



**XI PREMIO NACIONAL DE INICIACIÓN A LA
INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA
"CONVOCATORIA 2026"**

ILUMINARIUM



COORDINACIÓN: SAMUEL SANTIAGO QUINTANA RIVERO

SOFÍA PÉREZ PÉREZ

HÉCTOR AGUILAR GONZÁLEZ

JAVIER ALEXANDER GARCÍA GONZÁLEZ

FABIO CABRERA RIVERA

AARÓN OSIO IBARRIA

Energías Renovables, Ahorro Energético, Robótica, Urbanismo Inteligente

1º BACHILLERATO



IES PROFESOR
MARTÍN MIRANDA

03/2026



Índice de contenidos.

1. Introducción.....	3
2. Objetivos.....	3
2.1 Objetivos SMART del proyecto.....	3
2.2 Descripción de elementos curriculares.....	4
3. Metodología.....	5
4. Resultados.....	6
4.1 Fundamentación científica.....	6
4.1.1 Cálculo Iluminación.....	6
4.1.2 Cálculos circuitos eléctricos, protecciones y conductos.....	7
4.1.3 Dimensionado de la instalación fotovoltaica.....	8
4.1.4 Conceptos clave del módulo SRRA.....	10
4.2 Fundamentación tecnológica.....	11
4.2.1 Organización de módulos.....	11
4.2.2 Listado de componentes de Hardware de los robots.....	12
4.2.3 Diseño 3D.....	13
4.2.4 Código C + +.....	13
4.3 Fundamentación económica.....	15
4.3.1 Propuesta de valor.....	15
4.3.2 Presupuesto.....	16
4.3.3 Modelo de negocio aplicando metodología CANVA.....	16
4.3.4 Economía circular.....	16
4.3.4.1 Huella de Carbono.....	17
4.4 Validación y Video.....	18
4.4.1 Vídeo.....	18
4.4.2 Estudio de mercado.....	18
5. Conclusión.....	19
5.1 Valoración de la creatividad y calidad técnica.....	19
5.2 Análisis de escalabilidad y replicabilidad del proyecto.....	20
6. Referencias.....	20
6.1 Lista bibliográfica.....	20



1. Introducción.

Luminarium nace como la solución a problemas que tenemos en el día a día en nuestro entorno cercano. Hemos detectado varias necesidades a las que hemos dado respuesta con distintos módulos robóticos basados en arduino, a implementar en luminarias, optimizando y sacando un mayor provecho a las instalaciones de **alumbrado público**, haciéndolas más **eficientes** y sostenibles. El proyecto, actualmente en fase de **prototipado** y **testeo**, evalúa su **viabilidad científica, tecnológica y económica** antes de su implementación real. Se enmarca dentro del desarrollo de ciudades **inteligentes**, integrando tecnología para mejorar la calidad de vida. Además, contribuye a la sostenibilidad al alinearse con los **ODS 7, 11 y 13**, promoviendo energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones.

2. Objetivos.

2.1 Objetivos SMART del proyecto.

Tabla con objetivos SMART detallados.

O	S	M	A	R	T
1	Implementar las luminarias en zonas urbanas .	Una aplicación que simule las farolas.	Contabilizando el número de luminarias operativas mediante un software de gestión y con ayuda del ayuntamiento.	Mejora la seguridad y eficiencia energética de la zona.	02/2026
2	Crear áreas verdes urbanas con plantas que ayuden a purificar el aire.	Reducción medible de CO2 y partículas mediante sensores de calidad del aire .	Buscaríamos voluntarios para hacerlo.	Mejora la salud pública y reduce el efecto isla de calor.	09/2026

O	S	M	A	R	T
3	No contaminar el cielo con la luz emitida por las luces.	Lograr una emisión hacia el hemisferio superior del 0% según fotometría .	Implementando rigurosamente las leyes del cielo teniendo en cuenta distintos modelos de luminarias.	Mejorar observación astronómica.	02/2026
4	Cargar los dispositivos portátiles o VMP.	Con contadores .	Carga baterías en las farolas para móviles y VMP dentro del parque.	Fomenta la movilidad sostenible y energías limpias .	02/2026
5	Difundir los beneficios de nuestro proyecto a clientes y realizar pruebas pilotos .	Alcanzar un mínimo de 500 impresiones y 2 reuniones de seguimiento formal .	Uso de plataformas digitales y exponerlo para darlo a conocer.	Genera alianzas estratégicas y conciencia ciudadana.	09/2026

2.2 Descripción de elementos curriculares.

Tabla de competencias específicas de la asignatura según currículum.

<p><u>Criterios de evaluación y descriptores competencias clave</u></p> <p>C1.1. Investigar y diseñar proyectos con sentido crítico y ético que muestren de forma gráfica la creación y mejora de un producto, seleccionando, referenciando e interpretando información relacionada, para obtener soluciones tecnológicas sostenibles. CCL1, STEM3, CD1, CD5.</p> <p>C2.2. Analiza y selecciona los materiales,</p>	<p>C4.2. Resolver problemas asociados a sistemas e instalaciones eléctricas y electrónicas, desarrollando soluciones innovadoras y sostenibles, aplicando fundamentos de corriente continua y máquinas eléctricas al desarrollo de montajes o simulaciones digitales, utilizando la simbología adecuada para expresar los resultados. STEM1, STEM2.</p> <p>C5.1. Controlar el funcionamiento de</p>
---	--



<p>tradicionales o de nueva generación, adecuados para la fabricación de modelos o prototipos de calidad, basándose en sus características técnicas, y empleando las técnicas de fabricación más adecuadas aplicando criterios técnicos y de sostenibilidad. STEM2, STEM5, CD1, CPSAA4, CC4.</p> <p>C3.1. Resolver las tareas propuestas y presentar los resultados obtenidos, haciendo un uso óptimo de las herramientas digitales adecuadas a cada situación y respetando los derechos de autoría.. STEM1, CD1, CPSAA5, CE3</p>	<p>sistemas tecnológicos y robóticos, utilizando lenguajes de programación y aplicando las posibilidades que ofrecen las tecnologías emergentes para crear soluciones innovadoras y sostenibles. STEM1, STEM2, STEM3, CD2, CD3.</p> <p>C6.1. Evaluar los distintos sistemas de generación de energía eléctrica y mercados energéticos, estudiando sus características, calculando sus magnitudes y valorando su eficiencia y sostenibilidad. STEM2, STEM5, CD2</p>
---	--

