

# Estudio de Tele-lectura para Operadores Públicos de Agua

Preparado por: Antonio Jesús Torralba Silgado y Ramón González Carvajal

Catedráticos de Universidad

Presentado por: Ramón González Carvajal

**Universidad de Sevilla – Grupo de Ingeniería Electrónica (GIE)**



UNIVERSIDAD  
DE SEVILLA

# Indice

- Introducción
- Transformación Digital
- Soluciones Tecnológicas
- Escenarios de Tele-lectura
- Adecuación de las Tecnologías a Escenarios
- Modos de Operación de la Tele-lectura
- Soluciones de Mercado
- Estrategias de Implantación
- Análisis de Costes por Escenarios
- Infraestructura de Datos
- Herramientas de AD para empresa de Aguas
- Hacia una AMI Inteligente de Aguas
- Arquitectura Propuesta
- Pasos y Fases de la Transformación
- Ejemplo de Pliego
- Conclusiones

# Introducción

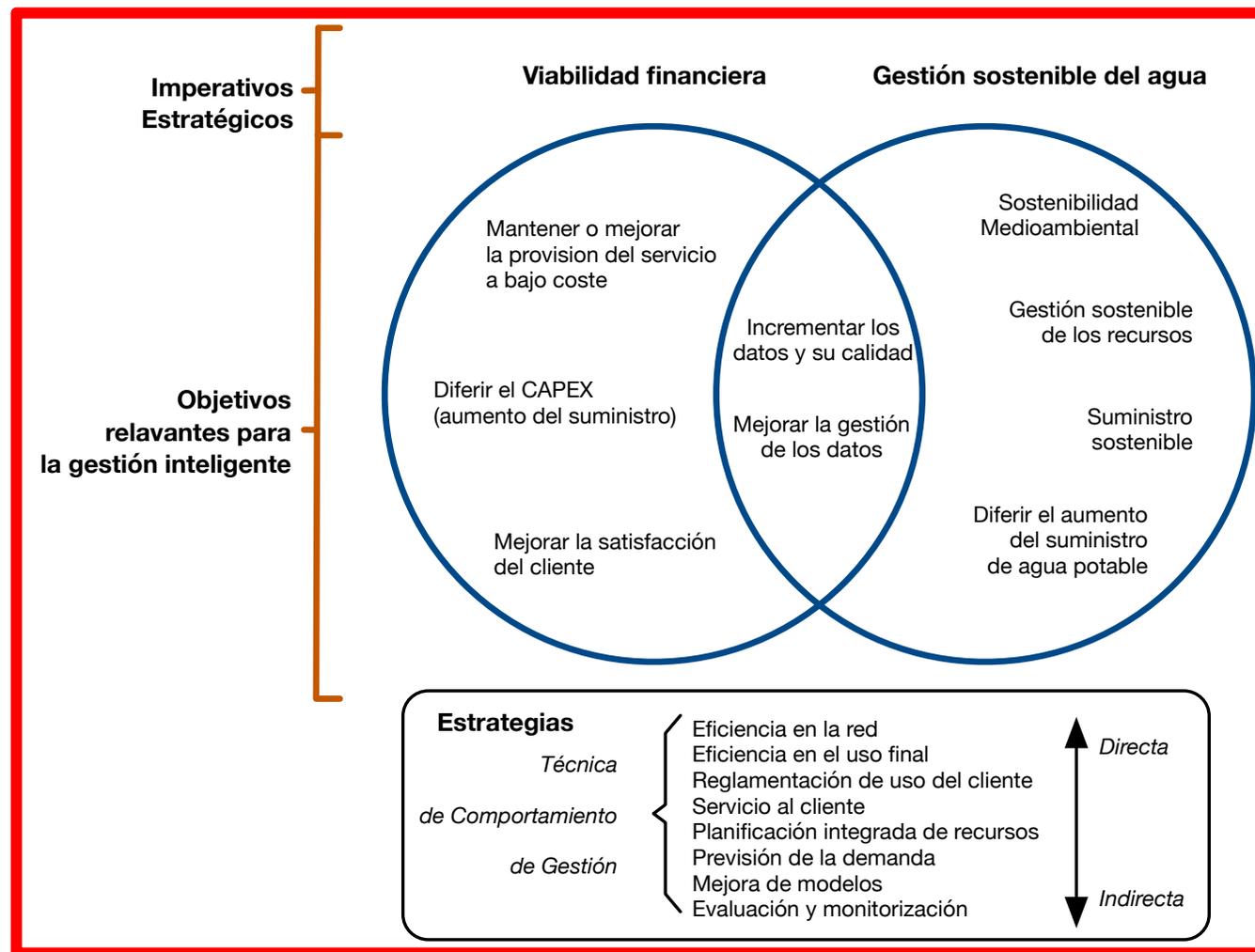
- Relación US-EMASESA
- Relación EMASESA-AEOPAS
- PERTE de Digitalización del Agua
- Estudio científico que combina tecnología y opinión sobre las opciones
- El estudio está “vivo” por los rápidos cambios de la tecnología
- Fruto de la experiencia
- Se presenta un resumen sin entrar en detalles .

