través de una red bidireccional dedicada y confiable. De esta forma, se puede monitorear y optimizar el sistema de agua para brindar un mejor servicio a la comunidad.

**Fuente:** Sensus (s.f.-a)

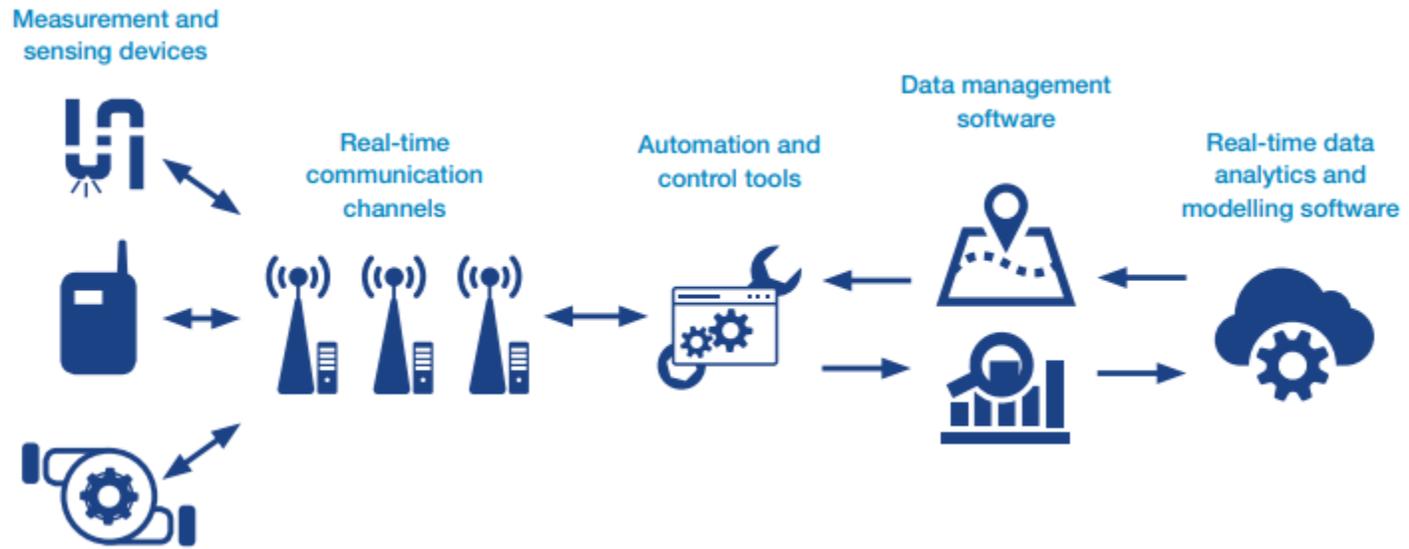


**Fuente:** Sensus (s.f.-b)



**Fuente:** Sensus (s.f.-a)

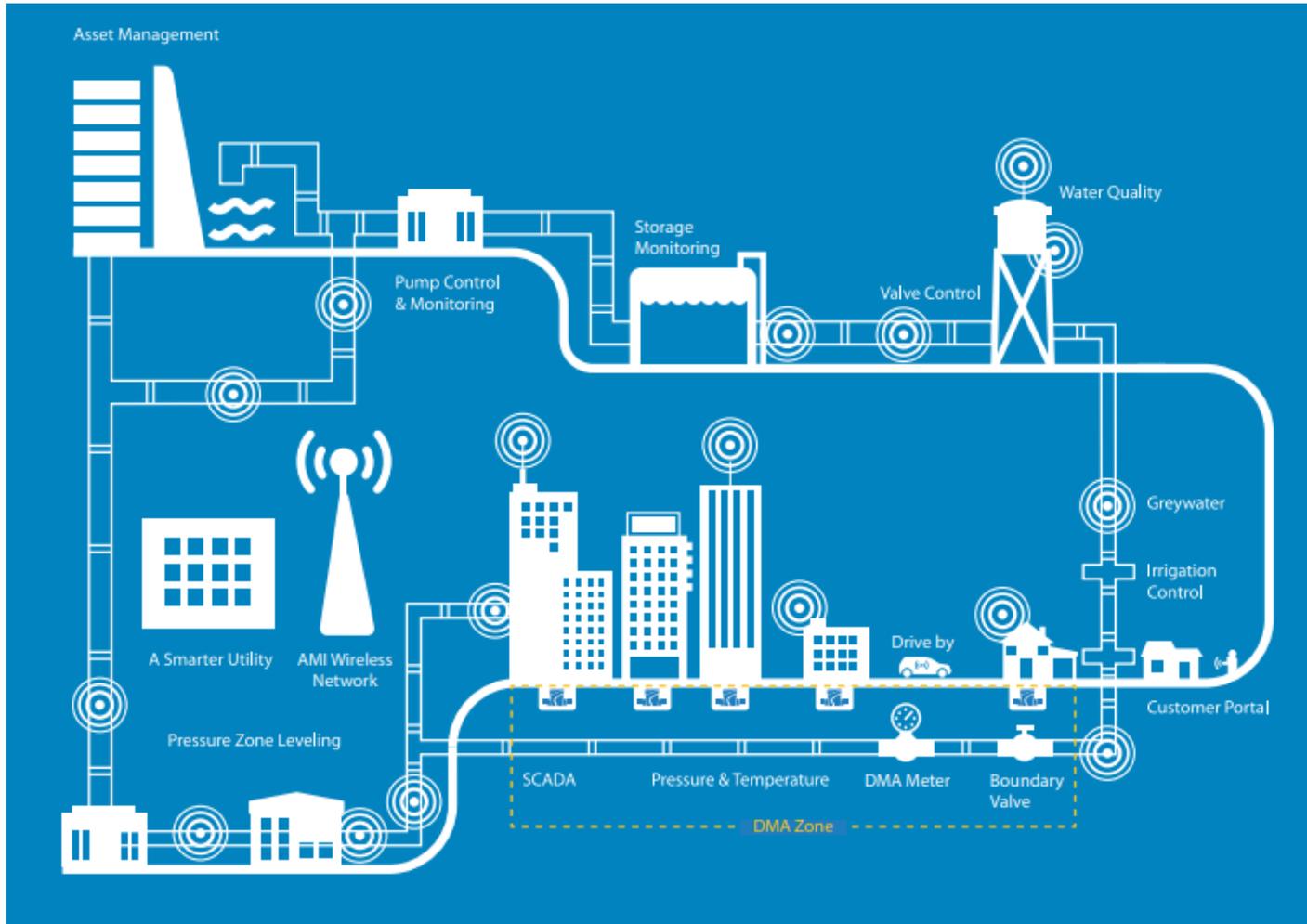
**Figura 25. Red de agua inteligente**



**Fuente:** Sensus (s.f.-c)

BOKUN

**Figura 26. Componentes clave de una red de agua inteligente**

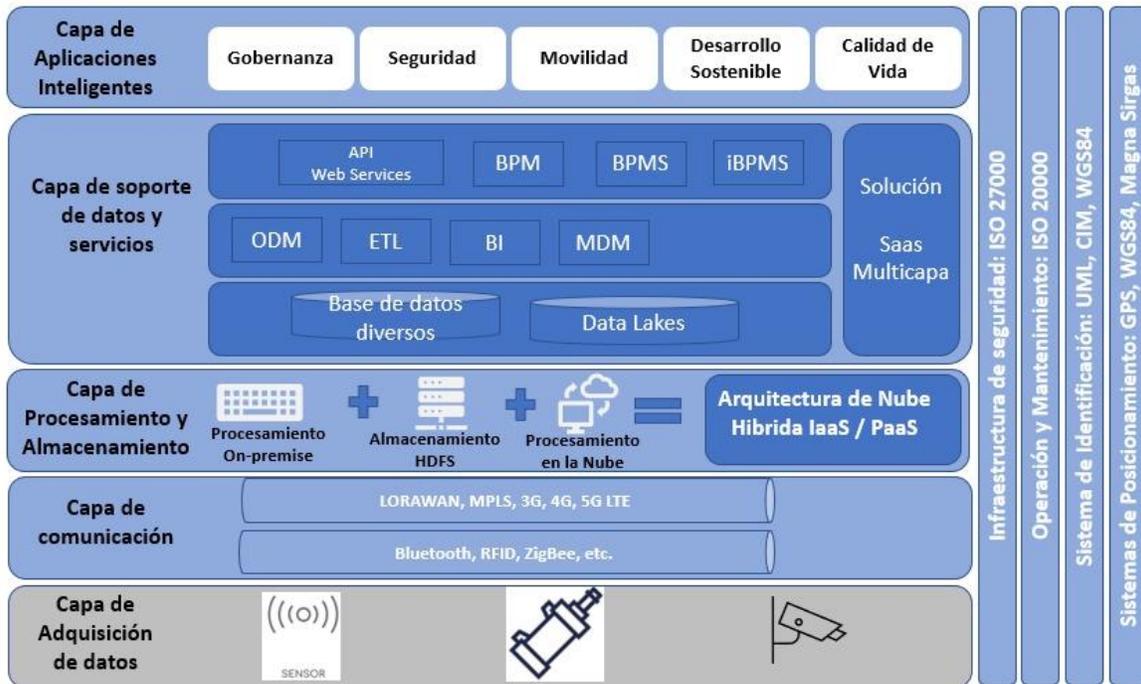


**Fuente:** Sensus (s.f.-c)

Las aplicaciones para ciudades inteligentes se presentan como soluciones a muchos problemas de los sistemas tradicionales de las ciudades (sistema de agua, de seguridad, energía, movilidad, etc.). Por esta razón, se considera que es muy importante que las ciudades se proyecten como ciudades inteligentes y que puedan aprovechar las ventajas que las nuevas tecnologías pueden brindar. Para que esto sea posible, es necesario que las ciudades actualicen su infraestructura para que pueda estar interconectada y beneficiarse de las nuevas tecnologías.

Hay una gran cantidad de aplicaciones para las cinco dimensiones propuestas para el proyecto Calinteligente. En este estudio de vigilancia, se han tomado de referencia algunas aplicaciones que han sido caso de éxito en otras ciudades del mundo: en primer lugar, las aplicaciones pueden ayudar a mejorar el sistema de iluminación de las ciudades si se integran con un sistema de luces con tecnología LED, como en el caso de Copenhague. En segundo lugar, los sistemas de movilidad de las ciudades pueden optimizarse si se integran con aplicaciones similares a las de Gance, que permiten monitorear y controlar las señales de tránsito y muchas otras variables que hacen parte de la movilidad de las ciudades. En tercer lugar, se puede mejorar el sistema de seguridad de las ciudades si se integra la red de cámaras de seguridad a aplicaciones como las de Hitachi. En cuarto lugar, es posible mejorar la seguridad, confiabilidad y eficiencia de los sistemas de votación si se adopta un sistema de votación electrónico con tecnología blockchain. Por último, es posible monitorear y optimizar el servicio de agua si se integra a tecnologías como las de Sensus.

### 2.1.3. Mapa de oportunidades



#### 2.1.4. Mensajes estratégicos

El proyecto de Calinteligente se beneficiaría con la instalación de sensores, actuadores y cámaras que cumplan con requisitos mínimos que garanticen su funcionamiento y eficiencia en la infraestructura de la ciudad inteligente. En el caso de los sensores, algunos de los requisitos mínimos tienen que ver con la alta sensibilidad, bajo consumo, bajo costo y eficiencia de la tecnología. Por otra parte, se requiere que los actuadores utilizados tengan una larga vida útil, sean eficientes y se puedan aplicar en diversas situaciones. Finalmente, se recomiendan cámaras con un campo de visión de 360°, sensores de movimiento y otras características que garanticen su eficiencia e integración a la arquitectura de la ciudad inteligente.

En el caso de las redes, se considera que características como un largo alcance de comunicación, baja latencia, bajo costo y una alta eficiencia en el consumo de energía, son deseables para el proyecto de Calinteligente. Por estas razones, el proyecto se beneficiaría con el uso de tecnologías como la de redes LoRa WAN. Más aun, teniendo en cuenta que esta tecnología está principalmente diseñada para el Internet de las Cosas (IoT).

El almacenamiento y procesamiento es una capa de vital importancia porque captura los datos estructurados y no estructurados que se obtienen de las capas inferiores. Existen dos tipos de almacenamiento y procesamiento en la actualidad: local (on premise) y en la nube. Cada una de estas infraestructuras tienen ventajas y desventajas a tener en cuenta; principalmente, se considera que una de las grandes ventajas de la infraestructura on premise es que los datos sensibles de las organizaciones o instituciones pueden permanecer en el sistema y no tienen por qué ser traspasados a terceros (Guzmán et al, 2020). Por otra parte, el almacenamiento en la nube es la tendencia actual, debido a su bajo costo, agilidad y flexibilidad; mientras que la infraestructura on premise presenta altos costos y gastos de mantenimiento (Gartner, 2020). Sin embargo, se resalta la existencia de una infraestructura intermedio o híbrida, la cual podría aprovechar la ventaja de las dos infraestructuras expuestas anteriormente.

Finalmente, después de capturar los datos, almacenarlos, realizar diversas operaciones y su procesamiento, es cuando esta nueva información es utilizada en diferentes aplicaciones. Basados en estos resultados, se toman decisiones inteligentes y se proporcionan servicios inteligentes a los ciudadanos (Malik & Shah, 2017). En el modelo de Calinteligente se clasifican las aplicaciones en cinco dimensiones, a saber: seguridad inteligente, movilidad inteligente, calidad de vida inteligente, gobernanza inteligente y desarrollo sostenible inteligente (Fundación Universidad del Valle, 2021). El proyecto Calinteligente se podría

beneficiar de tomar de referencia las aplicaciones presentadas en este documento, teniendo en cuenta que son casos de éxito en otras ciudades alrededor del mundo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que existe un gran número de aplicaciones con diversas utilidades para cada capa (manejo de residuos, prevención de desastres, salud inteligente, etc.). Por otra parte, también se debería prestar atención a las ciudades inteligentes referenciadas en este estudio, en donde se presenta información ampliada de su infraestructura y aplicaciones más importantes.

### 3. DEFINICIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE MEJOR APROPIACIÓN PARA LA OPERACIÓN DE LA CIUDAD INTELIGENTE CONSIDERANDO LA INTEROPERABILIDAD COMO LA CARACTERÍSTICA PRINCIPAL DE ACUERDO CON LA LÍNEA BASE

3.1. Clasificación de tecnologías y/o aplicaciones disponibles de los organismos del Distrito de Santiago de Cali

#### Estructura y caracterización de la Gobernanza Inteligente: Alcaldía de Santiago Cali

3.1.1. Dependencias y su respectiva caracterización por componentes

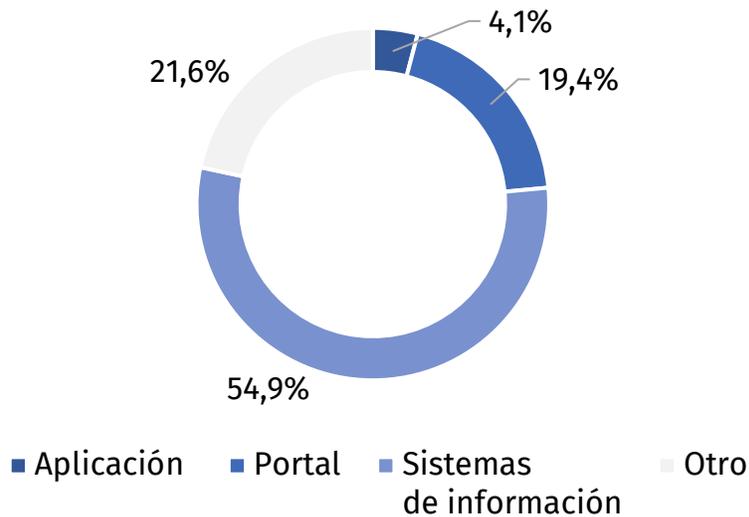
**Tabla 6. Dependencias de la Alcaldía de Santiago de Cali**

DEPENDENCIA
Subdirección de Tecnología Digital
Subsecretaría de atención a la primera infancia
Subsecretaría de Poblaciones y Etnias
Subsecretaría de atención integral a víctimas
Subdirección de Abastecimiento Estratégico
Departamento Administrativo de Control Interno
Subsecretaría de Patrimonio, Bibliotecas e Infraestructura Cultural
Subsecretaría de Artes, Creación y Promoción Cultural
Subdirección de Gestión Estratégica del Talento Humano
Subdirección de Trámites, Servicios y Gestión Documental
Subdirección de Gestión Organizacional
Subdirección de Gestión Integral de Ecosistemas y Unidad Municipal de Asistencia Técnica - UMATA
Subdirección de Gestión de Calidad Ambiental
DAGMA
Subsecretaría Administrativa y Financiera
Subsecretaría de Cobertura Educativa
Subsecretaría de Calidad Educativa
Secretaría de Educación
Subsecretaría de Fomento
Oficina de Comunicaciones

Secretaría de Desarrollo Económico
Subdirección de Catastro Municipal
Subdirección de Impuestos y Rentas Municipales
Subdirección de Tesorería Municipal
Oficina Técnica Operativa de Fiscalización y Determinación de Rentas
Oficina Técnica Operativa de Cobro Coactivo
Contaduría General del Municipio de Santiago de Cali
Subdirección de Finanzas Públicas
Unidad Administrativa Especial de Gestión de Bienes y Servicios
Subdirección de Defensa Judicial y Prevención del Daño Antijurídico
Subsecretaría de Infraestructura y Mantenimiento Vial
Subsecretaría de Servicios de Movilidad
Atención al ciudadano
Subsecretaría de TIOS
Subsecretaría de Promoción y Fortalecimiento de la Participación
Subdirección de Planificación del Territorio
Subdirección de Desarrollo Integral
Subdirección de Espacio Público y Ordenamiento Urbanístico
Secretaría para la Gestión del Riesgo de Emergencias y Desastres
Subsecretaría de Promoción, Prevención y Producción Social de la Salud
Subsecretaría de Inspección, Vigilancia y Control
Subsecretaría de Acceso a servicios de justicia
Subsecretaría de Política de Seguridad
Subsecretaría de Gestión de Suelo y Oferta de Vivienda
Secretaría de Vivienda Social y Hábitat
Subsecretaría de Mejoramiento Integral y Legalización
Concejo de Cali

A continuación, se detallan algunas características de las estructuras de tecnología e información de la alcaldía de Santiago de Cali, donde se ofrece una descripción de los diferentes componentes de este sector comprendiendo las diferentes dependencias de la alcaldía.

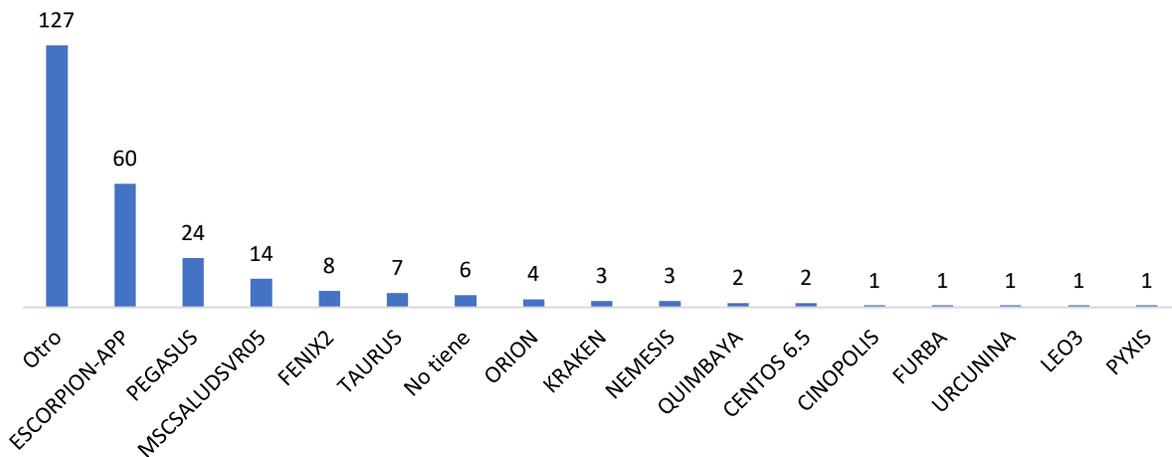
**Gráfico 2. Caracterización por tipo de plataforma.**



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

En este gráfico es apreciable como, de los diferentes tipos de plataformas, el formato portal cuenta con un 19,4%, mientras que el tipo aplicación solo presenta un 4,1%.

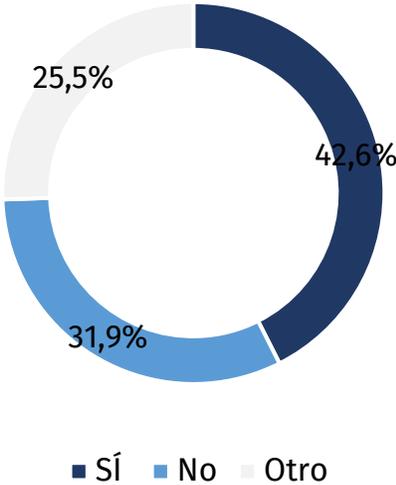
**Gráfico 3. Caracterización por nombre de servidor en la base de datos.**



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

El gráfico de barras presenta como el servidor ESCORPION es el más utilizado entre las diferentes bases de datos de las distintas dependencias de la alcaldía, le sigue en posición el servidor PEGASUS; en contra posición se encuentra el servidor FURBA, LEO3, CINPOLIS y URCUNINA.

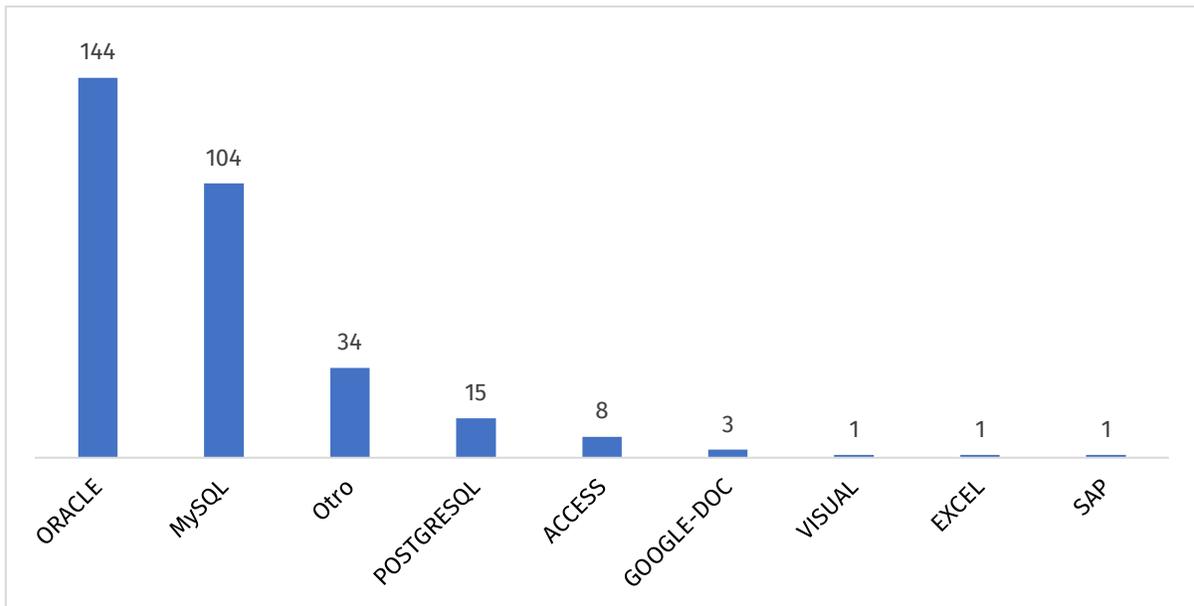
**Gráfico 4. Porcentaje de servidor de base de datos virtual**



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

El gráfico 3 se establece como entre las diferentes dependencias, la mayoría de base de datos cuenta con un servidor virtual; concretamente un 42.6% tienen un sí en servidores de base de datos virtuales.

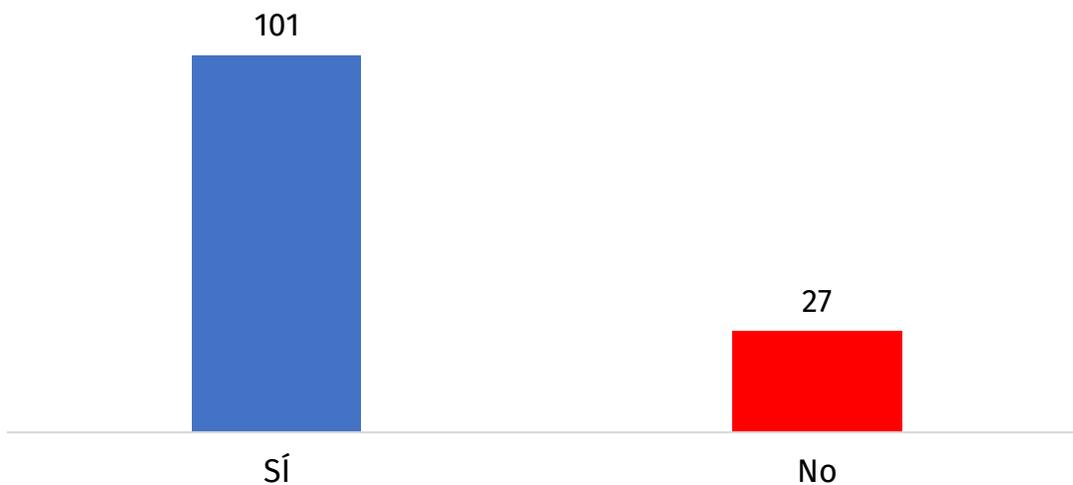
**Gráfico 5. Caracterización por motor de base de datos**



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

El gráfico 4 representa el nivel por motor de base de datos, teniendo el motor ORACLE como el que mayor nivel presenta, seguido de MySQL.

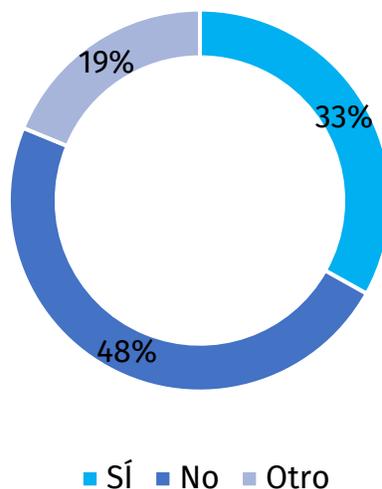
**Gráfico 6 Presencia de código fuente**



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

Los diferentes medios informáticos cuentan con presencia de código fuente, concretamente los medios informáticos que presentan código fuente son 101, mientras los que no solo son 27.

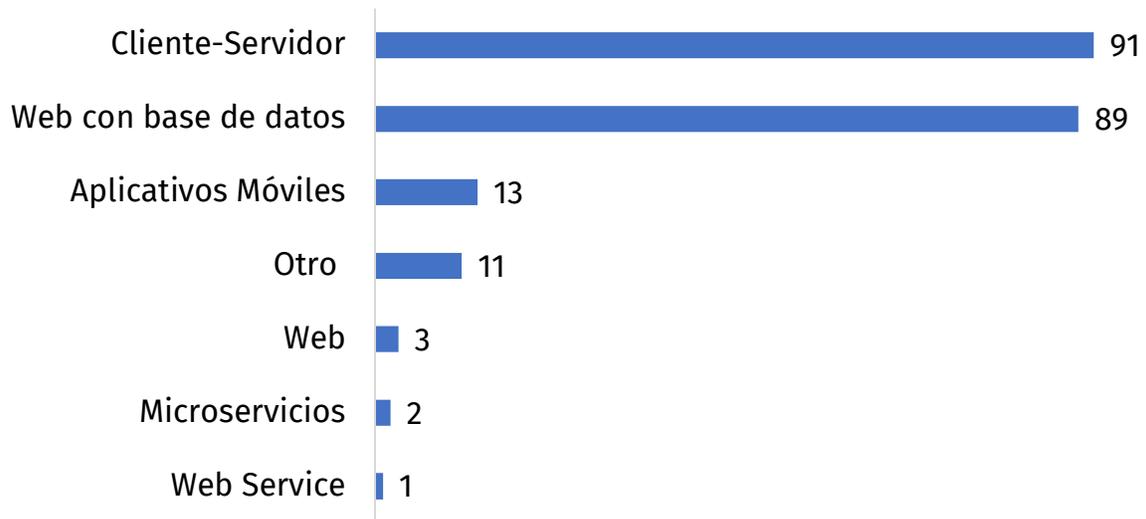
### Gráfico 7. Caracterización por almacenamiento de información de ciudadanos en las bases de datos



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

De las bases de datos de los sistemas de información de las diferentes bases de datos de la alcaldía, el 33% almacena datos de los ciudadanos, en su mayoría las bases de datos no cuentan con almacenamiento de datos de los ciudadanos, teniendo una participación de 48% el no almacenamiento en el total de todas las dependencias de la alcaldía.

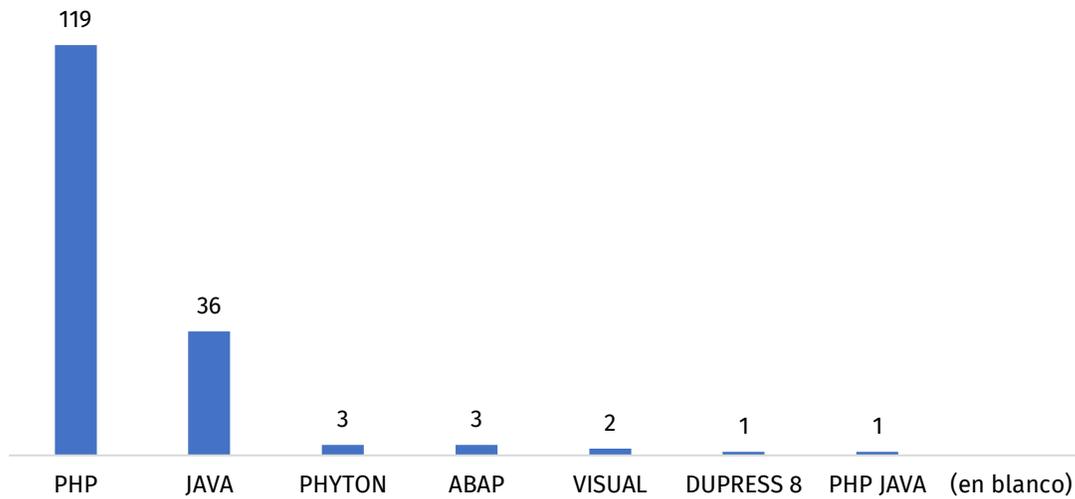
### Gráfico 8. Caracterización por tipo de arquitectura



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

La arquitectura del sistema de información con mayor nivel de participación es la de cliente servidor, seguida de web con base de datos.

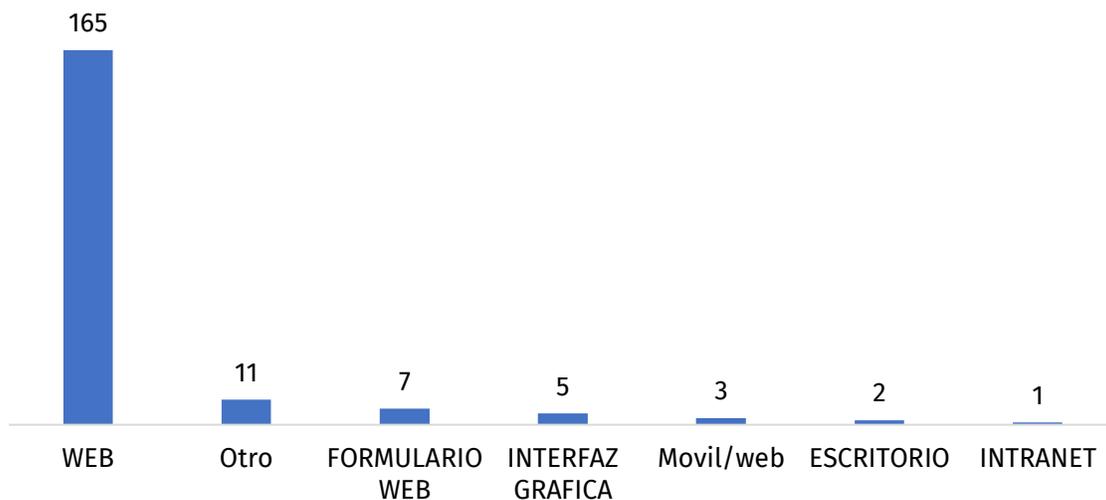
### Gráfico 9. Caracterización por lenguaje de programación



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

El lenguaje de programación más usado en los diferentes sistemas De información con los que cuentan la alcaldía se basa en el lenguaje PHP, seguido del JAVA. El menos usado es el VISUAL y el DUPRESS 8.

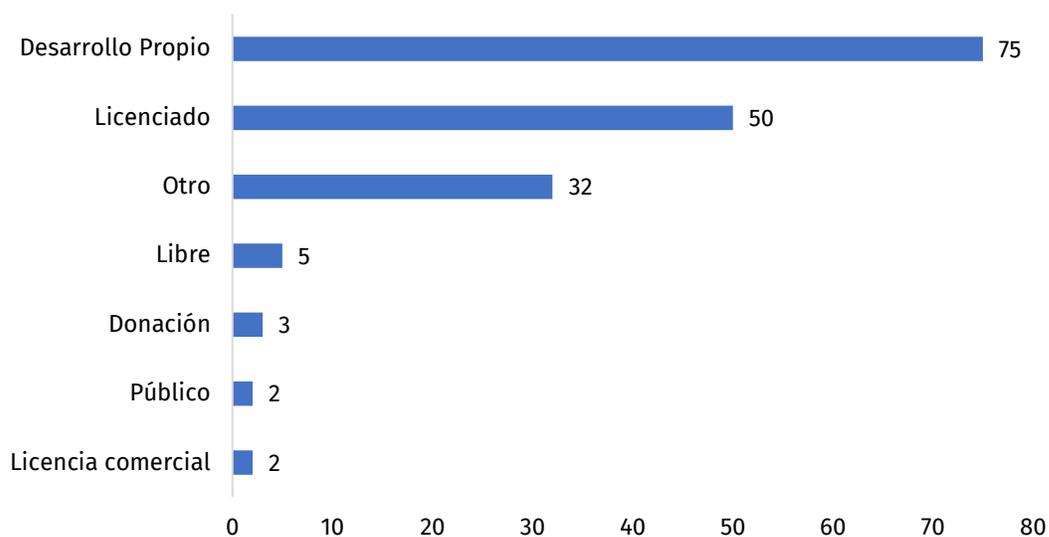
### Gráfico 10 Caracterización por interfaz de acceso



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

La interfaz de acceso con mayor nivel de uso en los diferentes sistemas de información es la web, y la de menor uso es la INTRANET.

### Gráfico 11 Caracterización por clase de licenciamiento

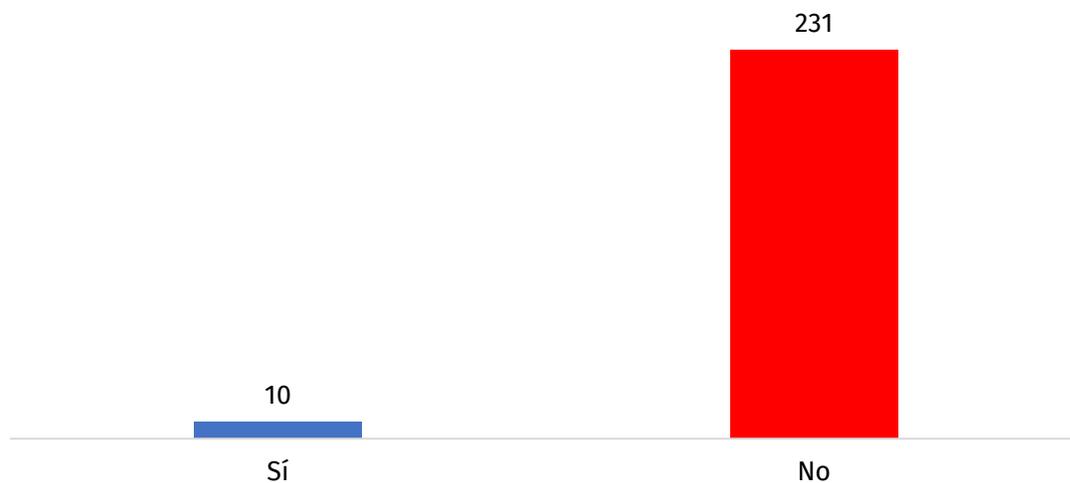


**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

Respecto a la clase de licenciamiento, en su mayoría el licenciamiento es de desarrollo propio, solo 3 son donados, 5 son libres, y 2 son comerciales.