3. Metodología.

En este proyecto hemos trabajado mediante la metodología de **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)**, lo que nos ha permitido aprender de forma activa a partir de un reto real. En lugar de limitarnos a estudiar **teoría**, hemos desarrollado una **propuesta propia**, investigando, tomando **decisiones** y aplicando los conocimientos adquiridos en clase a una situación **práctica**. Además, hemos seguido el **método científico** a lo largo del proceso. Partimos de la identificación de un problema, planteamos posibles soluciones en forma de **hipótesis** y realizamos una **investigación** para comprobar su viabilidad. A partir de ahí, analizamos la **información** obtenida y elaboramos una **propuesta final** fundamentada en datos y razonamientos lógicos.

El proyecto también ha potenciado nuestras habilidades de **trabajo cooperativo**. Nos hemos organizado en **grupos de expertos**, lo que ha permitido repartir las tareas de forma **eficiente** y aprovechar las **capacidades individuales** de cada miembro. La comunicación, el respeto de **opiniones** y la toma de decisiones conjunta han sido claves para avanzar. En cuanto a la gestión del equipo, hemos



planificado el trabajo por **fases**, estableciendo **objetivos** y **plazos**. También hemos realizado un **seguimiento** del progreso y hemos adaptado la **organización** cuando ha sido necesario. Esto nos ha ayudado a mantener una **dinámica** de trabajo **ordenada** y efectiva. En conjunto, esta experiencia nos ha permitido desarrollar tanto competencias **académicas** como habilidades **sociales** y **organizativas** fundamentales.

4. Resultados

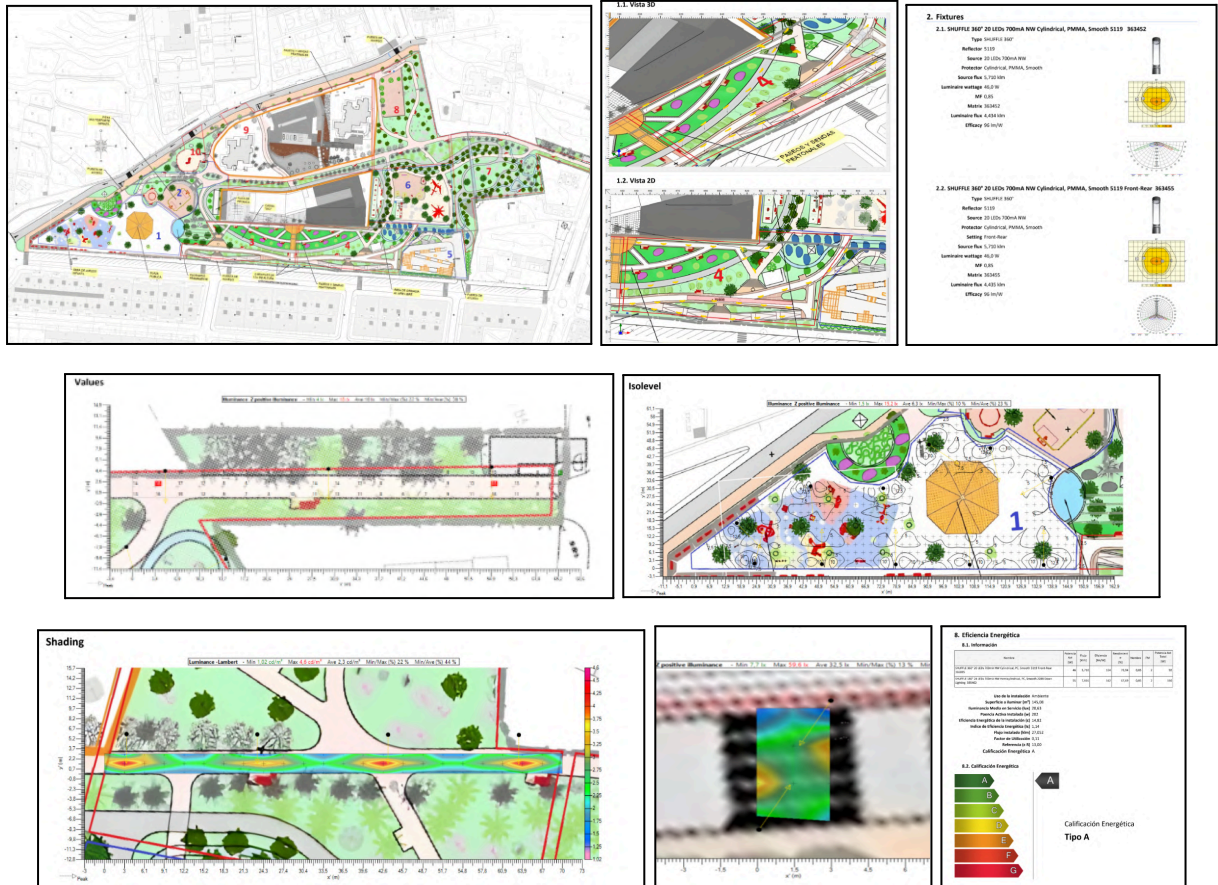
4.1 Fundamentación científica.

4.1.1 Cálculo Iluminación.

Para la realización de la iluminación, antes que nada revisamos detenidamente la **Ley de Protección de Cielo**, en la página web oficial del **IAC** (Instituto de Astrofísica Canario), se indican normas como: **evitar** flujos de **iluminación** a partir de los **65°** (vidrio plano y flujo del hemisferio superior de menos del 0,2%), el **uso** de **colores cálidos** o la adaptación que **minimiza la luz** a solo partes donde se sepa que se vaya a **necesitar** (Flujo de personas p.ej.).