# Transformación Digital

## Motores de Cambio en una Utility de agua

## Niveles de Maduración Digital

## Situación actual de las empresas públicas de gestión del ciclo integral del Agua

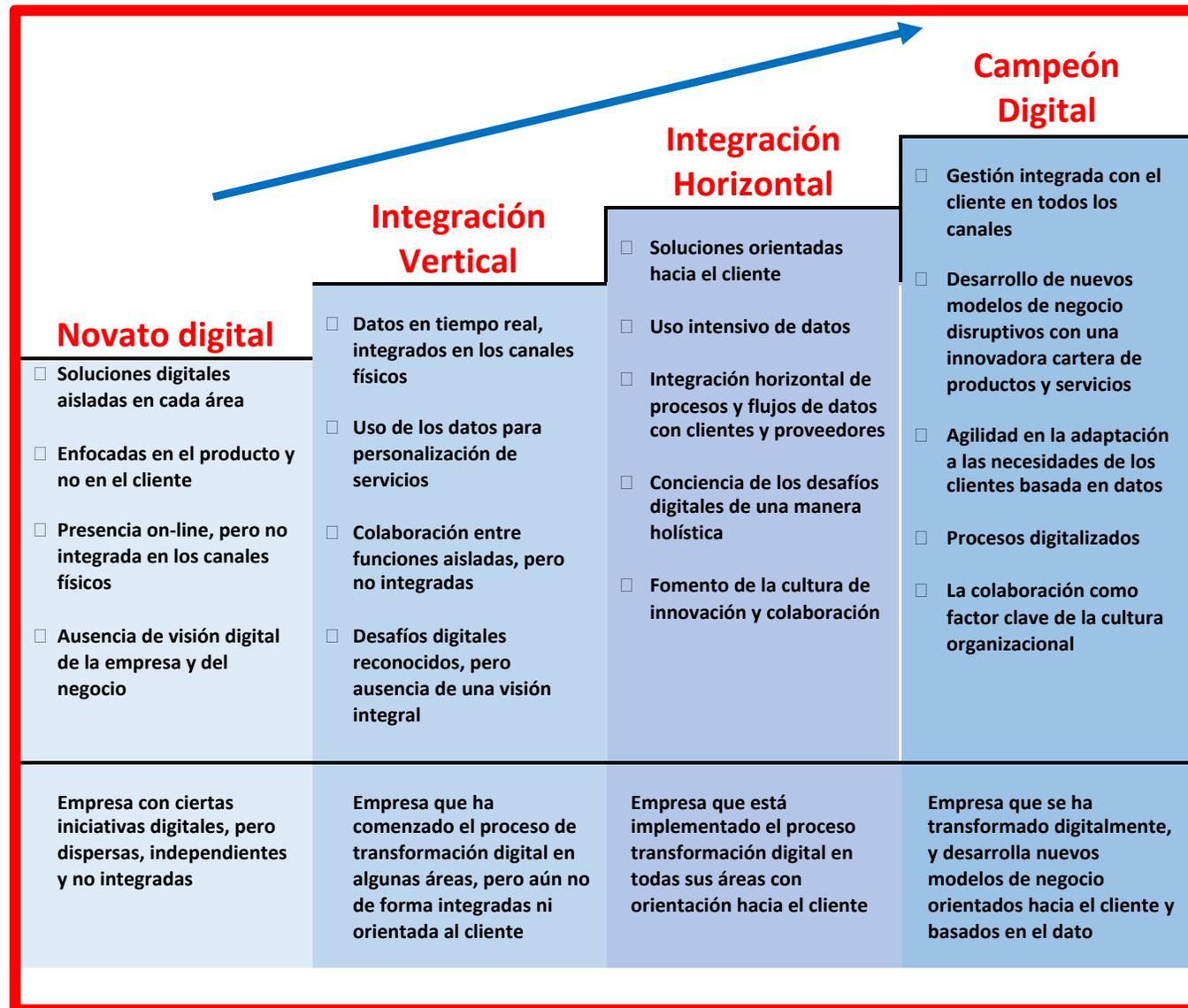


# Transformación Digital

Motores de Cambio en una Utility de agua

## Niveles de Maduración Digital

Situación actual de las empresas públicas de gestión del ciclo integral del Agua

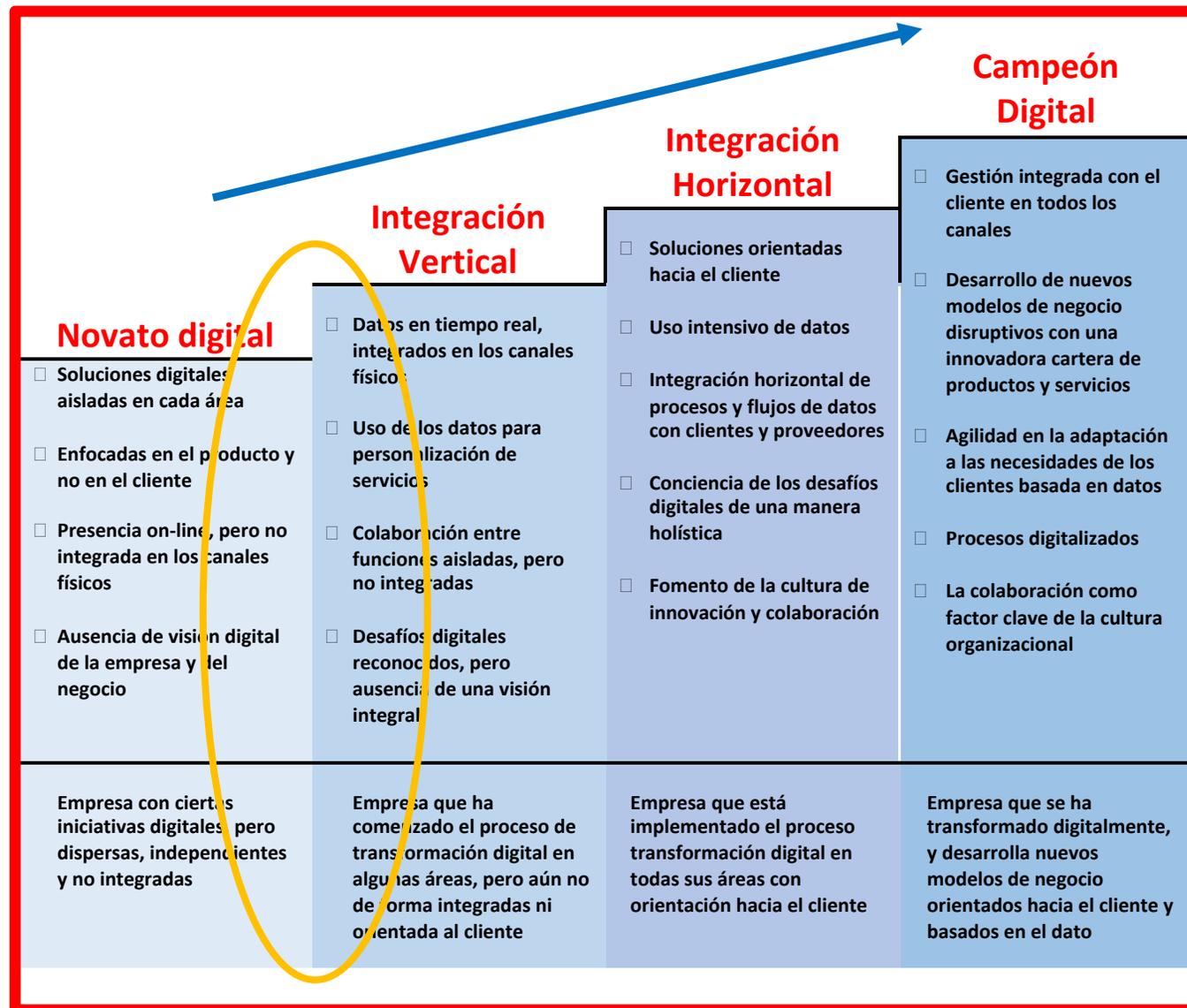


# Transformación Digital

Motores de Cambio en una Utility de agua

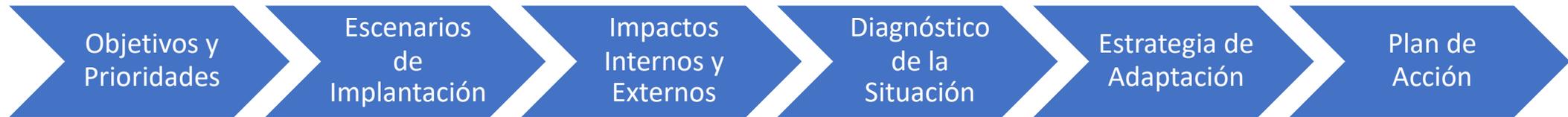
Niveles de Maduración Digital

**Situación actual de las empresas públicas de gestión del ciclo integral del Agua**



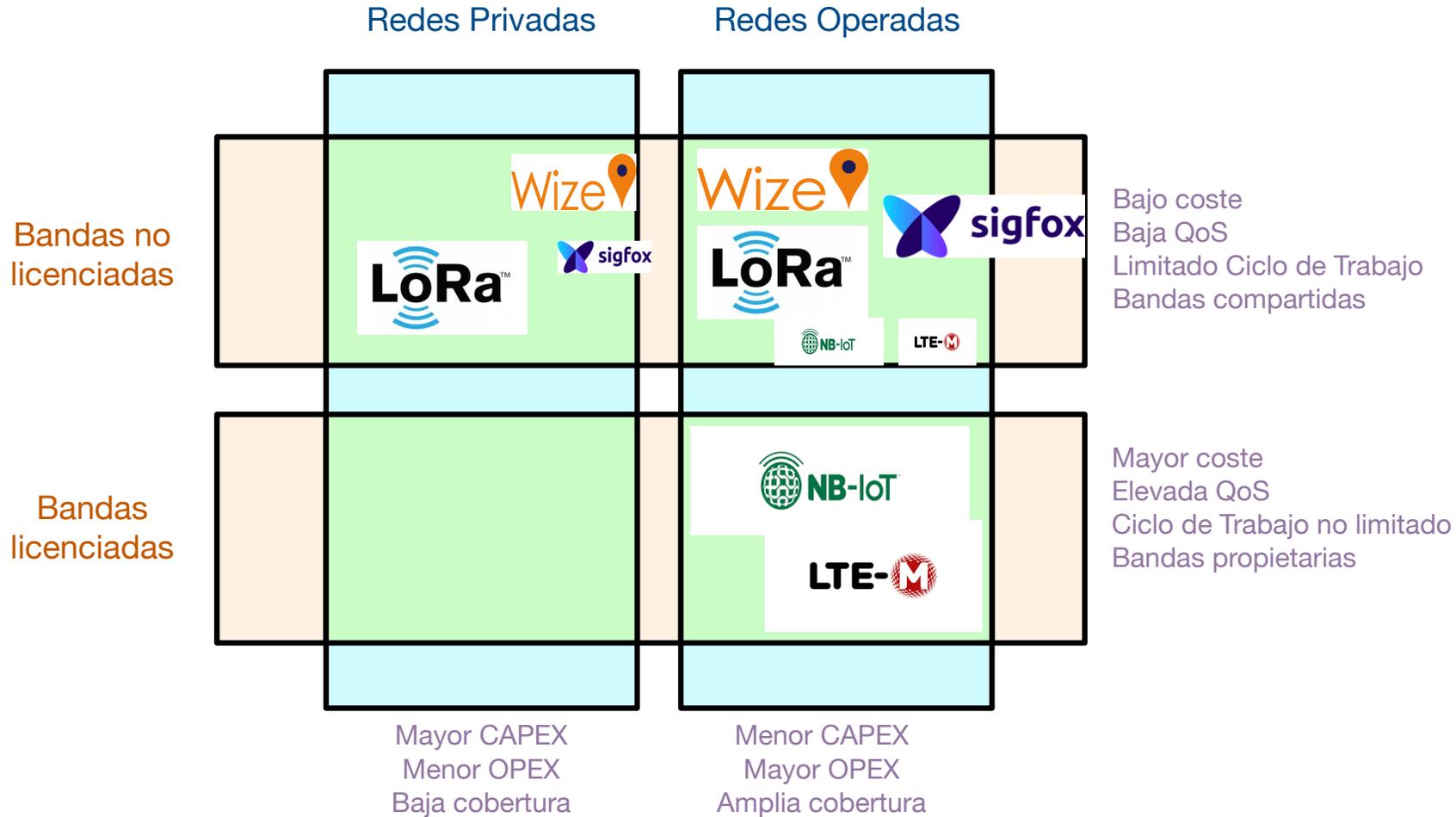
# Transformación Digital

## Plan de Tele-lectura: Habilitador de la Transformación Digital



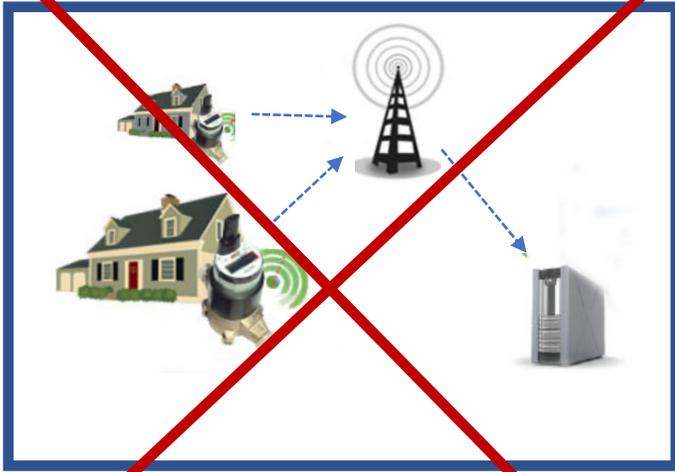