### 3.1.2. Caracterizaciones técnicas de las bases de información

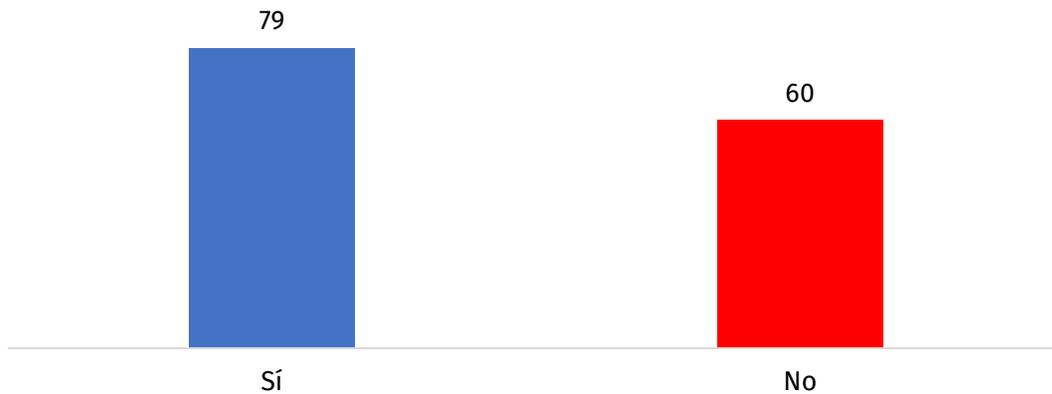
**Gráfico 12. Presencia de acuerdos de niveles de servicio**



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

La presencia de acuerdos de niveles de servicio, solo 10 sistemas de información cuentan con estos, y 231 no lo hacen.

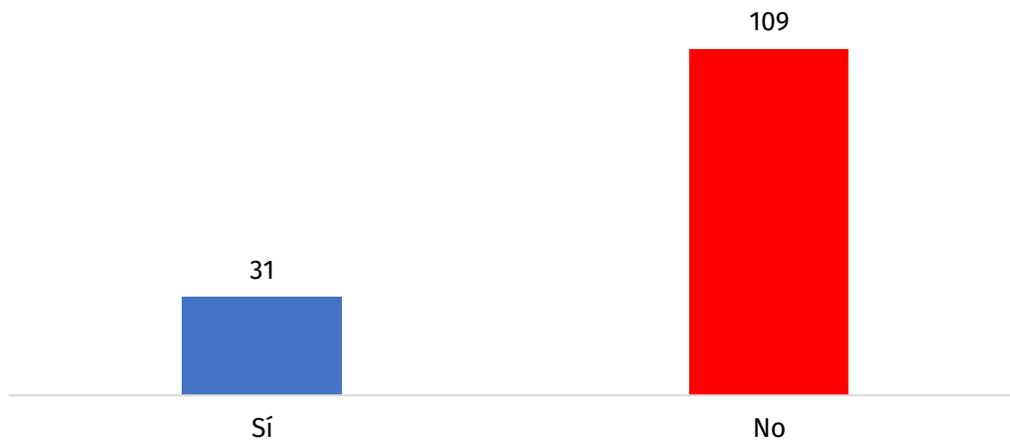
### Gráfico 13. Presentación de independencia en la navegación



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

La mayoría de los sistemas de información cuentan con independencia en la navegación, pero no se alejan muchos en niveles los que no cuentan con ella. Específicamente, 70 cuentan con independencia, mientras s60 no lo hacen.

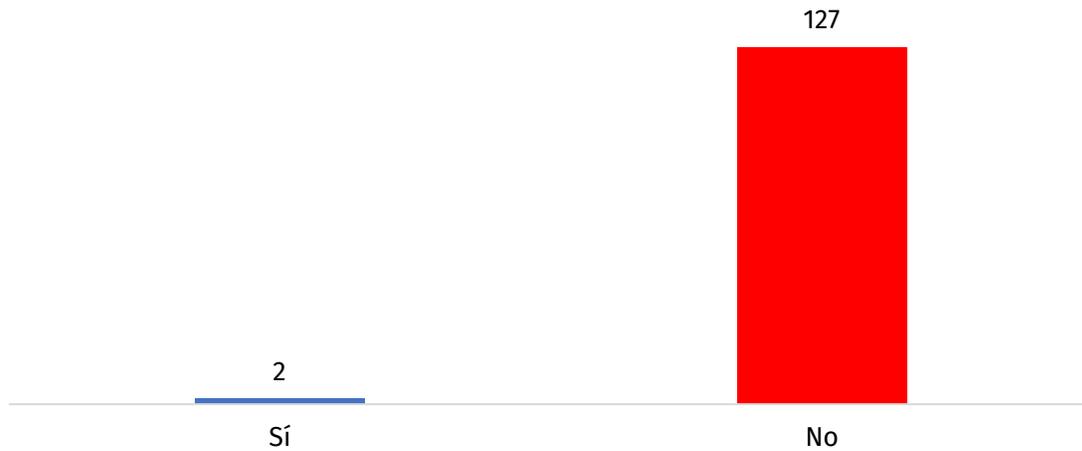
### Gráfico 14. Optimización los contenidos multimedia



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

Gran parte de los sistemas de información no tienen optimizados los contenidos multimedia, solo una pequeña parte que consta de 31 tienen dicha optimización.

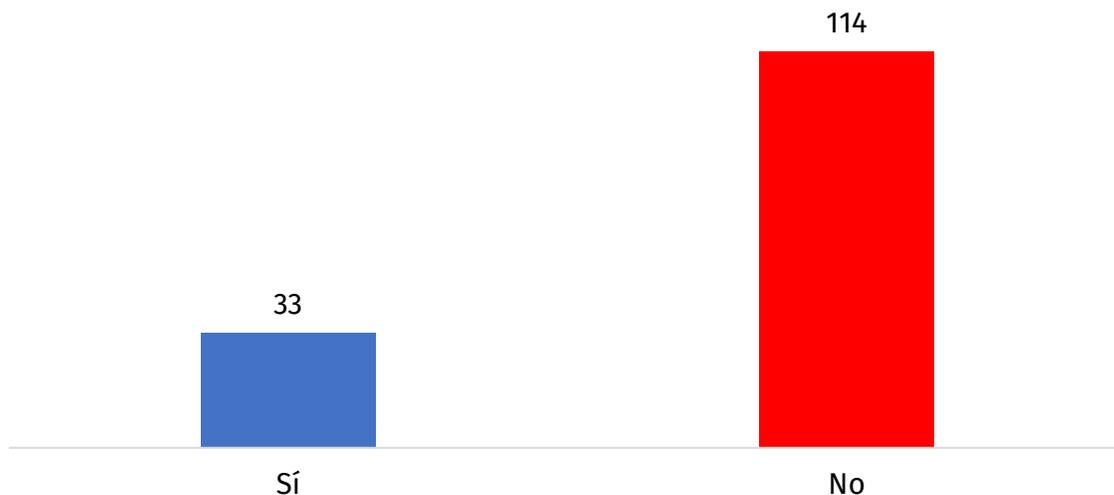
### Gráfico 15. Existencia de documentos de especificaciones no funcionales



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

Es casi nula la existencia de documentos de especificaciones no funcionales en los diferentes sistemas de información, solo dos precisamente cuentan con esto.

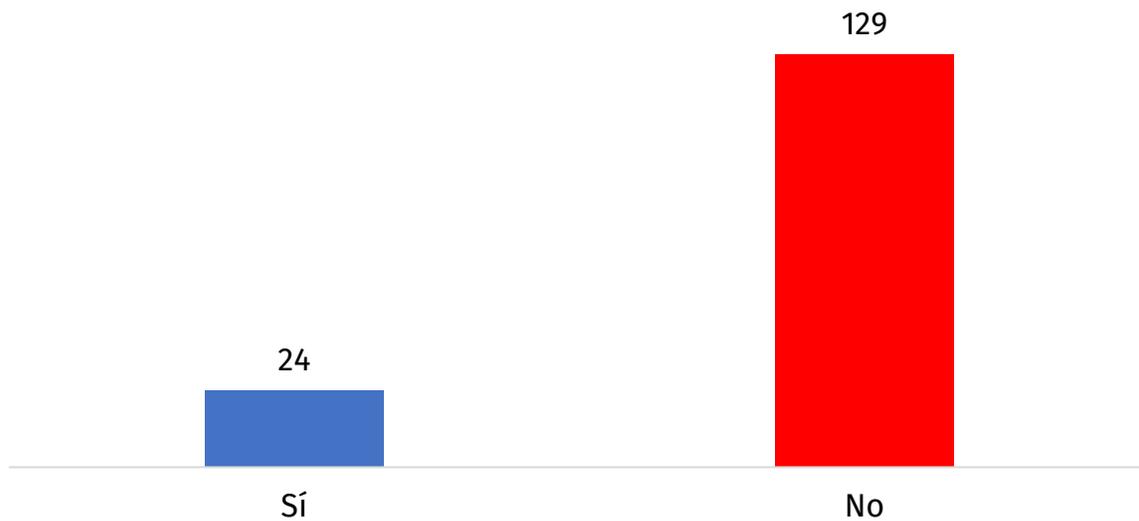
### Gráfico 16. Presencia de apertura de datos



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

Solo 33 sistemas cuentan con apertura de datos, mientras 114 no lo hacen.

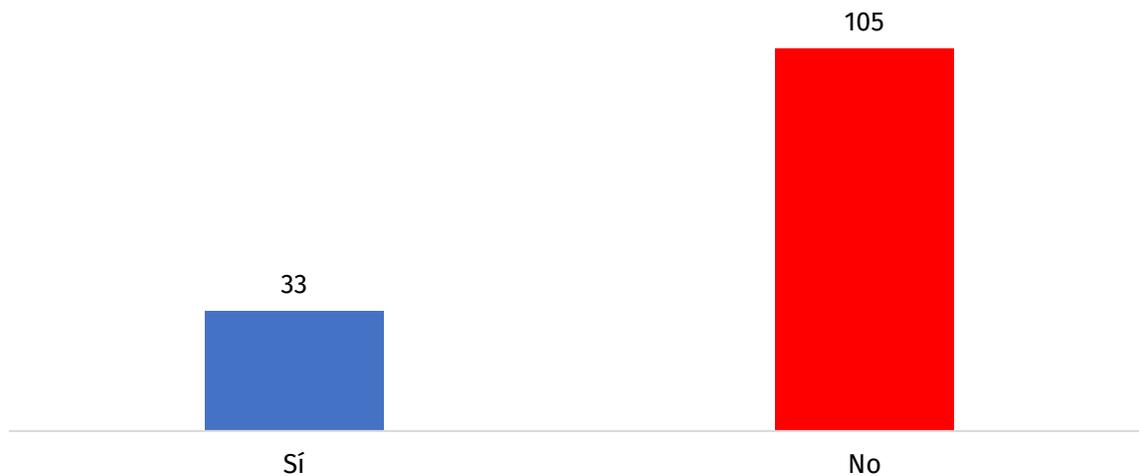
### Gráfico 17. Presencia de interoperabilidad del Estado



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

La mayoría de los sistemas de información no cuentan con de interoperabilidad con sistemas del Estado. En cifras, solo 24 sistemas de información aplican la interoperabilidad, en contraste con 129 que no cuentan con esta.

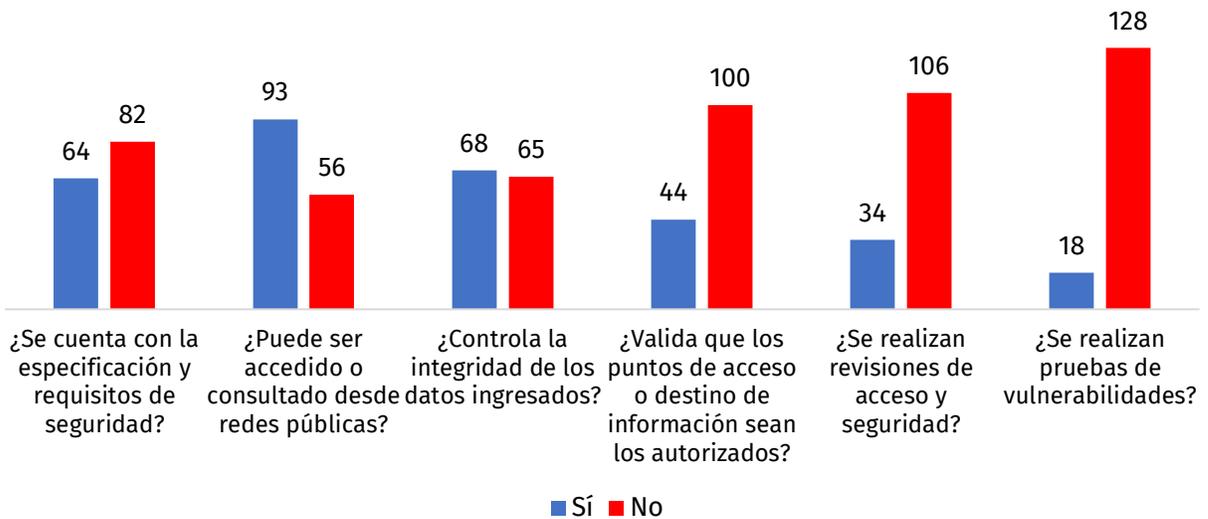
### Gráfico 18. Características de accesibilidad de Gobierno en Línea



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

La accesibilidad de gobierno en línea es baja, pues la mayoría de los sistemas de información no cuentan con esta, solo 33 la presentan, mientras 105 no lo hacen.

**Gráfico 19. Caracterización desde diferentes componentes**

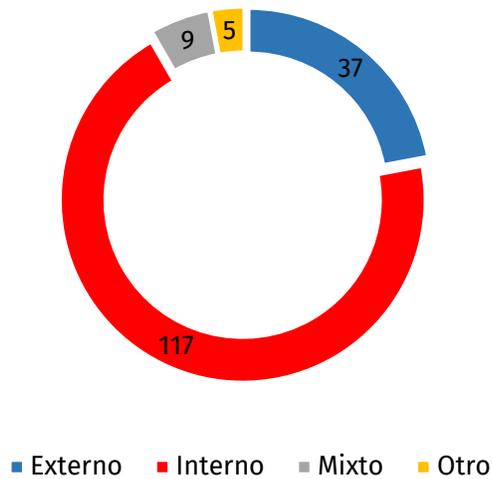


**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

El gráfico 18 aporta información sobre diferentes componentes de los sistemas de información, de estos se destaca que:

- La mayoría de los sistemas de información no cuentan con especificaciones y requisitos de seguridad.
- La mayoría de los sistemas de información pueden ser accedidos desde redes públicas.
- Es mayor el control de integridad, pero no por un nivel considerable con las que no cuentan con este tipo de control.
- Existe poca validación de los puntos de acceso o destino de información.
- Casi no se realizan revisiones de acceso y seguridad entre los diferentes sistemas de información.
- Son muy pocas las pruebas contra vulnerabilidades que se realizan.

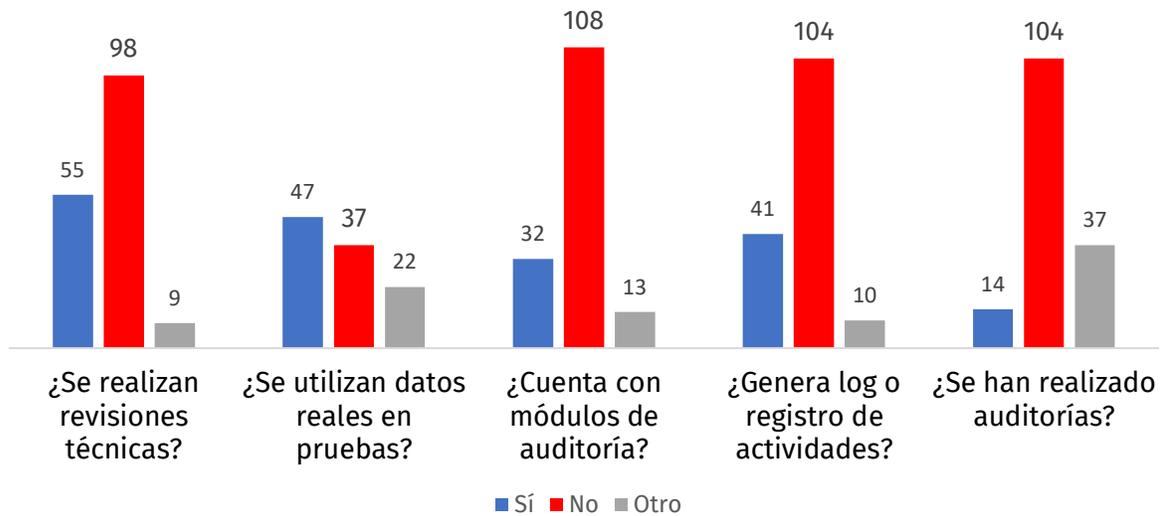
**Gráfico 20. Caracterización por desarrollo del sistema**



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

En su mayoría, los desarrollos de sistemas son internos, algunos externos y otros pocos mixtos.

**Gráfico 21. Caracterización por componentes de revisión técnica & auditoría**



**Fuente:** DATIC, Alcaldía de Santiago de Cali (2021)

Del grafico 20 se destaca que: Los sistemas de información poco cuentan con revisiones técnicas; en su mayoría son usados datos reales en las pruebas técnicas; no se presentan muchos módulos de auditoría; pocas veces se genera registro de actividades y, por último, son muy escasas las auditorías a los sistemas.

De una manera descriptiva de podría decir que, la mayoría de los sistemas de información presentan fallas es su estructura técnica, de control y operacional. Es necesario fortalecer las revisiones de seguridad y soporte técnico. Mejorar la interoperabilidad, la accesibilidad y los procesos de auditoría.

## 3.2. Referenciación de casos exitosos de territorios con tecnologías y/o aplicaciones clave para el desarrollo de las dimensiones del Modelo Calinteligente

### 3.2.1 Introducción

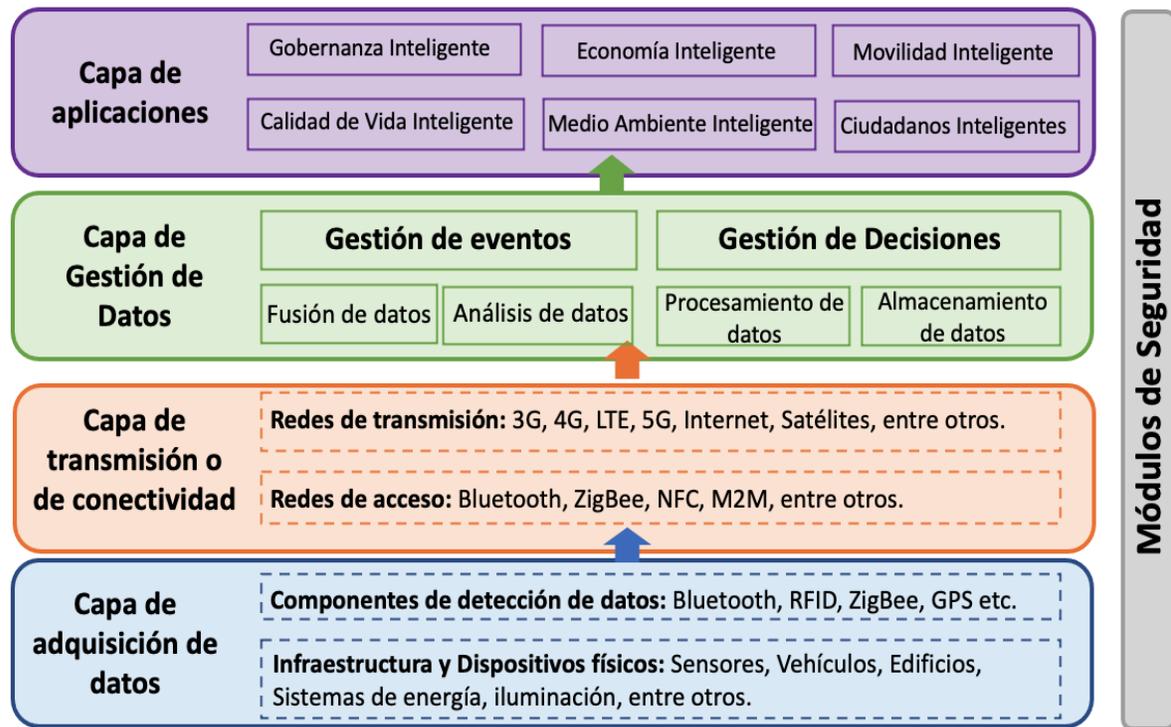
En esta sección se presenta una referenciación internacional de diferentes arquitecturas tecnológicas y aplicaciones que han sido implementados por ciudades inteligentes a nivel internacional. En la primera parte se presentan los principales conceptos asociados a las diferentes capas de las arquitecturas tecnológicas.

Posteriormente se presenta la referenciación internacional de estas arquitecturas y aplicaciones en las ciudades de Barcelona, Aspern Smart City Research (ASCR), Singapur y Londres, las cuales servirán de insumo para la definición de las aplicaciones asociadas a las diferentes dimensiones del Modelo de Cali Inteligente.

### 3.2.2 Conceptos básicos sobre Arquitecturas Tecnológicas en ciudades inteligentes

A nivel internacional, existen diferentes tipos de arquitecturas tecnológicas para las ciudades inteligentes. El trabajo de Silva et al., (2018), presenta una arquitectura tecnológica para las ciudades inteligentes con cuatro capas (*layers*), las cuales son comunes en diferentes trabajos del área: i) Capa de adquisición de datos; ii) Capa de transmisión o de conectividad ii) Capa de Gestión de Datos; iv) Capa de aplicaciones. La protección de los datos es una de las principales preocupaciones de las ciudades inteligentes, por esta razón, cada capa debe tener módulos de seguridad integrados. En la Figura 1 se representan las diferentes capas y posteriormente, se explican detalladamente cada una de ellas.

**Figura 27. Arquitecturas tecnológicas para ciudades inteligentes**



**Fuente:** Adaptado de (Giffinger et al., 2015; Silva et al., 2018).

- **Capa de adquisición de datos:** Dentro del contexto de una ciudad inteligente la adquisición y recolección de datos es fundamental para la toma de decisiones. La capa inferior de la arquitectura tecnológica de una ciudad inteligente, corresponde a la adquisición de datos, en la cual es capturada todo tipo de datos a partir de redes de sensores y dispositivos físicos, utilizando componentes de detección como Bluetooth, *Radio Frequency Identification* (RFID), cámaras, terminales de GPS, ZigBee<sup>7</sup>, entre otros.
- **Capa de transmisión o de conectividad:** Es una convergencia de varias redes de comunicación y se considera la columna vertebral de la arquitectura de una ciudad inteligente, ya que conecta fuentes de datos con estaciones de gestión. La capa de transmisión consta de varios tipos de tecnologías de cable,

<sup>7</sup> ZigBee es un estándar global de comunicación para la radiodifusión digital de datos diseñado para permitir el control y la monitorización de dispositivos conectados. Está formado por un conjunto de protocolos de alto nivel, opera sobre la especificación física de radio IEEE 802.15.4 de la IEEE (Le-Dang & Le-Ngoc, 2018).

inalámbricas y satelitales y se divide en dos subcapas, redes de transmisión y redes de acceso. En las redes de transmisión se encuentran las redes 3G, 4G, LTE (*long-term evolution*), 5G, internet y satélites. En la subcapa de redes de acceso se encuentran tecnologías de comunicación como bluetooth, NFC (*Near Field Communication*), M2M<sup>8</sup> (*Machine to Machine*), entre otras (Silva et al., 2018).

- **Capa de gestión de datos:** Esta capa se considera el cerebro de cualquier ciudad inteligente ya que se encuentra entre la capa de transmisión y la capa de las aplicaciones. Esta capa realiza una variedad de tareas relacionadas con la organización, análisis, almacenamiento de datos y toma de decisiones a partir de estos datos. Esta capa tiene dos subcapas, la gestión de eventos y la gestión de decisiones. En la gestión de eventos, la fusión de datos, toma datos de fuentes heterogéneas y los combina para mejorar la precisión de los datos, lo que permite tomar mejores decisiones. Existen diferentes técnicas para identificar y analizar datos valiosos a partir de un gran volumen de información y que son desconocidos a primera vista, como por ejemplo la minería de datos (*data mining*) y el uso de tecnologías de Big Data. En la subcapa de gestión de decisiones, a partir del procesamiento y el almacenamiento de datos, se utilizan diferentes técnicas y algoritmos que permiten tomar decisiones en tiempo real. En la capa de gestión de datos, las decisiones que se toman se transmite a la capa de aplicaciones para que sean ejecutadas (Silva et al., 2018).
- **Capa de aplicaciones:** Esta es la capa superior de la arquitectura tecnológica de una ciudad inteligente. Las características y desempeño de esta capa influyen en gran medida en la perspectiva de los usuarios y ciudadanos frente a las acciones y proyectos de una ciudad inteligente, ya que interactúa directamente con los ciudadanos (Silva et al., 2018).. En esta capa se pueden desarrollar diferentes tipos de aplicaciones de acuerdo con las diferentes dimensiones de una ciudad inteligente: Gobernanza Inteligente, Economía Inteligente, Movilidad Inteligente, Calidad de Vida Inteligente, Medio Ambiente Inteligente y Ciudadanos Inteligentes (Giffinger et al., 2015). Es importante que

---

<sup>8</sup> M2M (*machine to machine*) es un Sistema de transmisión por un dispositivo conectado remotamente a una o más máquinas, enviando informaciones en tiempo real. A diferencia de la telemetría, todo es realizado a través de redes inalámbricas, enviando la información a un servidor central lo que permite analizar en tiempo real diferentes datos.

el desarrollo de las diferentes aplicaciones se realice de manera integrada, lo que puede permitir el intercambio de informaciones entre las diferentes aplicaciones, generando así mayores beneficios para los usuarios en un contexto de una ciudad inteligente.

### 3.2.3 Referenciación Internacional de Arquitecturas Tecnológicas para Ciudades Inteligentes

Una vez identificadas las diferentes capas de la arquitectura tecnológica de las ciudades inteligentes, a continuación, se presentan algunos casos de referencia de ciudades inteligentes a nivel internacional, con un enfoque en las principales aplicaciones implementadas.

#### 3.2.3.1 Barcelona, España

Barcelona se destaca internacionalmente como una referencia de ciudad inteligente. La estrategia de ciudad inteligente de Barcelona se denomina “Barcelona Ciudad Digital”, la cual pretende ir más allá del concepto de ciudad inteligente y aprovechar las oportunidades que ofrecen las tecnologías que basadas en los datos y su gran poder de transformación. Esta estrategia se centra en la inversión de infraestructuras públicas digitales que puedan ofrecer servicios públicos de mayor calidad y ser la puerta de entrada a una sociedad y una economía más sostenibles y colaborativas (Ayuntamiento de Barcelona, 2021g).

La estrategia de Barcelona Ciudad Digital tiene tres ejes temáticos<sup>9</sup>:

- **Transformación digital:** este eje consiste en utilizar la tecnología y los datos para ofrecer mejores servicios; promover un gobierno más participativo y eficaz; llegar a un nuevo acuerdo sobre datos; proporcionar acceso a internet para todos, entre otros. Los proyectos de este eje se dividen en tecnología para un mejor gobierno, tecnología urbana y *City Data Commons*.
- **Innovación digital:** este eje apoya el emprendimiento y fomenta la inclusión en la economía digital; potencia el uso de la tecnología digital para abordar retos sociales y promover modelos de economía circular; apoya la inversión en I&D y la economía colaborativa.

---

<sup>9</sup> Para mayor información sobre la estrategia de Barcelona Ciudad Digital consultar: <https://ajuntament.barcelona.cat/digital/es>

- **Empoderamiento digital:** este eje tiene como objetivo aprovechar las tecnologías digitales para crear puestos de trabajo de calidad y luchar contra la desigualdad; fomentar la igualdad de género y la inclusión digital; y promover la democracia participa y movimientos de innovación digital.

En relación a la infraestructura tecnológica de la ciudad inteligente de Barcelona, el trabajo de (Sinaeepourfard et al., 2016), identifica tres capas: i) capa de fuentes de información; ii) capa de *middleware*<sup>10</sup> ; iii) capa de aplicaciones de ciudades inteligentes. Estas capas se representan en la Figura 2.

**Figura 28. Arquitectura tecnológica de Barcelona Ciudad Inteligente**



**Fuente:** Sinaeepourfard et al., (2016).

La capa inferior de fuentes de información tiene como objetivo recopilar datos sin procesar de las diferentes fuentes de información de la ciudad inteligente, como sensores, videos, aplicaciones, etc. La capa de *middleware* recopila los datos de la capa inferior y realiza el procesamiento, filtrado y análisis de la información, que son útiles para la toma de decisiones estratégicas. Finalmente, la capa de las aplicaciones utiliza la información de las capas anteriores para

<sup>10</sup> El término *middleware* es un Sistema de software que ofrece servicios y funciones comunes para las aplicaciones y se encarga de las tareas de gestión de datos, servicios de aplicaciones, autenticación y gestión de API (interfaz de programación de aplicaciones) (Red Hat, 2021).

ofrecer servicios y soluciones para la ciudad inteligente de Barcelona (Sinaeepourfard et al., 2016).

En la capa de fuentes de información se destaca la Red de Sensores **SENTILO**<sup>11</sup> (sensor en esperanto) que es un software de código abierto. Este software puede ser adaptado por cualquier ciudad del mundo (Ayuntamiento de Barcelona, 2021h). La infraestructura de SENTILO tiene grandes ventajas, ya que es una plataforma flexible y simple que se puede adaptar para futuros desarrollos de la ciudad inteligente, y además tiene una plataforma abierta y compartida. Algunos ejemplos de los sensores que existen en la ciudad de Barcelona son (Sinaeepourfard et al., 2016):

- Sensores de ruido: instalados para detectar los niveles de ruido en diferentes zonas de la ciudad y estimar la contaminación auditiva.
- Sensores para monitorear el uso de la energía en edificios del gobierno de la ciudad y en instalaciones de energía solar: Estos sensores analizan el consumo de electricidad, las condiciones del ambiente interno, medición de gas y temperatura.
- Sistemas de irrigación: sensores instalados en el suelo que ofrecen datos sobre humedad, temperatura, velocidad del viento, luz solar y presión atmosférica. Estos sensores ayudan a determinar la necesidad de regar los jardines de la ciudad, lo que contribuye con la reducción del consumo de agua.
- Sensores para determinar el flujo de personas y el uso de sistemas de transporte público y bicicletas.
- Sensores para determinar las condiciones ambientales: temperatura, calidad del aire, entre otros.
- Sensores para monitorear la gestión de la recolección de las basuras en los contenedores. Esta información se utiliza para mejorar los servicios de salud y limpieza.
- Sensores en zonas de estacionamiento: sirven para gestionar el tráfico de la ciudad e identificar los espacios de estacionamiento disponibles.

Con respecto a la capa intermedia (*middleware*), el gobierno de la ciudad de Barcelona impulsa una infraestructura basada en la tecnología Big Data de código abierto que sirve de ventana única de acceso y de gestión de datos internos, lo

---

<sup>11</sup> Para mayor información sobre la Red de Sensores SENTILO, consultar: <http://connecta.bcn.cat/connecta-catalog-web/>

que se conoce como *data lake* o “lago de datos” y se denomina City OS. **City OS** trabaja tanto con datos internos del gobierno de la ciudad, como con datos externos de otras agencias o instituciones (Ayuntamiento de Barcelona, 2021d).

Esta infraestructura permite una mejor gobernanza de los datos, hacer controles de calidad, privacidad y seguridad más efectivos, y, sobre todo, dotar al Gobierno de la ciudad de una visión global en este ámbito. Además, también se dota a la alcaldía de una estructura donde las decisiones de ciudad se toman sobre la base de decisiones informadas (*data driven*) (Ayuntamiento de Barcelona, 2021d).

En esta misma capa, también se puede destacar la iniciativa público-privada **5G Barcelona**, la cual tiene como objetivo convertir a la ciudad en el *hub* digital europeo de 5G, transformando a la ciudad en un laboratorio urbano metropolitano de tecnología 5G en un entorno de innovación abierta y de colaboración entre diferentes actores. Esta iniciativa creará sinergias dentro del ecosistema 5G y ofrecerá una infraestructura experimental para probar, crear prototipos e implementar nuevas soluciones digitales. Hacen parte de esta iniciativa el Gobierno de Cataluña (Generalitat de Catalunya), el Ayuntamiento de Barcelona, Mobile World Capital Barcelona, la Fundación i2CAT, el CTTTC, la empresa Atos y la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) (5G Barcelona, 2021).

Finalmente, en la capa de aplicaciones, se destaca la iniciativa Portal de Datos Abiertos “**Open Data BCN**”<sup>12</sup>, que es un proyecto que nació en el 2011 y se enmarca dentro de la estrategia de Barcelona Ciudad Digital. Esta iniciativa es gestionada por el Departamento de Estadística y Difusión de Datos de la Oficina Municipal de Datos. Este portal actualmente tiene más de 450 conjuntos de datos sobre población, economía, salud, economía, población, servicios de la ciudad, territorio, entre otros (Ayuntamiento de Barcelona, 2021f, 2021e)

Dentro del portal hay una sección destinada a aportar información útil para los desarrolladores de aplicaciones y para el público con un perfil más técnico. En el portal existen tres tipos de APIS, que son interfaces que especifican cómo los diferentes componentes informáticos deberían interactuar (Ayuntamiento de Barcelona, 2021b):

- APIs de gestión del catálogo: Esta API sirve para consultar y gestionar la información del catálogo, como datasets, recursos, etiquetas, entre otros.

---

<sup>12</sup> Para mayor información sobre los datos que pueden ser consultados en el Portal Open Data BCN, consultar: <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset>

- APIs de consulta sobre recursos CSV: Permite consultar y filtrar la información contenida dentro de un CSV concreto.
- APIs propias del Ayuntamiento: Son APIs habilitadas por las propias fuentes de información y desarrolladas a medida.

Con base en la información y los datos abiertos publicados en esta plataforma, se han desarrollado diferentes aplicaciones asociadas a las diferentes dimensiones de la ciudad inteligente. A continuación, se presentan algunos ejemplos de estas aplicaciones (Ayuntamiento de Barcelona, 2021b):

- **Comercios locales de España:** reutiliza los datos abiertos sobre comercios publicados en los portales de diferentes ayuntamientos de ciudades españolas y a partir del uso de Google Maps, los posiciona permitiendo la funcionalidad de indicaciones para poderse desplazar hacia ellos. En el caso de Barcelona, están indexados y posicionados 61.335 comercios del dataset Censo de actividades económicas de planta baja de la ciudad de Barcelona.
- **Barcelona Metro Bus Rodalies Bici:** es una aplicación de los medios de transporte público de Barcelona. Tiene el objetivo de solucionar la planificación de trayectos, así como la mejora del uso de transporte público, tanto en coste de tiempo, como en impacto ecológico. Los datasets utilizados son los relacionados con el servicio de Bicicletas compartidas Bicing, estaciones de buses y estacionamientos.
- **TransitBCN:** es una aplicación, tanto web como móvil, que permite saber rápidamente el estado del tránsito en las principales vías de la ciudad. Los datasets que utiliza son información del estado del tránsito en los tramos de la ciudad de Barcelona, Definición de itinerarios de la ciudad y grafo viario de las calles de la ciudad.