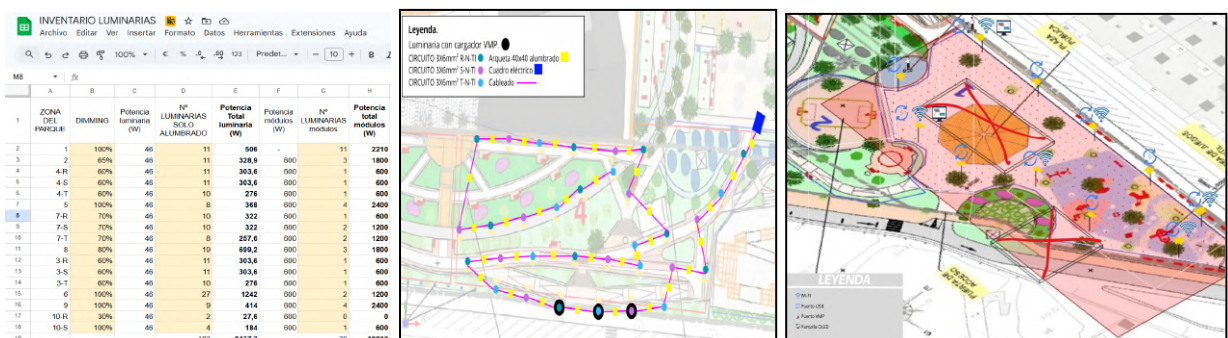
Desde lo explicado antes, necesitamos saber que al estar presente en el Parque de las Mantecas una situación de **plaza urbana** con un criterio urbano normal (Clase **P2** con media de **10%**, máximo **24%** y $\geq 0,2$ Um), aplicamos estos requisitos y desde el programa **Ulysses**, realizamos y colocamos las luminarias, donde podemos apreciar el tipo de farola, zonas con iluminación, mínimo y máximo en luxes, promedio, etc. Ya dentro de la aplicación, primero cargamos el **plano** del parque, al que tuvimos acceso al estar publicado en **Internet**, **lo dividimos en 10 zonas y cada grupo se encargó de calcular las distintas secciones**. En segundo lugar, definimos la malla de cálculo, a la altura del suelo, con los requerimientos de cálculo (**P2**) y puntos de cálculo cada 3 metros. En tercer lugar, escogemos las luminarias en función del **flujo lumínico**, la temperatura de color (**3000°K** zona peatonal zona afectada **Ley de Protección del Cielo**) y la **fotometría**, escogiendo entre simétricas, asimétricas y específicas para pasos de peatones, en función de la zona a iluminar. En cuarto lugar, comprobamos los resultados obtenidos en función de los requerimientos, si no cumplían realizamos los ajustes pertinentes. Por último, el programa nos permite calcular la **certificación energética** de la instalación. A

continuación, se adjuntan ejemplos de los **informes** realizados de los cálculos de las 10 zonas por el Parque de las Mantecas, que incluyen **datos lumínicos y técnicos**:



4.1.2 Cálculos circuitos eléctricos, protecciones y conductos.

Ya terminados los diseños en **Ulyses**, diseñamos los planos de distribución de las luminarias, obteniendo la información necesaria para realizar los **cálculos** de los circuitos eléctricos (inventario), que incluyen caída de tensión (máximo 3% de 230V) y componentes del circuito eléctrico, como protecciones y tubos de los cables: $I = P_{\text{Tramo}} / 230$, Caída de tensión Acumulada $(e) = (2 * 12 * \text{Potencia}_{\text{Tramo}}) / (44 * 6 * 230)$, Calibre de protección Amperios (A) y Diámetro del tubo.





Ejemplo de cálculo de circuito R de fases RST (se hizo una distribución balanceada):

SA: Ingeniería Sostenible - Dimensionado Eléctrico y Solar.

"Cálculos AP" (Alumbrado Público).

Cálculo de sección por caída de tensión. Zona 3 Sección R.						Protecciones y tubo.	
Tramo	Desde/Hasta	Potencia del circuito (W)*	Sección	Caída (e) (V)	Acumulada (V)	Protección	Tubo
1	Cuadro->Lum 1	903,6	6mm ²	0,36	0,36	10A	90mm
2	Lum1->Lum 2	876	6mm ²	0,35	0,70	10A	90mm
3	Lum2->Lum 3	848,4	6mm ²	0,34	1,04	10A	90mm
4	Lum3->Lum 4	820,8	6mm ²	0,32	1,36	10A	90mm
5	Lum4->Lum 5	793,2	6mm ²	0,31	1,68	10A	90mm
6	Lum5->Lum 6	765,6	6mm ²	0,30	1,98	10A	90mm
7	Lum6->Lum 7	738	6mm ²	0,29	2,27	10A	90mm
8	Lum7->Lum 8	138	6mm ²	0,05	2,33	10A	90mm
9	Lum8->Lum 9	110,4	6mm ²	0,04	2,37	10A	90mm
10	Lum9->Lum 10	82,8	6mm ²	0,03	2,40	10A	90mm
11	Lum10->Lum 11	55,2	6mm ²	0,02	2,42**	10A	90mm
*Se resta potencia de cada módulo.				**Cumple e máx (3% de 230V = 6,9V)			

4.1.3 Dimensionado de la instalación fotovoltaica.

A la hora de la instalación de placas fotovoltaicas para cubrir la energía demandada, contemplamos varias ideas. 1: La de implementar una placa por luminaria (Menos energía/placa, menos coste, pero más placas). 2: Una instalación donde se implementan todas las placas para completar la energía a todos los circuitos de las farolas (Más grandes, más coste, pero menos placas). 3: Una planta fotovoltaica similar a la antes mencionada, pero en este caso, con las baterías incluidas directamente en ella (Más coste, pero puede estar desconectada de la red). La decisión final será del cliente.