# Soluciones Tecnológicas

**LPWAN  
Genéricas**



**Consideradas en  
este estudio**

# Escenarios de Tele-lectura



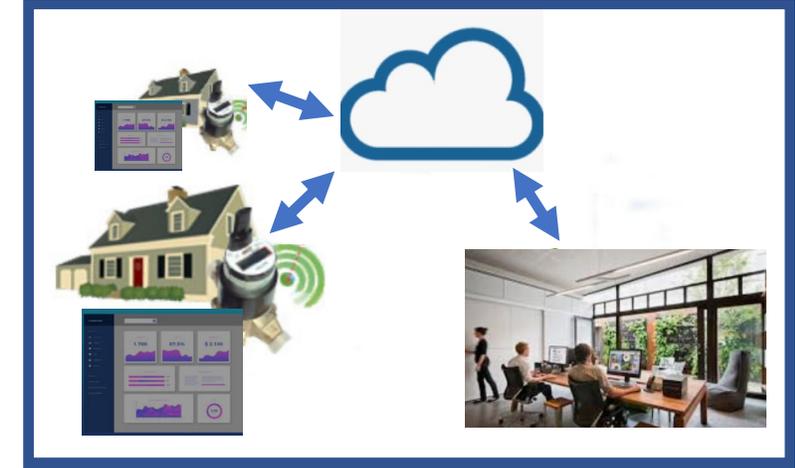
## Escenario AMR

- Una medida mensual
- Unidireccional
- Facturación



## Escenario AMI Actual

- Medidas frecuentes
- Bidireccional
- Analítica simple de datos



## Escenario AMI Futuro

- Integración del cliente
- Empresa digital
- Analítica de datos compleja

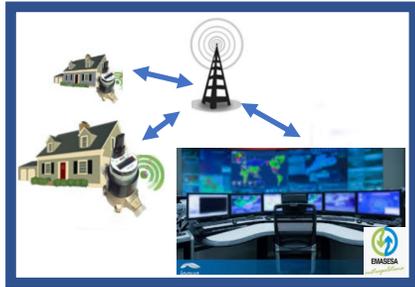
Integrador Vertical

Integrador Horizontal

Campeón Digital

**Maduración Digital de la Empresa**

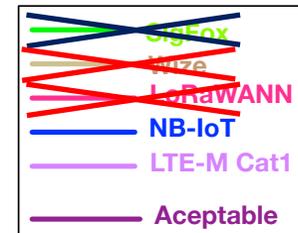
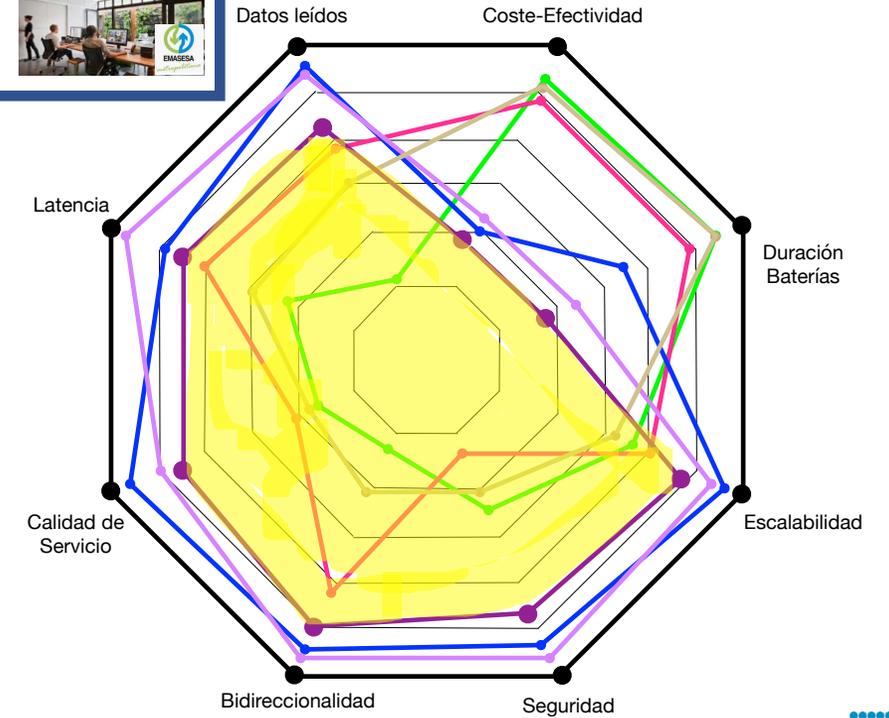
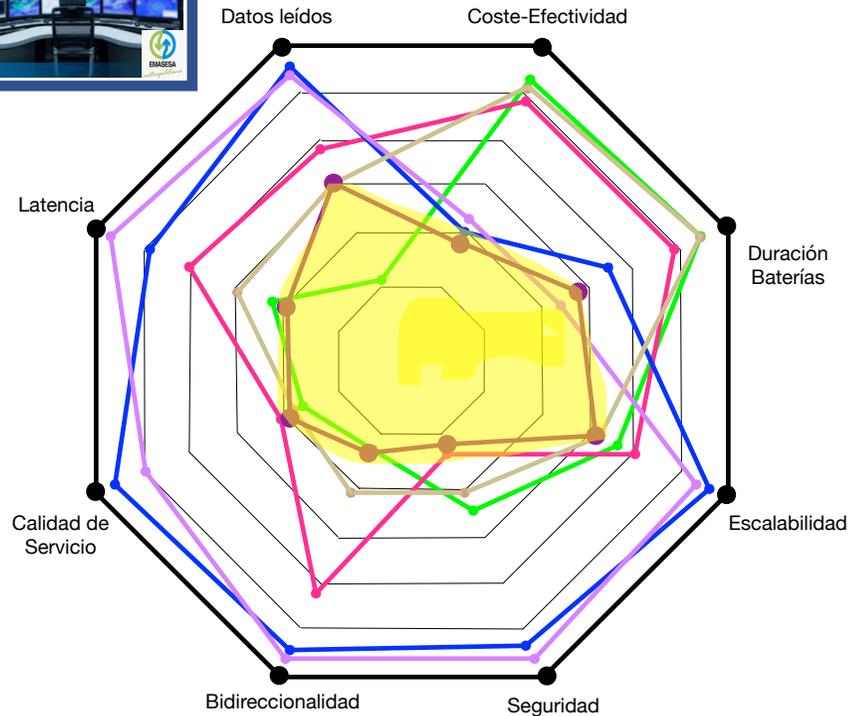
# Adecuación de Tecnologías a Escenarios



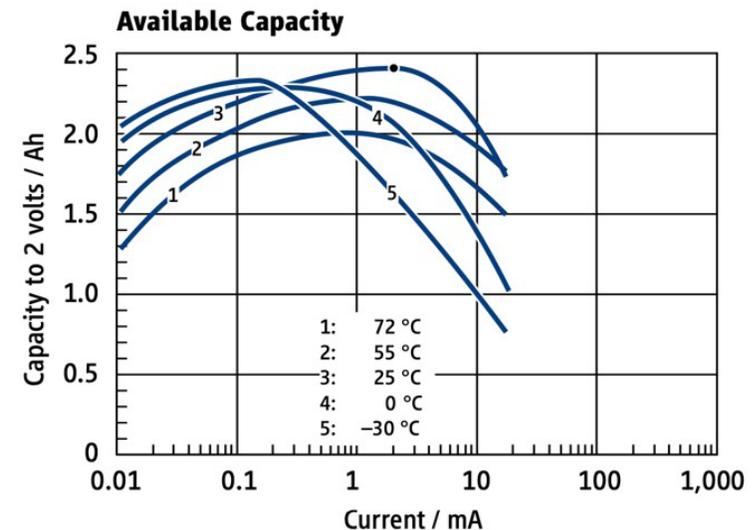
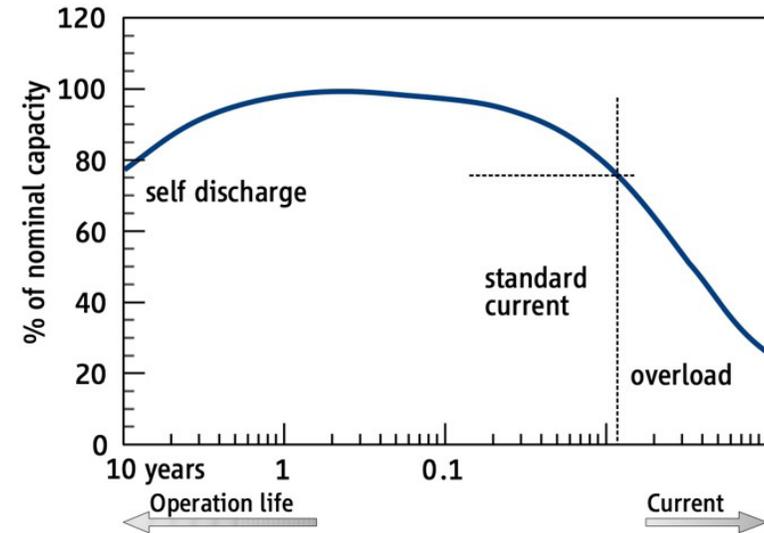
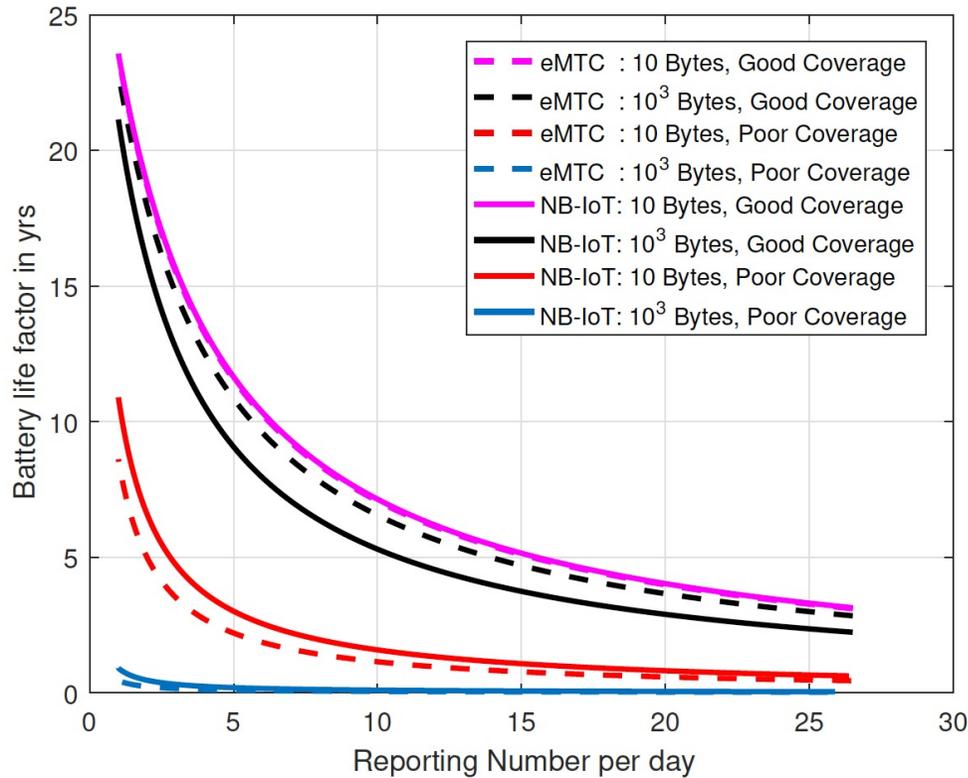
Escenario AMI Actual