Otras aplicaciones desarrolladas e implementadas dentro de la Estrategia de Barcelona Ciudad Digital se presentan a continuación:

- **Apps Progresivas:** la estrategia de Barcelona Ciudad Digital, tiene el objetivo de desarrollar e implementar **Apps Progresivas**, que son aplicaciones que aprovechan las características más avanzadas de los navegadores web actuales y se adaptan a diferentes pantallas y dispositivos. También permiten establecer conexiones seguras para enviar y recuperar datos y enlazar contenidos concretos, a partir del uso de

estándares abiertos, software libre y tecnologías multiplataforma (Ayuntamiento de Barcelona, 2021a).

Como parte de estas Apps Progresivas, la estrategia de Barcelona Digital implementó a partir de 2017 una web app progresiva, que utiliza una licencia libre para divulgar los puntos de interés de la ciudad de Barcelona<sup>13</sup> y que hace parte de la estrategia de comunicación digital. En esta web app progresiva se divulgan los espacios de estudio, espacios naturales, espacios urbanos y los principales museos de Barcelona.

- **Buzón Ético:** Como parte de la tecnología para un mejor gobierno, fue creada la plataforma “Buzón Ético”<sup>14</sup>, que tiene como objetivo denunciar procesos irregulares en la administración del dinero público o conductos que no se ajustan a las reglas. Este es un medio de prevención y resolución de conflictos (Ayuntamiento de Barcelona, 2021c).

Esta plataforma esta hecha con software libre y en la red encriptada TOR, con el fin de garantizar el anonimato de la persona denunciante. Un equipo del gobierno de la ciudad, recibe las comunicaciones de la ciudadanía, las canaliza a los departamentos correspondientes y se reciben las investigaciones (Ayuntamiento de Barcelona, 2021c).

- **Bicing:** Es un servicio para el uso de bicicletas compartidas tanto convencionales como eléctricas en la ciudad de Barcelona. Esta aplicación recopila diferentes datos, que facilitan la identificación de las estaciones, la disponibilidad de las bicicletas y las mejores rutas para llegar al destino y optimizar el tráfico de los vehículos (Ayuntamiento de Barcelona, 2021b).

Este servicio utiliza dos aplicaciones. La aplicación **Smou**, la cual une diferentes servicios de movilidad de Barcelona y su área metropolitana, como consultar las estaciones, verificar la disponibilidad de las bicicletas, hacer la reserva, consultar el historial de trayectos y conocer el estado de la suscripción al servicio (Bicing, 2021b).

Por su parte, la aplicación **Joc Bicing**, la cual premia las conductas saludables y sostenibles y fomenta la realización de actividad física

---

<sup>13</sup> Para mayor información sobre esta web app progresiva de los puntos de interés de la ciudad consultar: <https://webapp.barcelona.cat/pics/>

<sup>14</sup> Para mayor información sobre la Plataforma de Buzón Ético, consultar: <https://ajuntament.barcelona.cat/bustiaetica/es>

mediante un sistema de gamificación por puntos relacionados con el uso de la bicicleta. Por medio de esta aplicación se puede recibir una bonificación por trayecto, superar retos y completar desafíos (Bicing, 2021a).

### 3.2.3.1 Aspern Smart City Research (ASCR), Austria

La estrategia de ciudad inteligente de Aspern en Austria se denomina “Aspern Smart City Research” (ASCR) y fue creada en el año 2013. ASCR es una *joint-venture* entre la empresa de tecnología Siemens AG Austria (44,1%); la empresa proveedora de energía Wien Energie GmbH (29,29%); la empresa operadora de redes de electricidad, gas y telecomunicaciones Wiener Netze GmbH (20%); Vienna Bussines Agency (4,66%), que se encarga de dar financiamiento y soporte y consultoría para empresas de Viena y *start-ups*; y Wien 3420 Holding GmbH (1,29%) que es responsable por la planeación urbana, desarrollo de infraestructura y utilización del espacio público (Aspern Smart City Research (ASCR), 2021c).

Una de las principales características de ASCR es que fue creada desde cero, en un terreno de 240 hectáreas y está ubicada a 14 Km de Viena, la capital de Austria. Esta *joint-venture* hace parte de la estrategia Smart City Viena y fue aprobada por el gobierno de Austria desde el 2007. ASCR comenzó su operación desde el año 2013 con un presupuesto aproximado de 45 millones de euros y se espera que hasta el 2030 este distrito se convierta en la principal ciudad inteligente del futuro con 20.000 residentes y 20.000 puestos de trabajo adicionales (Parreira et al., 2015)

ASCR trabaja en cuatro ejes temáticos los cuales se presentan a continuación (Aspern Smart City Research (ASCR), 2021c):

- **Edificios inteligentes (*Smart Building*):** el objetivo de este eje es explorar el papel de los edificios como productores de energía renovable, identificando ahorros potenciales, mientras mantiene un alto nivel de comodidad para los residentes y los costos de construcción y mantenimiento más bajos posibles durante todo el ciclo de vida del edificio. En este eje también hay un enfoque en la recarga inteligente para vehículos eléctricos y en el uso de energía solar fotovoltaica.
- **Redes inteligentes (*Smart Grid*):** Las redes inteligentes del futuro conectarán a todos los actores del sistema energético a través de una red de comunicaciones, lo que permitirá comunicaciones oportunas,

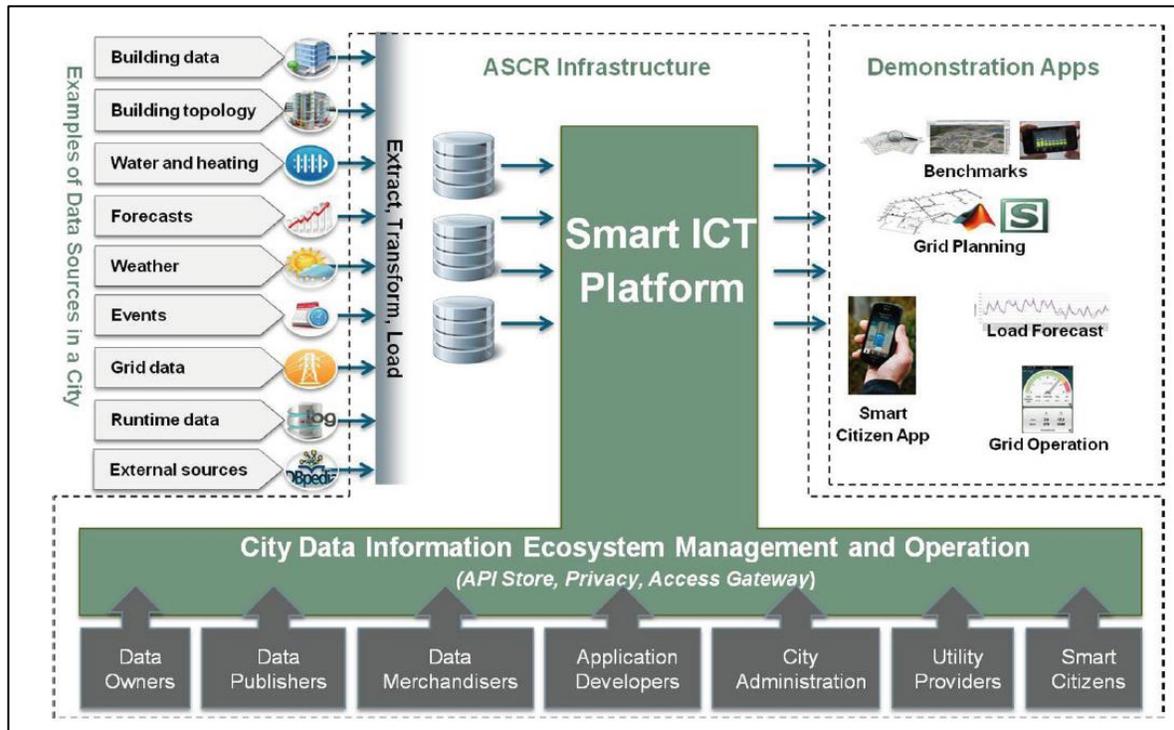
bidireccionales y rentables entre los componentes de la red, los productores, las instalaciones de almacenamiento y los consumidores. Para lograr esto, ASCR está llevando a cabo una investigación en redes inteligentes con 12 estaciones de red, 24 transformadores de varios tipos y cinco sistemas de almacenamiento de red. En el extremo receptor, se han instalado 500 contadores inteligentes en los edificios inteligentes que hacen parte de ASCR.

- **Usuarios inteligentes (*Smart Users*):** Los seres humanos desempeñan un papel fundamental en el esfuerzo mundial por proteger el clima, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y conservar la energía. En consecuencia, los usuarios de las redes inteligentes y su comportamiento son componentes esenciales de la investigación de ASCR, ya que forman la interfaz entre la tecnología que se investiga y su uso real. En este contexto, la cantidad de energía que necesita un edificio y cuándo la necesita depende de los hábitos de uso de las personas. El objetivo de la investigación de ASCR con respecto a los usuarios inteligentes es, por lo tanto, crear soluciones que sean lo más factibles y adecuadas para el uso diario como sea posible, que ofrezcan a los residentes un valor agregado real y que les faciliten el ahorro de energía.
- **TIC inteligentes (*Smart ICT*):** Las TICs inteligentes desempeñan un papel clave en la protección del clima y el desarrollo urbano inteligente. Garantiza que todas las partes interesadas en el sistema energético (edificios inteligentes, redes inteligentes, usuarios inteligentes) tengan los datos y la información correctos en el momento adecuado para tomar las “decisiones” correctas sobre generación, consumo, almacenamiento e incluso comercio de energía. En este contexto, la ASCR, utiliza las TICs para vincular todos los datos obtenidos de los edificios y la red, como temperatura, calidad del aire interior, consumo de energía o voltaje, con datos externos como el clima o el uso de energía. Estos datos se procesan de acuerdo con estrictas pautas de protección de datos. La tecnología permite analizar automáticamente y controlar de forma óptima la interacción y los efectos recíprocos entre la red, los edificios y el consumo de energía de los usuarios.

El objetivo de ASCR es articular estos ejes temáticos de manera óptima, a través de la creación de un laboratorio vivo (*living lab*), usando las tecnologías y soluciones más adecuadas en un contexto real de infraestructura física y

tecnológica<sup>15</sup>. En la Figura 29 se presentan los principales componentes de la Arquitectura Tecnológica de ASCR, los cuales se describen a continuación.

**Figura 29. Arquitectura tecnológica de Aspern Smart City Research (ASCR)**



**Fuente:** (Parreira et al., 2015).

La primera capa de la arquitectura tecnológica de ASCR está compuesta por grandes cantidades de datos los cuales se colectan a través de sensores y de las redes y edificios inteligentes, por ejemplo, temperatura, consumo de energía y agua, demanda de energía, entre otros. También son recolectados datos de fuentes externas, como el clima, mercado de energía, informes de tránsito, eventos realizados en la ciudad, entre otros. Esta arquitectura sirve como herramienta para agregar y comparar datos en diferentes niveles, por ejemplo, en toda la ciudad, distritos específicos o edificios (Parreira et al., 2015).

La segunda capa es una plataforma de TICs inteligentes en la cual interactúan los diferentes *stakeholders* de la ciudad inteligente. Esta plataforma es responsable

<sup>15</sup> Para conocer de manera detallada como se capturan, analizan y evalúan los datos en ASCR, puede consultar el siguiente video, el cual fue elaborado por la empresa Siemens: <https://www.ascr.at/en/data-analysis-at-ascr/>

por articular la interacción entre los propietarios/editores de los datos y aplicaciones/servicios. Los propietarios de los datos pueden hacer que sus datos estén disponibles a través de la plataforma de las TICs, ya sea directamente o mediante un editor de datos, que luego son almacenados. Los desarrolladores de aplicaciones y servicios pueden acceder a los datos almacenados a través de la plataforma para crear nuevas aplicaciones, que a su vez pueden estar disponibles para los usuarios finales a través de la misma plataforma (Parreira et al., 2015).

La tercera capa corresponde a las diferentes aplicaciones que son desarrolladas al interior de la ciudad inteligente, las cuales utilizan y analizan diferentes conjuntos de datos, como, por ejemplo:

- Benchmarking de los diferentes aspectos del ecosistema: permite evaluar el desempeño de las medidas de optimización en los edificios y el funcionamiento de la red.
- Previsión de carga: tiene el objetivo de mejorar los modelos existentes con datos adicionales de fuentes externas.
- Planificación de la red: se realiza la detección precoz de anomalías o violaciones de umbrales en la red de baja tensión e identificación de posibles causas.

Además, ASCR estimula el desarrollo de plataformas por parte de los ciudadanos inteligentes, lo cual aumenta la aceptación de esta estrategia por parte de toda la comunidad. Estas aplicaciones pueden ser diseñadas para prestar servicios e información útil para los mismos ciudadanos y están alineadas a los ejes temáticos de la ciudad inteligente.

Finalmente, dentro de la arquitectura tecnológica de ASCR se destaca la participación de manera transversal de diferentes *stakeholders* como los propietarios y editores de los datos, los comercializadores de datos, desarrolladores de aplicaciones, administración de la ciudad, proveedores de energía y servicios públicos y los ciudadanos inteligentes. Estos actores tienen diferentes perfiles y necesidades, razón por la cual es importante gestionar mecanismos para gestión de su identidad, autenticación y el control de acceso a las diferentes fuentes de información (Parreira et al., 2015).

Algunas de las aplicaciones desarrolladas en el marco de la estrategia de ASCR son:

- **ASCR Smart Charging:** El estímulo al uso de los Vehículos Eléctricos es transversal en la estrategia de ASCR. Uno de los proyectos de investigación

consiste en el desarrollo de soluciones para el uso eficiente de la energía, y su integración con la infraestructura de recarga inteligente para vehículos eléctricos. Con la ayuda de un sistema de control inteligente, la infraestructura de carga local decide cuánta energía se utiliza para cargar el vehículo. Además, el sistema de control se comunica con la red de suministro (red inteligente) y, por lo tanto, puede garantizar un uso óptimo de la energía disponible. Además, las estaciones de carga están conectadas a un sistema fotovoltaico y a un sistema de almacenamiento de batería estacionario, lo que permite la integración entre energías renovables. Por medio de esta aplicación, es posible acceder de manera gratuita a nueve estaciones de recarga inteligente y conocer la localización y disponibilidad de los 3.500 puntos de recarga que existen en el área metropolitana de Viena (Aspern Smart City Research (ASCR), 2021b).

- **ASCR's Smart Home Control App:** Esta aplicación les permite a los 111 habitantes de Aspern gestionar de manera eficiente el consumo de energía, agua y calefacción al interior de cada residencia. También permite conocer el consumo de energía de cada electrodoméstico y ofrece consejos sobre el ahorro de energía. Estas informaciones y las estadísticas de consumo energético están disponibles de forma detallada de manera mensual y anual. Con esta aplicación también se puede gestionar la operación de los diferentes artefactos como la calefacción, la iluminación de la casa y el aire acondicionado y determinar la frecuencia de consumo energético (Siemens Global, 2019).

El beneficio para los usuarios es que pueden ver y administrar todas las configuraciones de energía desde cualquier ubicación y en cualquier momento, a través de un panel personalizado (*dashboard*). También se ha implementado una tarifa de electricidad variable en el tiempo con la que los usuarios pueden activar electrodomésticos, como lavadora, lavavajillas, hacer recarga de baterías, etc., en los momentos en que la electricidad es más barata (Aspern Smart City Research (ASCR), 2021a).

### 3.3. Definición del modelo de arquitectura de referencia

En este apartado se describen los conceptos básicos de los modelos de arquitectura de una ciudad inteligente; las ventajas de contar con una Arquitectura de Referencia definida; los criterios de requerimientos funcionales y no funcionales para el diseño de la arquitectura tecnológica de una ciudad inteligente; la definición de un modelo de Arquitectura de Referencia para la empresa Calinteligente detallando cada una de las capas y conclusiones y recomendaciones.

#### **Conceptos básicos de modelos de arquitectura**

Según el Programa de Promoción de la Innovación Estratégica Interministerial-SIP- liderado por el Consejo de Ciencia, Tecnología e Innovación (CSTI) del Gobierno Japonés, (2020), la Arquitectura de Referencia (**AR**) describe "La relación entre el sistema y el mundo exterior "y" Relaciones entre los componentes que constituyen el sistema "para lograr un objetivo específico.

De acuerdo con el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones-MinTic- (2019), la Arquitectura de Referencia, es un diseño de alto nivel, sin detalles tecnológicos o de productos, que se utiliza como una plantilla para guiar el bosquejo de otras arquitecturas más específicas. Esta plantilla incluye los principios de diseño que la guían, las decisiones de alto nivel que se deben respetar, los componentes que hacen parte de la solución, sus relaciones tanto estáticas como dinámicas, las recomendaciones tecnológicas y de desarrollo, las herramientas específicas de apoyo a la construcción y los componentes existentes reutilizables. El concepto de Arquitectura de Referencia se puede utilizar como base del diseño detallado de arquitecturas de solución, de software, de información o de plataforma tecnológica.

Así mismo, el Mintic (2019), define la Arquitectura de Servicios Tecnológicos que también es conocida como Arquitectura de infraestructura, incluye todos los elementos de TI que soportan la operación de la institución, entre los que se encuentran la plataforma hardware, la plataforma de comunicaciones y el software especializado (sistema operacional, software de comunicaciones, software de integración y manejadores de bases de datos, software de seguridad, entre otros).

Mintic (2019), también se refiere a la Arquitectura Empresarial como una práctica estratégica que consiste en analizar integralmente las entidades desde diferentes perspectivas o dimensiones, con el propósito de obtener, evaluar y diagnosticar su estado actual y establecer la transformación necesaria.

## **Ventajas de la definición de la Arquitectura de Referencia en una ciudad inteligente:**

Si se cuenta con una Arquitectura de Referencia de ciudad inteligente en la región se pueden obtener ventajas como:

- Desarrollo coordinado de aplicaciones y plataformas dentro de la misma región.
- Interacción de aplicaciones similares ajustadas con las necesidades del ciudadano.
- Optimización de los costos de desarrollo.
- Colaboración con otras regiones, entre sectores público y privado y entre instituciones.
- Definición de criterios mínimos de tecnologías a implementar en el modelo de ciudad inteligente.
- Garantiza la integración de las aplicaciones actuales que lo permitan.
- Evita sobre costos por implementación de tecnologías de corta vida remanente.

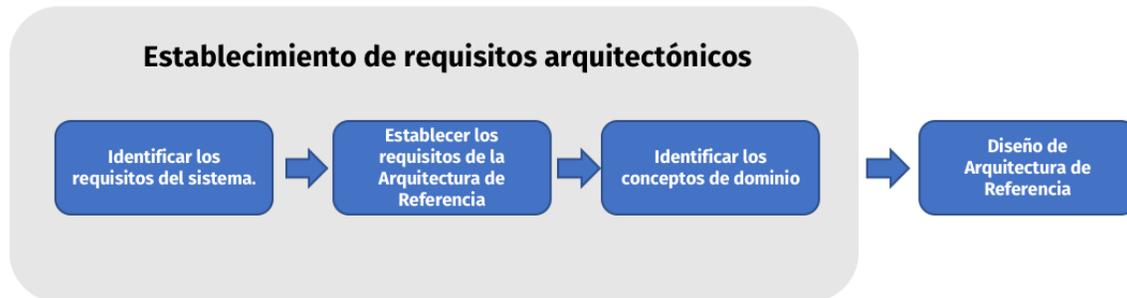
Estas ventajas podrían generar un ecosistema de desarrollo de aplicaciones para la ciudad inteligente.

## **Criterios de requerimientos funcionales y no funcionales para el diseño de la arquitectura tecnológica de una ciudad inteligente**

El diseño de una Arquitectura de Referencia **(AR)** incluye establecer unos requisitos. En la Figura 1 se presenta cómo se pueden definir estos requisitos considerando el conjunto de requerimientos de los sistemas que se pretende producir con base en la **(AR)**. La identificación de los requisitos del sistema implica requisitos funcionales y no funcionales de los sistemas existentes o previstos en el dominio de la aplicación.

Estos requisitos deben reflejar los procesos, actividades y tareas que deben automatizar los sistemas que se construirán a partir de la **(AR)**. El conjunto de requisitos de la arquitectura de referencia, así como un conjunto de conceptos, son las entradas para el diseño de la **(AR)**.

**Figura 30. Establecimiento de requisitos arquitectónicos**



**Fuente:** Bastidas, V., Helfert, M., & Bezbradica, M. (2018)

Los requisitos para el diseño de arquitecturas de referencia de ciudades inteligentes que deben aplicarse en el contexto de las ciudades inteligentes se clasifican en funcionales y no funcionales. Estos requisitos se encuentran enmarcados en la norma ISO 30145-3.

Según (Bastidas, V., Helfert, M., & Bezbradica, M., 2018). **Los requisitos funcionales clave son:**

**1) Descubrimiento de recursos:** Los recursos incluyen dispositivos de hardware heterogéneos, alimentación y memoria de los dispositivos, dispositivos convertidores de analógico a digital, el módulo de comunicaciones disponible en esos dispositivos y los servicios proporcionados por estos dispositivos.

**2) Gestión de recursos:** las aplicaciones requieren de la prestación de servicios asociada a la gestión de los recursos. Se debe monitorear el uso de recursos, asignar los recursos de la manera correcta y resolver los conflictos de estos recursos. En arquitecturas IoT, especialmente en arquitecturas orientadas a servicios se busca facilitar la composición de recursos (servicios), para satisfacer las necesidades de los usuarios.

**3) Gestión de datos:** los usuarios y las aplicaciones requieren la gestión de grandes volúmenes de datos generados por los dispositivos y transmitidos a través de la infraestructura de red. Un sistema de ciudad inteligente debe proporcionar servicios de gestión de datos a las aplicaciones, incluida la recopilación de datos, la transmisión de datos y procesamiento y almacenamiento de datos.

**4) Gestión de eventos:** los sistemas de ciudades inteligentes necesitan controlar los eventos en curso (es decir, los eventos generados en las aplicaciones de IoT) y producir respuestas oportunas. La gestión de eventos debe proporcionar un análisis de datos en tiempo real para que las aplicaciones puedan utilizar datos precisos y en tiempo real.

**5) Gestión de códigos:** el entorno de la ciudad inteligente requiere proporcionar servicios de asignación de código y migración de código. La asignación de código selecciona el conjunto de dispositivos que se utilizarán para completar una tarea a nivel de usuario o aplicación. La migración de código transfiere el código de un dispositivo a otro en la red.

**6) Tiempo de ejecución de la aplicación:** las plataformas de ciudades inteligentes requieren administrar la ejecución de sus aplicaciones. El objetivo es facilitar el despliegue y la integración de aplicaciones de ciudades inteligentes.

**7) Acceso a datos externos:** las plataformas de ciudades inteligentes requieren proporcionar una interfaz para el acceso a datos desde aplicaciones externas. El enfoque más común es una interfaz de programa de aplicación (API) para acceder a los datos recopilados de la ciudad.

**8) Herramientas de ingeniería de software:** Las plataformas de ciudades inteligentes requieren proporcionar un conjunto de herramientas para el desarrollo y mantenimiento de servicios y aplicaciones. Algunas plataformas proporcionan herramientas de análisis y diseño de flujo de trabajo para facilitar el desarrollo de la visualización de datos y la creación dinámica de informes.

**9) Definición de un modelo de ciudad:** los usuarios deben facilitar la gestión e integración de los datos recopilados de la red de sensores de la ciudad. El modelo

de ciudad se utiliza para guiar el diseño de consultas de datos y para representar los flujos de datos de la ciudad.

**10) Definición de modelos de negocio:** Los cambios en la ciudad y en la tecnología implican cambios en los modelos de negocio. IoT impulsa el desarrollo de nuevos modelos comerciales para lograr una ventaja competitiva a través de una mejor información y una toma de decisiones más eficaz.

**11) Orientado a la ciudad:** los sistemas de ciudades inteligentes deben ofrecer servicios y aplicaciones valiosos que afecten a la ciudad y a cada dominio por separado. El objetivo principal es mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y aumentar la seguridad pública.

**12) Minimización de costos:** las ciudades inteligentes requieren optimizar el costo operativo (desarrollo, instalación, mantenimiento) y los recursos mediante el desarrollo de nuevas soluciones energéticamente eficientes. Es importante tener en cuenta este requisito en la implementación de dispositivos y servicios.

De acuerdo con (Bastidas, V., Helfert, M., & Bezbradica, M. , 2018), **los requisitos no funcionales del sistema clave son:**

**1) Escalabilidad:** Un sistema de ciudad inteligente debe ser escalable para responder de manera efectiva cuando el sistema aumenta en el volumen de flujo de datos del sensor, en el volumen de datos que se almacenan en bases de datos, en la cantidad de dispositivos manejados por el sistema de gestión, en el número de datos procesados por servicios y aplicaciones, y en el número de aplicaciones y usuarios. Se debe considerar un número sustancial de dispositivos, servicios, aplicaciones y usuarios.

**2) Seguridad:** Los sistemas de ciudades inteligentes deben incluir la seguridad como un elemento crítico en la operación. La seguridad debe tenerse en cuenta durante la captura, almacenamiento, transferencia, agregación y procesamiento de los datos de las cosas, así como durante la prestación de servicios en la ciudad. Los requisitos de seguridad incluyen la confidencialidad y autenticación de los datos, el control de acceso dentro de la red IoT y la aplicación de políticas de seguridad.

**3) Confianza:** las partes interesadas y los usuarios requieren tener confianza en que los sistemas / dispositivos de la ciudad inteligente procesan y manejan los datos de acuerdo con sus necesidades y derechos. La gestión de la confianza en las ciudades inteligentes ayuda a las personas a superar las percepciones de incertidumbre y riesgo y se involucra en la aceptación y el consumo de los usuarios en los servicios y aplicaciones.

**4) Privacidad:** Los propietarios y usuarios requieren la protección de su información personal relacionada con sus hábitos e interacciones con otras personas y servicios. Se debe considerar la protección de la privacidad durante la captura, transferencia, almacenamiento, validación y procesamiento de datos de dispositivos.

**5) Disponibilidad:** los sistemas de ciudades inteligentes requieren una alta disponibilidad en el suministro de servicios, la gestión de datos, la comunicación y la detección. Los servicios deben ser accesibles y utilizables.

**6) Fiabilidad:** los sistemas de ciudades inteligentes requieren un nivel adecuado de fiabilidad en tecnologías, dispositivos, comunicación, servicio y datos. La confiabilidad está directamente relacionada con el comportamiento consistente de los sistemas.

**7) En tiempo real:** los sistemas de ciudades inteligentes pueden requerir detección y monitoreo en tiempo real, procesamiento inteligente y análisis en línea de big data. El monitoreo en tiempo real ayuda a los usuarios a predecir y pronosticar diversas situaciones que pueden afectar el desarrollo de la ciudad.

**8) Interoperabilidad:** las ciudades inteligentes deben operar entre componentes y sistemas heterogéneos. Los sistemas funcionan entre sensores de múltiples proveedores, sistemas implementados en diferentes idiomas, plataformas que comparten datos y usuarios y sistemas heredados que deben comunicarse con las nuevas plataformas.

**9) Sensible al contexto:** los dispositivos, servicios y sistemas requieren poder monitorear su propio entorno en el que operan y los eventos dentro de ese entorno. Algunas plataformas inteligentes utilizan datos de los usuarios, como ubicación, actividad e idioma. Otras plataformas utilizan datos de la ciudad, como el tráfico, clima y calidad del aire.

**10) Flexibilidad:** Los sistemas de ciudad inteligente requieren proporcionar diferentes funcionalidades, según las necesidades y el contexto del usuario. Los proveedores de servicios y los desarrolladores deben considerar cierta flexibilidad de su software, productos y sensores para aplicaciones de ciudades inteligentes.

**11) Heterogeneidad:** Los sistemas de ciudades inteligentes requieren gestionar la variedad de dispositivos, servicios, formatos de datos, aplicaciones y tecnologías de la comunicación.

**12) Integridad:** las ciudades inteligentes necesitan hacer accesibles a gran escala objetos físicos heterogéneos e integrarlos con el mundo digital. Algunos modelos de arquitectura incorporan varias capas para la interfaz de la aplicación, la gestión de servicios, la gestión de dispositivos, la seguridad y la abstracción de la plataforma y la capa de dispositivos.

**13) Adaptabilidad:** los sistemas de ciudades inteligentes requieren una alta disponibilidad en el suministro de servicios, la gestión de datos, la comunicación y la detección. La adaptación dinámica asegura la disponibilidad y calidad de las aplicaciones en el momento de la ejecución. La adaptabilidad está relacionada con la conciencia del contexto.

**14) Extensibilidad:** los sistemas de ciudades inteligentes necesitan agregar nuevas funcionalidades, componentes, servicios y aplicaciones a la plataforma en cualquier momento. Esto ayuda a garantizar que estos sistemas satisfagan los requisitos cambiantes de la ciudad y las necesidades de los usuarios.

**15) Configurabilidad:** Los sistemas de ciudades inteligentes deben permitir la (re) configuración de sus componentes. La configuración es útil para entornos donde hay muchos y variados componentes que pueden cambiar con el tiempo. Esta configuración debería permitir la configuración automática de dispositivos y redes.

**16) Basado en servicios:** los sistemas de ciudades inteligentes requieren ofrecer servicios y agregar nuevas funcionalidades fácilmente en un entorno flexible para el desarrollo de aplicaciones.

La revisión de la literatura también indica que se especifican requisitos para diferentes componentes de los sistemas de ciudades inteligentes, como middleware (MW), plataformas de software (PLT), soluciones de datos (DAT) y componentes comerciales (BUS). En la Tabla 2 se presentan los requisitos mencionados anteriormente.

**Tabla 7. Requisitos según los componentes de los sistemas de ciudades inteligentes**

Requerimientos	MW	PLT	DAT	BUS
Descubrimiento de recursos	X			
Gestión de recursos	X	X	X	
Gestión de datos	X	X	X	
Gestión de eventos	X			
Gestión de códigos	X			
Tiempo de ejecución de la aplicación		X		
Acceso a datos externos		X	X	
Herramientas de ingeniería de software		X	X	
Definición de un modelo de ciudad		X		X
Definición de modelos de negocio		X		X
Orientado a la ciudad				X
Minimización de costos	X	X	X	
Escalabilidad	X	X	X	
Seguridad	X		X	
Confianza	X	X	X	
Privacidad	X			
Disponibilidad	X			
Fiabilidad	X			X
En tiempo real		X		
Interoperabilidad		X		
Sensible al contexto			X	

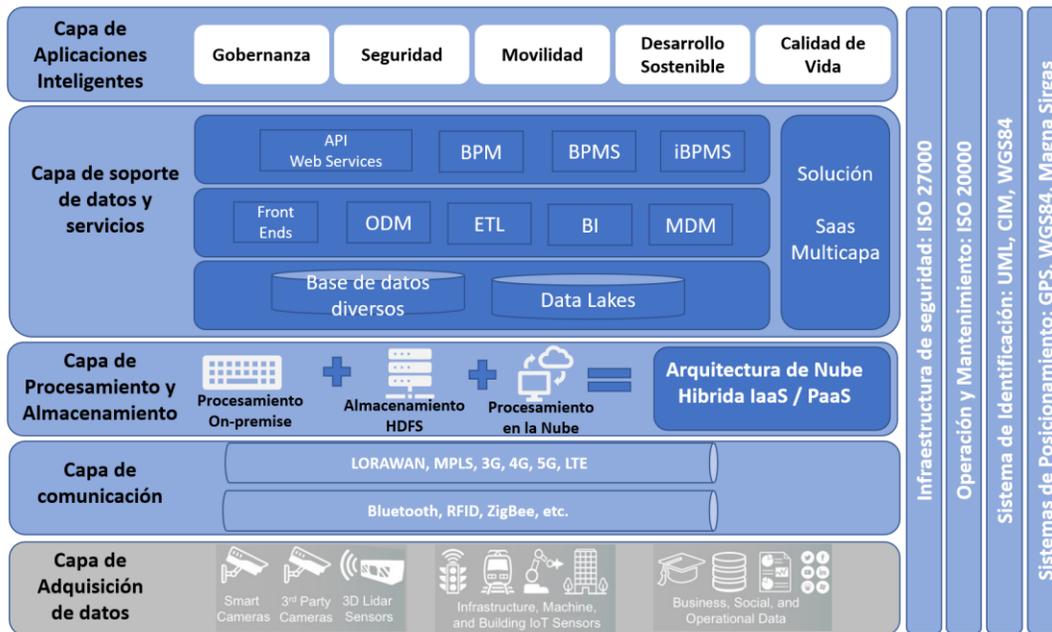
Flexibilidad	X			
Heterogeneidad		X		
Integridad		X		
Adaptabilidad		X		
Extensibilidad		X		
Configurabilidad		X		
Basado en servicios	X			
Total por tipo	14	17	9	4

**Fuente:** Bastidas, V., Helfert, M., & Bezbradica, M. (2018).

### **Definición de la Arquitectura de Referencia para Calinteligente**

Con base en la referenciación de modelo de Arquitectura tecnológica a nivel internacional, el marco normativo consultado, los criterios de requerimientos funcionales y no funcionales para el diseño de la arquitectura tecnológica de una ciudad inteligente, la clasificación de las tecnologías realizada por las dimensiones definidas de Calinteligente, se sugiere el siguiente modelo de Arquitectura de Referencia para el modelo de ciudad inteligente del Distrito de Santiago de Cali:

### **Figura 31. Modelo de arquitectura propuesto para Calinteligente**



**Fuente: elaboración propia.**

### Descripción del modelo de arquitectura propuesto para Calinteligente:

En este apartado se describen las características y requisitos relacionadas con las tecnologías y aplicaciones que corresponden a cada una de las capas que contiene el modelo de arquitectura propuesto para la empresa Calinteligente.

#### Capa 1 de adquisición de datos

El componente de nivel más bajo de la arquitectura de referencia es la capa de adquisición de datos, la cual está compuesta por los dispositivos conectados a la plataforma de ciudad inteligente, incluidos sensores, actuadores y dispositivos de usuario, donde se capturan datos que serán usados por las distintas aplicaciones de la ciudad inteligente. De acuerdo con la norma ISO 30145-3, se tienen la siguiente clasificación de Equipos sensores:

#### Cuadro 1. Categorías de equipos sensores

No.	Equipos sensores
1	Equipos de Reconocimiento de Identificación
2	Equipos sensores de Geolocalización
3	Equipos sensores de Imágenes
4	Equipos sensores Ambientales
5	Equipos sensores de Seguridad
6	Equipos Sensores de Instalaciones

**Fuente:** Norma ISO 30145-3

Según la Norma ISO 30145-3 (2020), los sensores son equipos a través de los cuales una ciudad inteligente puede adquirir o capturar múltiples tipos de información sobre una ciudad, los diferentes tipos de información o variables a medir determinarán la forma de adquisición, recopilación e identificación de información que se va recopilar.

Los equipos sensores de una ciudad inteligente realizan reconocimiento de identificación, recolección de información y monitoreo. Estos sensores de ciudades inteligentes tienen funciones de acceso a Internet mediante las cuales puede transmitir datos a las capas de nivel superior, lo cual es la base del IoT, Internet de las Cosas.

**Equipos Actuadores** son equipos que cumplen la función de gestión y control de la infraestructura, el medio ambiente, los equipos y las personas de una ciudad inteligente. Tienen múltiples funcionalidades dependiendo del tipo de control que se definan en las aplicaciones inteligentes o por los usuarios, tienen la capacidad de control manual o automático.

**Adquisición de datos humanos** aprovecha las técnicas de detección social para identificar y recopilar información de los ciudadanos para compartir su ubicación, sentimientos, datos demográficos y de salud, y luego brindarles servicios personalizados.