Para el dimensionado del parque fotovoltaico se calculó: =Suma Pluces, =Suma Pcargadores/módulos, =(P_Luces*H_Luz) + (P_Carga*H_Parque), =Energía / (P_Panel * HSP * 0,85), =(Energía * 3) / (V_Bat * 0,7), =Capacidad_Ah * V_Bat, =((N_Paneles * P_Panel) / V_Bat) * 1,25, =(P_Luces + P_Carga) / 0,8; sección hasta el regulador =((2 * Longitud * ((N_Paneles * Potencia_Panel * 1.25) / Voltaje_Baterías)) / (56 * Voltaje_Baterías * 0.015)).

Sección hasta el inversor $=((2 * Longitud * ((Potencia_Luces + Potencia_Cargadores) * 1.25) / Voltaje_Baterías)) / (56 * Voltaje_Baterías * 0.015))$ se consigue la tabla adjunta, y más abajo, las horas punta (HSP) del parque junto a una imagen de la batería con su respectivas cantidades de módulos:

Cálculos de ingeniería: dimensionado circuitos y componentes del parque FV.

SA: Ingeniería Sostenible - Dimensionado Eléctrico y Solar.

"Cálculos FV" (Fotovoltaica).

Balance energético diario (Ed).

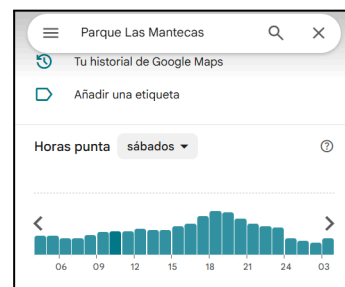
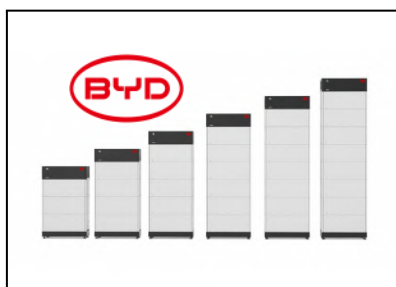
DATOS DE ENTRADA		RESULTADOS	
Potencia Total Luces	6288,2 W	Energía Diaria (Ed)	133676,2 Wh
Potencia Total Cargadores	17210 W	Nº Paneles	55 u
Horas Luz (Noche)	6 h	Capacidad Baterías	477,42 Ah
Horas Parque (Cargadores)	5 h	Energía Baterías (Wh)	190966,00 Wh
Horas de Sol (HSP)	5 h	Intensidad Regulador	98,83 A
Potencia del Panel	575 W	Potencia Inversor	31809,625 W
Voltaje Baterías	400 V		

Dimensionado de Paneles, Baterías (Ah y Wh), Regulador e Inversor.

CANTIDADES		INVENTARIO	
Nº baterías	71 u	Nº Paneles	55 u
Nº módulos	9,00 u	Nº Baterías	71 u
Sección (hasta regulador)	18,72 mm ²	Nº Reguladores	2 u
Sección (hasta inversor)	15,06 mm ²	Nº Inversores	2 u
		Capacidad por batería	2,7 kWh
		Coste total baterías	68.596,11 €

Baterías BYD, cada una de 2,7kWh proponemos el módulo de 8 baterías.

Afluencia al parque de las Mantecas, determinamos el número de horas de uso de los módulos.

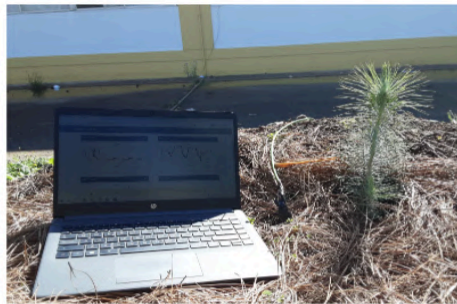


4.1.4 Conceptos clave del módulo SRRA.

El módulo SRRA es un sistema robótico capaz de monitorizar la calidad del aire y mejorar las condiciones ambientales mediante el riego eficiente y mantenimiento de árboles urbanos. El uso del Pino Canario, con una absorción de CO₂ estimada en 427 kg/año, maximiza la eficiencia del proyecto. Para verificar el funcionamiento de este módulo, hemos fabricado tres robots usando como placa controladora el **WemosD1 (ESP8266)**, ya que podemos conectarlo a la **Red vía WiFi** y enviar los datos en tiempo real vía **ThingSpeak**. En Thingspeak se almacenan todas las mediciones realizadas por los sensores de nuestros robots, posteriormente las descargamos en un **archivo CSV**. De este archivo se generan las gráficas que se presentan en este apartado. De los robots, el **robot 1 y 2** (montaje y programación muy similar) se encargan de medir la calidad del aire, la humedad ambiental y la temperatura, uno está colocado en el exterior sin influencia de árboles el otro se sitúa en la cercanías de un Pino Canario maduro. **El robot 3** se encarga de medir la humedad del suelo del pino, cuando recoge valores que indican que está seco y es de noche se encarga de bombear agua con nutrientes para garantizar su supervivencia.



Robot 1 y 2. Recolección de datos ambientales con 1x BME680 montado en un Pino Canario maduro y 1xBME680 en exterior.

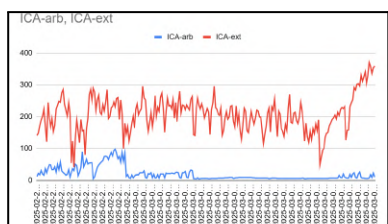
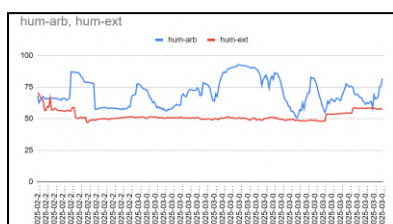
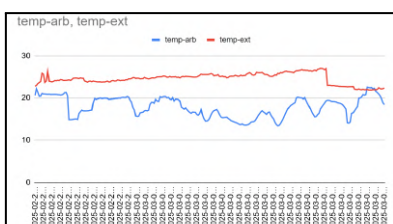


Robot 3. Captación de la humedad del terreno junto a nuestro espécimen de muestra y riego automático.



