

Diseño del Sistema Integral de Alumbrado Público de Candelaria

Arquitectura y modelo operativo para instalar, monitorizar, explotar y mantener

Municipio: Villa Mariana de Candelaria (Santa Cruz de Tenerife) · **Fecha:** junio 2026 · **Tipo:** documento de diseño de sistema (*blueprint* / modelo objetivo)

Qué es este documento. No es una lista de requisitos de componentes (eso es el documento de [características mínimas](#)) ni la auditoría del parque actual (eso es el [preliminar](#) y la [metodología](#)). Es el **diseño del sistema completo**: cómo debe concebirse, desplegarse y operarse el alumbrado de Candelaria como una **infraestructura inteligente de servicios**, no como un conjunto de puntos de luz. Cubre el ciclo de vida íntegro bajo cuatro verbos: **INSTALAR · MONITORIZAR · EXPLOTAR · MANTENER**. Sirve como visión técnica de referencia para los pliegos de renovación, de mantenimiento y de servicios energéticos, y como marco de gobernanza del activo.

1. Visión y objetivos del sistema

El cambio de paradigma es pasar de "gestionar farolas" a "operar una red inteligente". El alumbrado es la única infraestructura municipal que está **en todas las calles, con energía y altura** — es el soporte natural de la ciudad inteligente.

Objetivos del sistema (los cuatro verbos):

Verbo	Qué significa	Resultado buscado
INSTALAR	Desplegar un parque LED telegestionado, zonificado y normalizado, con inventario digital nativo	Parque homogéneo, eficiente y documentado al 100 %
MONITORIZAR	Ver en tiempo real estado, consumo, fallos y niveles de servicio de cada punto	Operación basada en datos, no en avisos ciudadanos
EXPLOTAR	Extraer valor: ahorro energético, servicios <i>smart city</i> y datos para decidir	La infraestructura genera retorno y servicios, no solo gasto
MANTENER	Conservar el activo con mantenimiento predictivo y ciclo cerrado con la telegestión	Parque siempre disponible, vida útil maximizada, coste controlado

Indicadores "estrella" (north-star) del sistema objetivo: - **100 %** del parque LED, telegestionado punto a punto y regulado astronómicamente. - **70–80 %** de ahorro energético sobre la línea base auditada. - **≥ 98 %** de disponibilidad del parque; **fallos detectados por el sistema antes que por el ciudadano**. - **Inventario GIS vivo** con cobertura ≥ 99 % y trazabilidad punto → CUPS. - Una **plataforma única** (un solo "panel de control" de toda la ciudad).

2. Arquitectura de referencia (modelo en 5 capas)

El sistema se diseña en cinco capas desacopladas, de modo que cada una pueda evolucionar o cambiar de proveedor sin romper el conjunto (**no cautividad**).

■ CAPA 5 · EXPLOTACIÓN Y SERVICIOS	■
■ Ahorro energético (ESE) · Smart city · Datos abiertos ·	■
■ Servicios al ciudadano · Cuadros de mando municipales	■
■ CAPA 4 · PLATAFORMA (el cerebro)	■
■ CMS telegestión · GIS/inventario · GMAO mantenimiento ·	■
■ Gemelo digital · APIs · Ciberseguridad y gobernanza del dato	■
■ CAPA 3 · COMUNICACIONES	■
■ RF-Mesh / LoRaWAN / NB-IoT · Gateways · Redundancia	■
■ CAPA 2 · CONTROL Y SENSÓRICA (nodo por punto)	■
■ Nodo de telegestión punto a punto · Sensores · Medida	■
■ CAPA 1 · FÍSICA (campo)	■
■ Luminarias LED · Soportes · Cuadros de mando inteligentes	■

Principio de diseño: capas con interfaces abiertas y estándar (TALQ, Zhaga, API REST, formatos GIS abiertos). El Ayuntamiento es dueño del dato y de las llaves en todas las capas.

3. Zonificación del municipio (motor del diseño)

Candelaria no es uniforme: el sistema se diseña por **zonas con estrategias distintas**. Un enfoque único sería ineficiente.