Cuando se recopilan datos humanos de las redes sociales, los gerentes de ingeniería de ciudades inteligentes tienen en cuenta las leyes o políticas de derechos de autor y privacidad de cada país para proteger la privacidad, el anonimato y los seudónimos de la ubicación. Las tecnologías de recuperación de información privada y minería de datos con privacidad preservada también son valiosas para abordar problemas.

Los datos más relevantes que se utilizan en la ciudad inteligente que provienen de entradas de usuario a través de aplicaciones son los datos de ubicación y los de salud, los cuales capturan por diferentes dispositivos como los teléfonos inteligentes, relojes inteligentes, dispositivos de geolocalización o terminales de ingreso de datos en instituciones, estos datos son utilizados en la capa de aplicaciones inteligentes en todas las dimensiones definidas para Calinteligente.

Las principales clases de sensores que serán implementadas en el modelo de arquitectura de Calinteligente estarán clasificados de acuerdo con el tipo de variable a sensar, principalmente las siguientes:

- Sensores velocidad
- Calidad del aire
- Nivel de ruido
- Nivel de fluidos
- Sensores de presencia
- Medidores de energía, agua y gas inteligentes
- Sensores de luminosidad
- Sensores de temperatura
- Sensores de proximidad
- Sensores de humedad
- Sensores ópticos
- Calidad de agua
- Sensores de imágenes
- Acelerómetros
- Cámara de video de alta resolución

Estos tipos de sensores pueden ser utilizados para diseñar las soluciones de ciudad inteligente clasificadas por las dimensiones definidas en el modelo de la ciudad, pero deben considerar los siguientes criterios de acuerdo con el marco normativo definido en el capítulo anterior.

- Interoperabilidad
- Confiabilidad
- Autonomía
- Ciberseguridad
- Operación y mantenimiento
- Geolocalización

- Protección
- Identificación

### **Interoperabilidad:**

Este tipo de sensores deben contar con puertos de comunicación o ser interconectables a un gateway, colector de datos, IED o RTU, datallger, o cualquier dispositivo que permita transmitir los datos capturados y que lo haga sobre protocolos estandar de comunicaciones que sean soportados por LORAWAN o la red REMI. Entre los protocolos más usados en ciudades inteligentes se tienen AMPQ, MQTT, HTTPS, CoAP, OPEN ADR, MODBUS, IEC61850, DPN3, OPC, IEEE 1905.1. Adicionalmente, la arquitectura de la red de sensores debe ser soportada por CIM/XML.

### **Confiabilidad:**

Los sensores deberán contar con un nivel de confiabilidad certificado bajo las normas y estándares internacionales que sea pertinente para cada tipo de sensor.

### **Autonomía:**

Se sugiere que los sensores implementados en la ciudad posean un sistema de generación propio (celda solar fotovoltaica y batería), que le proporcione la energía suficiente para operar sin estar conectado a la red eléctrica.

En cuanto a la autonomía de recopilación de información los sensores seleccionados, deben contar con una capacidad de memoria que le permita almacenar datos temporales en caso de tener una falla en el sistema de comunicaciones y que le permita enviar estos datos para el procesamiento en el sistema correspondiente.

### **Ciberseguridad:**

Todos los sensores y dispositivos de campo que se seleccionen en la estrategia de Calinteligente deben cumplir con la norma ISO 27000 de ciberseguridad o con una norma que homologue dichos criterios de seguridad.

Estos criterios deben permitir a los usuarios mantener la conectividad de los dispositivos de forma segura para que los usuarios y servicios puedan interactuar, iniciar sesión, resolver problemas y enviar o recibir datos de los dispositivos.

### **Operación y mantenimiento**

Los sensores seleccionados para Calinteligente deben ser autogestionados y tener la capacidad de ser diagnosticados, configurados y gestionados de forma remota y segura.

### **Geolocalización**

Los sensores deben tener la capacidad de suministrar su posición geográfica, de tal forma que se puedan visualizar en un sistema de visualización geográfico y que se puedan sincronizar con un sistema de posicionamiento global (GPS) definido en la infraestructura de procesamiento, esto con el fin de tener la estampa de tiempo precisa en las bases de datos de la Ciudad inteligente.

### **Protección**

Dadas las diversas condiciones de la ubicación de los sensores, deberán tener una protección superior a IP65 según el ranking de Ingress Protection (IP) desarrollado por el European Committee for Electro Technical Standardization (CENELEC) (NEMA IEC 60529 Degrees of Protection Provided by Enclosures - IP Code). En caso de ser instalados en lugares cercanos a ríos o depósitos de líquidos deberá cumplir IP67.

### **Identificación**

Los sensores para incluir en el modelo de ciudad inteligente deberán tener un identificador único para el sistema que permita fácilmente identificar el tipo de sensor y la ubicación o dimensión a la cual este asociado y una matrícula visible y codificada con código de barras o QR, además considerar una identificación en sistemas de coordenadas geográficas como WGS84 o Magna Sirgas. Esta codificación deberá ser basada en CIM (Common Information model) para que, en caso de exportar el modelo o las señales, estas sean interoperables y se intercambien de forma estándar.

## **Capa 2 de redes de comunicaciones**

Esta capa describe las diversas aplicaciones y tecnologías de redes de comunicaciones aplicadas a ciudades inteligentes junto con los protocolos de red adecuados que se pueden utilizar, además se definen los criterios mínimos de los

requerimientos que deben cumplir las diferentes tecnologías dependiendo de las aplicaciones que se van a implementar, tales como la capacidad de ancho de banda, la tolerancia de retardo, el nivel de consumo de energía, los requisitos de confiabilidad y seguridad, la heterogeneidad de los enlaces de red, el medio de comunicación, alámbrica e inalámbrica, o ambos, y las características de movilidad para cada una de estas aplicaciones. De acuerdo con la referenciación realizada, se proponen las siguientes tecnologías para la aplicación de calinteligente:

LoRaWAN, dado que esta tecnología tiene suficientes implementaciones probadas a nivel mundial debido a sus características de amplia cobertura y alcance en regiones metropolitanas y su bajo consumo de potencia en dispositivos, pero principalmente por su capacidad de despliegue de redes autoorganizadas, lo que la convierte en una alternativa óptima desde el punto de vista técnico y económico.

Esta solución es adecuada para el tráfico de datos de sensores que utilizan poco ancho de banda, los cuales se utilizan mucho en aplicaciones de medidores de energía, agua, sensores ambientales, de ruido y de muchas más aplicaciones.

Como se encuentra en la referenciación, la ciudad de Cali tiene una implementación de red LoRawan desplegada por EMCALI con una cobertura del 60% del área de la ciudad, con capacidades de hosting altas y que actualmente puede brindar el soporte de infraestructura para comunicaciones de aplicaciones de una ciudad inteligente que usen un ancho de banda bajo.

De otra parte el Distrito de Santiago de Cali cuenta con la Red Municipal Integrada: REMI, que es una red de transporte propia de la Alcaldía de Cali, conformada por 1.200 km de fibra óptica dispersa por todas las 22 comunas. El objetivo de la Red REMI es fortalecer en términos de telecomunicaciones y trabajo en tiempo real el modelo de desconcentración administrativa (Alcaldía de Cali, 2021).

Esta Red permite disminuir costos en transporte de Banda Ancha, acelerar los proyectos de innovación en servicios avanzados y apropiación de las TICs, integrar los equipos de video Vigilancia, el control del sistema de semaforización, y permite proveer Zonas Wi-Fi en múltiples espacios abiertos a lo largo de la ciudad.

Actualmente, esta red se encuentra en expansión para crear el anillo de fibra óptica y lograr convertirse en el principal medio de comunicación de banda ancha que puede usar la ciudad inteligente para su infraestructura de comunicaciones de centro integrado de monitoreo, el cual usa cámaras de vigilancia de alta definición, que incide en el uso intensivo de ancho de banda.

### **Capa 3 de procesamiento y almacenamiento**

En esta capa se encuentra la infraestructura de procesamiento, memoria y almacenamiento, la cual puede ser local (on premise), ubicada en los data centers propios o de proveedores y también pueden incluir soluciones en la nube. Se pueden considerar diferentes tipos de configuración, siendo los más conocidos la infraestructura convergente, hiperconvergente, e híbrida. En esta capa se pueden usar múltiples tecnologías las cuales pueden usar distintas clases de procesadores y combinar diversos tipos de hardware y software, que se denominan procesamiento heterogéneo y consideran especificaciones que permiten operar de forma integrada y optimizar las capacidades de los Data centers para la arquitectura de ciudad inteligente.

### **On-premise vs Nube**

Cuando se comparan tecnologías en la nube vs On-premise, no se puede definir una solución mejor que la otra de forma absoluta, en realidad su escogencia depende de las necesidades específicas de las aplicaciones o del sistema a implementar, en caso de requerir un alto nivel de control y gestión de aplicaciones en tiempo real, lo más pertinente sería implementar entornos on-premise, y de otra parte, si la característica que define el modelo es la escalabilidad, entonces la infraestructura en la nube (cloud) sería la más adecuada. La ciudad inteligente cuenta con diversas aplicaciones definidas en las dimensiones estratégicas, que finalmente determinarán el uso de alguna de estas tecnologías o el uso de ambas, permitiendo configurar una arquitectura híbrida que combine las mejores prestaciones de cada una y lo más probable es que se implemente de forma gradual, dependiendo de la formulación y entrada en operación de algunos de los proyectos que están priorizados, como es el caso del sistema de semaforización y del centro de monitoreo integrado. A continuación, se muestran las principales diferencias entre ambas tecnologías.

### **Costos asociados**

En los modelos on-premise, se encuentran dos tipos de inversiones:

- **CAPEX (Capital Expenditures):** estos se asocian al costo inicial de los servidores físicos, routers, cableado, espacio físico ocupado por los data centers, sistemas de seguridad, etc.
- **OPEX (Operating Expense):** aquí se agrupan todos los gastos periódicos para el funcionamiento de la infraestructura (internet, consumo de electricidad, soporte y mantenimiento de hardware y software, actualización de software, etc).

En los modelos cloud, solo hay costos de inversión OPEX. Por tanto, la inversión inicial siempre será cercana a cero y esto genera una gran ventaja respecto de los on-premise, ya que no es necesario adquirir servidores, espacio para almacenar datos y todos los demás gastos relacionados con la inversión inicial.

Dado que los modelos Software as a Service (SaaS), Infrastructure as Service (IaaS) y platform as Service (PaaS) permiten alquilar los servicios en función de las necesidades, uso y tamaños definidos de forma dinámica, ocasionan un precio fijo mensual o anual dependiendo de los servicios ofrecidos. Esta modalidad solo es posible en la infraestructura en la nube, ya que esta alternativa no usa las infraestructuras de la ciudad Inteligente.

## **Mantenimiento**

En la arquitectura on-premise, los centros de datos, servidores y demás infraestructura de Hardware están alojados en instalaciones locales y por esta razón, la empresa Calinteligente es la responsable de la operación y el mantenimiento y dependiendo de la complejidad y tamaño de la infraestructura es muy probable que se deba contratar un proveedor de servicios de mantenimiento para la gestión del Hardware y Software. Los mantenimientos que se realicen de la infraestructura ocasionarán indisponibilidades de algunos de los componentes de los centros de datos, afectando la disponibilidad y confiabilidad en determinados momentos.

De otra parte, la infraestructura en la nube no tiene un mantenimiento asociado al servicio, es decir que estas labores y todo lo que sea ocasionado por labores de mantenimiento son responsabilidad del proveedor del servicio de Nube, lo cual ya viene definido en los acuerdos de disponibilidad y las tarifas asociadas.

## **Seguridad**

En este aspecto la infraestructura On-premise presenta una ventaja considerable y diferenciadora dado que esta configuración permite gestionar y controlar de forma más tangible la información más sensible y crítica de la operación de la ciudad inteligente, en este grupo se ubican las aplicaciones de seguridad y vigilancia, lo mismo que aplicaciones que contengan información crítica de instalaciones del gobierno y de los ciudadanos en general.

La seguridad de los datos es una de las grandes preocupaciones de las ciudades inteligentes y por esta razón siempre se buscará implementar una arquitectura que soporte y garantice el cuidado de la información y la gestión de seguridad de la infraestructura.

Las arquitecturas en la nube por supuesto que brindan tranquilidad y seguridad frente a la pérdida de datos, al robo de los mismos o incursiones sobre vulnerabilidades; sin embargo, la implementación de este tipo de soluciones genera que la seguridad de los datos quede bajo la responsabilidad del proveedor o de la plataforma externa, siendo poco adecuado en algunas aplicaciones de la ciudad inteligente.

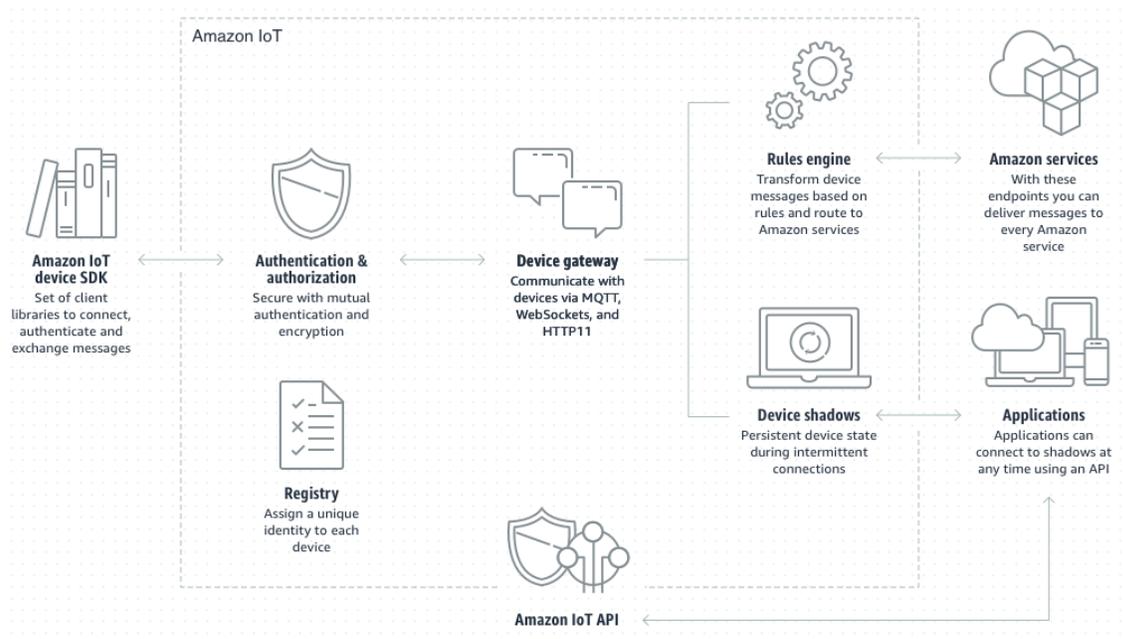
De acuerdo con las tendencias mundiales de desarrollo de tecnologías de procesamiento y los criterios de escalabilidad, seguridad, costos y mantenimiento, y con las necesidades de las aplicaciones específicas de la dimensión de seguridad, se propone considerar una arquitectura híbrida que permita tener infraestructura en la nube pública, privada y On-premise.

**Por parte de la infraestructura en la nube**, se proponen tecnologías tales como PaaS (Platform as Services), IaaS (Infrastructure as Services) y SaaS (Software as Services) para las aplicaciones móviles, de información abierta, de interacción con el ciudadano y con los dispositivos IoT, incluyendo la red de Iluminación inteligente, las redes de medidores inteligentes y de sensores de diversas soluciones; estos servicios permiten usar la infraestructura y plataformas para

cómputo y almacenamiento, desarrollo de aplicaciones propias y uso de software, a través, del pago de una suscripción, disminuyendo considerablemente el costo de tener infraestructura propia On premise en data center locales.

En la actualidad existen muchos proveedores a nivel mundial de este tipo de servicios siendo los más posicionados AWS (Amazon Web Services), Microsoft AZURE, GOOGLE Cloud, IBM cloud, entre otros (Gartner, 2021).

**Figura 32. Infraestructura en la nube**



**Fuente:** Amazon (2021)

**Por parte de la infraestructura On-premise,** se sugiere que para aplicaciones y plataformas de vigilancia y seguridad que contengan información sensible y que sean consideradas plataformas de misión crítica y en tiempo real, se use plataformas privadas en la nube, o en casos de mayor seguridad se considere infraestructura On-premise en centros de datos propios. En este sentido se sugiere implementar arquitecturas virtualizadas de alta disponibilidad sobre infraestructura hiperconvergente, considerando zonas de alta seguridad y zonas desmilitarizadas (DMZ), para el intercambio de información de manera segura. En el capítulo 3.3 se encuentran referenciadas las aplicaciones hiperconvergentes de clase mundial como HPE, DELL etc.

### **Arquitectura de nube Híbrida**

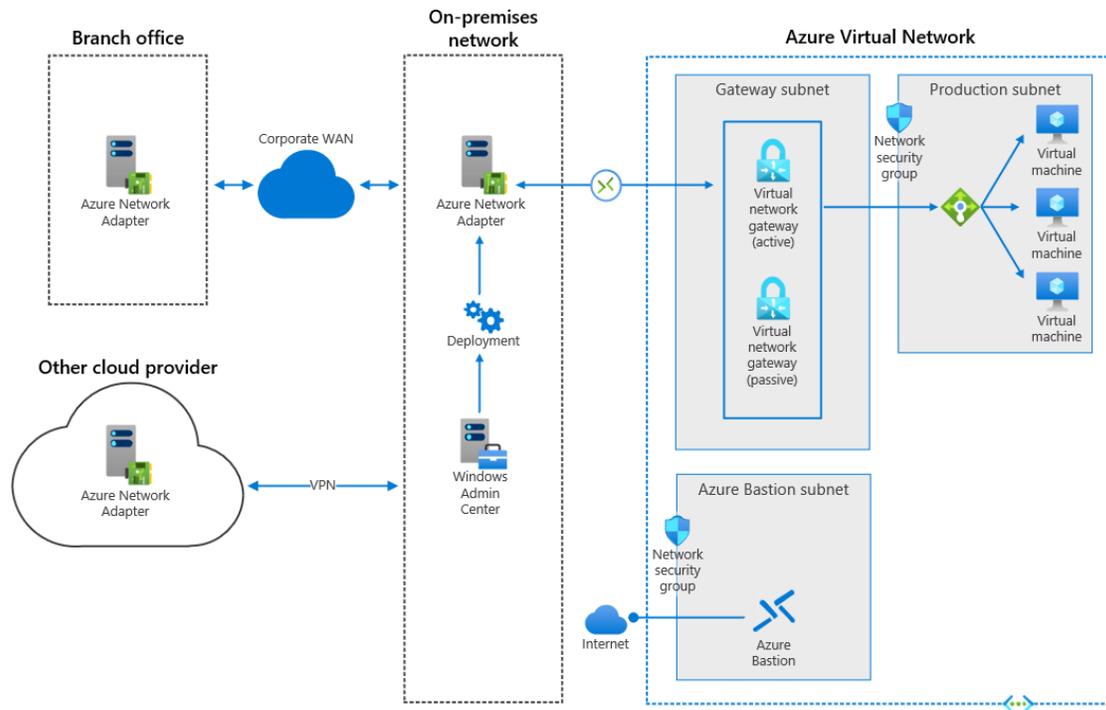
La arquitectura de nube híbrida es la combinación de una nube pública con una nube privada o recursos locales On-premise mediante una red de área amplia o una conexión de banda ancha, a través de la cual se pueden compartir aplicaciones y datos que se pueden administrar como una única arquitectura de TI.

Las nubes privadas y los entornos On-premise ofrecen un mayor control sobre sus recursos informáticos y seguridad. Calinteligente SAS administrará toda la infraestructura y puede personalizarla para que se adapte a las necesidades de proyectos específicos y optimizar el costo usando la nube privada y los recursos locales.

Las nubes públicas, ofrecen escalabilidad y son más fáciles de administrar, más económicas, pero puede proporcionar menos flexibilidad y control sobre factores críticos como la seguridad del almacenamiento.

Muchas organizaciones optan por arquitecturas híbridas para equilibrar las ventajas y desventajas de las nubes públicas y la infraestructura On-premise, de esta forma se pueden transferir tareas y proceso entre las nubes públicas y privadas a medida que cambian las necesidades y los requisitos de costos, generando a Calinteligente la flexibilidad, escalabilidad, seguridad y rentabilidad requerida.

Los proveedores públicos de IaaS más comunes son Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud e IBM Cloud.



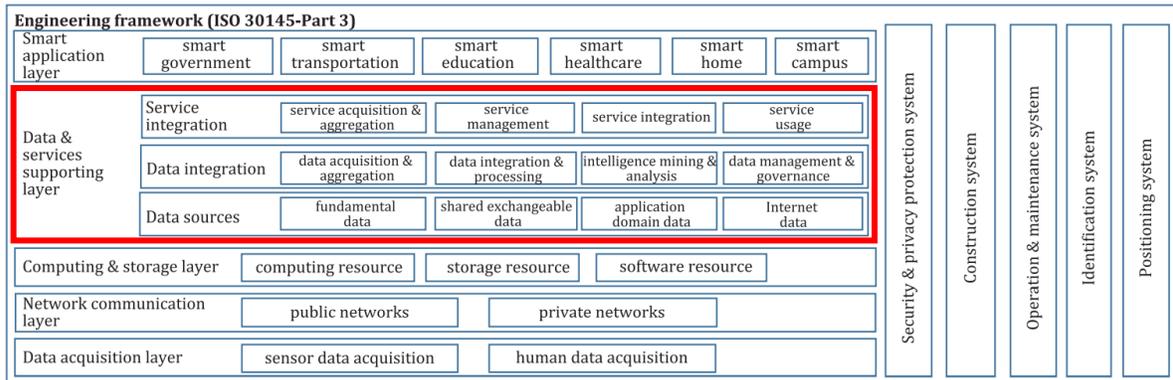
El nivel de implementación dependerá de las características de cada proveedor presentadas en la referenciación realizada en el capítulo anterior basado en los rankings y revisiones de Cloud Infrastructure and Platform Services realizados por Gartner.

Para el proceso de implementación de estas tecnologías, se recomienda realizar un estudio en profundidad de requerimientos y especificaciones para realizar una evaluación técnica y económica que permita definir el proveedor más adecuado para la operación de la empresa Calinteligente SAS y de acuerdo con las necesidades de cada proyecto.

#### Capa 4 de Soporte de Datos y Servicios

La capa de soporte de datos y servicios se encuentra ubicada entre la capa de aplicaciones inteligentes y la capa de procesamiento y almacenamiento, está compuesta por las capacidades de captura de datos, de comunicación, de almacenamiento y de informática, las cuales se agrupan en la capacidad de

gestión de datos y servicios que serán usados y consumidos para la construcción y funcionamiento de todo tipo de aplicaciones inteligentes. Esta capa tiene tres partes: fuentes de datos, integración de datos e integración de servicios.



## Fuentes de datos

Se consideran múltiples fuentes y tipos de datos, tales como: datos fundamentales, datos intercambiables compartidos, datos de dominio de aplicaciones y datos de Internet, los cuales pueden ser datos capturados o medidos, procesados o de soporte para toma de decisiones.

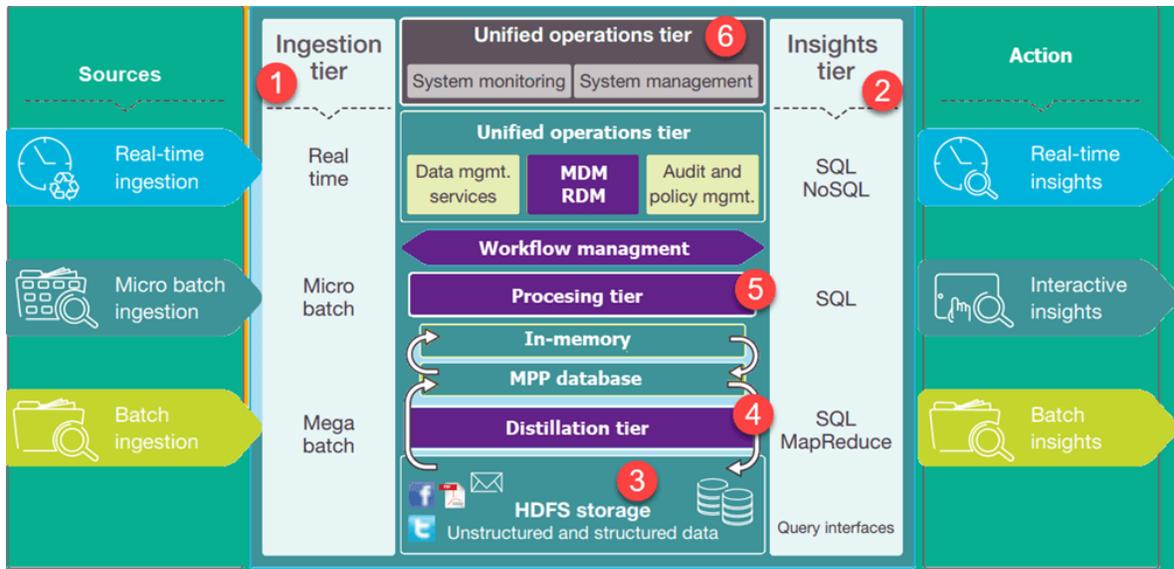
El desarrollo de ciudades inteligentes presenta muchas oportunidades y desafíos de obtener datos diversos, en múltiples formatos, fuentes y procesos, etc. Los cuales deberán contar con unas características mínimas para que puedan ser gestionados de forma óptima en la capa de integración de datos y ser usados en las aplicaciones.

Estos son las fuentes de datos y los recursos que se alojarán en esta capa:



Un ejemplo de repositorio de Datos son los llamados Data lakes, los cuales son parte fundamental de esta capa y nutren todas las aplicaciones de la capa superior.

Un data Lake es un repositorio de datos que puede almacenar una gran cantidad de datos estructurados, semiestructurados y no estructurados, puede recibir datos múltiples fuentes y es capaz de almacenar diversos formatos y standares, toda la gestión de integración de datos es alimentada por este repositorio y puede ser objeto de Extracción, transformación y carga de nuevos datos a partir de los procesos de integración y de analítica.

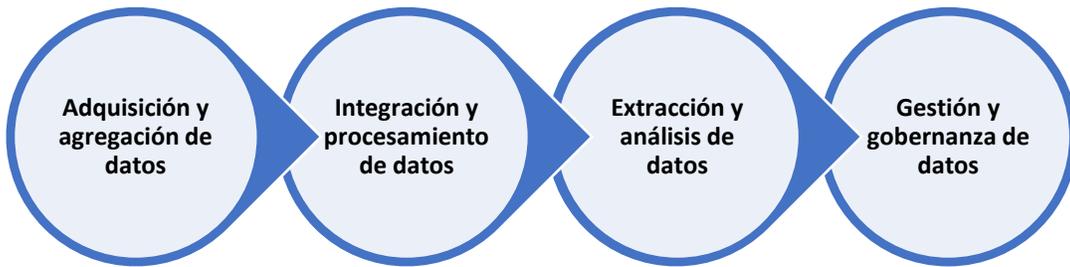


Data Lake Architecture

## Integración de datos

La integración de datos se incluye todas a las acciones necesarias para crear datos consistentes, de calidad y utilizables por parte de otros componentes o las aplicaciones inteligentes a partir de uno o más conjuntos de datos de origen y estructuras diversas. Diferentes enfoques, herramientas y soluciones pueden incluirse en esta capa de integración de datos.

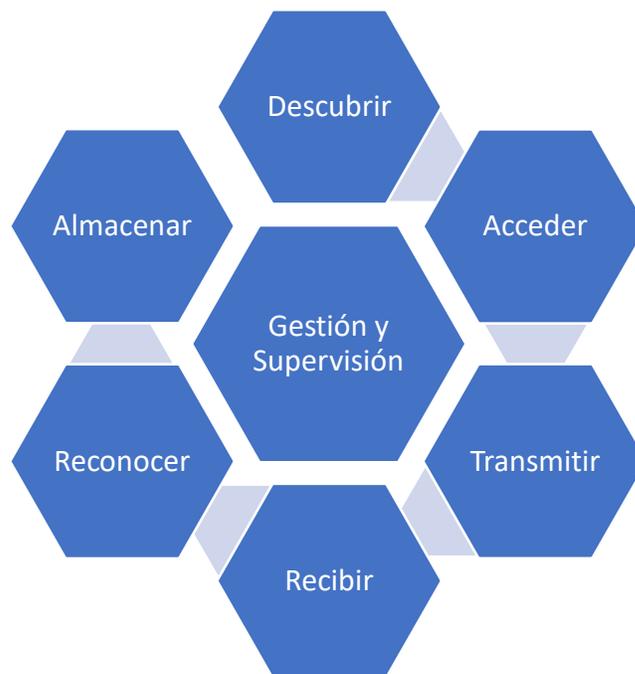
De acuerdo con la norma ISO 30145-3, la integración de datos es la capacidad de capturar, integrar y analizar datos y considera cuatro capacidades:



### **Adquisición y agregación de datos**

Los sistemas y soluciones tecnológicas de adquisición de datos a incluir en esta capa deben poder gestionar datos de sensores, aplicaciones industriales, internet, datos de tiempo real, etc, estos datos pueden estar estructurados o no.

Entre sus funciones principales deben cumplir con:



Hay soluciones de acuerdo a cada aplicación o necesidad, dependiendo del tipo de dato, y que pueden tener todas las funciones o combinarse con soluciones de otras capas para cumplir con todas las funcionalidades requeridas.

Generalmente en estas capas se tienen Unidades de comunicación y procesos de tiempo real, Gateways o los llamados Front Ends de comunicaciones, los cuales deben cumplir con criterios básicos de multiprotocolo, escalabilidad, ciberseguridad e interoperabilidad; los cuales se deberán ceñir a la norma 30145-3 como mínimo y dependerán de cada aplicación en particular.

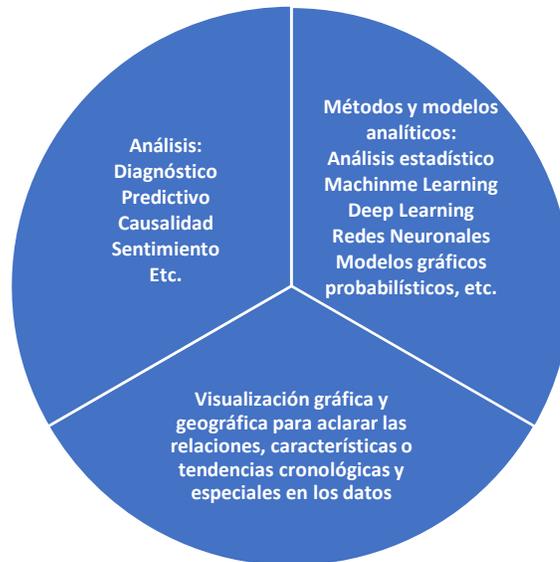
### **Integración y procesamiento de datos**

La capacidad de integración y procesamiento de datos incluye los siguientes aspectos:



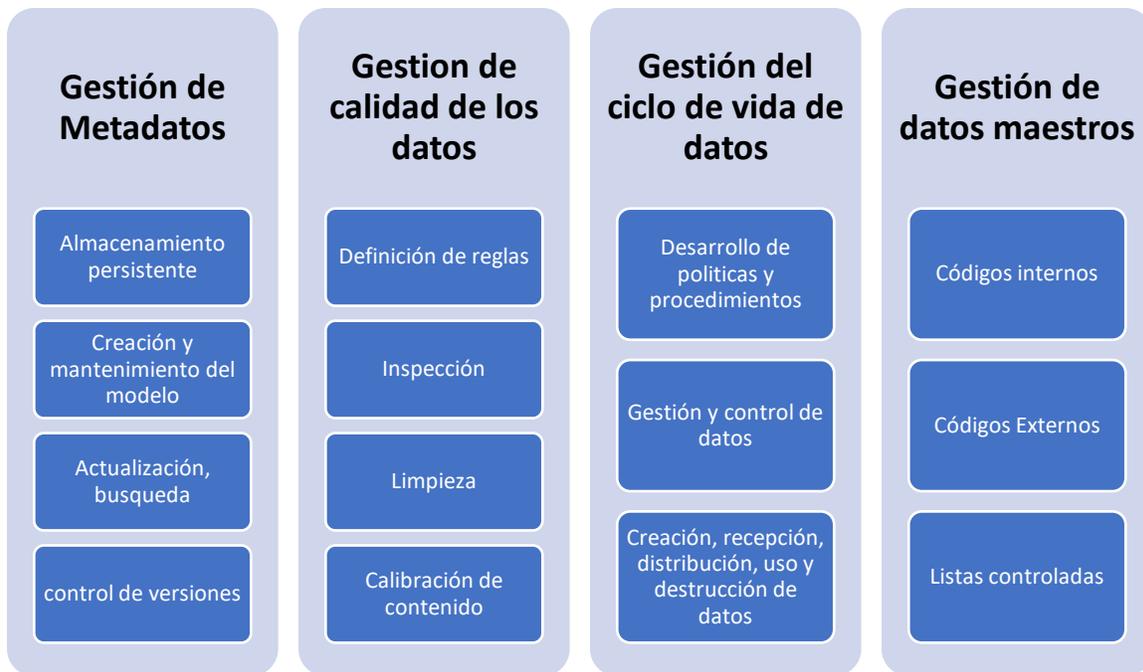
### **Minería y análisis inteligente**

## Aspectos mínimos para considerar en las soluciones asociadas a esta capa:



## Gestión y gobernanza de datos

Las herramientas a incluir en esta capa deben contar al menos con las siguientes características funcionales y de gestión:



### Sugerencia de implementación para la arquitectura de Calinteligente

El mercado de herramientas de integración de datos incluye proveedores que ofrecen productos de software para permitir la construcción e implementación de acceso a datos y la infraestructura de entrega de datos para una variedad de escenarios de integración de datos.

Para los proveedores, la demanda de capacidades tradicionales de integración de datos junto con la demanda de soluciones innovadoras requiere una entrega sólida y consistente de soluciones altamente desarrolladas. De manera similar, las herramientas de integración de datos interactúan e integran con herramientas de datos maestros, herramientas de gobierno de datos y herramientas de calidad de datos. Ejemplos de este tipo de interoperabilidad incluyen:

- Soporte para la gobernanza y gestión de activos de datos
- Adquisición de datos para análisis e inteligencia empresarial (BI) y datos
- Abastecimiento y entrega de datos maestros en apoyo de la gestión de datos maestros (MDM)
- Consistencia de datos entre aplicaciones operativas
- Intercambio de datos entre empresas.

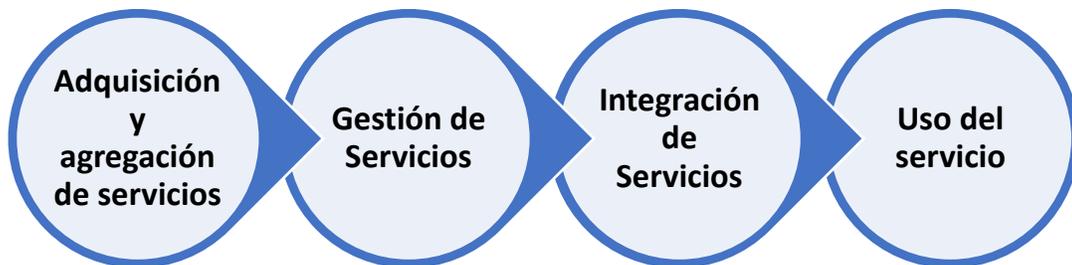
(GARTNER, 2021)

## Integración de servicios

Las plataformas de integración permiten que las aplicaciones y los servicios diseñados de forma independiente funcionen juntos. Las capacidades clave de las tecnologías de integración de aplicaciones incluyen:

- Funcionalidad de comunicación que mueve de manera confiable mensajes / datos entre puntos finales.
- Soporte para estándares fundamentales de servicios Web.
- Funcionalidad que une los puntos finales del consumidor y del proveedor de forma dinámica.
- Validación, mapeo, transformación y enriquecimiento de mensajes.
- Orquestación.
- Soporte para múltiples patrones de interacción, enrutamiento basado en contenido y mensajes escritos.