Robot 3. Con un cable RJ45 cat 6/7 controlamos todo el sistema en exterior desde el interior.

A continuación, **se detallan las gráficas** generadas con los datos de Thingspeak, se observa en azul (sensores en pino canario) menor temperatura, mayor humedad y mejor calidad del aire:



Como aplicación real se ha creado una implantación en zonas de Madrid en las que se podría instalar SRRA, se detallan resumen al no haber espacio suficiente.

Intervenir en la isla de calor

Paso 6. Zona propuestas de actuación
Aquí se puede ver una propuesta de implantación en una zona en la que hemos detectado altas temperaturas y mala calidad del aire.

Hemos colocado nuestro robot a las orillas de las carreteras y en jardines. Evidentemente se pueden colocar nuestros robots en zonas con mucha vegetación, pero al darnos cuenta de que las zonas verdes son las más frescas pretendemos promover más zonas verdes en las zonas urbanas poniendo el mayor número de plantas posibles.

Paso 7. Distribuir depósitos y robots SRRA, incluyendo Maestros y Esclavos (tecnología LORA) en zona de implantación.
Para garantizar el funcionamiento del sistema, se distribuirán estratégicamente los depósitos de agua y los robots SRRA en la zona de implantación.
La comunicación entre los robots se realizará mediante tecnología LoRa, un sistema inalámbrico de bajo consumo y largo alcance. Los dispositivos estarán organizados en dos tipos:

- **Maestros:** Recopilan y envían datos a una plataforma web.
- **Esclavos:** Miden la calidad del aire, la temperatura y la humedad, además de realizar el riego automatizado.

Los depósitos de agua se ubicarán en puntos clave para garantizar el suministro hídrico, permitiendo el mantenimiento de los árboles entre 6 y 12 meses sin intervención manual. Esta distribución optimiza el uso de recursos y asegura el correcto funcionamiento del sistema.

4.2 Fundamentación tecnológica.

4.2.1 Organización de módulos

Se detalla a continuación los módulos que hemos diseñado en base a nuestras necesidades, habiendo obtenido buen feedback de potenciales usuarios en la encuesta realizada.

Tabla de agrupación de módulos base de Iluminarium.

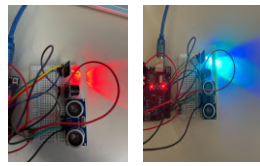
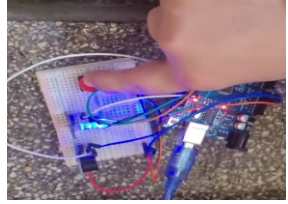
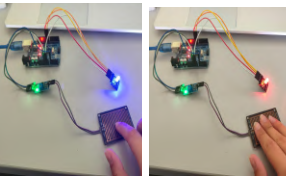
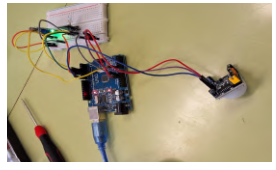
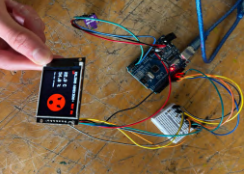
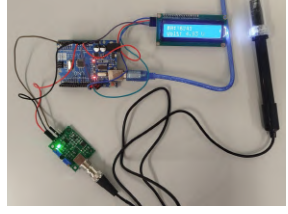
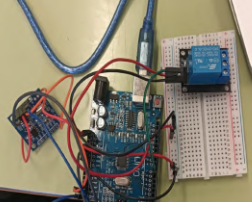
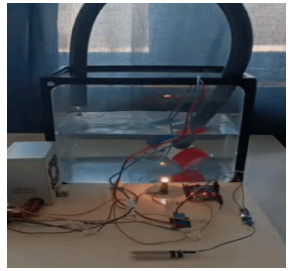
Módulo de placa solar. INA219 (este sensor en la siguiente fase de prototipado).
Módulo disponibilidad de cargadores y generación electricidad, tiempo real INA219
Módulo de carga de patinetes, desconexión programable RTC - RELÉ
Módulo de cargadores de móviles, desconexión programable RTC - RELÉ
Módulo de sistema de control a los puntos de carga de las luminarias RFID
Módulo de sensores de distancia para aparcar correctamente los patinetes.
Módulo de camaras de seguridad (Ponemos el módulo y cliente aporta su CCTV)
Módulo de WIFI público del ayuntamiento, desconexión programable RTC - RELÉ
Módulo de pulsador de emergencia, OLED informa DEA Desfibrilador cercano.
Módulo de ocupación de recintos y canchas online LIDAR
Módulo de disponibilidad de aparcamiento LIDAR

Módulo de calidad de aire y pantalla informativa OLED/TFT (propuesta añadir UV).
Módulo de SRRA (mejora de la calidad del aire con pino canario y riego automático)
Módulo alumbrado inteligente sensor movimiento PIR y sensor luz LDR

4.2.2 Listado de componentes de Hardware de los robots.

Hemos decidido utilizar la plataforma Arduino ya que es Open Hardware (disponibilidad de stock de componentes y precios competitivos) y Open Software (podemos descargar el código gratuitamente en cualquier localización. Por otro lado, nos hemos elegido programar en C++ ya que tiene varias ventajas sobre Bloques como: mayor control sobre el hardware y los recursos del sistema, es más eficiente y adecuado para aplicaciones de alto rendimiento, ideal para proyectos grandes y complejos gracias a sus características avanzadas, tiene acceso a una gran variedad de bibliotecas y herramientas profesionales.