Escenario AMI Futuro



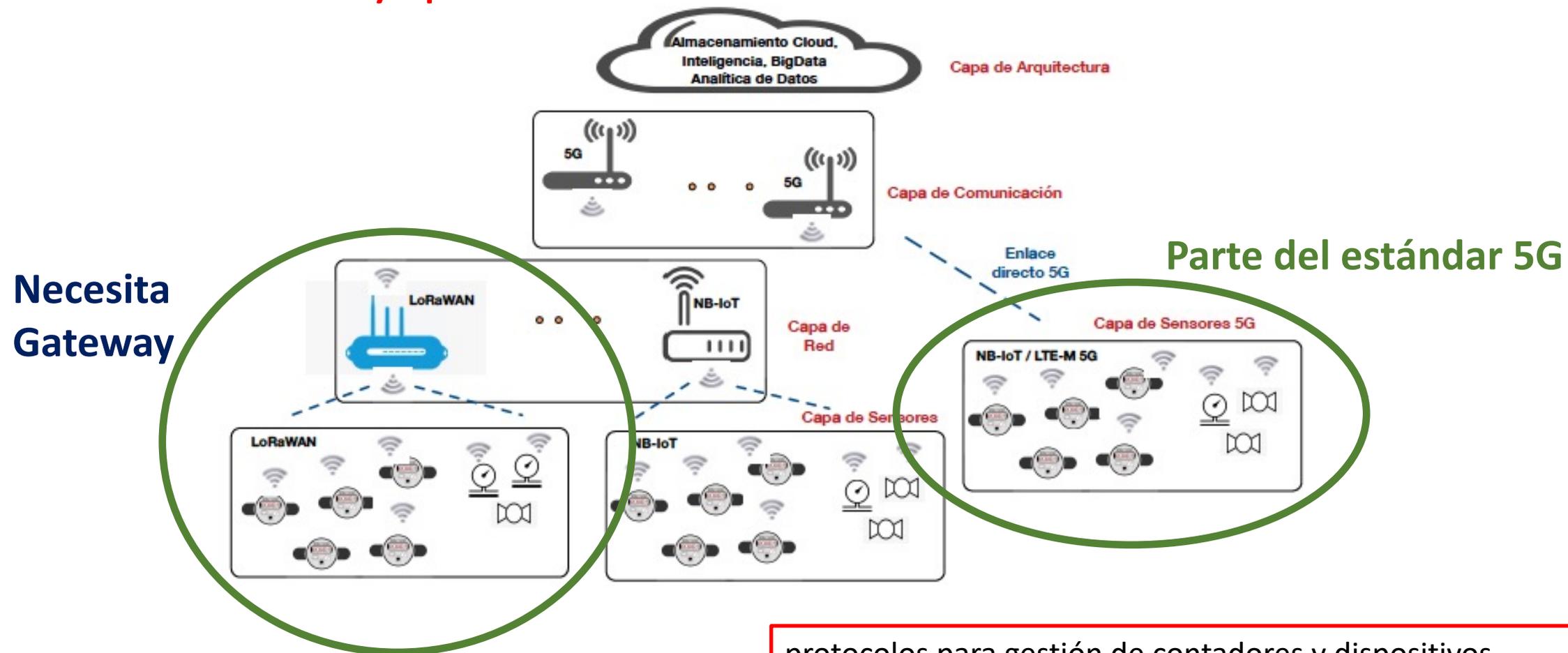
# Otros aspectos tecnológicos: La batería



La duración de la batería está influenciada por:

- La cobertura
- La auto-descarga
- El ciclo de operación

# Futuro: 5G y protocolos



Al ser NB-IoT parte del estándar 5G:  
- Se espera un soporte continuado en la próxima década

- protocolos para gestión de contadores y dispositivos
- DLMS – TCPIP (conexión segura TLS) para contadores
- MQTT – TCPIP / LwM2M – COAP, para dispositivos

# Gestión y reposición de terminales

## Reposición de terminales:

- La vida útil del equipo de comunicaciones viene fijada por dos parámetros:
  - 1) envejecimiento del equipo
  - 2) obsolescencia tecnológica.
- El principal riesgo viene de la obsolescencia tecnológica.
  - En el caso de las soluciones licenciadas no hay garantías de continuidad del servicio.
  - GSM ha durado décadas, no así 3G. NB-IoT está dentro del estándar 5G.
  - Para retrasar la obsolescencia tecnológica de los terminales es igualmente conveniente disponer de un sistema FOTA que nos permita actualizar su firmware.

## Gestión de dispositivos

- Necesidad de una plataforma para la gestión de dispositivos y contadores
  - registrar los dispositivos de comunicaciones, vinculando el registro con los contratos de los clientes y gestionando el alta y baja de los mismos;
  - gestionar la configuración del dispositivo, lo que incluye mantener tanto la versión de FW como otros parámetros de configuración (tales como la QoS);
  - el estado del dispositivo (activo, inactivo, ... ) y su batería y;
  - las comunicaciones entre el dispositivo y los servidores.

# Conclusiones acerca de la Tecnología

## Las tecnologías **no-licenciadas**

- Pueden resultar **atractivas por su bajo consumo** (SigFox y Wize), por el control total de la tecnología y por sus buenas prestaciones (LoRaWAN) o por su **bajo coste** (SigFox), pero tienen problemas de escalabilidad, mantenibilidad (LoRaWAN y Wize), reducida tasa de datos (SigFox) y **riesgo tecnológico** (las tres).
- **No son adecuadas para las necesidades del escenario AMI futuro** ni para una futura integración en 5G-IoT. Aun así, son todavía tecnologías frecuentemente empleadas en tele-lectura.

## De las tecnologías licenciadas,

- LTE-M tiene características muy interesantes como baja latencia, conectividad IP y facilidad de actualización por el aire, pero un consumo elevado para tele-lectura en agua.
- **La tecnología NB-IoT representa una buena elección:** elevada tasa de datos, bajo ancho de banda, elevada cobertura, altos niveles de seguridad e integridad de la información, bidireccionalidad, escalabilidad y relativo bajo consumo, así como la garantía ofrecida por el 3GPP de que formará parte del 5G IoT.

# Modelos de Operación

**Modelo AMR propietario**

- Modelo actual
- UTILITY compra contadores
- UTILITY decide tecnología
- UTILITY contrata operador, en su caso
- UTILITY mantiene y opera

**Modelo Comunicación como Servicio**

- UTILITY compra contadores
- UTILITY fija espec. medida

**Modelo Metering como servicio**

- Un tercero selecciona y compra tecnología
- Un tercero contrata operador, en su caso

**Modelo Metering como servicio**

- UTILITY fija espec. contador
- UTILITY fija espec. medida
- Un tercero selecciona y compra contador
- Un tercero selecciona y compra tecnología
- Un tercero contrata operador, en su caso

Tendencia a futuro (ventajas e inconvenientes)



# Comparación Cualitativa de Modelos

	Modelo AMR Propietario	Modelo Comm. como servicio	Modelo 3: Metering como serv.
Coste Inicial	Medio	Medio	<b>Bajo</b> (incluye el contador y el módulo de comunicaciones)
Coste anual (adjudicatario)	<b>Bajo</b>	Medio	Alto
Coste anual (interno)	<b>Alto</b>	Bajo	Bajo
Gestión de las comunicaciones	Utility	Adjudicatario	Adjudicatario
Gestión de los terminales	Utility	Adjudicatario	Adjudicatario
Mantenimiento de terminales	Adjudicatario bajo demanda de la Utility por incidencias	Adjudicatario	Adjudicatario
Reposición de baterías y terminales	Adjudicatario: 1) de manera programada y 2) a demanda de la Utility por incidencias	Adjudicatario	Adjudicatario
Servidumbre de la Utility con un operador comunicaciones	A través de la SIM (dependencia con eSIM). Necesidad de firmar acuerdos a largo plazo	No. Es responsabilidad del adjudicatario	No. Es responsabilidad del adjudicatario
Servidumbre de la Utility con un fabricante	No	No	Sí. Con el fabricante de los contadores
Garantía en la privacidad de los datos	Sí	Sí	Sólo bajo cláusulas de confidencialidad. El fabricante ofrece a la Utility los datos desde una plataforma propia
Integración directa con herramientas de datos	No. Haciendo las transformaciones correspondientes	No. Haciendo las transformaciones correspondientes	Sí. Con las herramientas del fabricante de contadores