De acuerdo con la norma 30145-3, esta capa contiene los requisitos de servicios técnicos básicos que soportan las aplicaciones de ciudades inteligentes, y su configuración básica incluye al menos la agregación, gestión, Integración y el uso de servicios.



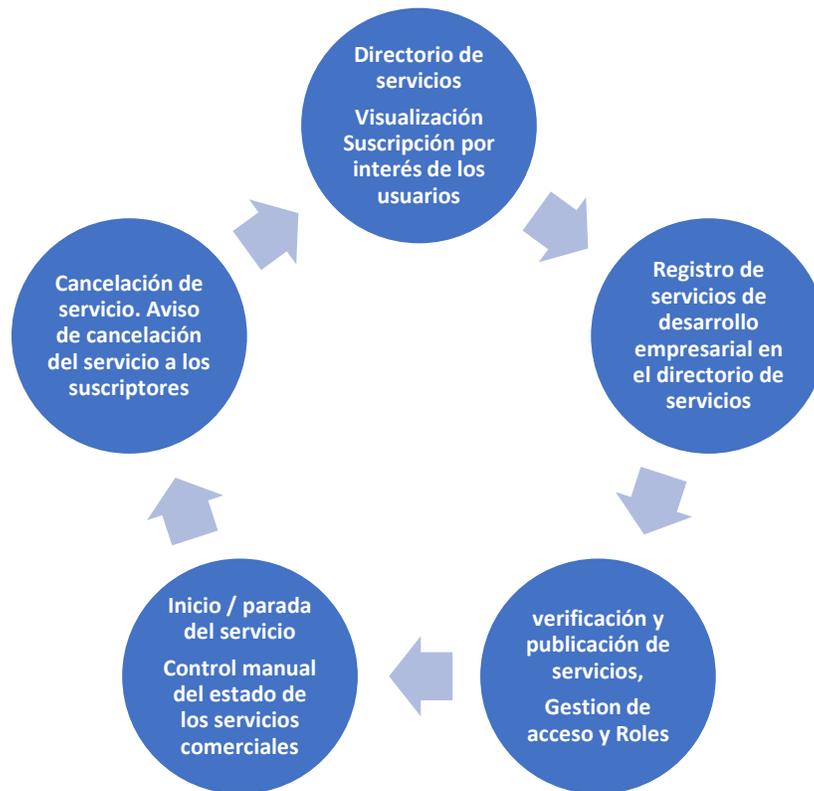
### Adquisición y agregación de servicios

**La capacidad de adquisición y agregación de servicios incluye los siguientes aspectos:**



## Gestión De Servicios

**La capacidad de gestión de servicios incluye los siguientes aspectos:**



## **Integración de servicios**

**Las capacidades de integración de servicios incluyen los siguientes aspectos:**

## Selección de enrutamiento de Servicio

Peer to Peer

Publicación y Suscripción

Enrutamiento basado en Contenido

Otros medios de enrutamiento

## Reestructuración del proceso de servicio de Negocios

Fusión de servicios originales con el nuevo servicio

Soporte de órdenes, condicionales, bucles

manejo de excepciones

Otras semánticas

### **Uso del servicio**

Los equipos de cada capa deben abrir sus interfaces para aplicaciones de ciudades inteligentes. Las aplicaciones de capa superior de una ciudad inteligente pueden usar, controlar, analizar y administrar los equipos de cada capa a través de interfaces de negocios, y pueden leer, modificar, almacenar y eliminar los datos.

**La capacidad de uso del servicio incluye los siguientes aspectos:**



### **Capa de aplicaciones inteligentes**

La capa de aplicaciones inteligentes ofrece aplicaciones inteligentes y sus integraciones en industrias y dominios con el apoyo de las capas inferiores.

Las aplicaciones provienen de diferentes dominios de ciudades inteligentes, en particular para Cali Inteligente tenemos las siguientes dimensiones:

Gobernanza inteligente

Movilidad inteligente

Seguridad Inteligente

Calidad de Vida Inteligente

Desarrollo Sostenible Inteligente

Estas aplicaciones proveen información, aplicaciones y servicios completos para cumplir con los requisitos y necesidades de la comunidad pública, la empresa Calinteligente, el Distrito de Cali.

**Esta capa incluye los siguientes aspectos:**

- 1. Apoya la realización de la visión empresarial de respuesta inteligente a diversas necesidades de servicios públicos, gestión social, operaciones industriales y otras actividades;**
- 2. Accede y utiliza los recursos y servicios proporcionados por la capa de adquisición de datos, la capa de comunicación de red, la capa de computación y almacenamiento y la capa de soporte de datos y servicios.**



En esta capa estarán situadas todas las aplicaciones que se definan en cada proyecto a estructurar y como principales proyectos estarán:

- Sistema de Iluminación inteligente
- Centro de Monitoreo Integrado
- Sistema de semaforización inteligente
- Sistema de Video Vigilancia

Las aplicaciones que están analizadas y clasificadas en el capítulo 3.3 estarán ubicadas en esta capa en la dimensión de Gobernanza, deberán ser objeto de integración para poder unificar información y aprovechar los datos para poblar

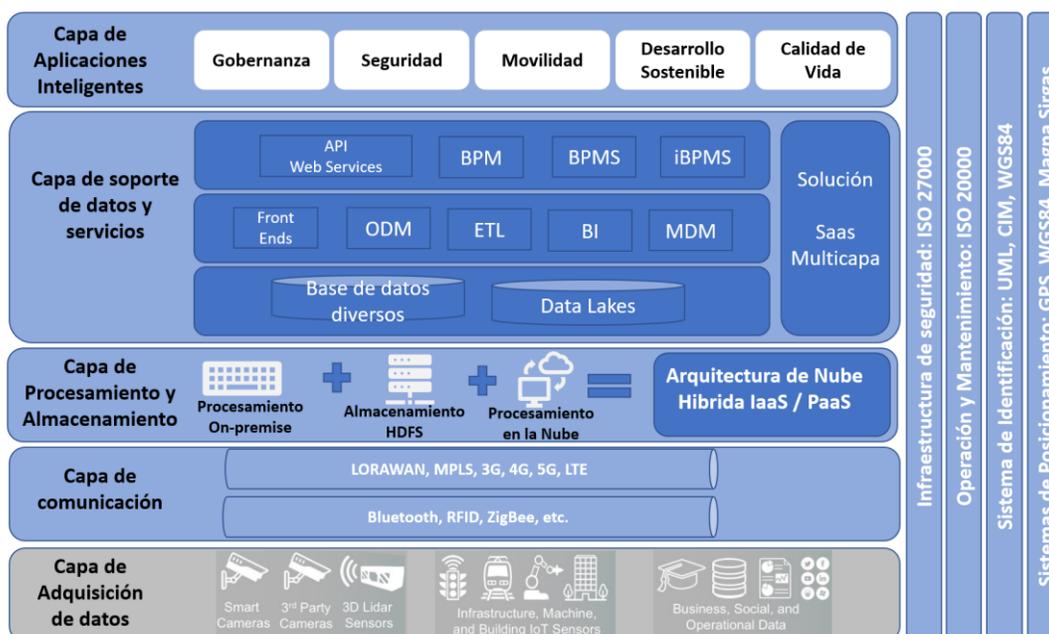
un Data Lake que tenga mayor integración, de igual forma deberán hacer una transición para ser integradas por las herramientas de la capa 4 del modelo y también ser objeto del Modelo de gobernanza para uso apropiado de la información.

### **Arquitectura de Referencia Sugerida**

A continuación se presenta la arquitectura de referencia de Infraestructura tecnológica sugerida para Calinteligente, está basada en la norma ISO 30145-3, ICT framework para ciudades inteligentes, es una referencia que presenta diferentes tipos de tecnologías que pueden ser utilizadas y las capas en las que aplican teniendo como criterio principal la interoperabilidad y el funcionamiento de la ciudad inteligente que se vaya a implementar.

Esta arquitectura no pretende direccionar el uso de ninguna plataforma de marcas ya sean abiertas o cerradas y define los requisitos y capacidades mínimas de la tecnología a implementar, pero cada uno de ellos proyectos que se diseñen y estructuren deberán definir sus requerimientos particulares considerando esta referencia para no generar silos de información ni dependencias de marcas o protocolos que no sean de amplio uso, todas las soluciones y aplicaciones que se definan en el modelo de Calinteligente a futuro deberán considerar la norma ISO 30145-3 y las normas ISO 8000, 25000, 27000 y 37000.

## Arquitectura de Referencia Tecnologías de Información y Comunicación Calinteligente



Fuente: Elaboración Propia

### Conclusiones y recomendaciones

El diseño de una arquitectura de referencia incluye establecer los requisitos de la arquitectura de referencia. Estos requisitos se pueden definir considerando el conjunto de requisitos de los sistemas que se pretende producir en base a la arquitectura de referencia. La industria y la academia han propuesto diferentes requisitos para el diseño de arquitecturas de hormigón para ciudades inteligentes. Sin embargo, existe una falta de estandarización en los requisitos para el diseño de arquitecturas de referencia. Este documento explora y define un conjunto de requisitos para mitigar esta falta de estandarización y orientar el diseño de arquitecturas de referencia para ciudades inteligentes. A través de la revisión de la literatura, se identifican 12 requisitos funcionales y 16 requisitos no funcionales.

Los resultados indican que el soporte de calidad o las características de desempeño juegan un papel esencial en los sistemas y plataformas de ciudades inteligentes. Los requisitos funcionales son menos comunes para todos los sistemas revisados. Sin embargo, los requisitos tanto funcionales como no

funcionales deben satisfacerse porque ayudan a satisfacer las necesidades de los ciudadanos y los requisitos de los sistemas en el contexto de la ciudad inteligente. Los investigadores y profesionales pueden utilizar estos requisitos como una base integral para tomar decisiones arquitectónicas más efectivas. Por ejemplo, los requisitos comunes como la seguridad y la privacidad se pueden aplicar en más de una vista en la arquitectura de referencia porque los sistemas deben evitar que usuarios no autorizados (es decir, humanos y dispositivos) accedan a servicios, aplicaciones, datos y dispositivos.

Como pasos adicionales para esta investigación, se explorarán las arquitecturas de referencia de ciudades inteligentes existentes en función de este conjunto de requisitos. Además, es importante definir casos de uso en escenarios reales para validar esta propuesta.

## 4. DEFINICIÓN DEL MODELO DE ANALÍTICA Y GESTIÓN DE DATOS PARA GARANTIZAR QUE LA INFORMACIÓN SEA PÚBLICA PARA EL USO DE LOS CIUDADANOS, SECTOR PRIVADO, ACADÉMICO Y ENTIDADES PÚBLICAS

En este capítulo se describen los criterios de gobierno de los datos aplicado al modelo propuesto de ciudad inteligente para la Gobernanza de Datos; el referenciación de modelos de analítica usados en ciudades inteligentes y la recomendación del modelo con mayor aplicabilidad para Cali como ciudad inteligente.

### 4.1. Referenciación de modelos de analítica y gestión de datos usados en ciudades inteligentes

#### **Contextualización**

Sostener la productividad de los negocios en los ambientes competitivos actuales, depende entre muchos otros factores del conocimiento del mismo, la homogeneización de procesos, la eficiencia de los colaboradores, la generación de valor, una estructuración robusta de servicios tecnológicos y manejar los datos generados por la compañía para la toma de decisiones en las diferentes áreas de las compañías.

El gobierno de datos busca que las organizaciones reconozcan la importancia de los datos y de la información, como un activo crítico. En ese sentido, el gobierno de datos se puede definir como la disciplina que trata de la planificación y control sobre la gestión de los datos e información de toda organización. Así mismo, busca ayudar a generar valor a las organizaciones, realizando una correcta gestión de sus datos creados, recopilados, almacenados y procesados (Asmat Uchuya, M. A., et al., 2021).

Considerando la relevancia e implicaciones que tiene el e-gobierno, diversos países se han dado a la tarea de desarrollar este sector de la sociedad de la información. Así mismo, diferentes organismos nacionales e internacionales, gobiernos e investigadores han propuesto sistemas de medición de los avances en la implementación del e-gobierno. Por lo tanto, surge el interés de conocer

los aspectos considerados por la comunidad académica y científica para la medición del e-gobierno (Redondo, D. E. P., et al., 2017).

Como parte fundamental de la gestión de las áreas, empresas y organismos subyacentes a Calinteligente, se evidencia la importancia de administrar la información y los datos, para conseguir resultados satisfactorios en el desarrollo de la empresa. Así mismo, se destaca la importancia de articular las organizaciones que formarán parte del proyecto, para que puedan fundamentar sus procesos de eficiencia operacional, gestión del conocimiento, y la transformación digital, con la adopción de prácticas de gobierno de datos.

Según (MinTic, 2019), El Gobierno de Datos en general, puede ser percibido por las instituciones desde la perspectiva de la eficiencia operacional o desde la gestión de conocimiento del ciudadano a partir de los componentes de Información COM-INF de los procesos de la institución. Además, puede ser entendido como garantía para los procesos de transformación que se describen a continuación:

- **Eficiencia operativa (valor para TI):** se refiere a los flujos de datos más eficientes, menos incidencias y rechazos por calidad de datos; trazabilidad, reutilización de componentes, robustez de las soluciones y rendimiento.
- **Conocimiento del dato (valor para la función pública):** visión integrada y unificada 360° del ciudadano y grupos de interés, campañas mejor orientadas, convergencia, control de datos sensibles y coherencia de datos.
- **Uso de información (valor en la transformación):** se refiere al uso de información de calidad en los procesos o iniciativas de migración / fusión de datos hacia una institución convergente, multicanal y con una oferta simplificada. Facilitando con esto la gestión de la transformación y el proceso de migración de datos.

#### **4.1.1 Retos que enfrenta la implementación de una metodología de gobierno de datos en ciudad inteligente**

Las empresas que evidencian una necesidad explícita de la implementación de un modelo de gestión de gobierno de datos, podrían reflejar alguno de los siguientes retos:

**Falta de documentación:** los procesos, el conocimiento y las actividades dentro de las áreas de negocio no se encuentran documentados, almacenados o dados a conocer a todo el personal relacionado con dichas actividades. Se cuenta con

personas con competencias informáticas que generan diversas soluciones para los problemas locales y generan fuentes de datos (no estructurados), múltiples reportes, e información que incluye trabajo manual o particular para satisfacer diferentes necesidades.

**Múltiples fuentes y silos de información:** utilización no estructurada de sistemas de información en las diferentes áreas o unidades de negocio. Un silo de información se refiere a un repositorio de datos fijos que se encuentra bajo el control de una entidad y está aislado del resto de la organización. Los silos de datos pueden tener raíces técnicas o culturales (Universidad de Alcalá, 2021).

**Procesos con origen desconocido o no documentados:** El éxito de las empresas implican una reacción rápida y dinámica ante las dificultades, aprovechar las oportunidades del contexto, y mejorar continuamente como sistema. Es importante que las empresas adopten diversas herramientas como la gestión de la calidad, que le ayuden a minimizar sus vulnerabilidades y a fortalecer sus cualidades, de tal manera que le permita obtener mayor competitividad (Casteleiro, et al., 2015).

**Inconsistencias en la forma de medir o interpretar KPI:** la métrica es una medida cuantitativa del nivel en que un proceso posee cierto atributo, o propiedad medible. Es una medida es el número asignado a dicho atributo como resultado de la aplicación de un procedimiento de medición. Así mismo, se entiende que un indicador es la métrica, o conjunto de métricas, que proporcionan conocimientos acerca de los aspectos de un proyecto, ayudando a interpretar los conceptos medibles. Al respecto conviene decir que la medición del rendimiento es un tema que se discute a menudo, pero pocas veces definido, y se cuantifica a través de medidas que son usualmente denominadas métricas o indicadores (Diez-Silva, et al. 2012).

Cuando las organizaciones no caracterizan sus indicadores de forma clara, explícita, los socializan e interiorizan, las áreas miden su gestión bajo los parámetros definidos, y es muy común que para un KPI con el mismo nombre se mida de forma diferente en distintas unidades de la organización.

**Necesidad de la iniciativa de Gobierno de datos:** Según Wilde, O. , 2021, existen dos necesidades por las cuales una organización se plantea comenzar una

iniciativa de Gobierno de Datos: por cumplir con una normativa impuesta en forma externa (un ente regulador) o interna (observaciones de auditoría), o por la adquisición de herramientas tecnológicas que incluyen capacidades para dar soporte a proyectos de calidad de datos, glosario de datos, seguridad, etc. Estas necesidades pueden llevar a cometer algunos errores al momento de implementar la iniciativa conduciendo al fracaso y a la pérdida de oportunidades.

En el primer caso la necesidad de cumplir un requerimiento puede llevar a la ley del mínimo esfuerzo para satisfacer las regulaciones o el enfoque tipo checklist de ejecutar tareas aisladas que logren cumplir con lo pedido.

En el segundo caso, si la iniciativa parte por impulso de utilizar las herramientas que se tienen disponibles, existen varios riesgos que enfrentar, como construir la iniciativa alrededor de una solución tecnológica, lo cual no va a permitir el verdadero cambio cultural de la organización a nivel de negocio, dado que es más difícil involucrarla cuando se piensa el Gobierno de Datos solamente como una solución tecnológica.

Otro riesgo es tomar la implantación de una iniciativa de Gobierno de Datos como proyecto y no como un proceso integral que afecte a las personas, procesos y tecnologías.

Para evitar estos problemas se sugiere no comenzar por las herramientas, sino por entender qué es lo que se quiere hacer y por qué, en forma de marco conceptual y estrategia respecto al Gobierno de Datos. Luego, si ya se tienen disponibles las herramientas para que ayuden a lograr los objetivos, más rápido se podrán obtener resultados.

**Liderazgo de la iniciativa:** Otro de los errores que sucede habitualmente está relacionado con quién lleva el liderazgo de la implantación del Gobierno de Datos en la organización. Este punto es uno de los más difíciles ya que en general los primeros que comienzan a impulsar estos temas dentro de una organización pertenecen al área de TI, por conocer los problemas de datos con los que cuentan y cómo estos impactan en sus tareas diarias, o por el conocimiento de las herramientas.

Es necesario que la organización comprenda que el área de TI, aunque es un actor con un rol importante en lo relacionado con el apoyo en la implementación de las soluciones tecnológicas y la arquitectura, no debe liderar la iniciativa si se

quiere tener éxito en una implementación de Gobierno de Datos. Esta función le corresponde a las unidades de negocio, quienes deben hacerse responsables por ver el dato como un activo de la organización asegurando su calidad y seguridad (Wilde, O. , 2021).

Otro reto muy relacionado es hacer frente a la inexistencia de una cultura del dato en la que se aprecie que el dato puede apoyar de forma real en la toma de decisiones de la empresa. Llevando los datos a todos los niveles de la organización, a quienes puedan tomar acción directa a partir del dato, y buscando siempre elementos positivos y motivadores para lograr los objetivos propuestos.

En este sentido, es clave realizar una aproximación al gobierno del dato que sea lo menos intrusiva posible, introducir un modelo de gobierno facilitador, acelerador, de apoyo, intentando lograr un nivel de involucración paulatino de la organización en el propio gobierno del dato, distribuyendo la toma de decisión sobre los procesos de datos y, por ende, también la responsabilidad (Serrano, A., (2021).

Existen diversos desafíos con la automatización de gobernanza de datos relacionados con el ciudadano en un proyecto de ciudad inteligente, los más relevantes son:

**Intimidad:** Es el desafío más mencionado para implementar una plataforma Smart City; la principal razón es que los datos recopilados de la ciudad incluyen datos personales, empresariales y gubernamentales a los que no deberían acceder otros usuarios no autorizados.

**Gestión de datos:** la gestión de datos es un desafío, debido a que la plataforma tiene que almacenar y procesar una gran cantidad de datos y utilizar algoritmos de procesamiento y almacenamiento de datos eficientes y escalables. El análisis de datos también es un desafío, porque es difícil extraer conocimientos útiles; y la confiabilidad de los datos también se considera un desafío ya que una gran cantidad de fuentes de datos dificultan garantizar que todos los datos sean correctos.

**Heterogeneidad:** Se considera un desafío debido a las diferencias entre los dispositivos en una Smart City y la dificultad de relacionar datos de diferentes

fuentes, generando un problema en la gestión de datos en todos los sistemas de la ciudad debido a variaciones en los datos de diferentes fuentes. Una plataforma Smart City debe definir estándares en dispositivos, sistemas y dominios heterogéneos.

**Comunicación:** Dado que las ciudades inteligentes del futuro incorporarán una gran cantidad de dispositivos, permitir la comunicación entre estos dispositivos será un desafío. Se requiere buenos mecanismos de comunicación para compartir datos de plataforma con aplicaciones.

**Escalabilidad:** En las próximas décadas, la cantidad de dispositivos conectados en una ciudad inteligente aumentará continuamente, lo que requerirá un fuerte nivel de escalabilidad en la plataforma de software asociada. Además, la cantidad de usuarios, servicios y datos almacenados aumentará con el crecimiento de la población y en eventos especiales en las ciudades inteligentes.

**Seguridad:** Los usuarios no autorizados que accedan a los servicios de la ciudad sin permiso pueden causar mucho daño. Se busca que las redes de las ciudades estén a salvo del ciber-terrorismo y el ciber-vandalismo. Se destaca la importancia de la seguridad en las plataformas CPS, ya que dichos sistemas controlan parte de la infraestructura de la ciudad, que un usuario malintencionado puede corromper, por ejemplo, alterando los semáforos y postes de luz.

**Falta de banco de pruebas:** se considera un desafío para el desarrollo de plataformas para Smart Cities, ya que sin bancos de pruebas, es difícil realizar experimentos para descubrir los desafíos reales que presentará la implementación de una plataforma Smart City.

**Modelos de ciudad:** Es necesario crear un modelo útil de ciudad para tomar decisiones inteligentes, se requiere modelación para observar y comprender la actividad de la ciudad y evitar generar modelos innecesarios y vacíos. se requiere un modelo unificado de ciudad, para que la gran cantidad de datos heterogéneos generados se puedan compartir entre aplicaciones y servicios.

**Gestión de energía:** el Consumo de energía es un desafío al que se enfrentan todos los componentes de la plataforma, como sensores, actuadores y servidores.

La gestión de la energía en aplicaciones o servicios son de importancia porque no se debe correr el riesgo que fallen debido a cortes de energía.

**Mantenimiento de la plataforma:** Las dificultades para mantener un middleware para administrar millones o miles de millones de dispositivos conectados a una plataforma se consideran un desafío. Así mismo, la administración de la plataforma puede ser un desafío, tanto por su tamaño como por la gran cantidad de dispositivos repartidos por la ciudad; y abordar los problemas de coordinación en los nodos de sensores también resulta ser un problema, debido al tamaño de la red de sensores de la ciudad (Santana, E. F. Z., et al. 2017).

#### **4.1.2 Organización orientada a gobierno de datos**

MinTic (2019), estipula cinco ámbitos como base fundamental para el Gobierno de Datos con el que pretende orientar a las entidades del sector público para contar con una definición del dato que permita hacer uso eficiente del mismo en el cumplimiento de su misión. Estos son:

- **Gobernanza de datos:** Es el ámbito enfocado en identificar los custodios y consumidores del dato, y en ejecutar los requisitos relacionados de cumplimiento y responsabilidad.
- **Calidad de datos:** Es el ámbito enfocado en el aseguramiento de la calidad para garantizar la prestación de servicios de información e institucionales, a través de la identificación y propuesta de mejoras, la modificación del modelo operativo y la actualización y verificación del cumplimiento de los indicadores de calidad definidos para el dato.
- **Migración de datos:** Es el ámbito enfocado en el desarrollo de procesos de migración de información, lo cual garantiza y asegura la normatividad implantada y establece como punto de partida la gestión de los datos en la institución.
- **Ciclo de vida de datos:** Es el ámbito enfocado en asegurar el cubrimiento del enmascaramiento, reducción y archivado de los datos en la institución, soportando el nivel de autoservicio comprometido.
- **Administración de datos maestros:** Es el ámbito enfocado en el conjunto de procesos y herramientas que define y gestiona de forma consistente las

entidades de datos no transaccionales de una institución del sector público. En este sentido, esta administración busca recopilar, agregar, identificar, asegurar la calidad, la persistencia y distribuir los datos de forma uniforme en dicho contexto.

#### **4.1.3. Metodología de implementación de gobierno de datos**

Según Wilde, O. (2021), para obtener una implementación exitosa de una iniciativa de Gobierno de Datos es relevante tener en cuenta la forma en cómo se implementa dicha iniciativa. Existen diversos enfoques relacionados con la implementación de gobierno de datos.

**Un enfoque Big Bang** puede ser la primera opción cuando la organización está convencida de que debe incorporar el Gobierno de Datos. Sin embargo se corre el riesgo de querer incorporar muchos cambios al mismo tiempo, sobrecargar a las personas y demoras en los resultados.

Con este tipo de enfoque, por lo general no se logra tener éxito porque se requiere un cambio cultural con un convencimiento de las personas a través del logro de resultados y cambios en su comportamiento.

Se recomienda aplicar un **enfoque iterativo** a través de casos facilitadores con victorias rápidas para la organización, que permita mostrar resultados tangibles para realizar el cambio organizacional necesario.

Otra forma es hacer una **evaluación de la madurez** de la organización en cuanto al Gobierno de Datos para determinar el nivel de preparación que tiene para incorporar distintos aspectos del Gobierno de Datos.

Estos enfoques permiten trabajar en diferentes niveles en paralelo, priorizar los problemas que permitan obtener resultados donde la organización sea capaz o se sienta segura de ir hacia adelante, mientras que se prepara para trabajar más adelante en los otros aspectos.

Es importante asegurar los siguientes factores, que ayudan a garantizar una buena implementación:

- Contar con un sponsor dentro de la organización, gerente o alto directivo.
- Definir quién asumirá el gobierno de datos (dependencia).
  - modelo centralizado
  - modelo distribuido
  - modelo autónomo
- Que sea transversal.
- Pilares estratégicos que se apoyan con el gobierno de datos.
- Entregar una evaluación de la organización frente al gobierno de datos (proponer metodología de evaluación del nivel de madurez).
- Retrospectiva de nivel de madurez (punto de partida y plan de mejora, buscar consultoría externa).
- Elaborar e implementar plan de mejora.
- Definir mapa de ruta para implementación del programa de gobierno y cómo se aborda la gestión de cambio.
- Selecciona el marco de referencia.
- Definir roles de oficina de gobierno de datos.
- Buscar y Justificar equipo de gobierno de datos.
- Definir política de datos.
- Buscar aliados internos, definir roles. (aliados para definir, mantener y replicar la gobernanza de datos).

## **Pasos propuestos por MinTIC para la Gobernanza de Datos**

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones propone siete pasos para la Gobernanza de Datos, los cuales se referencian en el siguiente cuadro.

### **Cuadro 2. Pasos propuestos por MinTIC para la Gobernanza de Datos**

<b>Item</b>	<b>Pasos</b>	<b>Descripción</b>
1	Identificación	Permite caracterizar los datos maestros y los metadatos del dato a gobernar.
2	Análisis	Permite estudiar los detalles y características de la información desde

Item	Pasos	Descripción
		los procesos que involucra el dato a gobernar.
3	Perfilamiento	Fundamenta el diseño de reglas de calidad para la normalización de los datos a gobernar.
4	Definición	Permite establecer roles, responsabilidades y controles reglamentarios para el proceso de manejo de los datos a gobernar.
5	Despliegue	Comunicación e implementación del programa de GD.
6	Cumplimiento	Acatamiento de lo estipulado en el programa de GD implementado. Permite detectar fallas y oportunidades de mejora en el proceso de GD
	Auditoría y	y se aplica en todos los procesos de implementación y la ejecución
7	Mejora	continúa una vez se haya desplegado el GD en la organización.

**Fuente:** Mintic (2017).

#### 4.1.4. Metodología de gobierno de datos ciudad inteligente

El gobierno de datos, es el pilar fundamental de proyectos cuya naturaleza deberá asegurar la interoperabilidad entre tecnologías e interrelación de organizaciones, procesos, fuentes y repositorios de información, como lo es la iniciativa de crear una ciudad inteligente.

La empresa Calinteligente, como unificador y articulador de organismos municipales, de la empresa privada y de la academia, deberá velar por proponer a los actores que harán parte del proyecto, la adopción cultural de entornos automatizados que permitan la utilización de los datos como base de la toma de decisiones, obtención de logros, cumplimiento de objetivos y optimización de los recursos. Esto le permitirá realizar análisis cualitativo y cuantitativo de las cinco dimensiones estratégicas de la empresa Calinteligente como son Seguridad inteligente, Movilidad inteligente, Calidad de vida inteligente, Gobernanza inteligente, y Desarrollo sostenible inteligente.

En el siguiente apartado se propone una guía de factores a tener en cuenta para la adopción de un enfoque de gobernanza de datos para la estrategia de Cali como Ciudad Inteligente.

#### **Adoptar, proponer la cultura organizacional de gestión de los datos**

Los datos, son considerados un activo intangible de los organismos de la administración pública, y se acoge a las políticas aplicadas al tratamiento de

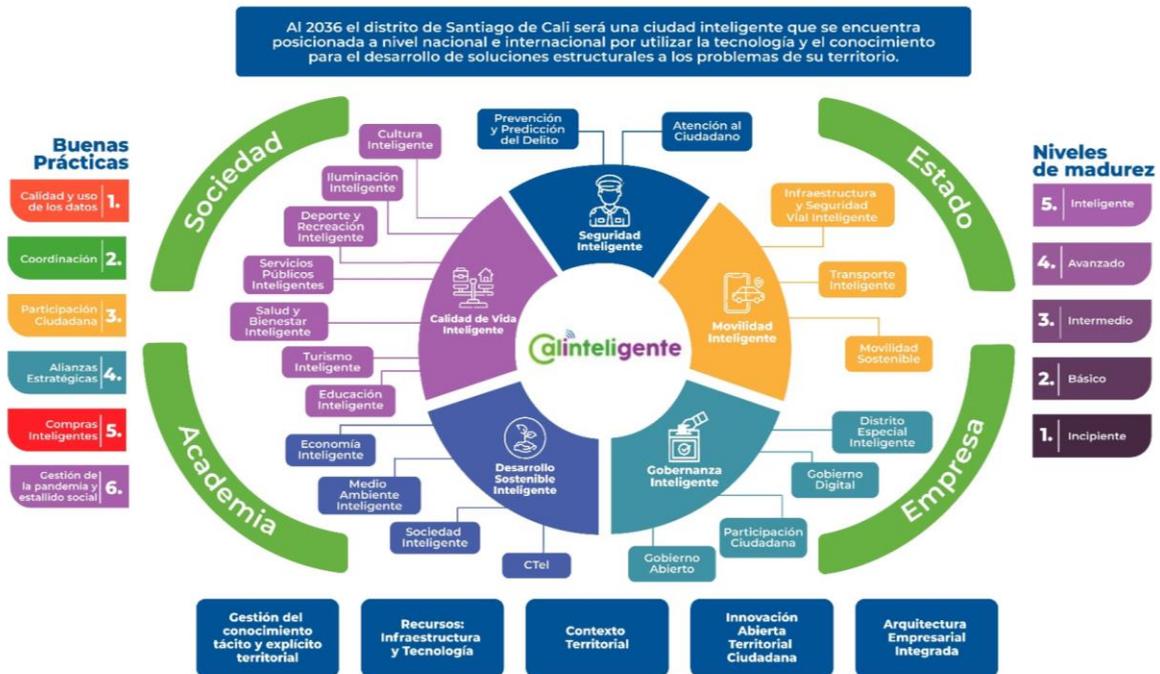
datos contempladas en el documento CONPES 3920, que se presentarán como referenciación en el marco de este estudio.

Es relevante tener en cuenta que más allá del cumplimiento de la normativa, Calinteligente, deberá, focalizar gran esfuerzo en la interiorización de la cultura “El dato como un activo” y transmitir esta cultura a entes gubernamentales, comerciales y educativos que participen en las iniciativas de una ciudad inteligente, para que se facilite la implementación de un enfoque de gestión de datos en la ciudad.

Cada una de las dimensiones de Cali como ciudad Inteligente suplen y entregan información que es de crucial importancia en la interacción entre dimensiones y los 20 factores que las sustentan (Prevención y predicción del delito; Atención al ciudadano; Infraestructura y seguridad vial inteligente; Transporte inteligente; Movilidad sostenible; Iluminación inteligente; Servicios públicos inteligentes; Educación inteligente; Salud y Bienestar inteligente; Deporte y recreación inteligente; Cultura inteligente; Turismo inteligente; Gobierno abierto; Gobierno digital; Participación ciudadana; Distrito especial inteligente; Medio ambiente inteligente; Sociedad inteligente; Economía inteligente; y Ciencia, Tecnología e innovación), al igual su permanencia entre las plataformas que forman sus bases.

### **Figura 33. Modelo de Cali como ciudad inteligente**

# VISIÓN



**Fuente:** Fundación Universidad del Valle (2021)

## Administración del DATO (Metadata)

Cada uno de los factores base de las 5 dimensiones de la estrategia de Cali como ciudad inteligente, se convertirán en un silo de información, y el reto de la empresa Calinteligente, es definir la estructura, las metodologías y las políticas necesarias para lograr la integración de los datos generados en cada factor y la utilización eficiente de estos. Adicionalmente la administración de los datos deberá contemplar factores regulatorios y técnicos del manejo de datos.

## Antecedentes de política y normativa para la explotación de datos en Colombia

La realización de los procesos de generación, recolección, agregación, compartición, explotación e innovación para aprovechar los datos, se encuentran mediados por diversas disposiciones jurídicas que conforman el marco relevante vigente para la explotación de datos. Estas se agrupan en cinco regímenes de

acuerdo con las materias reguladas, según se ilustra en la Figura 2. Marco jurídico aplicable a los datos.

**Figura 34. Marco Jurídico aplicable a los datos**



**Fuente:** DNP (2018).

Las disposiciones jurídicas con impacto en la explotación de datos señaladas en la Figura 2, se agrupan en cinco regímenes según el DNP (2018), según el tema regulado por cada una, así:

- Protección de derechos, esto es, límites y garantías que deben desplegarse para el tratamiento de datos personales y privados.
- Transparencia y datos abiertos, que corresponde a la publicidad de las actuaciones de las entidades públicas, el derecho de acceso a la información pública y la necesidad de divulgación activa.
- Acceso e interoperabilidad, que define condiciones mínimas para que las entidades públicas y privadas que desarrollan funciones públicas establezcan mecanismos para permitir el uso de datos entre sí.
- Eficiencia administrativa, es decir, la gestión de los documentos generados por las entidades públicas y las privadas que prestan funciones públicas, así como aumento de la generación de documentos digitales para eliminar los soportes en papel y disminuir los trámites solicitados al ciudadano.
- Reportes de información, que corresponde a los reportes de datos que las entidades privadas, la academia y los ciudadanos deben suministrar

periódicamente a las entidades públicas en el marco de sus competencias, a los particulares que desarrollan funciones públicas, así como aquellos que las entidades públicas deben realizar.

### **Aplicar metodología para generación de Metadata**

Es importante tener en cuenta la diversidad de fuentes de información y el aseguramiento de intemporalidad de las tecnologías que harán parte de la estrategia de Ciudad Inteligente, puesto que demandarán un gran esfuerzo en su administración, transformación y utilización. Como parte de la información base de crecimiento, se plantea, realizar un modelo de gestión de metadatos en dos niveles para Calinteligente, de la siguiente manera:

- Nivel de factores por dimensión, para asegurar la gestión de datos entre fuentes y soluciones diferentes, pero con características operacionales afines, que facilitarán el diseño, implementación y gestión de metadatos. Como manera de ilustración, la Dimensión “Seguridad inteligente”, se espera estructurar un modelo interrelacional de datos para los dos factores que contiene como son “Prevención y predicción del delito” y “Atención al ciudadano”, puesto que compartirán, fuentes, repositorios, bases e incluso indicadores que alimentarán los sistemas de información de cada uno de los factores y se retroalimentarán entre sí.
- Nivel de dimensión, que permita la Interoperabilidad entre todos los factores, actores estratégicos, fuentes del proyecto, cumplimiento de normativa en cuanto a política de datos, indicadores claves de Ciudad Inteligente, la gestión de la información y el nivel de madurez de la estrategia de ciudad inteligente en el tiempo.