Tabla con módulos base trabajados para Iluminarium:

Nombre	Foto	Nombre	Foto
Módulo de sensores de distancia para aparcamiento correctamente los patinetes.		Módulo de pulsador de emergencia, pantalla informa DEA cercano.	
Módulo con pulsador táctil, para accionar distintas funciones en pantalla.		Módulo de PIR más LDR(I)	
Módulo de calidad de aire(bme680) y pantalla oled tft spi		Módulo monitoreo de la calidad del suelo, midiendo el pH (compatible SRRA).	
Módulo de reloj RTC y Relé para desconectar cargadores y Wifi cuando el parque está cerrado		Módulo control riego automático de SRRA. Sensores humedad del terreno y detección día/noche y bomba de riego accionada con relé.	

Nombre	Foto	Nombre	Foto
Módulo de disponibilidad de aparcamiento y ocupación de las canchas LIDAR		Sensor LIDIAR de robot aspirador Conga 4090. COnectamos TX al RX de arduino, mapeamos puntos pudiendo determinar número usuarios o aparcamiento disponible.	

4.2.3 Diseño 3D.

El modelo 3D de la carcasa se hizo Tinkercad, incluyendo un sistema de acople que permite orientar los módulos en la dirección requerida, con un sistema de **apertura/cierre plug & play** de un cuarto de giro que incluye punto fijación. Entre los módulos se ha previsto **huecos** para poder pasar el cableado de uno a otro. Todo ello garantizan la **estanqueidad y resistencia estructural de la carcasa** completa. Una vez finalizado el diseño, se exportó en formato STL y posteriormente importado al software de laminado Orca Slicer, con el fin de preparar el archivo para su futura impresión en 3D. Tras procesarlo se exporta nuevamente a un archivo en formato G-code, el cual permite a la impresora 3D interpretar y ejecutar la impresión del modelo. Finalmente, se imprimió usando PLA biodegradable en modelos Ender Creativity V3 KE y Bambu Lab A1.

Tinkercad	Orca Slicer	Impresoras Ender y Bambu Lab A1
<p>Detalle sistema apertura y cierre.</p>		

4.2.4 Código C + +.

Al no disponer de espacio suficiente para concluir todos los códigos desarrollados y no poder añadir anexos, se describe a continuación el código desarrollado para uno de los módulos:

Tabla con código ejemplo de módulo "Calidad de aire y pantalla oled tft spi".



<pre>#include <Wire.h> #include <Adafruit_Sensor.h> #include <Adafruit_BME680.h> #include <Adafruit_GFX.h> #include <Adafruit_ST7789.h> // Configuración de // pines (Ajusta según tu // placa si es necesario) #define TFT_CS 10 #define TFT_DC 9 #define TFT_RST 8 Adafruit_ST7789 tft = Adafruit_ST7789(TFT_C S, TFT_DC, TFT_RST); Adafruit_BME680 bme; // Variables de referencia // para calidad de aire (IAQ // simplificado) float hum_referencia = 40.0; float gas_referencia = 250000.0; void setup() { tft.init(240, 320); // Resolución estándar tft.setRotation(1); // Modo horizontal tft.invertDisplay(true); tft.fillScreen(ST77XX_BL ACK); if (!bme.begin(0x77)) { tft.setCursor(10, 10); tft.setTextColor(ST77XX _RED); tft.setTextSize(2); tft.print("Error BME680"); while (1); }</pre>	<pre>// 1. Limpiar el área de la // cara antes de dibujar tft.fillRect(x, y, 122, 122, ST77XX_BLACK); // 2. Cabeza (Círculo // base) tft.fillCircle(x + 60, y + 60, 60, color); // 3. Ojos (Negros y // grandes) tft.fillCircle(x + 35, y + 45, 9, ST77XX_BLACK); tft.fillCircle(x + 85, y + 45, 9, ST77XX_BLACK); // 4. Expresión según // calidad if (tipo == 0) { // EXCELENTE - Sonrisa amplia tft.fillCircle(x + 60, y + 75, 25, ST77XX_BLACK); tft.fillCircle(x + 60, y + 70, 25, color); } else if (tipo == 1) { // REGULAR - Línea seria tft.fillRect(x + 35, y + 85, 50, 8, ST77XX_BLACK); } else if (tipo == 2) { // MALA - Boca triste tft.fillCircle(x + 60, y + 105, 22, ST77XX_BLACK); tft.fillCircle(x + 60, y + 112, 22, color); } else { // MUY MALA - Enfadado con cejas tft.fillCircle(x + 60, y + 95, 15, ST77XX_BLACK); // Boca pequeña "O" // Cejas inclinadas tft.fillTriangle(x+20, y+20, x+50, y+35, x+25, y+40, ST77XX_BLACK);</pre>	<pre>String msg; int cara; // Lógica de estados if (air_quality > 85) { color = ST77XX_GREEN; msg = "EXCELENTE"; cara = 0; } else if (air_quality > 65) { color = ST77XX_YELLOW; msg = "REGULAR"; cara = 1; } else if (air_quality > 40) { color = ST77XX_ORANGE; msg = "MALA"; cara = 2; } else { color = ST77XX_RED; msg = "MUY MALA"; cara = 3; } // --- DIBUJAR // INTERFAZ --- // Título y Estado tft.fillRect(0, 0, 320, 50, ST77XX_BLACK); // Limpia cabecera tft.setCursor(10, 10); tft.setTextColor(ST77XX _WHITE); tft.setTextSize(2); tft.print("CALIDAD AIRE(ICA: "); tft.setTextColor(color); tft.println(msg); // Dibujar Cara Gigante // a la derecha drawLargeFace(170, 70, color, cara); // Datos numéricos a la // izquierda tft.fillRect(0, 70, 160, 100, ST77XX_BLACK); // Limpia área de datos</pre>
---	---	--