Zona	Carácter	Prioridad de diseño
Casco de Candelaria + Basílica	Denso, turístico, patrimonial	Imagen y confort, luminarias integradas, control fino, baja contaminación lumínica
Las Caletillas / Punta Larga (litoral)	Costero, salino, paseo marítimo	Anticorrosión C5-M , luz cálida ámbar (fauna), regulación por afluencia
Iguste y medianías dispersas	Tramos largos, baja densidad	Máximo ahorro, comunicaciones de largo alcance, regulación profunda nocturna
Polígono industrial	Funcional, tráfico pesado	Niveles de seguridad vial, robustez, telegestión por tramos
Zonas verdes / deportivas / ornamental	Uso programado	Encendido por calendario/uso, escenas de iluminación

Cada zona define su **clase de vía (UNE-EN 13201)**, su perfil de regulación y su tecnología de comunicación óptima.

4. CAPA 1 — Diseño de la capa física

La capa física se **normaliza en un catálogo cerrado de soluciones tipo** (no improvisar modelo calle a calle): reduce repuestos, simplifica mantenimiento y garantiza coherencia.

- **Luminarias:** LED por clase de vía, con las prestaciones del documento de mínimos (≥ 130 lm/W reales, ≤ 3000 K / ámbar en litoral, $FHS \leq 1$ %, IP66, apta C5-M, driver regulable, zócalo para nodo). Catálogo de 4–6 modelos tipo que cubran todo el municipio.
- **Soportes:** columnas/báculos normalizados por zona; **protección anticorrosión reforzada en litoral**; inventario de los reutilizables vs. los que se reponen por riesgo estructural.

- **Cuadros de mando inteligentes:** cabecera con medida eléctrica, telemando, protección REBT (ITC-BT-09) y comunicación con la plataforma. Cada cuadro es un **nodo de red** con su CUPS.
- **Normalización eléctrica:** corrección de factor de potencia, protección contra sobretensiones, esquemas unifilares actualizados.

El diseño físico no busca "lo más barato por punto", sino **el menor coste de ciclo de vida (LCC)** a 15–20 años, decisivo en ambiente marino.

5. CAPA 2 — Control y sensórica (nodo por punto)

El salto cualitativo: **cada luminaria es direccionable individualmente.**

- **Nodo de telegestión punto a punto** en cada luminaria (zócalo NEMA/Zhaga): enciende/apaga, regula el flujo, **mide energía real por punto**, reporta fallo y se geolocaliza.
- **Funciones por nodo:** programación de perfiles horarios, regulación astronómica, alarma de avería (lámpara, driver, comunicación), contador de horas y diagnóstico de degradación.
- **Sensórica embarcada o asociada** (según zona): presencia/tráfico para **regulación adaptativa**, luminosidad, y preparación para sensores *smart city* (Capa 5).
- **Segmentación:** los nodos se agrupan lógicamente por circuito, cuadro y zona, permitiendo políticas de iluminación por ámbito.

6. CAPA 3 — Comunicaciones

Es la capa que **conecta los miles de nodos con el cerebro.** Candelaria, por su topología mixta, requiere una **estrategia híbrida** (no hay una sola tecnología óptima para casco denso y medianías dispersas):

Tecnología	Idónea para	Rol en Candelaria
RF-Mesh (malla radio)	Núcleos densos (casco, Caletillas)	Backbone urbano con gateways por zona
LoRaWAN	Largo alcance, bajo consumo	Medianías dispersas e Igueste
NB-IoT / LTE-M (celular)	Puntos aislados o gateways de respaldo	Cobertura de huecos y redundancia
PLC (por la línea)	Tramos sin buena radio	Opción puntual a nivel de cuadro

Diseño de red: gateways/concentradores dimensionados por zona con **solape de cobertura y redundancia**; comunicaciones **cifradas**; tolerancia a fallo (un gateway caído no apaga la zona — los nodos conservan su última programación). Objetivo: **cobertura del 100 %** de puntos y cuadros, con latencia suficiente para operación y alarmas.

7. CAPA 4 — Plataforma (el cerebro del sistema)

Una **plataforma única e integrada** que unifica cuatro funciones que tradicionalmente van separadas. Aquí está el verdadero valor del sistema.