# Soluciones de Mercado

- Diehl Metering

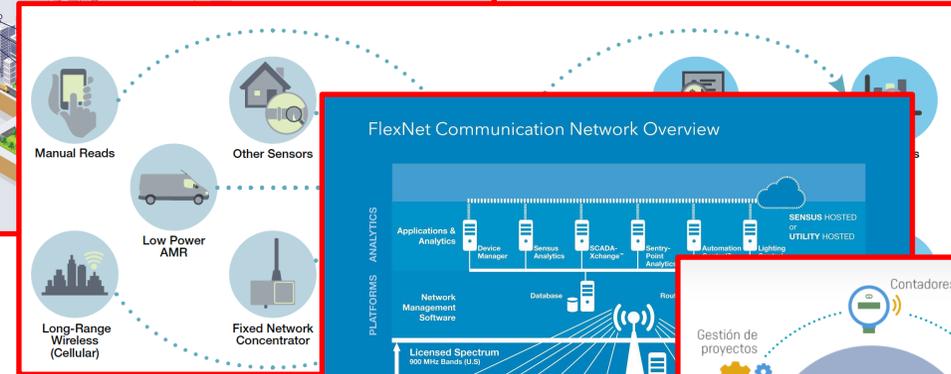
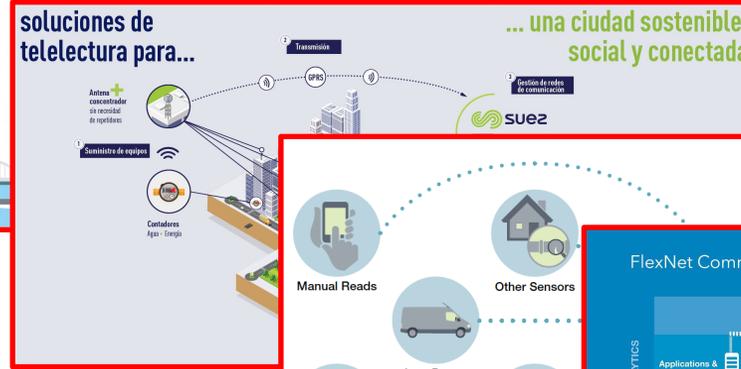
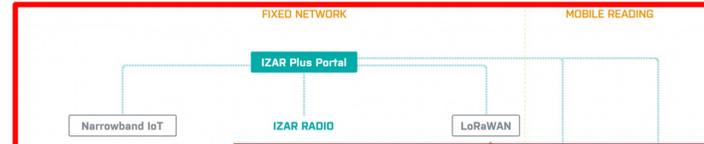
- Suez

- Itron

- Sensus

- Kampstrup

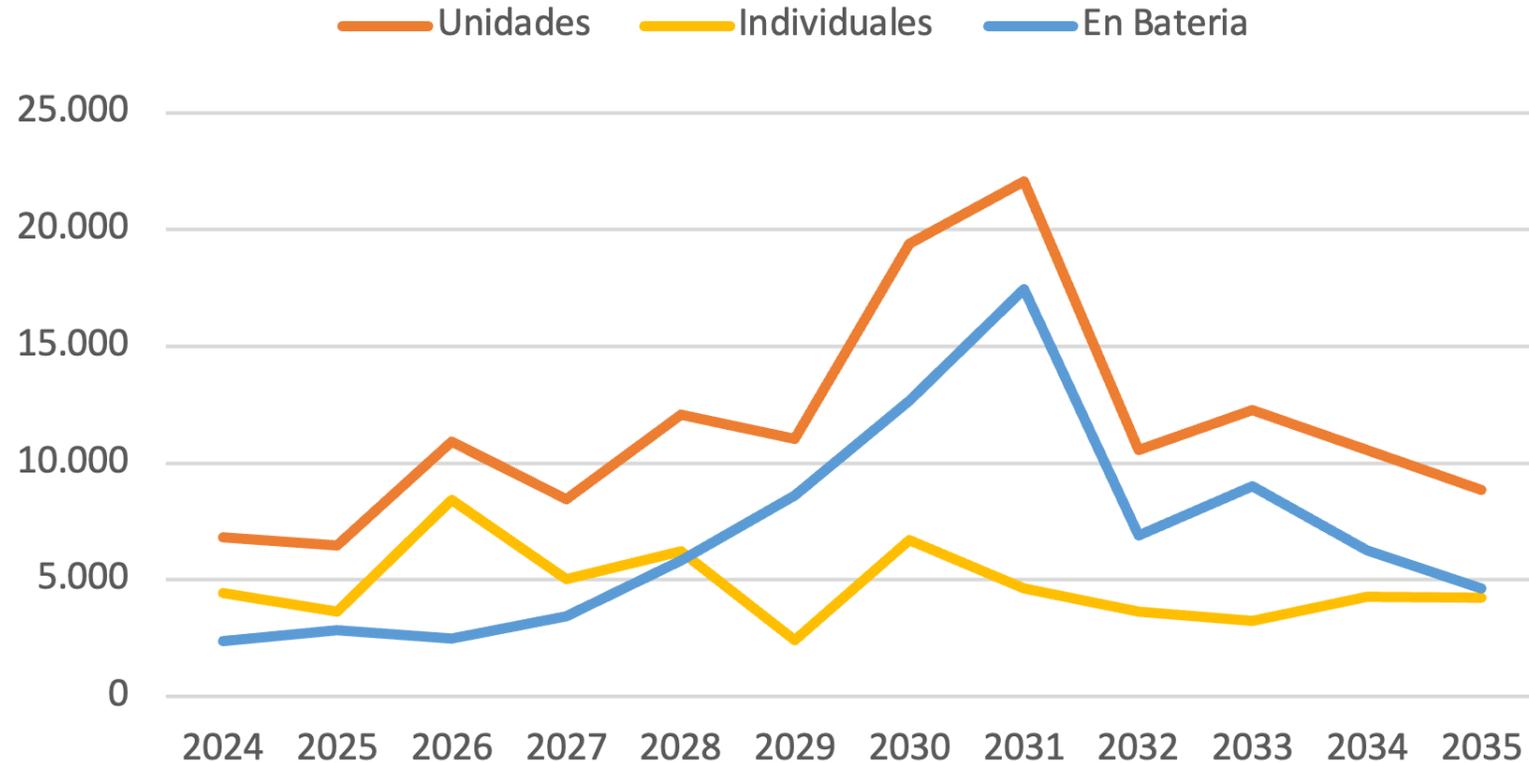
- Arad-Contazara .... Y EDM I, SAGENCOM, AXIOMA, AMPER, ....



# Estrategias de Implantación: Caso de Estudio

- El estudio incluye el análisis del caso de implantación de la tele-lectura en un operador tipo

## Contadores a Sustituir por Anualidades



# Estrategias de Implantación: Caso de Estudio

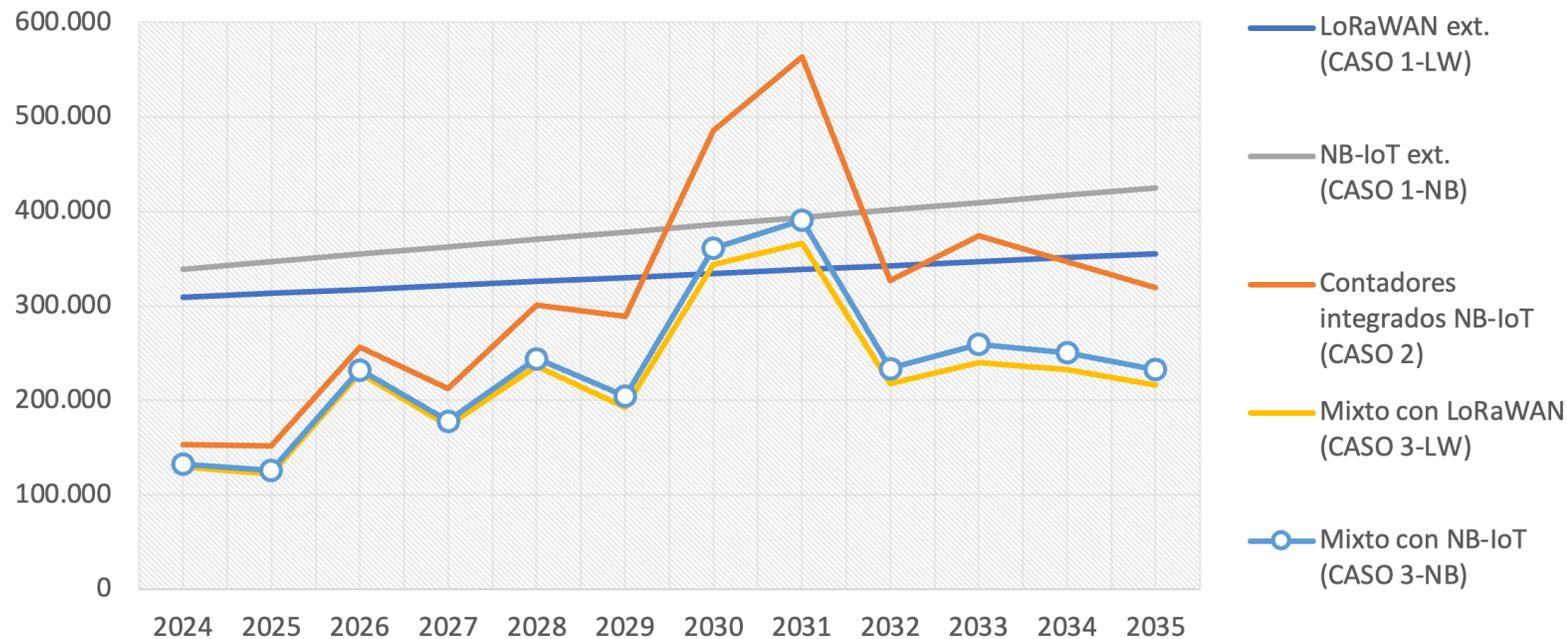
- Se consideran varios casos
  - 1. Solución LoRaWAN.** Todos los contadores individuales y todas las baterías de contadores se dotan de un terminal inalámbrico externo con tecnología LoRaWAN, desplegando la red necesaria de concentradores (gateways) que esta tecnología requiere.
  - 2. Solución NB-IoT.** Todos los contadores individuales y todas las baterías de contadores se dotan de un terminal inalámbrico externo con tecnología NB-IoT. Todos los contadores (tanto los individuales como conectados en batería) se dotan de tele-lectura integrada con NB-IoT (es decir, el terminal de comunicaciones está incluido en el contador y no es necesario un terminal externo de comunicaciones).
  - 3. Solución mixta con LoRaWAN.** Todos los contadores individuales son contadores con tele-lectura integrada por NB-IoT y cada batería de contadores se dota de un terminal externo inalámbrico LoRaWAN, desplegando la red necesaria de concentradores (gateways) que esta tecnología requiere.