<pre> // Configuración del sensor bme.setTemperatureOve rsampling(BME680_OS_ 8X); bme.setHumidityOversa mpling(BME680_OS_2X) ; bme.setGasHeater(320, 150); } // Función para dibujar caritas GRANDES (120x120px) void drawLargeFace(int x, int y, uint16_t color, int tipo) { </pre>	<pre> tft.fillTriangle(x+100, y+20, x+70, y+35, x+95, y+40, ST77XX_BLACK); } } void loop() { if (!bme.performReading()) return; // Cálculo de IAQ simplificado (0-100) float hum_score = (100.0 - abs(bme.humidity - hum_referencia)) * 0.25; float gas_score = (bme.gas_resistance / gas_referencia) * 75.0; if (gas_score > 75) gas_score = 75; float air_quality = hum_score + gas_score; uint16_t color; </pre>	<pre> tft.setTextColor(ST77XX _WHITE); tft.setTextSize(3); // Números grandes tft.setCursor(10, 75); tft.print(bme.temperatur e, 1); tft.println(" C"); tft.setCursor(10, 115); tft.print(bme.humidity, 1); tft.println(" %"); // Resistencia de Gas (pequeño abajo) tft.setTextSize(1); tft.setCursor(10, 160); tft.print("Res. Gas: "); tft.print(bme.gas_resista nce/1000, 1); tft.print(" Kohms"); delay(3000); // Actualiza cada 20 segundos } </pre>
<p>Leyenda: Azul: Librerías y configuración inicial; Verde: Configuración de inicio Morado: Función de dibujo de caras; Naranja: Lectura y cálculos de calidad del aire Rojo: Lógica de estados y colores; Marrón: Dibujo de la interfaz final</p>		

4.3 Fundamentación económica.

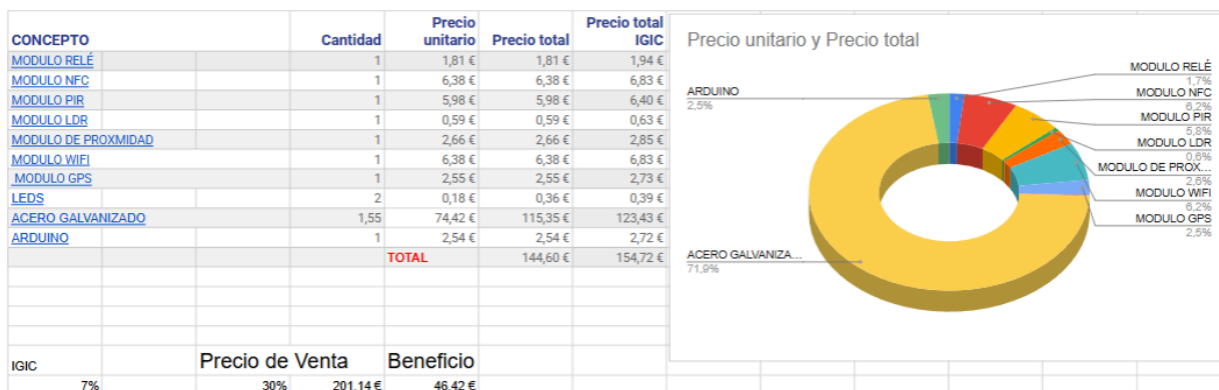
4.3.1 Propuesta de valor.

Nuestra propuesta de valor consiste en convertir el alumbrado público en una **infraestructura inteligente** y multifuncional mediante un sistema de módulos adaptables. Esto permite aprovechar instalaciones ya existentes para ofrecer servicios como **energía renovable**, carga, seguridad y **sostenibilidad**.

Se trata de una solución **flexible y escalable** que mejora la eficiencia urbana y la calidad de vida, optimizando recursos sin necesidad de grandes inversiones.

4.3.2 Presupuesto.

Se detalla un presupuesto tipo para módulos de la luminaria, con la opción de personalizar los componentes según las necesidades del cliente, contando con nuestra asesoría especializada. El presupuesto incluye los costes de producción, impuestos, y un margen de beneficio que garantiza la sostenibilidad de la empresa. Gráfico y tabla hoja de cálculo con presupuesto tipo.



4.3.3 Modelo de negocio aplicando metodología CANVA.



4.3.4 Economía circular.

El proyecto **Iluminarium** se basa en principios de **sostenibilidad** y **eficiencia**, aplicados al ámbito del alumbrado público inteligente. A través del diseño de módulos **adaptables**, se busca optimizar el uso de recursos, reducir el **impacto** ambiental y mejorar el **aprovechamiento** de las infraestructuras existentes. En la siguiente tabla se resumen las principales **estrategias del proyecto** en relación con la reducción de



residuos, la reutilización de recursos, el ciclo cerrado y la eficiencia energética, mostrando su contribución a un modelo urbano más sostenible.

Resumen de estrategias de proyecto.

Aspecto	Detalles
Reducción de Residuos	<ul style="list-style-type: none"> - Los módulos inteligentes pueden fabricarse con materiales reciclados o reutilizables. - Diseño modular que permite sustituir sólo componentes específicos sin reemplazar toda la farola. - Uso de tecnologías eficientes que reducen el desperdicio energético en el alumbrado público.
Reutilización de Recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechamiento de infraestructuras urbanas existentes (farolas tradicionales) para integrar los nuevos módulos. - Uso de energías renovables, como paneles solares, para alimentar el sistema. - Sensores inteligentes que regulan la intensidad de la luz.
Ciclo Cerrado	<ul style="list-style-type: none"> - Los componentes del sistema pueden desmontarse y reciclarse para fabricar nuevos módulos. - Actualización tecnológica sin necesidad de desechar el sistema completo. - Integración de materiales reutilizables en el ciclo de vida del producto.
Eficiencia y Sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Optimización del consumo energético mediante iluminación adaptativa e inteligente. - Reducción de emisiones gracias al uso de energías limpias. - Monitoreo constante del sistema para detectar fallos y mejorar el rendimiento. - Contribución al desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles.

4.3.4.1 Huella de Carbono.

La huella de carbono es la cantidad de **gases de efecto invernadero**, especialmente dióxido de carbono (**CO₂**), que se generan por nuestras actividades diarias. Reducir esta huella es fundamental para combatir el **cambio climático** y proteger el **medio ambiente**.