Para ambos niveles se deberá asegurar los siguientes objetivos alcanzables de interoperabilidad:

- **Interoperabilidad Técnica**

Según Turnitsa y Tolk (2006) y por similitud de modelos, define interoperabilidad técnica como aquella que posibilita la interconexión de los sistemas a nivel de protocolos, y el intercambio de información en su nivel más básico: bits.

Se han identificado algunos ejemplos relacionados con las Infraestructuras De Datos Espaciales (IDE) como pueden ser: los juegos de caracteres y la codificación de los caracteres usados en los datos, los identificadores de archivos, la descripción del entorno de procesamiento, los nombres de los archivos, tipos de servicios y sus versiones, el tamaño de transferencia de los datos, los formatos y versiones de los archivos, medios de almacenamiento, así como los protocolos y los puntos de acceso a los servicios.

- **Interoperabilidad Sintáctica**

Es aquella que posibilita el intercambio de información en un formato común, incluyéndose en este tipo de interoperabilidad los relacionados con los estándares de datos (formatos), que posteriormente han de intercambiar los sistemas.

Se entiende por “aspectos de la interoperabilidad sintáctica” los formatos estandarizados de intercambio de información. Este es el caso del formato XML y las reglas que definen la estructura de los datos en forma de esquemas (XSD), para todo tipo de información alfanumérica. También lo son los formatos gráficos de imágenes (JPEG, PNG, GTIFF) en otros casos.

- **Interoperabilidad Semántica**

Es aquella que posibilita el intercambio de información, utilizando un vocabulario común y compartido, que evite las inexactitudes en la interpretación del significado de los términos.

Se entiende por “aspectos de interoperabilidad semántica” a los estándares y/o especificaciones que definen los esquemas de intercambio de información y el significado de cada uno de los ítems sin ambigüedades.

- **Interoperabilidad pragmática**

Es aquella que posibilita que los sistemas conozcan y exploten los métodos y procedimientos que proporcionan los demás sistemas.

Se entiende por aspectos de interoperabilidad pragmática a los estándares y especificaciones que definen las taxonomías de servicios y sus interfaces de explotación.

- **Interoperabilidad dinámica**

Es aquella que permite a los sistemas autocorregir su funcionamiento ante los cambios en la transferencia de información, y obtener beneficio de ello.

Se entiende por “aspectos de interoperabilidad dinámica” aquellos que tienen la capacidad de sustituir dinámicamente un servicio por otro, si es inaccesible o si la calidad del servicio no cubre las necesidades. En este sentido, los sistemas deben de disponer de mecanismos que les permitan descubrir dinámicamente la existencia de servicios que cumplan los requisitos solicitados. A priori, este nivel de interoperabilidad requiere una explotación del componente de semántica que posibilite el descubrimiento de los servicios, con base en la información que les describe (metadatos).

- **Interoperabilidad conceptual**

Es aquella que permite conocer y reproducir el funcionamiento de un sistema con base en la documentación expresada en un formato usado en ingeniería.

Se entiende por “aspectos de interoperabilidad conceptual” aquellos que describen los modelos de datos y sistemas en forma de documentación estandarizada e intercambiable, desde un punto de vista de la ingeniería, sin depender del modelo utilizado para describirlo. La descripción mediante Lenguaje Unificado de Modelado (UML) del modelo de datos, ya sea de un almacén de datos o el proporcionado por un servicio Web, posibilita este tipo de interoperabilidad.

- **Interoperabilidad organizacional**

Es aquella que permite conocer los objetivos de negocio, los modelos de procesos, las leyes y políticas de acceso, así como el uso de los datos y los servicios.

Se entienden por “aspectos de interoperabilidad organizacional” aquellos que posibilitan conocer y entender las políticas de acceso y uso de datos y/o servicios, las responsabilidades personales o institucionales, así como los objetivos y los fines definidos por la organización, al crear un determinado tipo de dato o proporcionar un tipo de servicio sobre los mismos.

### **Estandarización de proceso**

Ahora bien, no se podría pensar en la orientación de una empresa a la gestión o gobierno de datos, a la adopción del dato como un activo o a la homogeneización de los datos generados, transformados y utilizados en Calinteligente, de no contar con la estandarización de procesos, normativas, documentos e incluso instructivos, utilizados en las organizaciones gubernamentales, empresas privadas o academia. Entonces, se debe sugerir como parte estructural de la implementación de un modelo de gobierno de datos, la adopción o el lineamiento de buenas prácticas de calidad en la gestión documental. Para ello se debe tener en cuenta la norma técnica colombiana ISO 9001 para los sistemas de Gestión de Calidad.

Según (ISO, 2021), las normas de sistema de gestión ISO, proporcionan un modelo a seguir para establecer y operar un sistema de gestión, modelo que es construido en consenso internacional, beneficiado de la experiencia mundial de gestión y las buenas prácticas. La familia de normas ISO 9000, trata diversos aspectos de la gestión de la calidad y proporciona orientación y herramientas para las empresas y organizaciones que quieren asegurarse de que sus productos y servicios cumplan consistentemente con los requerimientos del cliente, y que la calidad se mejora constantemente.

Esta familia de normas incluye la norma ISO 9000, la norma ISO 9001, ISO 9004 y la norma ISO 19011. Actualmente la norma ISO 9000 en versión 2015 presenta los principios, términos y definiciones básicas de la calidad, la norma ISO 9001:2015 establece los requisitos de un sistema de gestión de la calidad, siendo este el único estándar certificable de la familia ISO 9000, de igual manera la norma ISO 9004: 2009, se centra en cómo hacer que un sistema de gestión de calidad sea

más eficiente y eficaz. Por su parte la norma ISO 19011: 2011, presenta una guía sobre las auditorías internas y externas de los sistemas de gestión.

Un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) basado en la norma ISO 9001, proporciona una base sólida para la construcción de un programa de Gestión total de la calidad (TQM por sus siglas en inglés), siendo este estándar, el primer gran paso en la implementación de un programa TQM, facilitando el camino hacia la mejora continua.

En la norma ISO 9000:2015, se define el sistema de gestión de la calidad como el conjunto de elementos de una organización que están interrelacionados o que interactúan para establecer políticas, objetivos, y procesos de calidad para alcanzar dichos objetivos de calidad.

El sistema de gestión de calidad se encuentra enmarcado en siete principios fundamentales:

- 1) el enfoque al cliente.
- 2) el liderazgo.
- 3) el compromiso de las personas.
- 4) el enfoque en procesos
- 5) la mejora.
- 6) la toma de decisiones basada en la evidencia.
- 7) la gestión de las relaciones

### **Evaluación y medición**

La implementación de una metodología de gobernanza de datos deberá iniciar con la evaluación del estado actual de madurez de los entes públicos, privados y educativos participantes de la estrategia de Calinteligente, los resultados de medición preliminar permitirá articular la interrelación entre los diferentes actores de la estrategia y orientar el esfuerzo que permita garantizar la interoperabilidad de estos, en buscar de la homogeneización basado en políticas y adopción de estándares a un nivel equilibrado de los participantes.

La iniciativa de ciudad inteligente genera datos de valor, para la toma de decisiones en tiempo real, a través del uso y apropiación de tecnologías. Esto

otorga a las ciudades la capacidad de entender, comprender y resolver sus desafíos y problemas o las necesidades de sus ciudadanos (Mintic, 2021).

Así mismo, Mintic, 2021 señala que a través del instrumento de autodiagnóstico - Modelo de medición de madurez de Ciudades y Territorios Inteligentes, se busca identificar la situación actual de una ciudad o territorio con relación a las dimensiones y ejes habilitadores del modelo, con el fin de generar información para la toma de decisiones y acciones que permitan mejorar las capacidades de la entidad en la formulación y ejecución de iniciativas de ciudades o territorios inteligentes.

Según Sweden (2009), un modelo de madurez es una estructura que describe el nivel de sofisticación que pueden alcanzar las actividades en un área específica de interés. Los modelos de madurez indican hasta dónde se puede evolucionar en materia de gobierno de datos y los niveles por los que las organizaciones pueden pasar antes de llegar al objetivo de un verdadero proceso de gobierno de datos.

Los modelos ayudan a los responsables de las organizaciones a determinar la distancia existente entre sus actuales prácticas y el nivel de madurez que se desea alcanzar, estableciendo las necesidades y prioridades para asegurar la consecución del objetivo de gobernar la información.

Según Wilson (2013), un modelo de madurez define un punto de partida de baja madurez y un estado objetivo de alta madurez. Muestra los próximos pasos en cada punto del desarrollo - cómo tener éxito un paso a la vez. Se puede educar y formar a las partes interesadas sobre un área de preocupación. Puede evaluar el nivel de madurez en el que se encuentra la organización, señalando la necesidad de recursos y habilidades.

### **Cuadro 3. Modelo de madurez de Gobierno de datos de EWSolution**

<b>Nivel de madurez</b>	<b>Características</b>
<b>1</b>	<b>Procesos informales</b> Reactivo, dependiente de unas pocas personas capacitadas, responsabilidades asignadas en grupos de TI separados, pocas funciones de TI definidas, datos considerados como un subproducto menor de la actividad empresarial. Redundante, datos indocumentados, bases de datos dispares sin arquitectura, mínima integración y limpieza de datos, soluciones puntuales. <ul style="list-style-type: none"><li>● Poca o ninguna metadata comercial.</li></ul>

Nivel de madurez		Características
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semántica divergente.</li> <li>• Algunos enfoques de uso común, pero sin aceptación en toda la empresa.</li> <li>• Participación comercial escasa o nula, sin roles comerciales definidos.</li> <li>• Monitoreo reactivo y resolución de problemas.</li> </ul>
2	<b>Procesos emergentes</b>	<p>Comenzar a considerar la administración y la rectoría en toda la empresa, sin enfoques estándar, arquitectura empresarial temprana, creciente conciencia ejecutiva intuitiva del valor de los activos de información.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incursiones iniciales en la administración y el gobierno de datos, pero los roles no están claros y no son continuos.</li> <li>• Esfuerzos iniciales para implementar la administración en toda la empresa, pero con contención entre grupos con diferentes perspectivas.</li> <li>• Se están llevando a cabo proyectos de arquitectura empresarial y gestión de metadatos maestros.</li> <li>• Algunos procesos son repetibles.</li> </ul> <p>Procesos estándar, arquitectura de información empresarial, patrocinio ejecutivo activo, gestión centralizada de metadatos, auditorías periódicas y seguimiento proactivo.</p>
3	<b>Procesos diseñados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Administración de datos empresariales continua y claramente definida.</li> <li>• Organización central de gestión de datos empresariales.</li> <li>• La arquitectura de datos empresariales guía las implementaciones.</li> <li>• Los acuerdos de nivel de servicio de calidad se definen y supervisan periódicamente.</li> <li>• Compromiso con el desarrollo continuo de habilidades.</li> </ul> <p>Se establecen metas de proceso mensurables para cada proceso definido.</p>
4	<b>Procesos revisados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realiza la medición y el análisis cuantitativos de cada proceso.</li> <li>• Comenzando a predecir el desempeño futuro.</li> <li>• Los defectos se identifican y corrigen de forma proactiva</li> </ul> <p>Comprensión cuantitativa y cualitativa utilizada para mejorar continuamente cada proceso.</p>
5	<b>Procesos optimizados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El valor se monitorea continuamente.</li> <li>• Comprensión de cómo cada proceso contribuye a la intención comercial estratégica.</li> </ul>

**Fuente:** Sweden, E. (2009).

## 4.2. Definir criterios de gobierno de los datos

A continuación, se presenta un resumen descriptivo de los principales modelos de analítica de datos y guía general de los criterios de madurez de cada uno de ellos, como son ASUM-AD (IBM), Standford, Oracle, Gartner y DAMA.

### 4.2.1 Conceptos de metodología de analítica de datos

A continuación se presentan modelos de analítica de datos de ASUM-DM (Analytics Solutions Unified Method) de IBM; el Modelo de analítica de datos de ORACLE; y el Modelo de analítica de datos de Gartner.

#### 4.2.1.1 Modelo de analítica de datos de ASUM-DM (Analytics Solutions Unified Method) de IBM

Analytics Solutions Unified Method-ASUM-DM de IBM se basa en la metodología Cross Industry Standard Process for Data Mining- CRISP-DM y hace énfasis en las nuevas prácticas en la ciencia de datos como el uso de volúmenes de datos muy grandes, la incorporación de análisis de texto, en el modelado predictivo y la automatización de algunos procesos (Universidad de Los Andes, 2017).

El modelo ASUM-DM considera 5 fases globales para la implementación de proyectos de un modelo de analítica de datos análisis, diseño, construcción, despliegue y puesta en producción, que a su vez, estas se dividen 10 subfases o niveles, que conforman el núcleo de la metodología. A continuación se presenta un resumen de estos niveles como los define la Universidad de Los Andes (2017) en el proyecto Caoba:

**Comprensión del Negocio:** Esta primera etapa establece las bases para abordar de forma exitosa el proyecto ya que se orienta al entendimiento de un negocio, con el fin de definir proyectos y soluciones alineados con las estrategias de las organizaciones.

**Enfoque Analítico:** Implica traducir el problema de negocio a un problema técnico. Una vez que el problema de negocio de la empresa ha sido claramente establecido, el científico de datos puede definir el enfoque analítico para resolver el problema. Esta etapa implica expresar el problema en el contexto de las técnicas estadísticas y de aprendizaje automático, para que la organización pueda identificar y seleccionar las más adecuadas para el proyecto.

**Requisitos de los datos:** La elección del enfoque analítico determina los requisitos de los datos, ya que los métodos analíticos que se utilizan requieren un contenido de datos, formatos y representaciones particulares, guiados por el conocimiento del dominio.

**Recolección de los datos:** El científico de datos identifica y reúne los recursos de datos necesarios, relevantes para el dominio del problema. Al encontrar brechas en la recopilación, el científico de datos podría necesitar revisar los requisitos y recopilar más información.

**Entendimiento de los datos:** Las técnicas de visualización o estadística pueden ayudar a un científico de datos a comprender su contenido, evaluar su calidad y tener hallazgos iniciales de interés para el proyecto.

**Preparación de los datos:** La etapa de preparación de datos comprende aquellas actividades para construir el conjunto de datos que se utilizará en la etapa de modelado. Estos incluyen la limpieza de datos y otras técnicas de análisis para satisfacer la necesidad de tener un conjunto robusto para la construcción de modelos apropiados para abordar el problema.

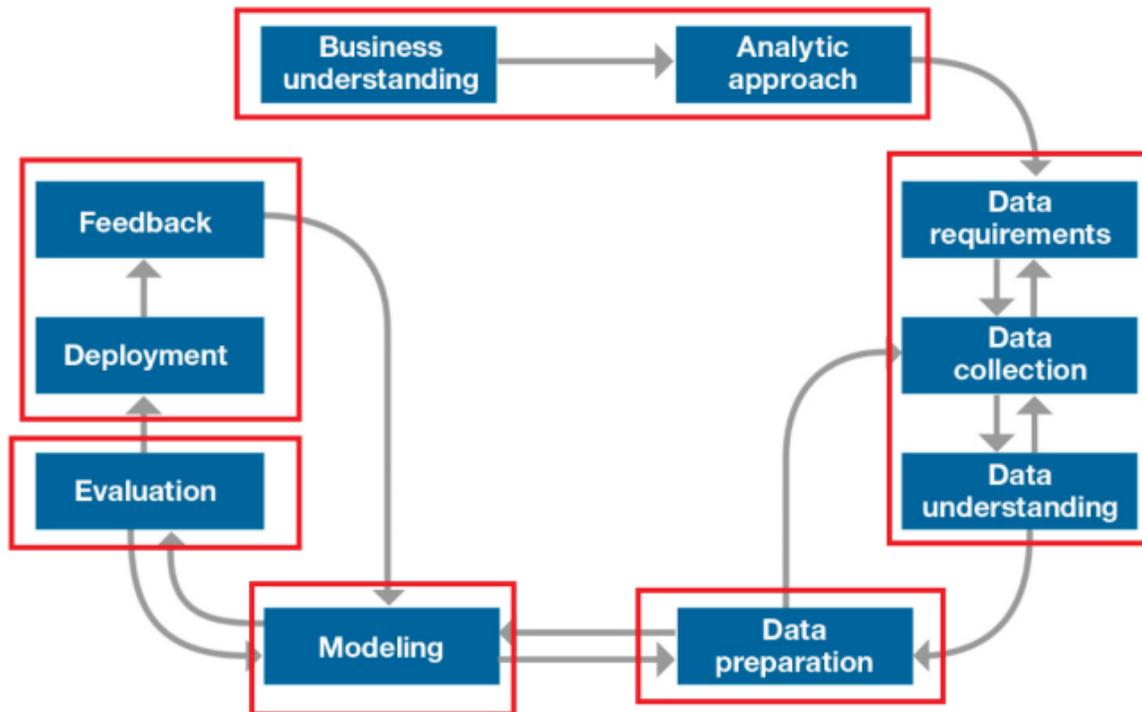
**Modelamiento:** A partir de la primera versión del conjunto de datos preparado, la etapa de modelado se centra en el desarrollo de modelos predictivos de acuerdo con el enfoque analítico previamente definido. Con modelos predictivos, los científicos utilizan un conjunto de formación (datos históricos en los que se conoce el resultado del interés) para construir el modelo. Esta etapa suele ser iterativa, lo que lleva a refinamientos en la preparación de los datos y la especificación del modelo.

**Evaluación:** El científico de datos evalúa el modelo para entender su calidad y asegurarse que aborda adecuada y completamente el problema del negocio. La evaluación del modelo implica el cálculo de diversas medidas de diagnóstico.

**Despliegue:** Después que se ha desarrollado un modelo con resultados satisfactorios en su evaluación, se despliega en el entorno de producción o en un entorno de prueba comparable.

**Retroalimentación:** Al recolectar los resultados del modelo implementado, la organización obtiene retroalimentación sobre el rendimiento del modelo y observa cómo afecta su entorno de despliegue.

**Figura 35. Niveles de la metodología ASUM-DM de IBM**



**Fuente:** IBM Big Data (2021)

El modelo ASUM-DM de IBM, con base en la tecnología (arquitectura de datos, metadatos, información de logueo) y disciplinas técnicas (seguridad, calidad y ciclo de vida del dato), establece políticas y busca el conocimiento del negocio intentando facilitar la generación de valor.

Este modelo, según Armellino Russi, P. M., & Paolino Cabal, M. (2019), permite ubicar a una organización en uno de los siguientes niveles de madurez en gestión de la información, a través de una serie de preguntas:

**1) Inicial:** Pocos o casi ningún proceso establecido. Enfoque ad-hoc y en silos. La gestión de los datos es meramente reactiva. No hay seguimiento de los datos a

nivel global. El presupuesto y equipo que se enfoca a cuestiones de datos está generalmente excedido o sobrepasado.

**2) Gestionado:** Hay conciencia sobre la importancia de los datos. La infraestructura y la documentación son básicas. Hay algunos procesos repetibles y hay algo de automatización. Los datos relacionados a cuestiones regulatorias están disponibles y documentados.

**3) Definido:** Las políticas de datos están definidas. Hay algunos responsables por los datos. Se utiliza tecnología para gestionar los datos. Las prácticas de gestión de datos son compartidas a través de la organización y entendidas. Hay una evaluación del riesgo que representa la mala calidad de los datos y la importancia de tener buenos datos maestros.

**4) Gestionado cuantitativamente:** Hay un equipo de gobierno de datos bien definido en la organización. Los modelos de datos de la organización están documentados y disponibles. Todos los proyectos siguen los principios de gobierno de datos. Hay objetivos cuantitativos de calidad de datos y se mide la evolución de los mismos de forma periódica.

**5) Optimizado:** Es fácil gestionar los costos de las iniciativas de datos y reducirlos. Los procesos están automatizados y documentados. La gestión de datos es consistente, rigurosa y adoptada. El gobierno de datos es natural y se realiza de forma colaborativa en la organización. El retorno de la inversión de cada proyecto de datos puede ser evaluado.

#### **4.2.1.2. Modelo de analítica de datos de ORACLE**

### **Ciencia de datos de Oracle**

La ciencia de datos combina múltiples campos, como las estadísticas, los métodos científicos, la inteligencia artificial (IA) y el análisis para extraer el valor de los datos. Los practicantes de la ciencia de datos se llaman científicos de datos y combinan una variedad de conocimientos para analizar los datos recopilados de la web, teléfonos inteligentes, clientes, sensores y otras fuentes para obtener información útil.

La ciencia de datos abarca la preparación de los datos para el análisis, incluida la limpieza, la agregación y la manipulación de los datos para realizar análisis

avanzados. Las aplicaciones analíticas y los científicos de datos pueden revisar los resultados para descubrir patrones y permitir que los líderes empresariales obtengan información fundamentada (Oracle, 2021a).

Ahora bien, la metodología de analítica de datos de Oracle, se fundamenta en las soluciones desarrolladas por esta compañía para gestionar, catalogar, procesar, almacenar objetos, y para data lakes, y procesamiento y analítica de datos.

### **Ciclo de vida de la ciencia de datos**

Según Oracle (2021b), el proceso de analizar y utilizar los datos es iterativo más que lineal, pero este es el flujo normal del ciclo de vida de la ciencia de datos para un proyecto de modelado, como se detalla a continuación:

- **Planificación:** Definir un proyecto y sus posibles resultados.
- **Construir un modelo de datos:** Los científicos de datos frecuentemente usan una variedad de bibliotecas de código abierto o herramientas en la base de datos para construir modelos de aprendizaje autónomo. A menudo, los usuarios necesitan API para que los ayuden con la ingestión de datos, la visualización y creación de perfiles de datos o la ingeniería de funciones. Necesitan las herramientas adecuadas, así como acceso a los datos correctos y otros recursos como la capacidad de proceso.
- **Evaluar un modelo:** Los científicos de datos deben lograr un alto porcentaje de exactitud en sus modelos antes de poder implementarlos con confianza. La evaluación del modelo habitualmente genera un conjunto completo de métricas de evaluación y visualizaciones para medir el rendimiento del modelo frente a los datos nuevos y también para clasificarlos a lo largo del tiempo a fin de permitir un comportamiento óptimo en la producción. La evaluación del modelo va más allá del rendimiento en bruto para tener en cuenta el comportamiento de referencia esperado.
- **Explicar los modelos:** No siempre hemos sido capaces de explicar la mecánica interna de los resultados de los modelos de aprendizaje autónomo en términos humanos, pero esto es cada vez más importante. Los científicos de datos desean recibir explicaciones automatizadas de la ponderación relativa y la importancia de los factores que intervienen en la generación de una

predicción, junto con detalles explicativos específicos del modelo sobre las predicciones del modelo.

- **Implementar un modelo:** Tomar un modelo de aprendizaje autónomo entrenado e implementarlo en los sistemas correctos es frecuentemente un proceso difícil y laborioso. Esto se puede simplificar operacionalizando los modelos como API escalables y seguras, o usando modelos de aprendizaje autónomo dentro de la base de datos.
- **Monitorear los modelos:** Desafortunadamente, la implementación del modelo no es el paso final. Los modelos siempre deben monitorearse después de la implementación para garantizar que funcionen correctamente. Con el paso del tiempo, los datos con los que se entrenó el modelo pueden quedar obsoletos para las predicciones futuras. En la detección de fraudes, por ejemplo, los delincuentes siempre encuentran nuevas formas de piratear las cuentas.”

Actualmente, Oracle presenta la funcionalidad de analítica avanzada, que es la combinación entre analítica e Inteligencia artificial, entendiéndose como:

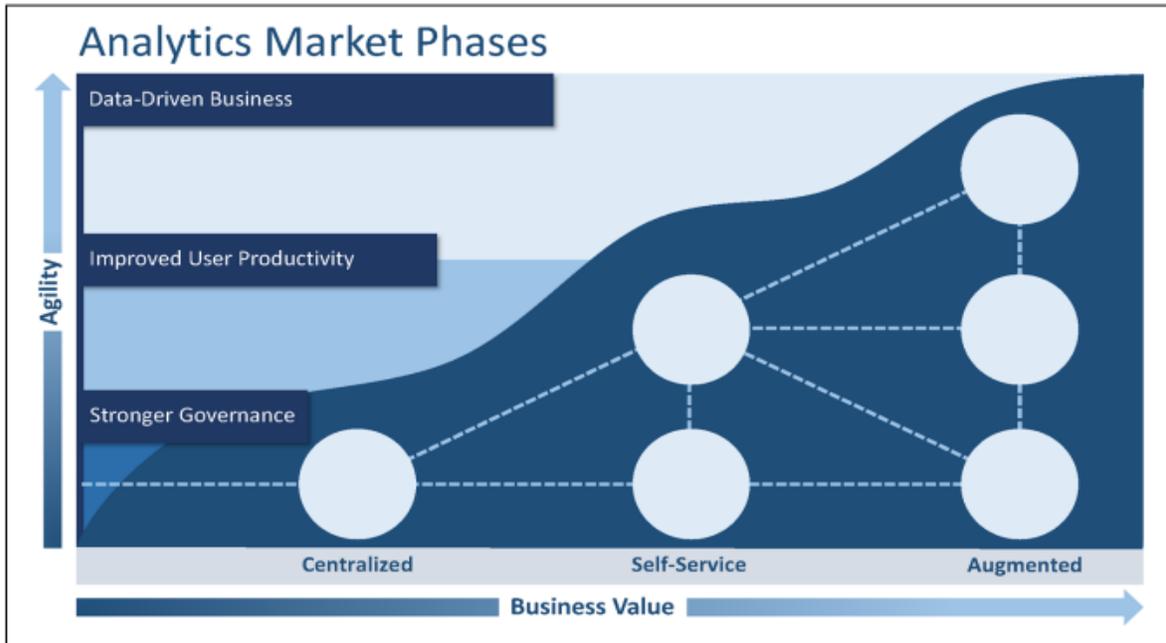
**Analítica:** la capacidad de identificación de patrones utilizando herramientas estadísticas, matemáticas e investigación de operaciones para entender y utilizar la información recolectada por las organizaciones.

**Inteligencia artificial:** es la capacidad de automatizar sistemas computacionales de múltiples disciplinas y tecnologías en labores o tareas que conllevan una decisión inteligente humana.

### **Modelo de madurez de análisis de datos de Oracle**

Oracle ha definido el modelo de madurez analítica que comprende 3 niveles: centralizada, autoservicio y aumentada, como se presenta en la siguiente figura:

### **Figura 36. Modelo de madurez de Oracle**



Fuente: Oracle (2019)

#### 4.2.1.3 Modelo de analítica de datos de Gartner

La metodología para el analista de tecnologías informáticas, puede ser útil como elemento de medición de las soluciones implementadas o por implementar en el proyecto Calinteligente, toda vez que el cuadrante mágico de Gartner permite evaluar aspectos como integración, entrega de información y análisis de data.

Se destaca que la escala de valor de la analítica de datos se encuentra alineada con otras metodologías, en cuanto a sus cuatro niveles de analítica:

Figura 37. Modelo de analítica de datos de Gartner



Fuente: Gartner (2021).

**Crear visión y estrategia; establecer objetivos y desarrollar el caso de negocio:**

- Comprender las prioridades comerciales clave y cómo los datos y el análisis se alinean con la entrega de valor comercial.
- Establecer una línea de base del estado actual que sirva para la mejora continua.
- Identificar oportunidades para monetizar y explotar activos de datos, a través de transformar el negocio y mejorar el mundo mediante casos de uso de otras empresas.
- Diseñar una estrategia ágil de análisis y datos que responda al panorama cambiante de oportunidades y riesgos comerciales y tecnológicos.

### **Establecer marco operativo:**

- Identificar los roles y competencias y apuntar al modelo operativo necesario para crear una organización basada en datos.
- Crear un modelo organizativo de dos niveles: equipo centralizado que trabaja con equipos descentralizados.
- Diseñar el marco arquitectónico para la plataforma de datos y análisis.
- Crear órganos de administración distintos para supervisar las preocupaciones estratégicas frente a los imperativos de la solución de datos tácticos.

### **Establecer gobernanza:**

- Establecer estándares de definiciones de datos consistentes y definir políticas de gobernanza.
- Desarrollar un marco de integración y gestión de datos para hacer frente a los desafíos emergentes.
- Mida la precisión, la no duplicación, la competitividad, la relevancia y la puntualidad de los datos.
- Desarrollar un marco para resistir el acaparamiento de datos, prevenir el secuestro de datos y combatir la vergüenza de la privacidad.

### **Inteligencia continua:**

- Integrar las capacidades de análisis y datos de las plataformas y ecosistemas de negocios digitales para respaldar el crecimiento, la velocidad y la agilidad de la empresa.

- Obtener ganancias rápidas al equipar a los usuarios comerciales con modelos analíticos para comprender las realidades presentes y predecir estados futuros.
- Automatizar el proceso de visualización y análisis de datos mediante el uso de análisis aumentados.

**Refinar y progresar:**

- Seguimiento de métricas: buscar comentarios para evaluar y mejorar la eficacia del programa.
- Reevaluar la estrategia de análisis y datos a la luz de tecnologías emergentes como Internet de las cosas, inteligencia artificial, aprendizaje automático, etc.
- Diseñar nuevos roles y habilidades de procesos empresariales: el plan se basa en la madurez, la cultura y la propensión por el riesgo.

### 4.3. Recomendaciones conceptuales para la implementación en el modelo de Calinteligente

## BIBLIOGRAFÍA

- 5G Barcelona. (2021). 5G Barcelona - ¿Qué es 5G Barcelona? | 5g Barcelona, 5G el hub del sur de Europa. <https://5gbarcelona.org/es/que-es-5g-barcelona/>
- A.Shah, D. Sierra, A. Kumar, A. Elmaghraby. (2021). IoT en ciudades inteligentes: una encuesta de tecnologías, prácticas y desafíos. EE.UU.
- Apache Nutch. (s.f.). Rastreador web altamente ampliable y escalable. Recuperado de <http://nutch.apache.org/>
- Aptude. (2018). 5 historias de éxito de implementación de Hadoop. Recuperado de <https://aptude.com/es/blog/entrada/5-historias-de-%C3%A9xito-de-implementaci%C3%B3n-de-hadoop/>
- Arena, F., Pau, G., & Severino, A. (2020). V2X communications applied to safety of pedestrians and vehicles. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/jsan9010003>
- Arena, F., Pau, G., & Severino, A. (2020). V2X communications applied to safety of pedestrians and vehicles. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/jsan9010003>
- Asersa. (2021). Baeza, S.A. cuenta con IBM y Asersa como partners tecnológicos para proporcionar una alta fiabilidad y disponibilidad de sus servicios. Recuperado de <https://asersa.com/asersa-ejemplo-de-caso-de-exito-para-ibm/>
- Aspern Smart City Research (ASCR). (2021a). ASCR's Smart Home Control app. <https://www.ascr.at/en/ascrs-smart-home-control-app/>
- Aspern Smart City Research (ASCR). (2021b). E-Mobility - Smart Charging. <https://www.ascr.at/en/emob/>
- Aspern Smart City Research (ASCR). (2021c). Ownership - Aspern Smart City Research. <https://www.ascr.at/en/ownership/>
- Avsistem. (2020). ¿ Why should the smart city start with public WiFi? Recuperado de: <https://www.avsystem.com/blog/wifi-smart-city/>
- Axis. (2020). Supporting smart city objectives with a single surveillance camera [sitio web]. <https://www.axis.com/blog/secure-insights/city-objectives-surveillance/>

Ayuntamiento de Barcelona. (2021a). Apps progresivas | Barcelona Ciudad Digital.  
<https://ajuntament.barcelona.cat/digital/es/transformacion-digital/tecnologia-para-un-gobierno-mejor/apps-progresivas>

Ayuntamiento de Barcelona. (2021b). Bicing | Barcelona Ciudad Digital.  
<https://ajuntament.barcelona.cat/digital/es/transformacion-digital/tecnologia-urbana/bicing>

Ayuntamiento de Barcelona. (2021c). Buzón Ético | Barcelona Ciudad Digital.  
<https://ajuntament.barcelona.cat/digital/es/transformacion-digital/tecnologia-para-un-gobierno-mejor/buzon-etico>

Ayuntamiento de Barcelona. (2021d). CityOS | Barcelona Ciudad Digital.  
<https://ajuntament.barcelona.cat/digital/es/transformacion-digital/city-data-commons/cityos>

Ayuntamiento de Barcelona. (2021e). Open Data BCN. Servicio de datos abiertos del Ayuntamiento de Barcelona. <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/es/open-data-bcn>

Ayuntamiento de Barcelona. (2021f). Portal de Datos Abiertos (Open Data BCN) | Barcelona Ciudad Digital.  
<https://ajuntament.barcelona.cat/digital/es/transformacion-digital/city-data-commons/portal-de-datos-abiertos-open-data-bcn>

Ayuntamiento de Barcelona. (2021g). Quiénes somos | Barcelona Ciudad Digital.  
<https://ajuntament.barcelona.cat/digital/es/quienes-somos>

Ayuntamiento de Barcelona. (2021h). Sentilo | Barcelona Ciudad Digital.  
<https://ajuntament.barcelona.cat/digital/es/transformacion-digital/tecnologia-urbana/sentilo>

AZ. (2021). Que es el wifi y como funciona para conectar todo a internet. Recuperado de:  
<https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/que-es-wifi-como-funciona/>

Baldeon, Edú James (2015). Método para la evaluación de calidad del software basado en ISO/IEC 25000. Tesis para optar por el título de: Grado Académico de Maestro en Computación y Sistemas con Mención en Gestión de Tecnologías de Información. Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú. Recuperado de:

[https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/1480/baldeon\\_vej.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/1480/baldeon_vej.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

BBC News. (2017). Estonia, el país con internet mas libre del mundo. Recuperado de: [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/10/120928\\_tecnologia\\_estonia\\_libre\\_mundo\\_dp](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/10/120928_tecnologia_estonia_libre_mundo_dp)

Bermejo, I., Parody, L., Caballero, I., Gómez-López M. & Gasca. (2013). Gestión de Calidad de Datos en la Combinación de Actividades dentro del Marco de los Procesos de Negocio. Instituto de Tecnologías y Sistemas de Información, Universidad de Castilla La-Mancha, Paseo de la Universidad 4, 13071, Ciudad Real (España). Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Sevilla Avda. de la Reina Mercedes s/n, 41012, Sevilla (España).

Bicing. (2021a). App Joc Bicing. <https://www.bicing.barcelona/es/app-joc-bicing>

Bicing. (2021b). SMOU App. <https://www.bicing.barcelona/es/smou-app>

Bluetooth. (2018). Shanghai metro creates a smart city experience with Bluetooth enabled QR code payment. Recuperado de: <https://www.bluetooth.com/blog/shanghai-metro-is-creating-a-rich-smart-city-experience-with-bluetooth-enabled-qr-code-payment/>

Bridgera. (2017). Sensors and Actuators in IoT | Enabling Industrial Automation [sitio web]. <https://bridgera.com/sensors-and-actuators-in-iot/>

Camargo et al. (2021). Deployment of a LoRaWan network and evaluation of tracking devices in the context of smart cities. Journal of Internet Services and Applications.

Challenge 2020. [https://smartcities.ipat.gatech.edu/sites/default/files/Valdosta\\_GA-Smart\\_Proposal\\_2020.pdf](https://smartcities.ipat.gatech.edu/sites/default/files/Valdosta_GA-Smart_Proposal_2020.pdf)

CISCO. (2019). Copenhagen Drives City Carbon Footprint Reductions and Enriches

CISCO. (2019). Copenhagen Drives City Carbon Footprint Reductions and Enriches Citizen Experiences through Converged Digital Solutions.

Citizen Experiences through Converged Digital Solutions.