No se han considerado otras opciones como Wize, Sigfox o soluciones basadas en “clixon”, pero sería sencillo extender el estudio.

# Estrategias de Implantación: Caso de Estudio

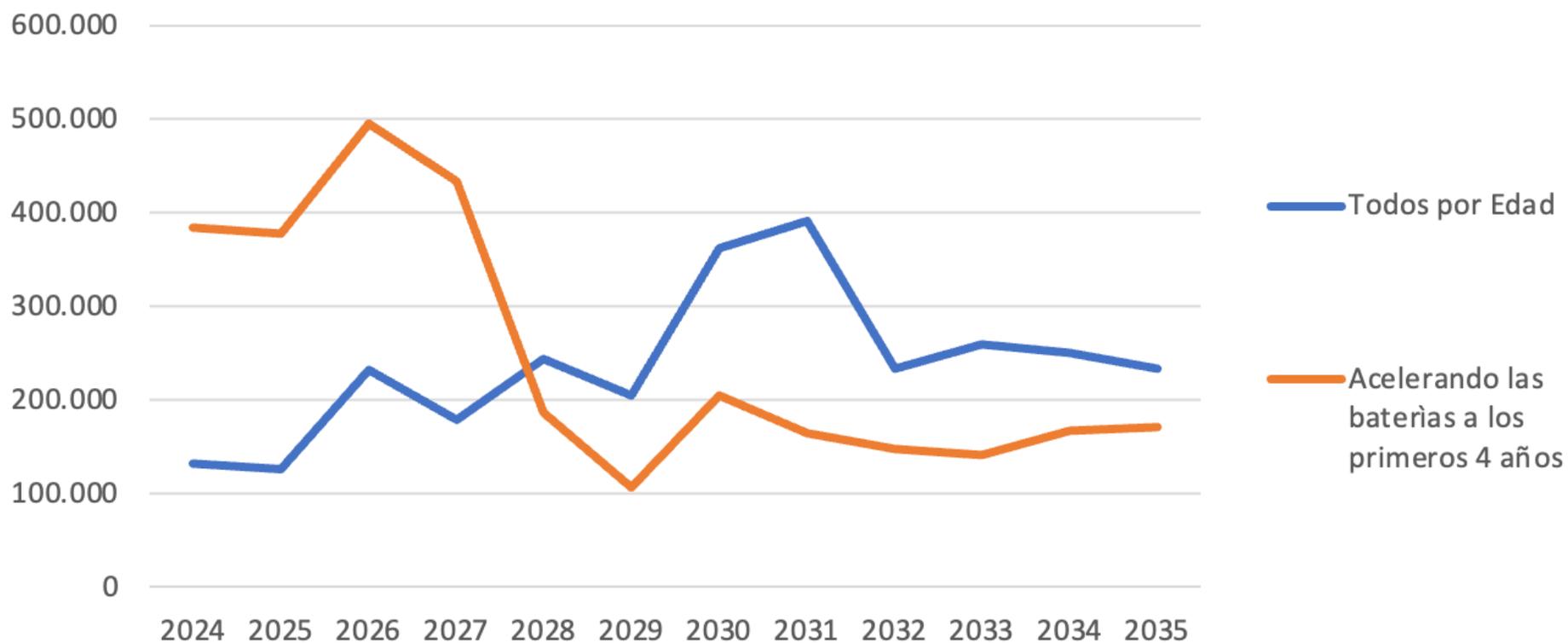
- Se han incluido todos los costes
  1. Costes de adquisición, instalación y gestión, operación y mantenimiento, de contadores y de terminales.
  2. En el caso de LoraWAN se incluye el mantenimiento de la red.
  3. En el caso de NB-IoT los costes unitarios de las comunicaciones

Inversión más gasto asociados a la tele-lectura



# Estrategias de Implantación: Caso de Estudio

Inversión más gasto asociado a la tele-lectura en modelo mixto con NB-IoT (CASO 3-NB)



# Infraestructura de Datos

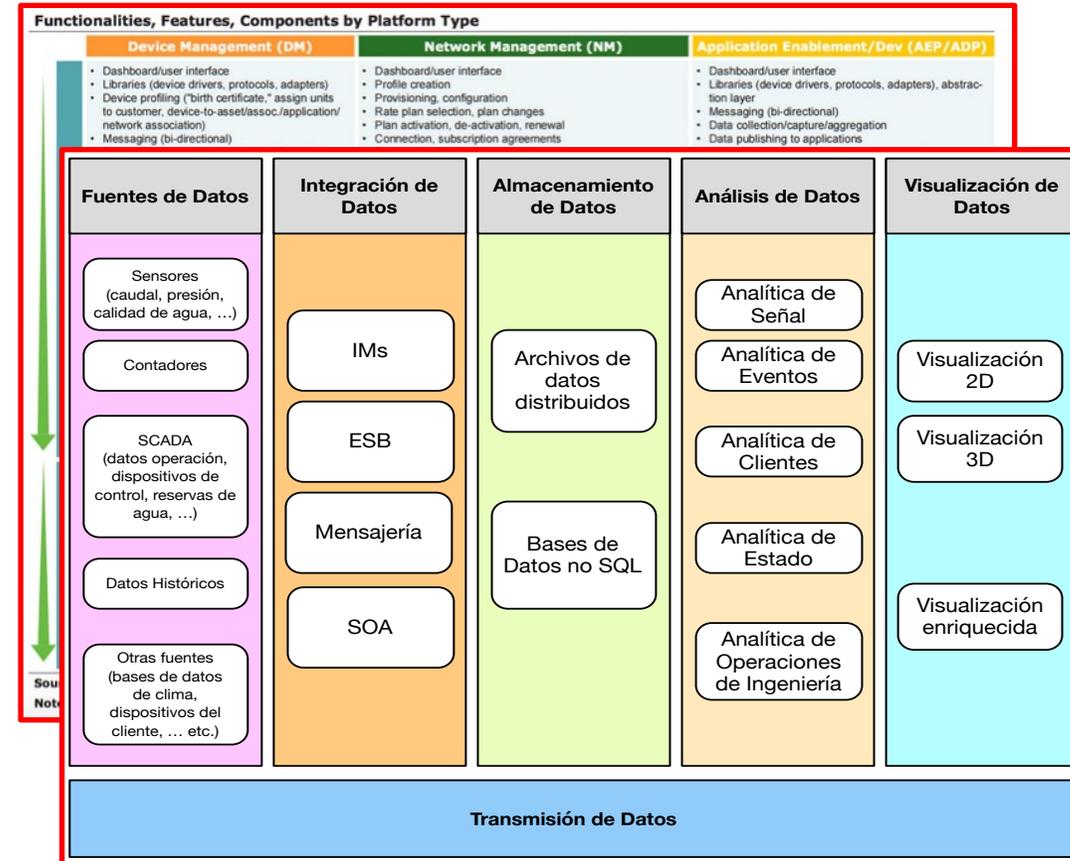
- Captación: Plataforma IoT

Functionalities, Features, Components by Platform Type			
	Device Management (DM)	Network Management (NM)	Application Enablement/Dev (AEP/ADP)
Basic, Fairly Standard*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dashboard/user interface</li> <li>Libraries (device drivers, protocols, adapters)</li> <li>Device profiling ("birth certificate," assign units to customer, device-to-asset/assoc./application/network association)</li> <li>Messaging (bi-directional)</li> <li>Device provisioning, activation, configuration</li> <li>Remote device decommissioning</li> <li>Bulk functions, actions</li> <li>Alerts, notifications</li> <li>Reporting (automated; standard or customized)</li> <li>History</li> <li>Device status check (on/off, sleeping, utilization)</li> <li>Location tracking/awareness (associations, neighbors), mapping</li> <li>Firmware check, version tracking</li> <li>Over-the-air (OTA) firmware and software updates, admin (scheduled/automatic, manual)</li> <li>Hierarchy control (by device, user, geography, technology)</li> <li>Search</li> <li>Security (settings; authentication, registration, role-based permissions, encryption, audit)</li> <li>User account mgmt, privileges enablement</li> <li>APIs/third-party s/w integration (incl. platforms)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dashboard/user interface</li> <li>Profile creation</li> <li>Provisioning, configuration</li> <li>Rate plan selection, plan changes</li> <li>Plan activation, de-activation, renewal</li> <li>Connection, subscription agreements</li> <li>Subscription, communication status</li> <li>Coverage map view with diagnostics</li> <li>Bulk functions, actions</li> <li>Alerts, notifications</li> <li>Reporting (automated, standard or customized)</li> <li>History (airtime usage metering, admin changes), auditing</li> <li>Hierarchy control (by device, user, network, geography)</li> <li>Search, database queries</li> <li>APIs/third-party software integration</li> <li>Message/data brokerage (support)</li> <li>Security (settings; authentication, registration, role-based permissions, encryption, audit, reporting)</li> <li>User/role administration, management</li> <li>SIM order (inventory) management</li> <li>IP Routing Check</li> <li>Network monitoring/performance analysis (signal strength)</li> <li>Connection audit (analyze, test, diagnostics)</li> <li>Hardware testing (remote reset, device properties overview)</li> <li>Troubleshooting tools</li> <li>Traffic routing, limiting (intelligent connection selection, optimization)</li> <li>Roaming network control, selection tool</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dashboard/user interface</li> <li>Libraries (device drivers, protocols, adapters), abstraction layer</li> <li>Messaging (bi-directional)</li> <li>Data collection/capture/aggregate</li> <li>Data publishing to applications</li> <li>Data visualization (charts, graphs, gauges)</li> <li>Mobile apps</li> <li>Application hosting</li> <li>Runtime, rule, event processes engine(s)</li> <li>Technical support (built-in resources, tools)</li> <li>Alerts/notifications (text, email, platform messages)</li> <li>Reporting (automated, standard or customized)</li> <li>Data storage (history), database, backup</li> <li>APIs (open, RESTful); integration frameworks</li> <li>Software development kits (SDKs)</li> <li>Developer tools (incl. drag-and-drop data, widgets)</li> <li>Application management (supporting updates/changes)</li> <li>Security (authentication, authorization, access control)</li> <li>Hierarchy control (range of dimensions)</li> <li>User/role administration, management</li> <li>Edge application logic</li> <li>Supports integration/data sharing (outgoing) with third-party applications (via APIs)</li> <li>Data integration (incoming) with third-party sources (incl. enterprise systems), "mashups" with structured/unstructured data</li> <li>Solution templates</li> <li>Forms</li> </ul>
More Advanced, Not Standard*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dynamic asset grouping</li> <li>Inventory management, deployment workflow</li> <li>Remote diagnostics/device health</li> <li>Troubleshooting tools, debugging</li> <li>Multi-network communication support</li> <li>Automatic check-in with device, auto config</li> <li>Jamming detection</li> <li>Third-party device support</li> <li>Predictive maintenance, performance analysis</li> <li>Analytics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Billing, rating, etc.</li> <li>Risk/demand management</li> <li>Automation rules (for life-cycle mgmt, incident resolution)</li> <li>Multi-network communication support, legacy protocol support</li> <li>Analytics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Turnkey applications</li> <li>Dashboard replication</li> <li>Collaboration</li> <li>Sandbox, prototyping and app testing</li> <li>Compliance (monitoring, analyzing access security logs; auditing)</li> <li>Multi-network communication support, legacy protocol support</li> <li>Quality of Service (QoS) validation</li> <li>Cloud-to-cloud integration (ERP, MRP, MES, SCADA)</li> <li>Analytics (data processing, filtering, mining, querying)</li> </ul>