Módulo	Función	Por qué importa
--------	---------	-----------------

CMS de telegestión	Control y monitorización en tiempo real de nodos y cuadros	El "mando" de la ciudad iluminada
GIS / inventario	Cada activo georreferenciado, con su ficha y su historia	El inventario vivo; base de todo lo demás
GMAO / CMMS	Gestión del mantenimiento: órdenes de trabajo, repuestos, SLA	Cierra el ciclo avería→reparación
Gemelo digital / analítica	Modelo de datos, KPIs, predicción, simulación de escenarios	Decisión basada en datos y mantenimiento predictivo

Requisitos transversales de la plataforma: - **Integración por APIs abiertas** y estándar **TALQ** → interoperabilidad y no cautividad de proveedor. - **Ciberseguridad:** comunicaciones cifradas, gestión de identidades, copias, actualizaciones de seguridad. - **Gobernanza del dato:** datos, cartografía, credenciales y plataforma de consulta **propiedad del Ayuntamiento;** exportación abierta (API/CSV/GeoPackage). - **Multiusuario y por roles:** técnico municipal, mantenedor, dirección, atención al ciudadano. - **Interoperable con la plataforma smart city** del municipio (presente o futura).

8. INSTALAR — Modelo de despliegue

El despliegue se diseña como un **proyecto industrial por fases y zonas**, no como sustituciones sueltas.

- **Secuenciación zonificada:** priorizar por (1) seguridad/riesgo estructural, (2) mayor ahorro por punto, (3) encaje en convocatorias de ayuda, (4) visibilidad ciudadana (casco, paseo).
- **Inventario digital nativo:** cada punto instalado se da de alta **directamente en el GIS** (app de campo con GPS + foto + ficha *as-built*). No hay "inventariar después": **se nace inventariado**. Esto vincula desde el minuto uno punto → nodo → circuito → cuadro → CUPS.
- **Logística:** retirada y gestión **RAEE** certificada de las luminarias antiguas; reutilización de soportes aptos; reposición de los corroídos.
- **Puesta en marcha de comunicaciones** y nodos por zona, con verificación de cobertura.
- **Control de calidad y recepción** (ver §13 de criterios): mediciones luminotécnicas nocturnas en muestra $\geq 15\%$, pruebas eléctricas y funcionales de telegestión, integridad del inventario.
- **Plan de seguridad y salud** (trabajos en altura, vía pública, riesgo eléctrico) y coordinación de afecciones al tráfico.

Quick wins desde el día 1: el análisis de facturación y la corrección de potencias/reactiva generan ahorro **antes incluso de cambiar luminarias**.

9. MONITORIZAR — Centro de control y operación

El sistema se opera desde un **centro de control** (físico o virtual) que da visibilidad total.

Qué se monitoriza en tiempo real / continuo: - **Estado punto a punto:** encendido/apagado, nivel de regulación, fallos. - **Energía:** consumo por punto, circuito, cuadro y CUPS; comparación con lo previsto. - **Eléctrica:** tensiones, intensidades, factor de potencia, alarmas de cuadro. - **Servicio:** niveles lumínicos esperados vs. incidencias; cumplimiento por zona. - **Comunicaciones:** salud de nodos y gateways.

Herramientas de monitorización: - **Cuadros de mando (dashboards)** por rol: operativo (mantenedor), energético (técnico), ejecutivo (dirección). - **Gestión de alarmas y eventos:** el sistema **detecta el fallo y lo geolocaliza** generando aviso/orden de trabajo automática — el ciudadano deja de ser el "sensor de averías". - **Medida y Verificación (M&V)** del ahorro contra la línea base auditada: imprescindible para justificar ayudas IDAE y, en su caso, los pagos de un contrato ESE. - **Informes automáticos** energéticos, de disponibilidad y de emisiones (con mix

canario).