City of Valdosta. (2020). Developing, Implementing, and Evaluating a Traffic

- City of Valdosta. (2020). Developing, Implementing, and Evaluating a Traffic Monitoring and Communication System for the City of Valdosta and Its Communities to Improve Safety, Connectivity, and Efficiency. Georgia Smart Communities Challenge 2020. [https://smartcities.ipat.gatech.edu/sites/default/files/Valdosta\\_GA-Smart\\_Proposal\\_2020.pdf](https://smartcities.ipat.gatech.edu/sites/default/files/Valdosta_GA-Smart_Proposal_2020.pdf)
- Creative motion control. (s.f.). ¿CUÁLES SON LOS DIFERENTES TIPOS DE ACTUADORES? [sitio web]. <https://www.creativemotioncontrol.com/types-of-actuators/>
- D. Borthakur. (2020). Guía de arquitectura HDFS. Recuperado de [https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs\\_design.html](https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs_design.html)
- Dell (2021). VxRail: Modernice sus operaciones de TI con Dell EMC. Recuperado de <https://www.delltechnologies.com/asset/es-co/products/converged-infrastructure/briefs-summaries/vxrail-customer-brochure-modernize-your-it-operations-with-dell-emc-vxrail.pdf>
- Dixit, A. (2021). How IBM is changing the world with Cloud Computing. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology. India.
- EMESA. (2020). Grupo Logisiete confía en EMESA y en la solución de hiperconvergencia
- EMnify. (2021). What is LoRaWan? Long range wide area networks explained. Recuperado de <https://www.emnify.com/iot-glossary/lorawan>
- Esquivel, S. (2020). Automatización de restauración de archivos para dispositivos de almacenamiento NAS con módulo de red neuronal. México.
- Fernández, C., Rodríguez, M., y Piattini, M. (s.f.). ISO/IEC 25000 Calidad del Producto Software. Recuperado de: [https://www.academia.edu/30328647/ISO\\_IEC\\_25000](https://www.academia.edu/30328647/ISO_IEC_25000).
- Frank Ruff, Daimier Chrysler AG, Society and Technology Research Group. (2007).
- Fundación Universidad del Valle. (2021). Marco de referencia modelo Calinteligente. Fundación Universidad del Valle.
- Fundación Universidad del Valle. (2021). Marco de referencia modelo Calinteligente. Fundación Universidad del Valle.

Gartner Research. (2021). What are Data Masking Technologies? Obtenido de <https://www.gartner.com/reviews/market/data-masking>

Gartner. (2021). Government Open Data Management (ODM) Platforms Reviews and Ratings. Obtenido de What is Government Open Data Management (ODM) Platforms market?: <https://www.gartner.com/reviews/market/government-open-data-management-platforms>

Gartner.(2021).¿ Que son los servicios de plataforma e infraestructura en la nube?. Recuperado de <https://www.gartner.com/reviews/market/public-cloud-iaas>

GIACC, Global Infrastructure Anti-Corruption Centre (2018). Resumen de la Norma Internacional ISO 37001:2016. Recuperado de: [https://giaccentre.org/chess\\_info/uploads/2020/12/GIACC.BROCHURE.ISO-37001.SPANISH.pdf](https://giaccentre.org/chess_info/uploads/2020/12/GIACC.BROCHURE.ISO-37001.SPANISH.pdf).

Giffinger, R., Kramar, H., Haindlamaier, G., & Stohmayer, F. (2015). European smart cities 4.0 (2015). <http://www.smart-cities.eu/?cid=9&ver=4>

Google . (2021). Ventajas de Google Cloud. Recuperado de Google Cloud: <https://cloud.google.com/why-google-cloud>

Guzmán, LM, Pinto, NP y González, JE (2020). Guía de buenas prácticas para

Hancke, G., Silva, B., & Hancke, Jr., G. (2012). The Role of Advanced Sensing in Smart Cities. In Sensors (Vol. 13, Issue 1, pp. 393–425). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s130100393>

Hewlett Packard Enterprise Simplivity (2020). Recuperado de <https://www.emesa.com/sala-de-prensa/caso-de-exito-grupo-logisiete-confia-en-emesa>

Hewlett Packard Enterprise. (2018). GMV elige HPE para garantizar el funcionamiento de la red de satélites Galileo. Recuperado de <https://www.muycomputerpro.com/wp-content/uploads/2020/07/Caso-exito-HPE-GMV.pdf>

Hewlett Packard Enterprise. (2020). Definición de HPE Simplivity. Recuperado de <https://www.hpe.com/es/es/what-is/simplivity.html>

Hitachi. (s.f.-a). Austin Police Deploy Hitachi Vantara Solution to Serve and Protect With Greater Visibility and Connected Intelligence. Recuperado el 29 de noviembre de 2021 de: <https://www.hitachivantara.com/en-us/company/customer-stories/austin-police-department-case-study.html>

Hitachi. (s.f.-a). Austin Police Deploy Hitachi Vantara Solution to Serve and Protect With Greater Visibility and Connected Intelligence. Recuperado el 29 de noviembre de 2021 de: <https://www.hitachivantara.com/en-us/company/customer-stories/austin-police-department-case-study.html>

Hitachi. (s.f.-b). Hitachi Visualization Suite [imagen]. Recupeardo el 29 de noviembre de 2021 de: <https://www.hitachivantara.com/es-latam/products/video-intelligence/lumada-video-insights/visualization-suite.html>

Hitachi. (s.f.-b). Hitachi Visualization Suite [imagen]. Recupeardo el 29 de noviembre de 2021 de: <https://www.hitachivantara.com/es-latam/products/video-intelligence/lumada-video-insights/visualization-suite.html>

Hitachi. (s.f.-c). Lumada Video Insights. Recupeardo el 29 de noviembre de 2021 de: <https://www.hitachivantara.com/es-latam/products/video-intelligence/lumada-video-insights.html>

Hitachi. (s.f.-c). Lumada Video Insights. Recupeardo el 29 de noviembre de 2021 de: <https://www.hitachivantara.com/es-latam/products/video-intelligence/lumada-video-insights.html>

Homeguide. (s.f.). How Much Does Security Camera Installation Cost? [sitio web]. <https://homeguide.com/costs/security-camera-installation-cost>

IBM (2017). Conceptos del Modelo de Información común (CIM). Recuperado de: [https://www.ibm.com/docs/es/flashsystema9000r/12.0.3?topic=STJKN5\\_12.0.3/xiv\\_apicimconcepts.html](https://www.ibm.com/docs/es/flashsystema9000r/12.0.3?topic=STJKN5_12.0.3/xiv_apicimconcepts.html).

INFORMATICA . (12 de 02 de 2008). Gestión de datos maestros (MDM). Obtenido de [https://www.informatica.com/content/dam/informatica-com/es/collateral/brochure/mdm\\_brochure.pdf](https://www.informatica.com/content/dam/informatica-com/es/collateral/brochure/mdm_brochure.pdf)

iniciar un proyecto de migración a la nube para empresas Pyme [Tesis de especialización, Universidad EAN]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/10386>.

Institute of Information Technology – Department of Compute Science.

ISO 25000 (2014). "Systems and software engineering- System and software Quality Requirements and Evaluation (SquaRE)". International Organization for Standardization ISO.

ISO 27000 (2013). "Information Technology, Security Techniques, Information Security Management Systems, Overview and Vocabulary," International Organization for Standardization ISO.

ISO 30145-3 (2020). "Information Technology-Smart City ICT reference framework. Part 3: Smart City Engineering framework". Organization for Standardization ISO.

ISO 37000 (2015). "Governance of organizations". International Organization for Standardization ISO.

ISO 8000 (2015). "Data Quality". International Organization for Standardization ISO.

It Price. (2021). LoraWan. Recuperado de <https://itprice.com/cisco-gpl/lorawan>

It Sitio. (2019). Cemex Go, el caso de éxito de IBM en transformación digital. Recuperado de <https://www.itsitio.com/mx/cemex-go-caso-exito-ibm-transformacion-digital/>

Iteria SAS. (S.f.). Casos de éxito. Recuperado de <https://www.iteria.com.co/casos-de-exito/>

Ivy Kno. (2019). Cheap LoRawan Gateways overview. Recuperado de <https://ivyknob.com/blog/cheap-lora-gateways-overview/>

Jafar, U., Aziz, M.J.A. & Shukur, Z. (2021). Blockchain for Electronic Voting System—Review and Open Research Challenges. *Sensors*, 21 (5874). <https://doi.org/10.3390/s21175874>

K. Beckers, H. Schmidt, J. Kuster and S. Faßbender (2011). "Pattern-Based Support for Context Establishment and Asset Identification of the ISO 27000 in the Field of Cloud Computing," Sixth International Conference on Availability, Reliability and Security, 2011, pp. 327-333, DOI: 10.1109/ARES.2011.55.

- Kaspersky. (s.f.). Polys online voting system. Whitepaper Versión 2.0. Recuperado el 30 de noviembre de: [https://cdn.polys.me/Whitepaper/7262\\_WP\\_Polys\\_En\\_WEB\\_7.pdf](https://cdn.polys.me/Whitepaper/7262_WP_Polys_En_WEB_7.pdf)
- Kaspersky. (s.f.). Polys online voting system. Whitepaper Versión 2.0. Recuperado el 30 de noviembre de: [https://cdn.polys.me/Whitepaper/7262\\_WP\\_Polys\\_En\\_WEB\\_7.pdf](https://cdn.polys.me/Whitepaper/7262_WP_Polys_En_WEB_7.pdf)
- Kim, H., Choi, H., Kang, H., An, J., Yeom, S., & Hong, T. (2021). A systematic review of the smart energy conservation system: From smart homes to sustainable smart cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 140, 110755. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110755>
- Kim, H., Choi, H., Kang, H., An, J., Yeom, S., & Hong, T. (2021). A systematic review of the smart energy conservation system: From smart homes to sustainable smart cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 140, 110755. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110755>
- Laufs, J., Borrion, H., & Bradford, B. (2020). Security and the smart city: A systematic review. *Sustainable Cities and Society*, 55, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102023>
- Laufs, J., Borrion, H., & Bradford, B. (2020). Security and the smart city: A systematic review. *Sustainable Cities and Society*, 55, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102023>
- Le-Dang, Q., & Le-Ngoc, T. (2018). Internet of Things (IoT) Infrastructures for Smart Cities. In *Handbook of Smart Cities*. Springer.
- Li, M. M. (2011). Weld integrity of tailor welded blanks. In *Tailor Welded Blanks for Advanced Manufacturing* (pp. 3–23). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857093851.1.3>
- Llontop, C. (2021). Implementación de un gestor centralizado para gestionar infraestructura virtualizada de la empresa Entel. Perú.
- Lowe, S. (2019). *Hyperconverged infrastructure for Dummies* (2nd HPE si). John Wiley & Sons, Inc.
- Malik, F. & Shah, M, A. (2017). *Smart City: A Roadmap Towards Implementation*.

- Malik, F. & Shah, M, A. (2017). Smart City: A Roadmap Towards Implementation. Institute of Information Technology – Department of Compute Science.
- Marquina, L. (2020). Diseño de una infraestructura hiperconvergente con una tecnología HPE Simplivity para unificar componentes de centros de datos y simplificar la gestión de recursos en la clínica renal Oncológica de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Perú.
- MDPI. (2021). IoT in smart cities: A survey of technologies, practices and challenges.
- Medina, J. y Ortiz, F. (2014). Guía para el desarrollo de ejercicios piloto de prospectiva e inteligencia organizacional. Universidad del Valle.
- Microsoft Azure. (2021). Azure IoT Hub. Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-es/services/iot-hub/#overview>
- Microsoft News Center. (27 de 07 de 2021). Microsoft technologies power up TASMU Platform, the World's Most Innovative Cloud-based Smart City Solution. Obtenido de <https://news.microsoft.com/en-xm/2021/07/27/microsoft-technologies-power-up-tasmu-platform-the-worlds-most-innovative-cloud-based-smart-city-solution/>
- Microsoft. (2019). 2019 Manufacturing Trends Report; pg 16. <https://info.microsoft.com/rs/157-GQE-382/images/EN-US-CNTNT-Report-2019-Manufacturing-Trends.pdf>
- Microsoft. (2021). Análisis de IoT con Azure Data Explorer. Obtenido de <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/architecture/solution-ideas/articles/iot-azure-data-explorer>
- Monitoring and Communication System for the City of Valdosta and Its Communities
- Moustaka, V. & Vakali, A. (2018). A Systematic Review for Smart City Data Analytics. ACM Computing Surveys - Aristotle University of Thessaloniki, 51(5).
- Moustaka, V. & Vakali, A. (2018). A Systematic Review for Smart City Data Analytics. ACM Computing Surveys - Aristotle University of Thessaloniki, 51(5).
- Neteris. (2020). Beneficios soluciones Cloud: Caso de éxito con OCI. Recuperado de <https://blog.neteris.com/stepforward/beneficios-soluciones-cloud-caso-de-exito-oci>

- Olano, Arias David (2016). Aplicabilidad de las Normas ISO 27000 en el contexto de la Internet de las Cosas. Proyecto fin de Máster para optar por el título de Máster en Auditoría, Seguridad, Gobierno y Derecho de las TIC. Universidad Autónoma de Madrid.
- Orange. (2020). Universo 'bluetooth': una herramienta de presente para cambiar el futuro. Recuperado de: <https://blog.orange.es/red/que-es-bluetooth/>
- Ortiz, F. (2014). Presentación: Rutas de Sofisticación y Competitividad (Documento de trabajo interno). Santiago de Cali, Colombia: Octopus Force.
- Palop, F. y Vicente, J. (1999). Vigilancia tecnológica e Inteligencia competitiva. Su potencial para la empresa española. COTEC, Madrid.
- Park, J. (2015). CMOS Image Sensor for Smart Cameras. Theory and Applications of Smart Cameras, 3–20. doi:10.1007/978-94-017-9987-4\_1
- Parreira, J. X., Dhungana, D., & Engelbrecht, G. (2015). The role of RDF stream processing in an smart city ICT infrastructure - The Aspern smart city use case. Lecture Notes in Computer Science, 9341, 343–352. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-25639-9\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-319-25639-9_47)
- Patiño, J. (2014). Datos Abiertos y Ciudades Inteligentes en América Latina. In CEPAL (p. 55). CEPAL. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37089/S1420540\\_es.pdf%0Ahttp://ci.subtel.gob.cl/?page\\_id=11](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37089/S1420540_es.pdf%0Ahttp://ci.subtel.gob.cl/?page_id=11)
- Patiño, J. (2014). Datos Abiertos y Ciudades Inteligentes en América Latina. In CEPAL (p. 55). CEPAL. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37089/S1420540\\_es.pdf%0Ahttp://ci.subtel.gob.cl/?page\\_id=11](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37089/S1420540_es.pdf%0Ahttp://ci.subtel.gob.cl/?page_id=11)
- Planet of Hotel. (2021). Pittsburgh. Recuperado de Guia por Pittsburgh: <https://planetofhotels.com/guide/es/estados-unidos/pittsburgh>
- Pozo, L. y Tatayo, H. (2021). Propuesta de reestructuración para la infraestructura tecnológica obsoleta de la red convergente del Centro de Salud del Centro Histórico.
- Rackwitz, M., Hammerschmid, G., Breaugh, J. & Palaric, E. (2021). TROPICO - Transforming into Open, Innovative and Collaborative Governments. <https://tropico->

project.eu/download/d6-3-government-collaboration-and-digitalisation-comparative-case-studies-on-collaborative-management-for-government-digitalisation-and-public-sector-innovation/?wpdmdl=1440&refresh=5f7ecb8c3986a1602145164

Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2624-6511/4/2/24/htm>.

Red Hat. (2021). ¿Qué es el middleware?  
<https://www.redhat.com/es/topics/middleware/what-is-middleware>

ResearchGate. (04 de 2019). IoT Manager: An open-source IoT framework for smart cities. Obtenido de Journal of Systems Architecture: [https://www.researchgate.net/publication/332532551\\_IoT\\_Manager\\_An\\_open-source\\_IoT\\_framework\\_for\\_smart\\_cities](https://www.researchgate.net/publication/332532551_IoT_Manager_An_open-source_IoT_framework_for_smart_cities)

Rey, L. (2009). Informe APEI sobre vigilancia tecnológica. Asociación Profesional de Especialistas en Información -APEI-. Gijón, España. Recuperado de <https://dspace-libros.metabiblioteca.com.co/bitstream/001/190/8/978-84-692-7999-1.pdf>

Roa, P.; Morales, C.; Gutiérrez, P. (2015). Norma ISO/IEC 25000. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Rodríguez, J. Escobedo, D. (2020). Oracle Cloud Infrastructure (OCI): Servicios de Seguridad. Rev SIC: Ciberseguridad, seguridad de la información y privacidad. Vol. 29.Nº.142

Sauer, P. (s.f.). DOLL - Danish Outdoor Lighting Lab [Fotografía]. Recuperado el 29 de noviembre de 2021 de: <https://via.ritzau.dk/nyhedsrum/center-for-offentlig-innovation/mi?publisherId=11611695&item=image-12596064>

Sauer, P. (s.f.). DOLL - Danish Outdoor Lighting Lab [Fotografía]. Recuperado el 29 de noviembre de 2021 de: <https://via.ritzau.dk/nyhedsrum/center-for-offentlig-innovation/mi?publisherId=11611695&item=image-12596064>

Sensus. (s.f.-a). Smart Water. Recupeardo el 30 de noviembre de 2021 de: <https://sensus.com/emea/internet-of-things/smart-water/>

Sensus. (s.f.-a). Smart Water. Recuperado el 30 de noviembre de 2021 de: <https://sensus.com/emea/internet-of-things/smart-water/>

Sensus. (s.f.-b). Loudoun Water Partners with Sensus to Sustainably Manage Water Resources. Recuperado el 30 de noviembre de 2021 de: <https://sensus.com/resources/case-studies/loudoun-water-partners-sensus-sustainably-manage-water-resources/>

Sensus. (s.f.-b). Loudoun Water Partners with Sensus to Sustainably Manage Water Resources. Recuperado el 30 de noviembre de 2021 de: <https://sensus.com/resources/case-studies/loudoun-water-partners-sensus-sustainably-manage-water-resources/>

Sensus. (s.f.-c). Next Generation Smart Water: Non-Revenue Water reduction – the new technologies and skills required to meet the challenge. Recuperado el 30 de noviembre de 2021 de: [https://go.sensus.com/rs/306-CJR-109/images/Sensus\\_Xylem\\_Smart%20Water\\_Technical%20Business%20Case\\_EM\\_EA\\_Digital\\_2018%5B1%5D.pdf](https://go.sensus.com/rs/306-CJR-109/images/Sensus_Xylem_Smart%20Water_Technical%20Business%20Case_EM_EA_Digital_2018%5B1%5D.pdf)

Sensus. (s.f.-c). Next Generation Smart Water: Non-Revenue Water reduction – the new technologies and skills required to meet the challenge. Recuperado el 30 de noviembre de 2021 de: [https://go.sensus.com/rs/306-CJR-109/images/Sensus\\_Xylem\\_Smart%20Water\\_Technical%20Business%20Case\\_EM\\_EA\\_Digital\\_2018%5B1%5D.pdf](https://go.sensus.com/rs/306-CJR-109/images/Sensus_Xylem_Smart%20Water_Technical%20Business%20Case_EM_EA_Digital_2018%5B1%5D.pdf)

Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA- (2017). Guía del sistema de prospectiva, vigilancia e inteligencia organizacional. Recuperado de <http://senaprevios.com/wp-content/uploads/2017/instrutivos/1-guia-principal.pdf>

Shah A., Sierra, D., Kumar, A., Elmaghraby, A.. (2021). IoT en ciudades inteligentes: una encuesta de tecnologías, prácticas y desafíos. EE.UU.

Shamsir, S., Mahbub, I., Islam, S. K., & Rahman, A. (2017). Applications of sensing technology for smart cities. 2017 IEEE 60th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS). doi:10.1109/mwscas.2017.8053132

Siemens Global. (2019). Aspern Smart City Project. Being cosy with the future of energy. <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/infrastructure/2019/aspern-smart-city.html>

- Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 38(January), 697–713. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.053>
- Sinaeepourfard, A., Garcia, J., Masip-Bruin, X., Marin-Tordera, E., Yin, X., & Wang, C. (2016). A data lifeCycle model for smart cities. In 2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC). 2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ictc.2016.7763506>
- Sinaeepourfard, A., Garcia, J., Masip-Bruin, X., Marin-Tordera, E., Yin, X., & Wang, C. (2016). A data lifeCycle model for smart cities. In 2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC). 2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ictc.2016.7763506>
- Sinaeepourfard, A., Garcia, J., Masip-Bruin, X., Marin-Tordera, E., Cirera, J., Grau, G., & Casaus, F. (2016). Estimating Smart City sensors data generation. 2016 Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop, Med-Hoc-Net 2016 - 15th IFIP MEDHOCNET 2016, November. <https://doi.org/10.1109/MedHocNet.2016.7528424>
- Smart energy international. (2021). Twacs by Dcsi. Recuperado de: <https://www.smart-energy.com/regional-news/north-america/twacs-by-dcsi/>
- SOFIA Knowledge City. (2020). Disruptive technologies for smart cities - Smart sensors [sitio web]. <http://knowledgesofia.eu/en/blog/349-disruptive-technologies-for-smart-cities-smart-sensors>
- StateTech. (2021). ¿Qué es la arquitectura de IoT y cómo habilita las ciudades inteligentes? [sitio web]. <https://statetechmagazine.com/article/2021/06/what-iot-architecture-and-how-does-it-enable-smart-cities-perfcon>
- StateTech. (2021). ¿Qué es la arquitectura de IoT y cómo habilita las ciudades inteligentes? [sitio web]. <https://statetechmagazine.com/article/2021/06/what-iot-architecture-and-how-does-it-enable-smart-cities-perfcon>

- Syed, A. S., Sierra-Sosa, D., Kumar, A., & Elmaghraby, A. (2021). IoT in Smart Cities: A Survey of Technologies, Practices and Challenges. In *Smart Cities* (Vol. 4, Issue 2, pp. 429–475). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/smartcities4020024>.
- Syed, A. S., Sierra-Sosa, D., Kumar, A., & Elmaghraby, A. (2021). IoT in Smart Cities: A Survey of Technologies, Practices and Challenges. In *Smart Cities* (Vol. 4, Issue 2, pp. 429–475). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/smartcities4020024>
- Talburt, J. & Zhou, Y. (2015). Chapter 11 - ISO Data Quality Standards for Master Data. Entity Information Life Cycle for Big Data. Pages 191-205, ISBN 9780128005378. [Dhttps://doi.org/10.1016/B978-0-12-800537-8.00011-9](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800537-8.00011-9).
- The European parliament. (2014). Mapping Smart Cities in the EU. In Policy department a: Economic and Scientific policy (p. 200). The European Parliament.
- The European parliament. (2014). Mapping Smart Cities in the EU. In Policy department a: Economic and Scientific policy (p. 200). The European Parliament.
- The Smart City Journal (2015). Cultura de datos, corrupción y ciudades inteligentes. Recuperado de: <https://www.thesmartcityjournal.com/es/articulos/cultura-datos-corrupcion-ciudades-inteligentes>.
- Timotion. (2021). Ventajas e inconvenientes de los actuadores lineales neumáticos, hidráulicos y eléctricos [sitio web]. <https://www.timotion.com/de/news-and-articles/advantages-and-drawbacks-of-pneumatic,-hydraulic,-and-electric-linear-actuators>
- to Improve Safety, Connectivity, and Efficiency. Georgia Smart Communities
- Wang, Z., Wu, Y., & Niu, Q. (2020). Multi-Sensor Fusion in Automated Driving: A Survey. In *IEEE Access* (Vol. 8, pp. 2847–2868). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <https://doi.org/10.1109/access.2019.2962554>
- WBOC. (13 de 10 de 2021). Global Government Open Data Management Platform Market 2021 to Expand at a CAGR of by 2025: Top-most Competitor Analysis Covering Market Demand, Market Share, Market Size & Growth, Complete Industry Overview. Obtenido de <https://www.wboc.com/story/44952711/Global-Government-Open-Data-Management-Platform-Market-2021-to-Expand-at-a-CAGR-of-by-2025-Top->

most-Competitor-Analysis-Covering-Market-Demand-Market-Share-Market-Size-Growth-Complete-Industry-Overview

World energy trade. (2021). Las smart city y las redes inteligentes crecerán a gran escala con los avances de la alianza Wi-sun. Recuperado de: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/investigacion/las-smart-city-y-las-redes-inteligentes-creceran-a-gran-escala-con-los-avances-de-la-alianza-wi-sun>

Wray, S. (15 de 03 de 2021). CitiesToday. Recuperado de Pittsburgh heads for the cloud to speed up smart city drive: <https://cities-today.com/pittsburgh-heads-for-the-cloud-to-speed-up-smart-city-drive/>

## **ANEXOS**

### **Anexo 1. Metodología de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva**

En este apartado se describirá la metodología de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva como herramienta para la búsqueda y análisis de tecnologías y aplicaciones.

#### **Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva**

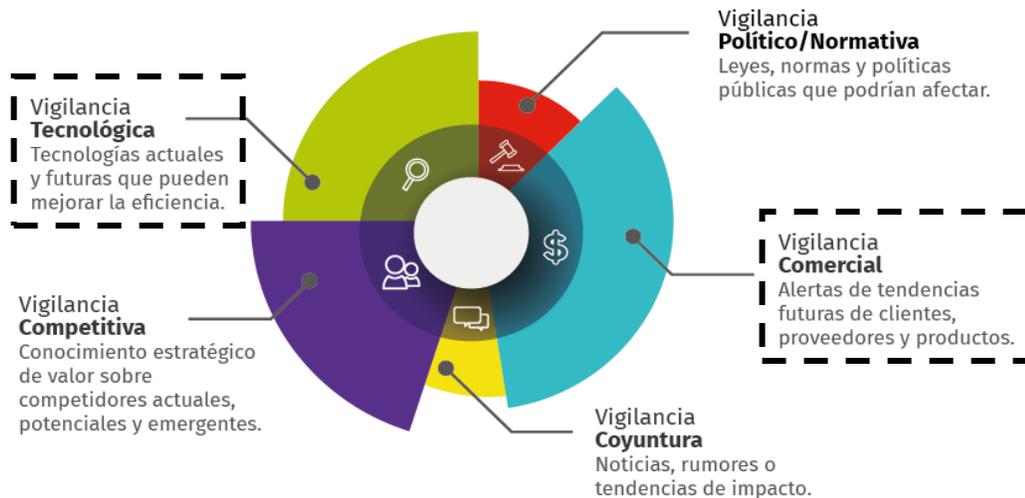
La Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva es un proceso metodológico, caracterizado por ser sistémico, donde se alerta sobre cualquier innovación científica, tecnológica, asociativa, competitiva a técnica susceptible de crear oportunidades o amenazas. Las organizaciones deben saber qué pasa, evitar sorpresas, aprovechar las oportunidades y hacer frente a las amenazas que puedan presentarse. Basándose fundamentalmente en la colaboración de un grupo de personas en una organización con el objetivo central de proporcionar buena información a la persona idónea en el momento adecuado para tomar mejores decisiones y reducir la incertidumbre (Sena, 2017).

Para efectos del estudio propuesto se realizó la vigilancia competitiva la cual hace parte de los diferentes tipos de vigilancia (Ver siguiente figura).

**Figura 38. Tipos de Vigilancia**

## Tipos de Vigilancia

La organización debe vigilar todo lo que la rodea.



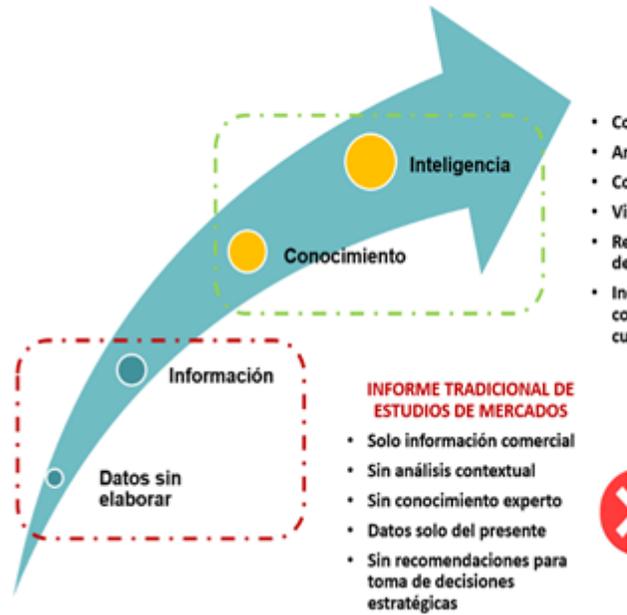
**Fuente:** Ortiz (2014)

De acuerdo con Rey (2009), existen diferencias entre la vigilancia tradicional y la vigilancia avanzada. La primera, según la autora, es la que se ha realizado toda la vida en las empresas, es decir, la que se hace a través de la asistencia a ferias, congresos, la consulta de catálogos, las revistas especializadas que se recibían por correo en formato papel, etc. El segundo tipo de vigilancia, se refiere a la exploración de información mediante diferentes opciones de búsqueda especializada como la minería de datos y la minería de textos<sup>16</sup>.

Existen diferencias considerables entre los informes tradicionales de estudios de mercado y los estudios de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, a continuación, se muestra la figura de datos a inteligencia que ejemplifica algunas de estas diferencias. El componente metodológico que guía cada ejercicio de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva se compone de seis etapas, tal como se observa en la figura de las fases del ciclo de vigilancia.

<sup>16</sup> Minería de datos, según Fallad et al (1996, citado por Rey, 2009) es un proceso no trivial de identificación válida, novedosa, potencialmente útil y entendible de patrones comprensibles que se encuentran ocultos en los datos". Minería de Textos o Text Mining, se refiere al examen de una colección de documentos y el descubrimiento de información no contenida en ningún documento individual de la colección; en otras palabras, trata de obtener información sin haber partido de algo. (Nasukawa et al, 2001, citado por Rey, 2009)

**Figura 39. De datos a inteligencia**



**Fuente:** Medina y Ortiz (2014)

**Figura 40. Fases del ciclo de la vigilancia.**



**Fuente:** Elaboración Propia adoptado de Palop y Vicente (1999)

BORRÓN

## Etapa 1: Delimitación del alcance (planeación)

Delimitación del campo de interés y el alcance de la información recopilada y procesada. En esta etapa se realizó la organización y clasificación de conceptos y palabras claves extractadas del modelo de ciudad Inteligente para Cali y definidas por parte del equipo de trabajo de Calinteligente. Para ello se empleó una ficha de necesidades que se presenta en el siguiente cuadro.

### Cuadro 4. Ficha de necesidades

<b>1. Tema – Diagnóstico y evaluación técnica y económica de las tecnologías disponibles para la operación de la ciudad inteligente</b>	
<b>Necesidades de investigación</b>	
<b>2. Alcance</b>	
<b>Objetivo general</b>	Desarrollar un estudio de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva que permita identificar cifras de mercado, referentes empresariales, principales macrotendencias y tecnologías aplicadas a nivel internacional y nacional en la implementación de infraestructura para Tecnologías de Información y comunicaciones de Smart Cities.
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se listan los objetivos específicos, los cuales funcionan como delimitantes para la investigación</li> </ul>
<b>3. Búsqueda</b>	
<b>Fuentes de consulta</b>	Se listan las fuentes de consulta utilizadas para realizar la investigación, teniendo en cuenta su rigor académico, científico o simplemente su pertinencia con la temática
<b>Palabras clave</b>	Se listan las palabras más relevantes utilizadas para realizar la investigación, que adicionalmente han sido útiles en la formulación de ecuaciones de búsqueda y que han sido exitosas para la generación de nuevo conocimiento.
<b>Conceptos básicos</b>	A partir de estas palabras clave, se generan conceptos básicos que se encontrarán en todo el documento y que serán la base para poder generar conocimiento.

**Fuente:** Elaboración propia

Con base en lo diligenciado, se definió un plan de trabajo que incluyó alcance, objetivo general, objetivos específicos, actividades, productos, cronograma, responsables (equipo de trabajo), indicadores de seguimiento y control, y criterios de aceptación de productos.

## Etapa 2: Búsqueda

La etapa de búsqueda dentro del proceso metodológico tiene como principal objetivo recopilar la mayor cantidad de información de las bases de datos disponibles, de manera legal, a nivel nacional e internacional. Para ello, es fundamental tener un método y una estrategia de búsqueda avanzada, la cual se realiza con el apoyo de expertos en la temática, caracterizándose por tener:

- Fuentes de información delimitadas y de acceso legal.
- Palabras clave
- Ecuaciones de búsqueda sofisticadas.

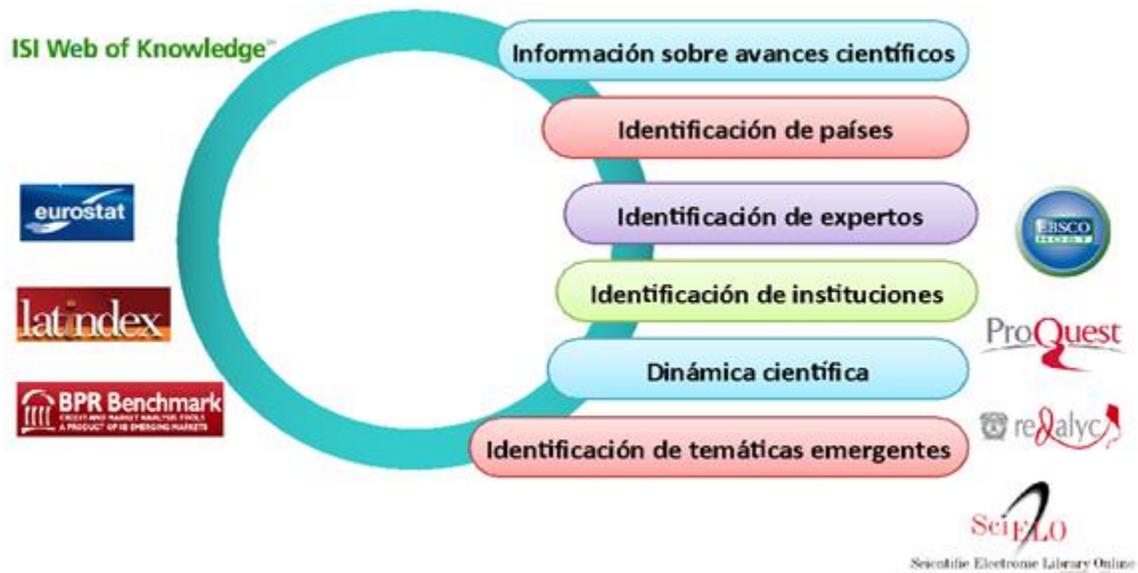
A continuación, se describe de manera específica cada componente de la estrategia de búsqueda de información utilizada en el caso particular de este documento.

### Fuentes de información

El documento cuenta con 4 tipos de fuentes de información calificada, para tener en cuenta:

- **Bases de datos Científicas y tecnológicas:** se utilizan las siguientes bases de datos especializadas en artículos científicos: Scopus, Science Direct, Jstor, Ebsco, Web of Science, además de la identificación de las principales bases de datos propias de la temática objetivo.
- **Bases de datos de Patentes y Comerciales:** World Intellectual Property Organization: WIPO, Trademap, Alibaba, European Patent, entre otras.
- **Bases de datos específicas de empresas y agremiaciones sectoriales:** la búsqueda de información se hace en la web de las instituciones y empresas más importantes a nivel global del sector.
- **Bases de datos internas:** Es fundamental la consulta en los repositorios de información desarrollados específicos de las temáticas a tratar en el marco del ejercicio.