**Source:** First Analysis, vendor/industry literature  
**Notes:** \* Arranged from most to least commonly encountered

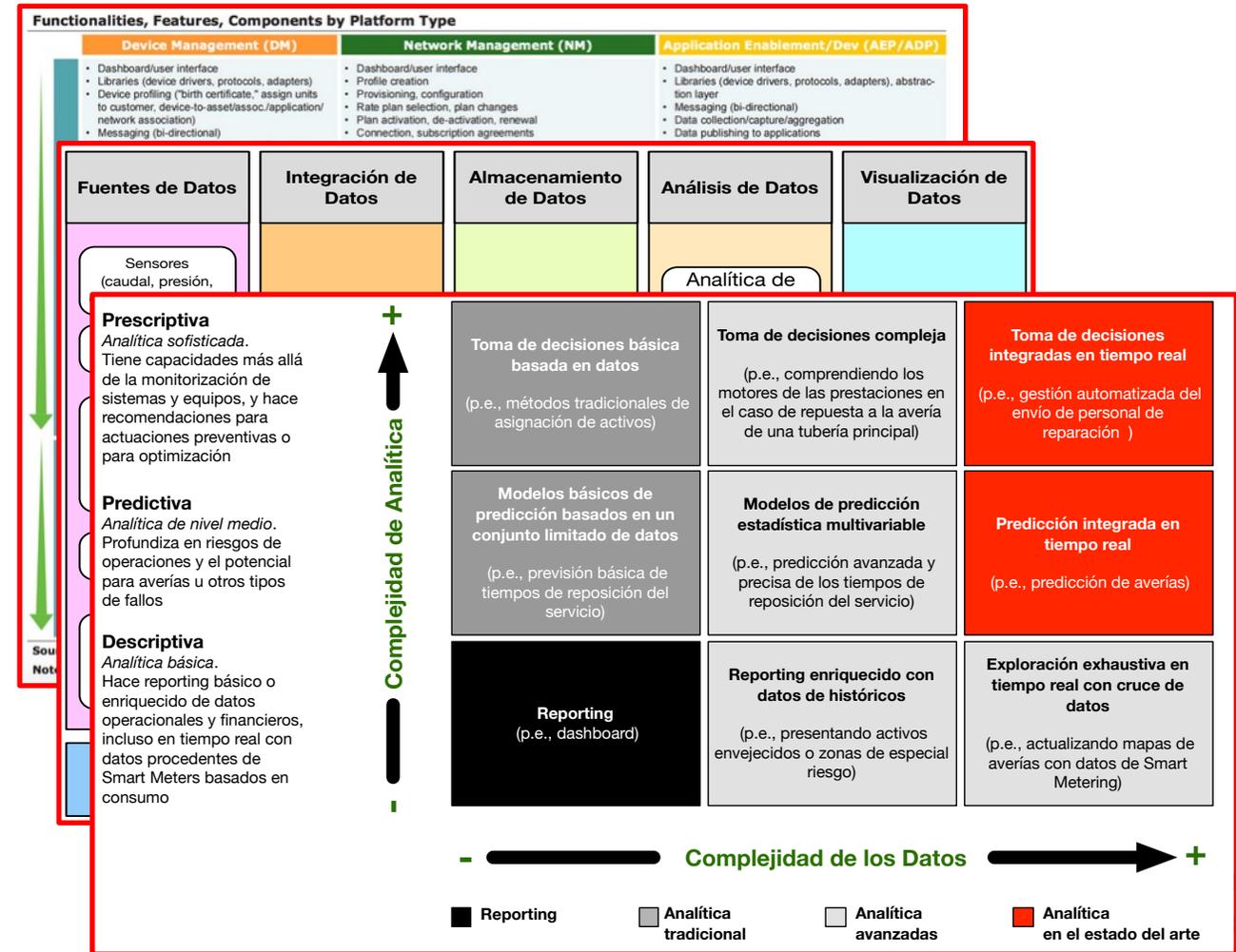
# Infraestructura de Datos

- Captación: Plataforma IoT
- Almacenamiento y Procesamiento Big Data – AMI



# Infraestructura de Datos

- Captación: Plataforma IoT
- Almacenamiento y Procesamiento Big Data – AMI
- Herramientas de Inteligencia Artificial

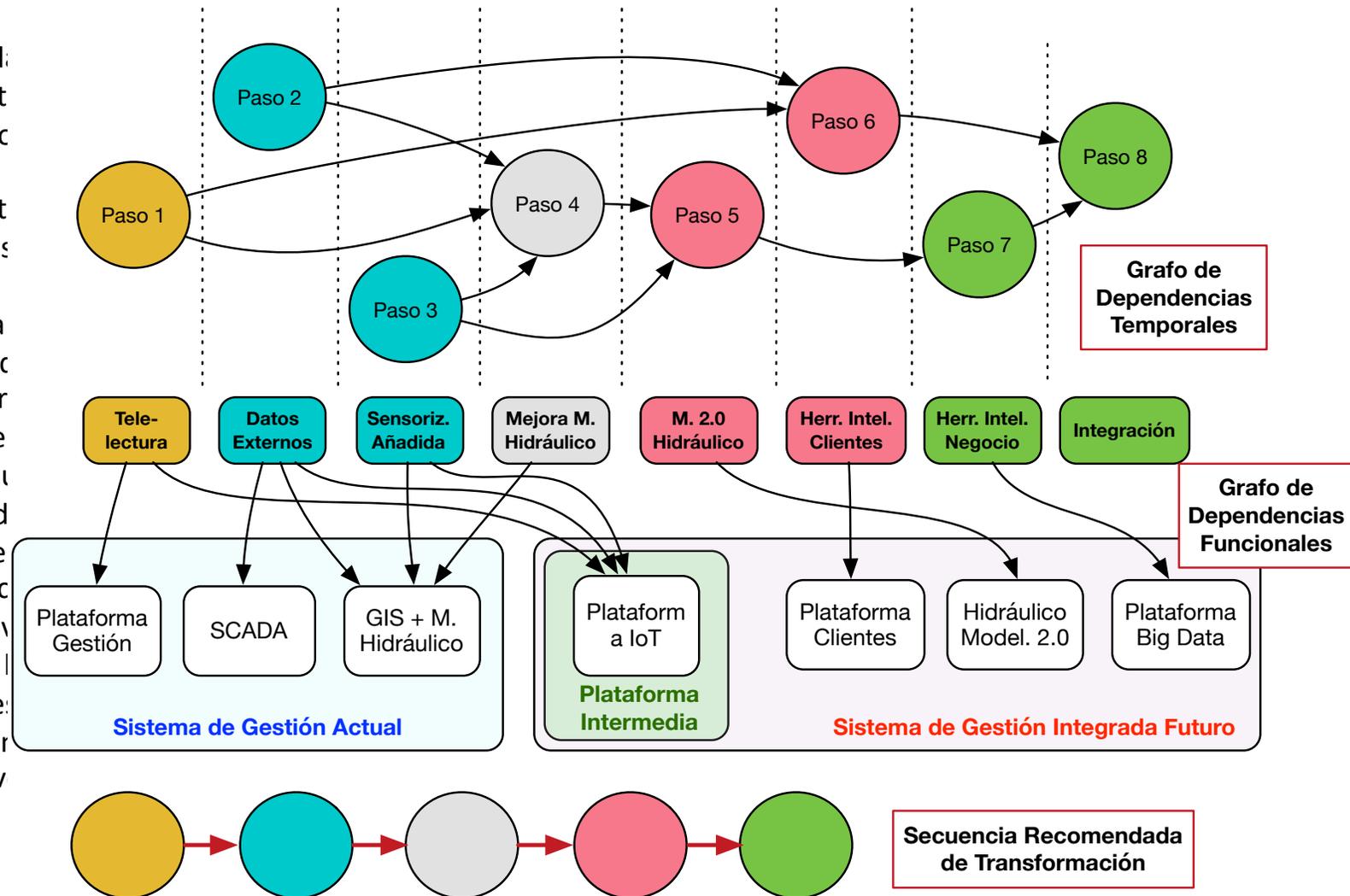


# Pasos y Fases de la Transformación

- Paso 1: Introducción de los datos de tele-lectura de la forma más sencilla posible, y extracción de los datos para su gestión por el modelo actual.
- Paso 2: Introducción de otros datos, procedente de fuentes internas y externas.
- Paso 3: Sensorización suficiente de la red de suministro (medidas de presión caudal en puntos significativos de la red), a partir del conocimiento basado modelo hidráulico existente. Incluye selección, adquisición, despliegue e introducción de los datos en la red de tele-lectura.
- Paso 4: Extensión del modelo hidráulico con los nuevos datos de sensorización. Del modelo hidráulico 1.0 al modelo 2.0.
- Paso 5: Introducción de las herramientas básicas de análisis de la operación basadas en el modelo hidráulico extendido (modelo 2.0): gestión de la operación de red y detección de fugas.
- Paso 6: Introducción de las herramientas inteligentes de gestión del cliente: participación ciudadana, caracterización de consumos, perfilado de cliente, estimación de consumo excesivos o anómalos, etc...
- Paso 7: Introducción de otras herramientas de analítica de datos orientadas a la inteligencia de negocio, gestión de recursos e imagen corporativa
- Paso 8: Integración de las nuevas plataformas y herramientas con las herramientas actuales. El nuevo modelo integrado de gestión e información