10. EXPLOTAR — Valor más allá de la luz

Aquí el alumbrado deja de ser solo un coste y se convierte en **plataforma de servicios y ahorro**.

a) Ahorro energético como activo. La regulación, el LED y la telegestión generan un ahorro del 70–80 % que **autofinancia** la inversión y puede estructurarse como **contrato de servicios energéticos (ESE/EPC) con garantía de ahorros**.

b) Regulación inteligente adaptativa. Más allá del reloj astronómico: atenuación por **tráfico/presencia real**, por franjas de afluencia en el paseo marítimo, por meteorología o eventos — luz donde y cuando se necesita.

c) Servicios smart city sobre la red de alumbrado (la red ya está desplegada, con energía y conectividad): - **Sensórica ambiental:** calidad del aire, ruido, temperatura. - **Movilidad:** aforo de tráfico y peatonal, ayuda a aparcamiento, apoyo a **recarga de vehículo eléctrico** en báculos. - **Conectividad:** puntos WiFi, *small cells*. - **Seguridad y eventos:** apoyo a videovigilancia/megafonía en zonas turísticas (con garantías legales). - **Servicios al ciudadano:** alumbrado festivo gestionado, escenas para eventos en el casco/Basílica.

d) Datos para decidir. El dato de consumo, uso y movilidad alimenta la **toma de decisiones municipal** y los **datos abiertos**. La infraestructura genera información, no solo luz.

Criterio: abrir estos servicios **sin comprometer la interoperabilidad ni la propiedad del dato**, y siempre con cobertura legal (protección de datos, en su caso videovigilancia).

11. MANTENER — Modelo de operación y mantenimiento

El mantenimiento se rediseña de **reactivo** (esperar la avería/aviso) a **predictivo y de ciclo cerrado** con la telegestión.

Tres niveles integrados: 1. **Preventivo:** planificado por vida útil y zona (limpieza, revisión de cuadros, inspección estructural de soportes — crítica en litoral salino). 2. **Correctivo:** la telegestión **detecta y localiza** el fallo → genera orden de trabajo en la GMAO → reparación con trazabilidad. Sin "rondas a ciegas". 3. **Predictivo:** la analítica anticipa degradación de drivers/luminarias y programa la intervención **antes del fallo**.

Modelo operativo de mantenimiento: - **Contrato integral con SLA** y penalizaciones: tiempos de respuesta por criticidad (seguridad < ordinario), **disponibilidad ≥ 98 %**. - **GMAO** como sistema central: órdenes de trabajo, histórico por activo, gestión de repuestos y garantías. - **Repuestos normalizados** (gracias al catálogo cerrado) y stock comprometido ≥ 10 años; **economía circular** (RAEE, reutilización). - **Mantenimiento de la capa digital:** actualizaciones, ciberseguridad, salud de comunicaciones y plataforma — el sistema "blando" también se mantiene. - **Inventario siempre vivo:** cada intervención actualiza el GIS automáticamente.

12. Modelo organizativo y de contratación

El "cómo se gobierna" es tan importante como la tecnología.

Modelo	Descripción	Cuándo encaja
Municipal directo	El Ayuntamiento opera con medios propios	Si hay capacidad técnica interna suficiente
Servicios energéticos (ESE/EPC)	Una empresa financia, renueva y mantiene; se cobra con el ahorro garantizado	Renovación intensiva con poca inversión inicial; traslada riesgo técnico

Mixto (recomendado)	Renovación + mantenimiento + garantía total + telegestión, con propiedad municipal del dato y la plataforma	Equilibra inversión, riesgo y soberanía del activo
----------------------------	--	--

Gobernanza: un **responsable municipal del contrato/activo**, KPIs de seguimiento, e independencia de proveedor garantizada por los estándares abiertos. El dato y las llaves **nunca se ceden**.

13. Modelo económico y financiación

- **CAPEX:** luminarias, nodos, comunicaciones, cuadros, soportes, plataforma, obra civil, ingeniería, gestión RAEE.
- **OPEX:** baja drásticamente (factura eléctrica –70/80 %, mantenimiento predictivo más barato que el reactivo).
- **Business case:** el **ahorro energético y de mantenimiento autofinancia** la transformación; en Canarias la rentabilidad es **superior** a la peninsular por el mayor coste de generación insular y el mayor CO₂ evitado.
- **Financiación combinable:**
 - **Ayudas IDAE — renovación de alumbrado exterior municipal (FNEE):** préstamos reembolsables **sin interés hasta el 100 %** de la inversión elegible.
 - **Fondos europeos / autonómicos** (Gobierno de Canarias).
 - **Contrato ESE/EPC** con garantía de ahorros.
 - **Ingresos por servicios smart city** (recarga VE, conectividad, etc.) como retorno adicional.
 - **Indicadores:** payback, VAN, TIR y **LCC a 15–20 años**, con sensibilidad al precio de la energía.