Figura 41. Fuentes de información



Fuente: Medina y Ortiz (2014)

En los siguientes cuadros se presentan las bases de datos que fueron utilizadas en la ejecución de los ejercicios de VTelC como fuentes de información calificada, para tener en cuenta:

BORRADOR

### Cuadro 5. Bases de datos científicas y tecnológicas especializadas

Base de datos	Características
EBSCO Research	Acceso a 11 Bases de Datos Full Tex, que posee más de 400,000 artículos de revistas y periódicos de alto contenido Científico, son un poderoso sistema de referencia en línea; y mantiene una relación activa con más de 60,000 editores en todo el mundo.
SCOPUS	Scopus es la base de datos más grande de referencias bibliográficas que incluyen resúmenes de información científica de fuentes de calidad. Scopus abarca cerca de 18.000 títulos de más de 5.000 editores.  Esta Base de datos contiene colecciones en las siguientes áreas: Agricultura y Ciencias Biológicas, Bioquímica, genética y Biología Molecular, Negocios y administración, Ingeniería Química, Química, Medio Ambiente, entre otras.
WEB OF SCIENCE	En esta base de datos los investigadores pueden buscar información actual o retrospectiva (desde 1900) relacionada con la ciencia, las ciencias sociales, Agrícolas, administración en aproximadamente, 9.300 revistas de investigación de alto impacto y prestigio en el mundo.

Fuente: Medina y Ortiz (2014)

### Cuadro 6. Bases de datos de patentes y comerciales

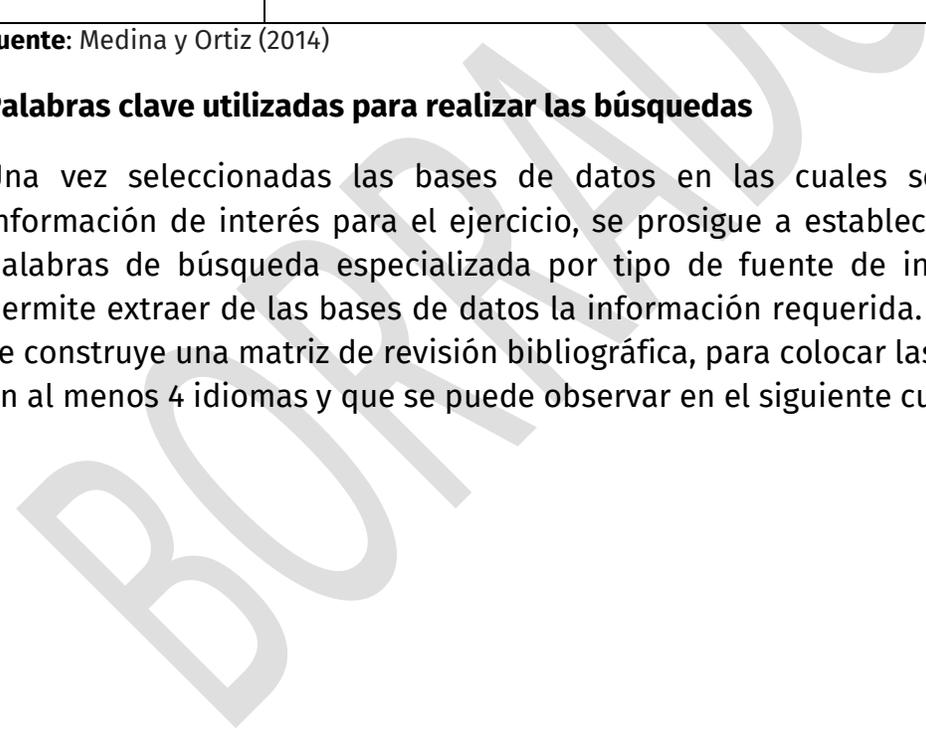
Base de datos	Características
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO	Es la encargada de emitir conceptos sobre los procesos de propiedad intelectual en el país, marcas, patentes, entre otras, su información puede consultarse directamente y sin límites de descargas de patentes.
TRADE MAP - TRADE STATISTICS FOR INTERNATIONAL BUSINESS	Trade Map proporciona acceso a los datos del comercio mundial por producto, por servicio y por país de los agregados totales al nivel más detallado en forma trimestral mensual.

EUROPEAN PATENT OFFICE	Recopila información sobre la aplicación y la búsqueda de patentes, temas legales sobre patentes, las concesiones de patentes, normas en la Unión Europea.
ALIBABA	Es una base de datos global de fabricantes, suministradores, importadores, exportadores, con descripción detallada de productos, fábricas, contactos, precios de maquinaria y equipos.
WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION: WIPO	La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) es el organismo del sistema de organizaciones de las Naciones Unidas dedicado al uso de la propiedad intelectual (patentes, derecho de autor, marcas, diseños (dibujos y modelos), etc.) como medio de estimular la innovación y la creatividad.

**Fuente:** Medina y Ortiz (2014)

### **Palabras clave utilizadas para realizar las búsquedas**

Una vez seleccionadas las bases de datos en las cuales se encuentra la información de interés para el ejercicio, se prosigue a establecer una serie de palabras de búsqueda especializada por tipo de fuente de información, que permite extraer de las bases de datos la información requerida. Para tal efecto, se construye una matriz de revisión bibliográfica, para colocar las palabras clave en al menos 4 idiomas y que se puede observar en el siguiente cuadro.



**Cuadro 7. Palabras clave**

Temática /Variable	Español	Inglés	Chino simplificado	Neerlandés
Palabra Clave 1	“Ciudad inteligente”	“Smart City”	智慧城市	“slimme stad”
Palabra Clave 2	“Tecnologías de Información y Comunicaciones”	Information communication technology	信息和通信技术	Informatie- en communicatietechnologie
Palabra Clave 3	“Infraestructura digital”	“Digital infrastructure”	数字基础设施	“Digitale infrastructuur”
Palabra Clave 4	Interoperabilidad	Interoperability	互操作性	Interoperabiliteit
Palabra Clave 5	“Arquitectura de referencia”	Reference architecture	参考架构	Referentiearchitectuur
Palabra Clave 6	IoT “Internet de las Cosas”	Internet of things	物联网	Internet van dingen

**Fuente:** Elaboración propia

## Ecuaciones de búsqueda

La ecuación de búsqueda es el resultado de múltiples pruebas de juego de palabras clave en las bases de datos seleccionadas, en un lenguaje de lógica, el cual incluye elementos booleanos. Su construcción permite tener una fuente común de búsqueda en cualquier base de datos de información científica. En la bitácora de búsqueda anexada (Ver Anexo 2), se observa las ecuaciones de búsqueda utilizadas.

La tarea primordial es diseñar e implementar la estrategia de recopilación de información. Para ello, se definen los objetivos de la búsqueda de información y se elabora la estrategia para precisar las necesidades, localizar la información y capturarla de una manera organizada. Para lo cual se realizan tareas como: identificación de palabras clave, validación de expertos (personal de las empresas beneficiarias), selección de fuentes de información relevantes, formulación de ecuación de búsqueda y elaboración del corpus o registros realizados.

De tal forma que se logren identificar:

- Patentes.
- Publicaciones y artículos científicos.
- Grupos de investigación.
- Ferias y congresos.
- Recursos educativos abiertos.
- Normativa y legislación.
- Convocatorias y ayudas.
- Proyectos innovadores.
- Buenas prácticas y casos de éxito.
- Contactos y colaboradores.

La estrategia de búsqueda considera cuáles fuentes de consulta se utilizan, así como los filtros y límites de años, áreas de conocimiento, bases de datos, entre otros (Ver siguiente cuadro).

Los pasos para realizar este proceso son:

- Ajuste y complemento de las palabras clave y fuentes de consulta.
- Validación de palabras clave y fuentes de consulta mediante búsquedas iniciales y consulta a expertos.
- Uso de operadores Booleanos (AND, OR, AND NOT, etc.)
- Construcción de ecuaciones de búsqueda en español e inglés.

**Cuadro 8. Base de datos y fuentes de consulta por tipo de información**

Tipo de buscador	Descripción	Fuentes de consulta
Buscadores y metabuscadores	Los metabuscadores son aplicaciones web que permiten buscar en varios buscadores al mismo tiempo, de modo que, lanzan la búsqueda sobre diversos motores de búsqueda	CiteSeerX <a href="http://citeseer.ist.psu.edu/">http://citeseer.ist.psu.edu/</a> Google Scholar <a href="https://scholar.google.com/">https://scholar.google.com/</a> Ref Seek <a href="https://www.refseek.com/">https://www.refseek.com/</a> WWW Virtual Library <a href="http://vlib.org/Law">http://vlib.org/Law</a> Dogpile <a href="https://www.dogpile.com/">https://www.dogpile.com/</a> Mamma <a href="https://www.mamma.com/">https://www.mamma.com/</a> Metacrawler <a href="https://www.metacrawler.com/">https://www.metacrawler.com/</a>
Bases de datos Científicas	Bases de datos de artículos científicos, patentes,	Scopus Science Direct Ebsco
Buscadores de noticias	Buscadores especializados de orientados a búsquedas	Google Noticias España <a href="http://news.google.es">http://news.google.es</a>

Tipo de buscador	Descripción	Fuentes de consulta
	sobre noticias en temáticas	Yahoo! España Noticias <a href="http://es.noticias.yahoo.com">http://es.noticias.yahoo.com</a>
Buscadores de empresas	Buscadores que permiten identificar empresas por tipo de actividad, país, producto o servicio.	Páginas Amarillas <a href="http://www.paginas-amarillas.com.co">http://www.paginas-amarillas.com.co</a> El corredor: <a href="http://www.elcorredor.com">http://www.elcorredor.com</a> Alibaba: <a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a> Kompass: <a href="http://www.kompass.com/es">www.kompass.com/es</a>
Buscadores de Blogs	Buscadores que permiten identificar blog temáticos especializados.	Technorati <a href="http://www.technorati.com">http://www.technorati.com</a> Google blogs <a href="http://blogsearch.google.es">http://blogsearch.google.es</a>
Buscadores de patentes	Buscadores que consultan bases de datos de patentes y permiten la recuperación de patentes.	Espacenet <a href="http://es.espacenet.com">http://es.espacenet.com</a> Oficina Americana de Patentes y Marcas <a href="http://www.uspto.gov/patft/index.html">http://www.uspto.gov/patft/index.html</a> Google Patent Search <a href="http://www.google.com/advanced_patent_search">http://www.google.com/advanced_patent_search</a> Patent Scope <a href="http://www.wipo.int/pctdb/en/">http://www.wipo.int/pctdb/en/</a> Freepatent <a href="http://www.freepatentonline.com">www.freepatentonline.com</a>

Tipo de buscador	Descripción	Fuentes de consulta
Internet invisible	Buscadores que permiten identificar información en los niveles internos de páginas web. Los buscadores de internet invisible identifican sitios no indexados por los motores de búsqueda y se basan en bases de datos especializadas	Complete Planet <a href="http://completeplanet.com">http://completeplanet.com</a> Direct Search <a href="http://www.freepint.com/gary/direct.htm">http://www.freepint.com/gary/direct.htm</a> Search Engine Guide <a href="http://www.searchengineguide.com">http://www.searchengineguide.com</a> Internetinvisible <a href="http://www.internetinvisible.com">http://www.internetinvisible.com</a>
Agentes de búsqueda	Los agentes de búsqueda son buscadores que permiten automatizar las búsquedas de información, buscan en varios motores en períodos de tiempo definidos. Los agentes inteligentes permiten rastrear la web, encontrar cambios en páginas web predeterminadas y recuperar los resultados de una búsqueda predefinida, incluso en la web invisible	MySpiders <a href="http://myspiders.informatics.indiana.edu">http://myspiders.informatics.indiana.edu</a> Iteseer <a href="http://citeseer.ist.psu.edu">http://citeseer.ist.psu.edu</a> Copernic Agent <a href="http://www.copernic.com/en/products/agent/index.html">http://www.copernic.com/en/products/agent/index.html</a> Agentland <a href="http://www.agentland.com">http://www.agentland.com</a> BotSpot <a href="http://www.botspot.com">http://www.botspot.com</a> Infonauta <a href="http://www.infonauta.net">http://www.infonauta.net</a>
Servicios de Alerta en buscadores	Las alertas web permiten estar al tanto sobre noticias y cambios en páginas web de acuerdo con las palabras clave que se incluyan.	Yahoo Alerts <a href="http://alerts.yahoo.com">http://alerts.yahoo.com</a> Google Alerts <a href="http://www.google.com/alerts">http://www.google.com/alerts</a> Crawler Alert

Tipo de buscador	Descripción	Fuentes de consulta
Directorios	Sitios web que contienen un conjunto de enlaces organizados a otros sitios web, bajo una estructura jerárquica	Dmoz: <a href="http://www.dmoz.com">www.dmoz.com</a> Yahoo: <a href="http://www.yahoo.com">www.yahoo.com</a>

**Fuente:** Medina y Ortiz (2014)

### Etapa 3: Almacenamiento

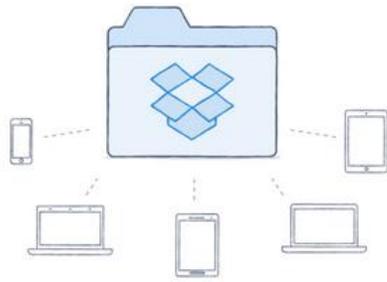
La etapa de almacenamiento de información tiene como objetivo estructurar la información identificada, mediante la creación de bases de datos sofisticadas e interactivas, las cuales deben ser actualizadas de manera sistemática.

El almacenamiento se hace en archivos en formato PDF acompañado de carpetas de anexos, donde puede consultarse información científica, tecnológica, comercial, los cuales no podrán ser difundidos abiertamente debido a implicación de propiedad intelectual anexo al contrato entre la Fundación Universidad del Valle y la Alcaldía de Santiago de Cali. Paralelo a las búsquedas de información es necesario realizar el proceso de extracción y clasificación temática de la información. Esto con el fin de ayudar y facilitar el proceso de organización y análisis de esta.

Para realizar este paso, se recomienda:

- Consolidación de documentos por subtemas y objetivos
- Identificación de documentos más relevantes
- Lectura preliminar de los documentos.

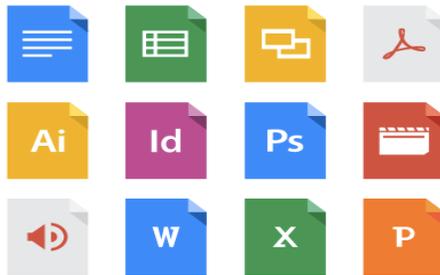
Sin embargo, el lector puede acceder a los archivos de cada componente a través de las ecuaciones de búsqueda formuladas en la fase 2, el almacenamiento está integrado a los sistemas de protección de información de la institución y deberán validarse con los mismos, de tal suerte que el equipo de trabajo, determinan quién y de qué manera se puede acceder a esta información. Se recomienda el uso de plataformas de gestión y manejo de información en la nube, a base de seguridad en línea o firmas de seguridad de datos, tales como:



Dropbox permite que tu equipo colabore en proyectos importantes desde todas partes y que el departamento de informática conserve el control.

Más información:

<https://www.dropbox.com/es/>



Google Drive Permite acceder a tus archivos de Drive desde cualquier teléfono inteligente, tablet o computadora.

Más información:

<http://www.google.com/intl/es-419/drive/>

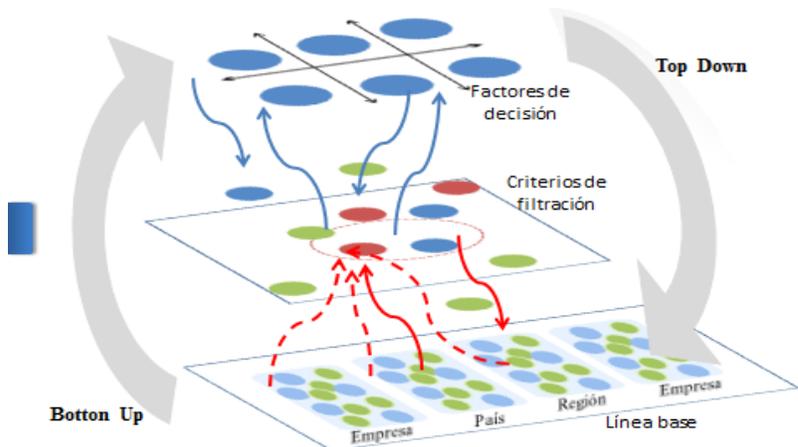
BORRADOR



#### Etapa 4: Procesamiento

La etapa de procesamiento tiene como objetivo convertir las bases de datos creadas y organizadas, en verdaderas fuentes de información precisa para la toma de decisiones. En este contexto implica agregar valor a los datos y transformar los resultados lineales en información estratégica, a partir de tablas orientadas a los eslabones y necesidades del sector. Tal como lo muestra la siguiente figura, se parte de la construcción de una línea base de información indeterminada, que pasa primero por la construcción de criterios de filtración (fichas de datos) para dar sentido a los hallazgos.

**Figura 42. Proceso de creación de valor de la información**



**Fuente:** Adaptado de Frank Ruff, Daimler Chrysler AG, Society and Technology Research Group (2007)

#### Etapa 5: Recomendaciones (Propuesta de valor)

El proceso metodológico del análisis propuesto se fundamenta en la generación de valor estratégico para la toma de decisiones, esto implica avanzar en la pirámide informacional. Pasar de los datos que expresan solo una parte de la realidad a través de un proceso de agregación de valor mediante su categorización y contextualización con el fin de obtener información más pertinente. Posteriormente se asimila y comprende esta información, que es lo que se denomina como conocimiento. Sin embargo, el paso más complejo de este proceso es llevar el conocimiento a la inteligencia, pues implica configurar el conocimiento bajo argumentos, recomendaciones y estrategias propias de la temática de ciudades inteligentes y del modelo de ciudad inteligente del Distrito

de Santiago de Cali. Este documento presenta conocimiento e inteligencia al punto de recomendar acciones a partir de sus principales hallazgos.

En términos concretos se determinarán un conjunto de oportunidades para determinar la selección más pertinente de las tecnologías disponibles para la operación de la ciudad inteligente considerando la interoperabilidad como la característica principal de este proceso de implementación.

#### **Etapas 6. Construcción del informe y entrega del Estudio de Vigilancia Competitiva**

Finalmente, en esta fase se hace una socialización y validación de los resultados obtenidos a través del ciclo de vigilancia, con el fin de hacer partícipes a los integrantes relacionados con el proyecto de la definición de la infraestructura digital de Calinteligente y en general a todos aquellos actores interesados, a generar una revisión detallada con la posibilidad de ajustes de los componentes del ejercicio.

BORRADOR



## Anexo 2. Bitácora de búsqueda

TEMÁTICA	FECHA	PALABRAS O FRASES	BUSCADOR	REGISTROS	PÁGINA CONSULTADA	PRODUCTO	Link
Industrias creativas y culturales en el marco de la reapertura económica y el uso de tecnologías	15/11/2021	TITLE-ABS-KEY ("cultural industries" AND "creative industries" AND technology AND reopening AND econom* AND employment )	GOOGLE	31.900	GOOGLE	Se encontraron fuentes relevantes para la construcción de la vigilancia	<a href="https://www.google.com/search?q=%22cultural+industries%22+AND+technology+AND+reopening+AND+econom*&amp;ei=1reCYdv1JJaPxc8Pz8eX4AU&amp;oq=%22cultural+industries%22+AND+technology+AND+reopening+AND+econom*&amp;gs_lcp=Cgdn d3Mtd2l6EAM6BwgAEEcOsAM6DOguEMcBENEDELADFEEM6BwgAELEDEEM6BQgAEIAEOgYIABAWEB46CAgAEAcQChAeOgYIABAHEB46BwguEBMQkwI6BAGAEBM6BAGuEBM6CAgAEBYQHhATOGolABAWEAoQHhATOGgIIRAWEB0QHjoFCCEQoAE6BwghEAoQoAE6BAGhEBU6BAGhEApKBQg8EgExSgQIQRgAUJUxWPziCWCFLApoAXACeAGAAesCiAGdPpIBCDAuMzluOS4ymAEAOAEByAEKuAECwAEB&amp;client=gws-wiz&amp;ved=0ahUKEwjbuInNzfzAhWWR_EDHcjBVwO4dUDCA4&amp;uact=5">https://www.google.com/search?q=%22cultural+industries%22+AND+technology+AND+reopening+AND+econom*&amp;ei=1reCYdv1JJaPxc8Pz8eX4AU&amp;oq=%22cultural+industries%22+AND+technology+AND+reopening+AND+econom*&amp;gs_lcp=Cgdn d3Mtd2l6EAM6BwgAEEcOsAM6DOguEMcBENEDELADFEEM6BwgAELEDEEM6BQgAEIAEOgYIABAWEB46CAgAEAcQChAeOgYIABAHEB46BwguEBMQkwI6BAGAEBM6BAGuEBM6CAgAEBYQHhATOGolABAWEAoQHhATOGgIIRAWEB0QHjoFCCEQoAE6BwghEAoQoAE6BAGhEBU6BAGhEApKBQg8EgExSgQIQRgAUJUxWPziCWCFLApoAXACeAGAAesCiAGdPpIBCDAuMzluOS4ymAEAOAEByAEKuAECwAEB&amp;client=gws-wiz&amp;ved=0ahUKEwjbuInNzfzAhWWR_EDHcjBVwO4dUDCA4&amp;uact=5</a>

### Anexo 3. Categorías de los sensores

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
<b>Ambiente</b>	Los sensores ambientales incluyen sensores que se utilizan para medir cantidades físicas que indican condiciones ambientales como temperatura, humedad, intensidad de la luz y presión. Los sensores ambientales se utilizan en una variedad de aplicaciones de ciudades inteligentes, incluidas las casas inteligentes, donde se usan para regular el nivel de comodidad, también se usan para servicios de ciudades inteligentes.
<b>Movimiento</b>	Los sensores de movimiento se refieren a sensores que se pueden utilizar para la detección de movimiento. Los sensores para la detección de movimiento involucran sensores inerciales como acelerómetros y giroscopios. Estos sensores se utilizan en aplicaciones de salud inteligentes, como el seguimiento de la actividad, así como en aplicaciones como la detección de vibraciones en hogares e industrias inteligentes.
<b>Eléctrico</b>	Los sensores eléctricos permiten medir la energía eléctrica y se utilizan ampliamente en redes inteligentes y hogares inteligentes para monitorear el consumo de energía de los electrodomésticos. Los tipos incluyen transformadores de corriente y sensores de voltaje para medir corriente y voltaje, respectivamente.
<b>Biosensor</b>	Los biosensores se utilizan para medir los parámetros de salud de los seres vivos. Los biosensores en las ciudades inteligentes se utilizan para monitorear a los pacientes con fines sanitarios. Dichos sensores incluyen electroencefalograma (EEG), Electromiograma (EMG), Electrocardiograma (ECG), resistencia de la piel, latidos cardíacos, sensores de respiración, oximetría de pulso, presión arterial y más.
<b>Identificación</b>	Los sensores de identificación se refieren a etiquetas RFID y dispositivos de comunicación de campo cercano (NFC). Estos sensores se utilizan en aplicaciones que implican pagos, intercambio de datos en el ámbito del transporte inteligente y los servicios de ciudades inteligentes.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
<b>Posición</b>	Los sensores de posición agregan la geolocalización o la información espacial sobre una entidad. Esta familia de sensores recoge la posición relativa a una referencia que puede ser global, como en el caso del GPS, o específica, en un servicio de localización de red inalámbrica interior. Estos datos van desde coordenadas simples hasta colecciones complejas de datos, como ocurre con los sensores GPS. Los sensores más populares que se utilizan aquí son el GPS, los magnetómetros y los puntos de acceso inalámbricos fijos mediante el procesamiento de la información de intensidad de la señal recibida (RSS).
<b>Presencia</b>	Los sensores de presencia indican la presencia de seres humanos u objetos. Los sensores de infrarrojos pasivos (PIR) son muy comunes y se utilizan para detectar el movimiento humano, los interruptores de lengüeta se pueden utilizar en ventanas y puertas con fines de seguridad, los sensores de bucle inductivo que utilizan inducción electromagnética se pueden utilizar para detectar presencia en los sistemas de transporte. Los sensores ultrasónicos también se utilizan para determinar la distancia de los objetos. Los sensores capacitivos también se incluyen en este tipo, estos pueden usarse para determinar la posición
<b>Visión artificial</b>	Los sensores basados en visión artificial más avanzados utilizan visión asistida por computadora para proporcionar datos a las plataformas de IoT. La aplicación podría entonces detectar movimiento, personas o cosas mediante el uso de técnicas de procesamiento de imágenes. El principal de estos sensores son las cámaras de seguridad (convencionales o infrarrojas).
<b>Interacción</b>	Los sensores de interacción son puntos de entrada a la interacción humana consciente. Su objetivo es capturar la participación humana del medio ambiente y actuar en consecuencia. Los botones físicos y los controles deslizantes son ejemplos típicos.
<b>Acústico</b>	Los sensores acústicos son dispositivos activados por sonido que recopilan datos de ondas sonoras y los envían a una aplicación. Los micrófonos y los sensores piezoeléctricos son

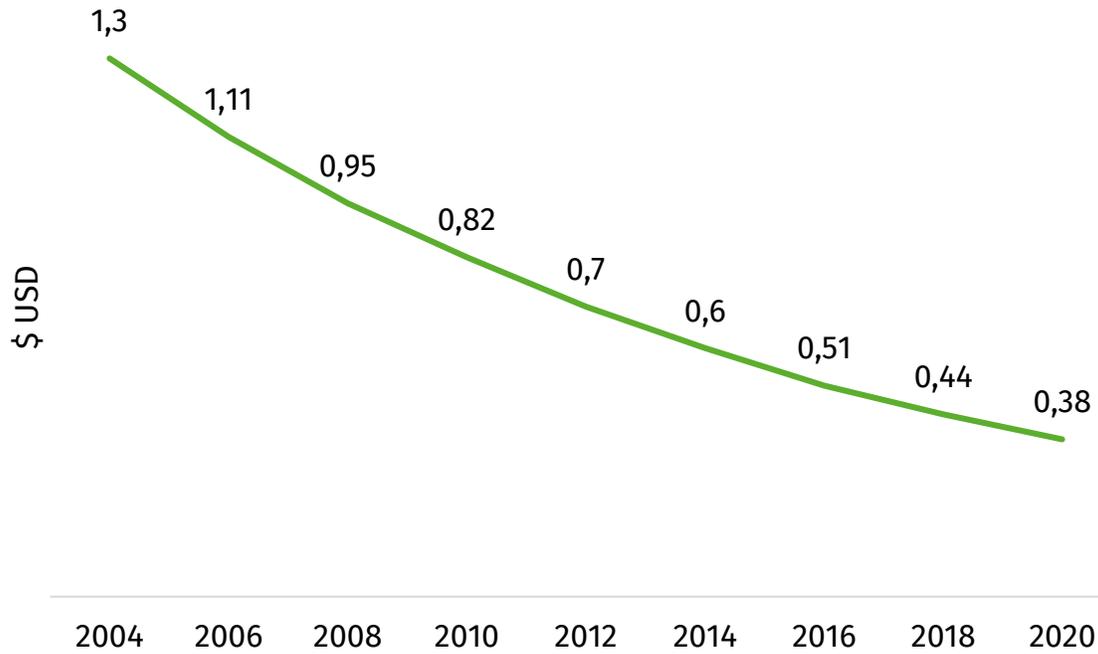
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
	algunos ejemplos de dispositivos que realizan detección acústica.
<b>Fuerza / Carga</b>	Los sensores de fuerza / carga son activados por fuerzas externas, capturando la deformación o la intensidad de esas fuerzas en el sistema. Estos sensores miden una fuerza externa que se les aplica. Los sensores de carga y los sensores de velocidad son algunos que entran en esta categoría.
<b>Hidráulico</b>	Los sensores hidráulicos se refieren a sensores utilizados para mediciones de líquidos como nivel, flujo, detección de fugas, etc. Se utilizan para medir niveles de líquido en tanques, presión en tuberías y desperdicio de agua en servicios públicos
<b>Químico</b>	Los sensores químicos se utilizan para medir las propiedades químicas de los materiales, esto incluye sensores de gas que pueden medir o detectar monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) y otros gases para monitorear la calidad del aire, sensores para detectar humo, pH y otros sensores para seguimiento de la calidad del agua, etc.

**Fuente:** Tomado de Syed, et al. (2021)

BORRADOR



**Anexo 4. Costo promedio de sensores con aplicación en IoT**



**Fuente:** Tomado de Microsoft (2019)

BORRATV



### Anexo 5. Ventajas, desventajas y rango de cobertura de sensores

Tipo	Ventajas	Desventajas	Máxima distancia de trabajo
MMW-Radar	Trabaja a larga distancia; Disponible para velocidad radial; Aplicable a todos los climas	No aplicable a objetos estáticos; genera fácilmente falsas alarmas	5-200 metros
Cámara	Excelente discernibilidad; Disponible para velocidad lateral; Disponible para distribución de colores	dependiendo del objetivo)	250 metros (dependiendo del objetivo)
LiDAR	Amplio campo de visión (FOV); alto rango de resolución; alto ángulo de resolución	Insufrible para el mal tiempo; alto precio	200 metros
Ultrasónico	Barato	Baja resolución; no aplicable a alta velocidad	2 metros
DSRC	Aplicable en alta velocidad (mayor a 150 km/h); tecnología relativamente madura; baja latencia (0,2 ms)	Baja tasa de datos; baja cobertura	300-1000 metros
LTE-V2X	Trabaja a larga distancia; alta tasa relativa de transmisión de datos (mayor a 300 Mbps)	Alta latencia en larga distancia (>1s); no aplicable a eventos críticos de tiempo	Superior a 2 km

5G-V2X	Tasa de transmisión de datos ultra alta; baja latencia (<80 ms); alto ancho de banda; aplicable para alta velocidad (mayor a 500 km/h)	No madurez en la aplicación	100-300 metros
--------	--	-----------------------------	----------------

**Fuente:** Elaboración propia con base en Wang, Wu y Niu (2020)

BORRADOR

**Anexo 6. Comparativo entre actuadores neumáticos, hidráulicos y eléctricos**

Características	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Complejidad	Simple composición del sistema	Moderadamente compleja composición del sistema	El control del sistema y los componentes de movimiento pueden trabajar juntos en múltiples configuraciones complejas
Potencia máxima	Alta	Muy alta	Alta
Control	Válvulas simples	Deber del usuario	Flexibilidad y capacidades de control de movimiento con controladores electrónicos
Precisión de posición	Alta dificultad para lograr precisión de posición	El posicionamiento a mitad de camino requiere componentes adicionales y ayuda al usuario	Capacidades de posicionamiento y el control de velocidad permitida para sincronización
Velocidad	Muy alta velocidad	Velocidad moderada	Moderadamente veloz
Capacidad de carga	Alta capacidad de carga	Capacidad de carga extremadamente alta	Puede ser alta, dependiendo de la velocidad y el deseo de posicionamiento
Vida útil	Vida útil garantizada moderada, fácil de reemplazar en caso de ser necesario	Con el mantenimiento apropiado, puede durar por mucho tiempo	Con el mantenimiento apropiado, puede durar por mucho tiempo

Aceleración	Muy alta	Muy alta	Moderada
Carga de choque	Capaz de soportar carga de choques	A prueba de explosiones, a prueba de choques y a prueba de chispas	-
Impacto ambiental	Altos niveles de ruido	Fugas de de líquido hidráulico y eliminación	Mínimo
Utilidades	Compresor, potencia, tuberías	Bombas, potencia, tuberías	Potencia opcional
Eficiencia	Bajo	Bajo	Alto
Fiabilidad	Excelente	Bueno	Bueno
Mantenimiento	Altas cantidades de mantenimiento	Alto mantenimiento por parte del usuario durante toda la vida útil del sistema	Poco mantenimiento, excepto para cuando el reemplazo es necesario
Coste de compra	Bajo costo	Alto costo	Alto costo
Costo operativo	Costo moderado	Alto costo	Bajo costo
Costo de mantenimiento	Bajos costos	Altos costos	Bajos costos

**Fuente:** Elaboración propia con base en Timotion (2021)

**Anexo 7. Rango de precios de cámaras de CCTV**

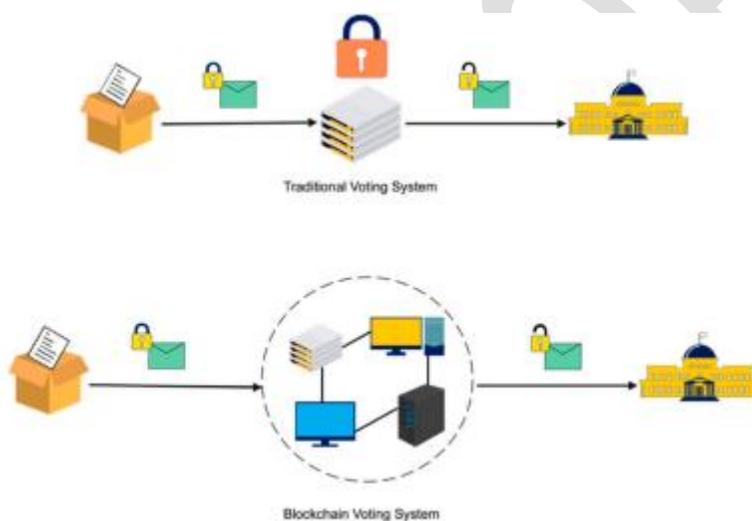
Tipo	Precio (U\$)	Descripción
<b>Cámara falsa</b>	\$10 – \$20	Parece una cámara real y actúa como elemento disuasorio.
<b>Cámara tipo bala</b>	\$50 – \$250	Cámara exterior tradicional
<b>Cámara inteligente para hogares</b>	\$30 – \$400	Trabaja con Amazon Alexa, Google Assistant y Apple HomeKit
<b>Mini Cámara mimetizada</b>	\$20 – \$350	A veces disfrazado de reloj, marco de fotos, mirilla
<b>Cámara análoga</b>	\$25 – \$300	Se conecta a un DVR para grabar o ver en TV o monitor
<b>Cámara IP</b>	\$35 – \$350	Se conecta a una grabadora de video en red (NVR) a través de una red doméstica o Wi-Fi
<b>Cámara Domo</b>	\$80 – \$350	Montaje en techo, amplio campo de visión, control de movimiento
<b>Cámara comercial de seguridad</b>	\$100 – \$500	Cámara comercial con lentes intercambiables
<b>Cámara PTZ</b>	\$100 – \$300	Cámaras de giro, inclinación y zoom con control remoto
<b>Cámara de reconocimiento de placas (LPR)</b>	\$140 – \$900	Captura detalles de matrículas fijas o móviles
<b>Cámara Sumergible</b>	\$170 – \$600	Cámaras sumergibles para uso en piscinas o lagos
<b>Cámara con reconocimiento facial</b>	<b>\$120 – \$350</b>	Cámaras con chips inteligentes capaces de reconocer rostros
<b>Cámara térmica</b>	\$1,400 – \$3,000	Puede ver a través del humo, la niebla, la lluvia y en completa oscuridad.

Fuente: Homeguide (s.f.)

## Anexo 8. Votación electrónica con tecnología blockchain

La votación electrónica conlleva algunos riesgos importantes. Si un sistema de votación electrónico se ve comprometido, es probable que todos los votos emitidos puedan ser manipulados y mal utilizados. Esa es una de las razones por las que aún no se ha adoptado el voto electrónico a nivel o escala nacional. Sin embargo, en la actualidad existe la tecnología blockchain que puede superar esos riesgos. Se considera que la tecnología blockchain puede solucionar algunas de las deficiencias del método tradicional de elecciones, haciendo que el mecanismo de votación sea claro y accesible; detiene la votación ilegal, fortalece la protección de datos y verifica el resultado de votación (Jafar et al, 2021).

### Imagen #. Sistema de votación tradicional vs blockchain



**Fuente:** Jafar et al (2021)

Hay que tener en cuenta que un sistema de votación electrónica basada en blockchain requiere una infraestructura de votación totalmente distribuida. Este sistema solo funcionará cuando el sistema de votación en línea no esté totalmente controlado por ningún organismo, ni siquiera por el gobierno. Por lo tanto, las elecciones solo pueden ser libres y justas cuando existe una amplia creencia en la legitimidad del poder que ostentan quienes ocupan puestos de autoridad.