# Pasos y Fases de la Transformación

- Paso 1: Introducción de los datos posibles, y extracción de los datos posibles.
- Paso 2: Introducción de otros datos externos.
- Paso 3: Sensorización suficiente para el modelo hidráulico existente.
- Paso 4: Extensión del modelo de sensorización. Del modelo hidráulico existente.
- Paso 5: Introducción de las herramientas basadas en el modelo hidráulico para la operación de red y detección de anomalías.
- Paso 6: Introducción de las herramientas para la participación ciudadana, características de estimación de consumo excesivo.
- Paso 7: Introducción de otras herramientas para la inteligencia de negocio, gestión de recursos.
- Paso 8: Integración de las herramientas actuales. El nuevo sistema de gestión.



# Pliego de Ejemplo: Comunicaciones como servicio

## 1. Contadores con NB-IoT integrado.

### 1. El principal problema asociado:

1. Los contadores tienen una vida útil de 12 años
2. La batería debe durar 12 años
3. La batería depende del ciclo de trabajo y de la cobertura del proveedor de comunicaciones

### 4. El contrato con el proveedor de comunicaciones debe licitarse cada 4 años (LCSP)

### 5. Por tanto, existe la posibilidad de:

1. Se adquiere un contador con tele-lectura
2. Los 4 primeros años el servicio de comunicaciones lo proporciona el **operador 1**
3. Los 4 años siguientes el servicio de comunicaciones lo proporciona el **operador 2**
4. Los últimos 4 años el servicio de comunicaciones lo proporciona el **operador 3**
5. Si, por ejemplo, el año 9, la pila se agota. El fallo en la garantía podría deberse a:

1. El **fabricante del contador**
2. La mala cobertura del **operador 1**
3. La mala cobertura del **operador 2**
4. La mala cobertura del **operador 3**

**NO TENEMOS FORMA DE SABERLO!!!!**

# Pliego de Ejemplo: Comunicaciones como servicio

## 1. Para garantizar que el equipo tiene una duración de 12 años:

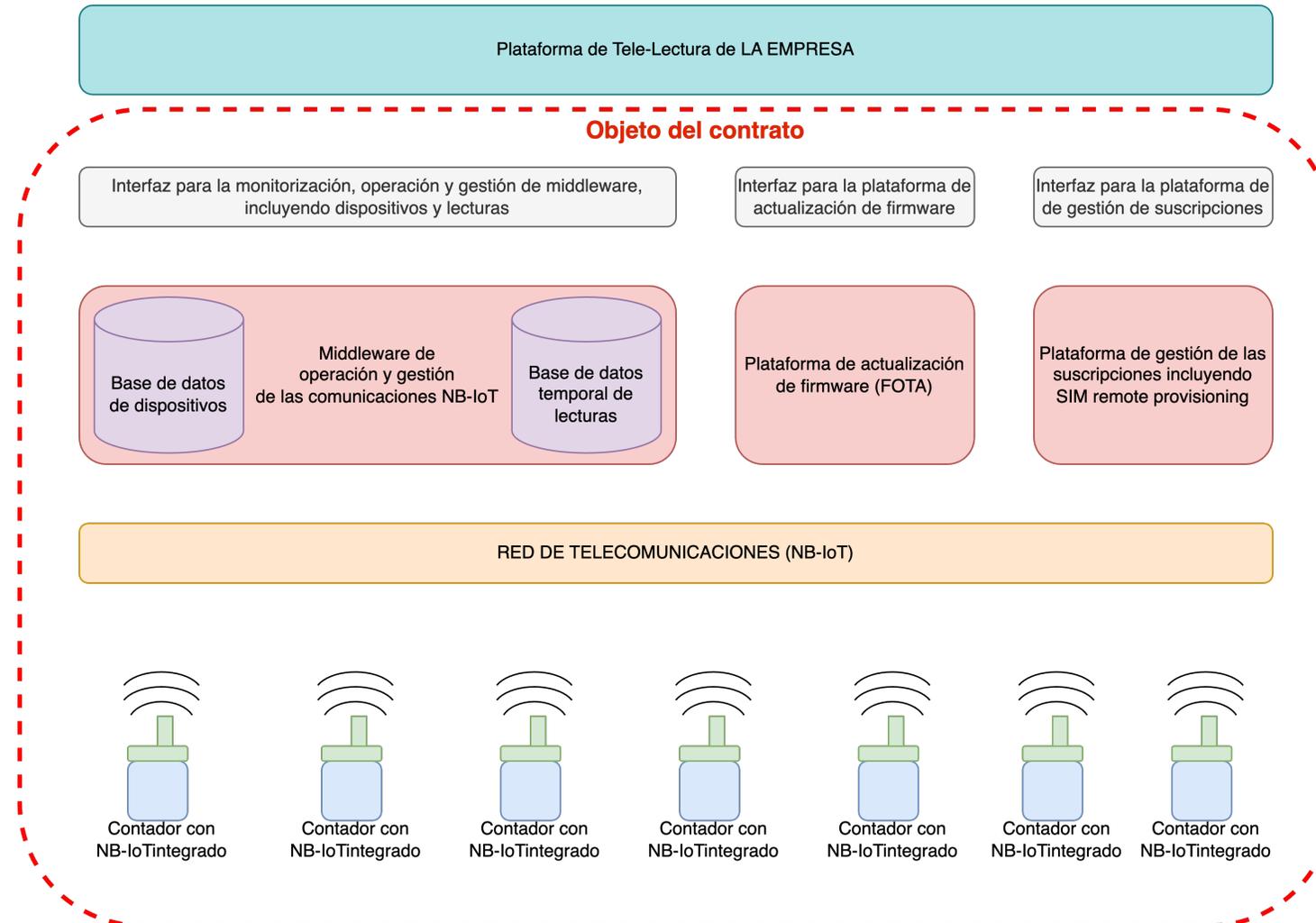
1. “Para dar cumplimiento a dicho objetivo, y atender a las obligaciones inherentes a un contrato del sector público, **se entiende como mejor solución asociar la adquisición de los dispositivos al servicio de comunicaciones**, para efectuar la tele-lectura durante su vida útil. La fusión de estas prestaciones en un solo contrato es posible porque están íntimamente vinculadas entre sí por una relación de complementariedad, de modo que pueden tratarse como una unidad funcional y, además, satisfacen una necesidad propia de la operadora de aguas.”

## 2. Características metrológicas. El pliego no los fija. En función de las especificaciones se incluyen o excluyen:

1. Mecánicos
2. Volumétricos
3. Ultrasónicos
4. Electromagnéticos

# Pliego de Ejemplo: Comunicaciones como servicio

## 1. Arquitectura del sistema:



# Pliego de Ejemplo: Comunicaciones como servicio

## 1. El pliego define

1. Especificaciones para la instalación
2. Especificaciones para la operación (ciclos de trabajo)
3. Especificaciones para el FOTA
4. Especificaciones para la operación de la red
5. Especificaciones para el cambio de operados
6. Estrategia de operación de la middleware.

## 2. El pliego no incluye

1. Instalación de los dispositivos
2. Pruebas a los equipos para puntuar las ofertas
3. Especificaciones de baterías
4. Estrategia de adjudicación

# Conclusiones

- Este estudio ha considerado la implantación de la tele-lectura y la transformación que representa la introducción de los datos de la tele-lectura en los sistemas de una empresa de aguas.
- Se han estudiado las diferentes tecnologías de red fija para tele-lectura, haciendo recomendaciones basadas en el nivel de integración de la tele-lectura.
- Se han propuesto diferentes modelos de operación de la tele-lectura.
- Se han propuesto varias estrategias de implantación haciendo algunas simulaciones, tanto de coste como de alcance temporal.
- Se ha examinado el impacto de la tele-lectura en el conjunto de actividades de la empresa, mostrando que es una necesidad de la transformación digital de la Utility, y que tiene un impacto muy significativo en todas las ramas de su negocio.
- Se han discutido las herramientas más significativas de análisis de los datos de la tele-lectura, basadas principalmente en Aprendizaje Máquina (ML) e Inteligencia Artificial (IA).
- Se ha propuesto una estrategia de transformación, definiendo un conjunto de pasos necesarios para alcanzar el objetivo propuesto a partir de la situación actual de la empresa y una arquitectura de referencia.
- Se han presentado unos pliegos tipo
- **Sin duda el PERTE de Digitalización del Ciclo del Agua es una iniciativa que va a impulsar la implantación de la tele-lectura y de sistemas de análisis de datos e inteligencia artificial asociados.**

**MUCHAS GRACIAS!!**

Antonio Jesús Torralba Silgado y Ramón González Carvajal



**UNIVERSIDAD  
DE SEVILLA**