14. Hoja de ruta de implantación

Fase	Horizonte	Contenido
0. Cierre de auditoría	Inmediato	Inventario real + línea base (auditoría oficial en curso)
1. Quick wins	0–6 meses	Optimización tarifaria, corrección de potencias/reactiva, plan director
2. Plataforma + piloto	6–12 meses	Despliegue de plataforma (CMS+GIS+GMAO) y zona piloto telegestionada (p. ej. paseo de Las Caletillas)
3. Renovación zonificada	1–3 años	Sustitución LED + nodos por zonas, con inventario nativo
4. Explotación smart	2–4 años	Servicios <i>smart city</i> , regulación adaptativa, datos abiertos
5. Operación madura	Continuo	Mantenimiento predictivo, mejora continua por KPIs

15. KPIs y mejora continua

Cuadro de mando del sistema (gobernanza del dato vivo): - % LED · % telegestionado · % regulado del parque. - Consumo (MWh/año) · coste (€/año) · t CO₂/año vs. línea base. - Disponibilidad del parque (%) y nº de averías / tiempo medio de reparación. - % de fallos detectados por el sistema antes que por el ciudadano. - Ahorro acumulado (M&V) y retorno de los servicios *smart city*. - Cobertura y salud de comunicaciones.

16. Riesgos y mitigación

Riesgo	Mitigación de diseño
Cautividad de proveedor (lock-in)	Estándares abiertos (TALQ/Zhaga/API), propiedad municipal del dato y la plataforma
Corrosión marina acelerada	Materiales C5-M, inox, plan de inspección estructural reforzado en litoral
Obsolescencia tecnológica	Capas desacopladas; nodos/plataforma actualizables; driver sustituible en campo
Ciberseguridad	Cifrado, gestión de identidades, actualizaciones, segmentación de red
Sobrecoste / financiación	Modelo ESE + ayudas IDAE; despliegue por fases autofinanciado
Contaminación lumínica / Ley del Cielo	FHS ≤ 1 %, ≤ 3000 K / ámbar, regulación nocturna profunda
Dato muerto (inventario que envejece)	Inventario nativo y GMAO que lo actualiza en cada intervención

17. Normativa y estándares de referencia

- **RD 1890/2008** (ITC-EA-01 a 07) — eficiencia energética en alumbrado exterior.
- **UNE-EN 13201** — clases y requisitos fotométricos de alumbrado vial.
- **REBT** — **RD 842/2002**, ITC-BT-09 — seguridad eléctrica del alumbrado exterior.
- **RD 243/1992** y normativa de **contaminación lumínica / Ley del Cielo de Canarias**.
- **Orden VIV/561/2010** — accesibilidad de itinerarios peatonales.
- **ISO 9223** — corrosividad atmosférica (C5-M marino).
- **TALQ Consortium / Zhaga** — interoperabilidad de telegestión y luminarias.
- **UNE-EN 16247 / UNE 216501** (auditorías energéticas) · **UNE 197001** (informes).
- **RGPD / LOPDGDD** — tratamiento de datos (servicios *smart city* y videovigilancia).
- **IDAE** — **FNEE** — ayudas a la renovación del alumbrado exterior municipal.

Cierre

Este diseño convierte el alumbrado de Candelaria en un **sistema vivo de cinco capas** que se **instala** documentándose a sí mismo, se **monitoriza** en tiempo real, se **explota** como plataforma de ahorro y servicios, y se **mantiene** de forma predictiva — todo sobre una **plataforma única, abierta y de propiedad municipal**. La tecnología es condición necesaria, pero el factor decisivo es la **gobernanza**: que el Ayuntamiento conserve el dato, las llaves y la interoperabilidad. Con eso, cada euro invertido rinde tres veces — en **eficiencia**, en **servicio al ciudadano** y en

capacidad de decisión — y el sistema sigue siendo suyo, no de un proveedor.