Huella de carbono gráfica.



4.4 Validación y Video.

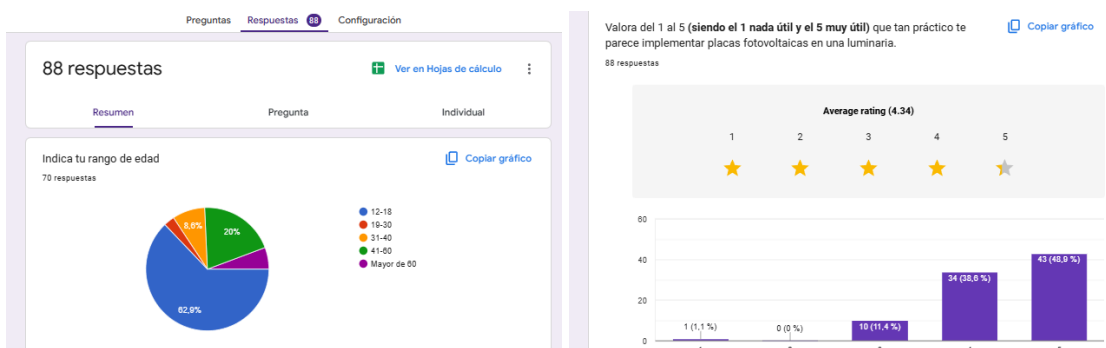
4.4.1 Vídeo.

Vídeo publicado en el canal de YouTube del centro: <https://youtu.be/kxAUyfBt4Jw>

4.4.2 Estudio de mercado.

Para saber qué **importancia** tiene cada módulo para la población, hemos creado un **formulario** en el que se puede ver la valoración en las **utilidades** del proyecto. De un total de **86** encuestados, un **61.8%** tiene entre **12 y 18** años, mientras que tan sólo un **5.9%** es mayor de **60**. Acaparamos un gran rango de edad en el que se obtienen diversos resultados según el **público objetivo** que se encuesta.

Visualización de Google Form:



La población de **12-18** años vota mayoritariamente hacia una luminaria con **cargadores** de patinetes, móviles, y **WiFi** gratuito. La población entre los **19 y 40** años gira en torno a opciones como **placas** fotovoltaicas o un aumento de la

seguridad, y las poblaciones de **41-60** años y en adelante apuestan por **cámaras** de seguridad, botones de **emergencia** y la sostenibilidad con **placas** solares. En general los votos resultan en:

Tabla resumen de resultados de la encuesta realizada:

Pregunta / Puntuación	1	2	3	4	5
Placas fv	1.2%	0%	10.5%	39.5%	48.8%
Cargador patinete	4.7%	12.8%	32.6%	17.4%	32.6%
Disponibilidad cargadores	2.3%	3.5%	11.6%	29.1%	53.5%
Control de acceso a cargas	1.2%	5.8%	23.3%	26.7%	43%
Sensores de distancia	4.7%	15.1%	31.4%	22.1%	26.7%
Cargador de móviles	3.5%	7%	23.3%	20.9%	45.3%
Cámaras de seguridad	2.3%	5.8%	22.1%	25.6%	44.2%
Pulsador de emergencia	2.3%	2.3%	10.5%	26.7%	58.1%
WiFi gratuito	2.3%	7%	17.4%	25.6%	47.7%
Ocupación de recinto online	4.7%	7%	19.8%	17.4%	51.2%
Calidad del aire	2.3%	4.7%	19.8%	25.6%	47.7%
Luces dinámicas	3.5%	0%	14%	20.9%	61.6%
Riego automático	1.2%	4.7%	18.6%	29.1%	46.5%
Disponibilidad de aparcamiento	1.2%	2.3%	14%	17.4%	65.1%

5. Conclusión.

5.1 Valoración de la creatividad y calidad técnica.

Iluminarium destaca por su **creatividad** al transformar el alumbrado público en un sistema **multifuncional** mediante módulos **adaptables**. Su enfoque modular



permite personalizar soluciones según cada entorno. A nivel técnico, combina tecnologías actuales como **energía fotovoltaica**, **sensores** y **conectividad**, con una estructura bien organizada que facilita su **puesta en marcha** y **mantenimiento (plug & play)**. La fase de prototipado refuerza su **viabilidad** y mejora **continua**.

5.2 Análisis de escalabilidad y replicabilidad del proyecto.

El proyecto es **altamente escalable** gracias a su **diseño modular**, permitiendo una implementación **progresiva** según **necesidades** y recursos. Además, es fácilmente **replicable** en distintos entornos, ya que aprovecha **infraestructuras existentes**. Su flexibilidad también permite incorporar futuras **mejoras tecnológicas**, asegurando su **adaptación a largo plazo**.

6. Referencias.

6.1 Lista bibliográfica.

Hemos obtenido información de **expertos** como pueden ser nuestros profesores (Ingenieros Eléctricos, Físicos, Químicos, Matemáticas, Dibujo Técnico) que cumplen el perfil STEAM para la **parte técnica y científica**. Otras fuentes usadas fueron:

Instituto de Astrofísica de Canarias. (s.f.). *Protección del cielo*. Recuperado de <https://www.iac.es/es/observatorios-de-canarias/proteccion-del-cielo>

La Provincia. (2026, 10 de marzo). *Las Palmas de Gran Canaria invierte en tecnología*. Recuperado de <https://www.laprovincia.es/las-palmas/2026/03/10/palmas-gran-canaria-invierte-tecnologia-127798761.html>

Schröder. (s.f.). *Productos de iluminación*. Recuperado de <https://sp.schreder.com/es/productos>

Serveo. (s.f.). *Los beneficios de una iluminación pública eficiente y sostenible*. Recuperado de

<https://serveo.com/los-beneficios-de-una-iluminacion-publica-eficiente-y-sostenible>

Tillaart, R. (s.f.). *PIR: PIR library for Arduino*. Recuperado de <https://github.com/RobTillaart/PIR>