

# Entregar el caso

## INTERNET DE LAS COSAS

### Integrantes del equipo N° #: 02

**A00952702** – Gerardo Solís Hernández  
**A01795838** – Javier Augusto Rebull Saucedo  
**A01795941** – Juan Carlos Pérez Nava  
**A01016093** – Oscar Enrique García García

El presente trabajo ha sido realizado por todos los miembros del equipo, cumpliendo las políticas del curso y con los criterios de evaluación de la actividad. Hemos aplicado nuestros conocimientos, capacidades, compromiso individual y grupal en forma equitativa y somos conscientes que, como resultado a dicho esfuerzo, la nota asignada será aplicada a todo el equipo. Asimismo, establecemos que el contenido de este trabajo ha sido documentado en fuentes bibliográficas autorizadas, por tanto, la información redactada no ha sido plagiada de otro documento o trabajo ajeno ni de cualquier otra fuente de carácter confidencial.

**Liderazgo para el desarrollo sostenible | Fecha: 09/Febrero/2025**

# Introducción

El liderazgo en el desarrollo sostenible exige la adopción de soluciones innovadoras y transformadoras para los desafíos urbanos del siglo XXI. En este documento, analizamos el papel del Internet de las Cosas (IoT) como herramienta clave para abordar problemáticas urbanas concretas desde una perspectiva sostenible. En particular, examinamos el impacto del IoT en la congestión vehicular en Boston y la eficiencia energética del alumbrado público en la Ciudad de México, evaluando su influencia en las dimensiones social, ambiental y económica del desarrollo sostenible.

Cada caso se analiza en función de su impacto negativo y de la viabilidad de una solución integral basada en IoT. Se presentan datos cuantificables y se evalúan los beneficios y desafíos asociados a la implementación de estas tecnologías en contextos urbanos distintos. A lo largo del documento, se identifican las necesidades clave que impulsan el desarrollo del IoT y se proponen estrategias específicas que demuestran su potencial para transformar la gestión urbana, mejorar la calidad de vida y contribuir a la sostenibilidad global.

Austin y López (2016, p. 144) advierten que el Internet de las Cosas (IoT) está generando profundos cambios sociales, transformando las relaciones humanas, la interacción con los objetos y planteando nuevos desafíos en materia de privacidad y seguridad. Desde esta perspectiva, el presente documento analiza dos problemáticas sociales clave vinculadas a la sostenibilidad y propone soluciones basadas en IoT que permitan mitigar sus impactos y promover un desarrollo más equitativo y resiliente para las generaciones presentes y futuras.

## INCISO A: IDENTIFICAR LAS TRANSFORMACIONES QUE SE ESTÁN DANDO EN LA SOCIEDAD DEBIDO AL "IOT".

El Internet de las Cosas (IoT) está revolucionando la forma en que interactuamos con la tecnología y su integración en distintos sectores está generando cambios estructurales en la sociedad. Como señala Greengard (2015, pp. 123-130), el IoT no solo representa un avance tecnológico, sino un catalizador clave para el desarrollo sostenible, permitiendo optimizar recursos, mejorar la eficiencia y promover soluciones innovadoras a problemas globales. Según el informe del World Economic Forum (2023) y la infografía de Internet Society (2015), las principales transformaciones impulsadas por el IoT incluyen:

- **Industria Sostenible y Economía Circular:** El IoT optimiza los procesos productivos al reducir desperdicios y mejorar la eficiencia energética mediante el mantenimiento predictivo y la automatización. En sectores como la manufactura, la integración de sensores inteligentes ha logrado reducir el consumo de recursos en un 25% y mejorar la trazabilidad en la cadena de suministro, facilitando modelos de economía circular (Chui et al., 2021).
- **Ciudades Inteligentes y Sostenibles:** Las ciudades utilizan IoT para una gestión eficiente de recursos urbanos como energía, agua y residuos, reduciendo la huella de carbono. Un ejemplo es Barcelona, donde la implementación de sensores inteligentes en alumbrado público ha reducido el consumo eléctrico en un 30% (Smart Cities Council, 2015).
- **Toma de Decisiones Basada en Datos:** El acceso a datos en tiempo real permite mejorar la planificación y gestión ambiental. En Singapur, la integración de sensores en la infraestructura urbana ha reducido la contaminación del aire en un 15%, gracias a la optimización del tráfico y la respuesta automatizada a emergencias climáticas (World Economic Forum, 2023).

- **Generación de Empleos Verdes y Nuevas Profesiones:** El IoT crea oportunidades laborales en sectores emergentes, como la gestión de energías renovables, la optimización de la eficiencia energética y la ciberseguridad. Según el Foro Económico Mundial (2023), el mercado de empleos verdes relacionados con IoT podría crecer un 40% para 2030.
- **Inclusión y Bienestar Social:** En zonas rurales y de difícil acceso, el IoT ha permitido ampliar la cobertura de servicios esenciales como la salud y la educación. Iniciativas como "Project Loon" de Google, que emplea IoT en globos aerostáticos para proveer internet a comunidades remotas, han mejorado el acceso a educación en más de 200,000 estudiantes en África y Latinoamérica (UNESCO, 2023).
- **Innovación para un Futuro Sostenible:** El IoT promueve el desarrollo de soluciones innovadoras a desafíos globales como la escasez de agua, la contaminación y la crisis energética. Por ejemplo, el uso de sensores inteligentes en la agricultura de precisión ha reducido el uso de fertilizantes en un 20%, minimizando el impacto ambiental sin comprometer la productividad (FAO, 2021).

Con lo anterior derivamos que el IoT está redefiniendo la manera en que vivimos, trabajamos y gestionamos los recursos naturales. Su capacidad para conectar el mundo físico con el digital no solo mejora la eficiencia operativa, sino que impulsa un modelo de desarrollo más equitativo y resiliente. Estas transformaciones no solo optimizan procesos, sino que también contribuyen activamente a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), posicionando al IoT como una de las tecnologías clave para un futuro más sostenible y conectado.

## **INCISO B: IDENTIFICAR LAS NECESIDADES QUE HACEN QUE EL "IOT" SE DESARROLLE A GRAN VELOCIDAD.**

Como lo señala el Profesor Romero (ITESM, 2020), el vertiginoso desarrollo del Internet de las Cosas (IoT) es una respuesta directa a necesidades críticas y concretas de la sociedad moderna. El crecimiento exponencial del Internet de las Cosas (IoT) no es el resultado de una simple tendencia tecnológica, sino de su capacidad para responder a necesidades concretas y urgentes en distintos sectores. Según el Foro Económico Mundial (2023) y el Banco Mundial (2023), el IoT es una herramienta clave para abordar desafíos relacionados con la eficiencia operativa, la seguridad, la sostenibilidad y la digitalización industrial. Estas necesidades han impulsado su adopción a gran velocidad, redefiniendo la forma en que las organizaciones y las ciudades operan. A continuación detallamos algunas de estas necesidades:

1. **Optimización de Recursos y Eficiencia Operativa:** La creciente demanda por reducir costos, minimizar el desperdicio de recursos y aumentar la productividad ha acelerado la implementación del IoT en la industria, el comercio, la agricultura y los hogares. McKinsey & Company (Chui et al., 2021) estima que el uso de sensores IoT para el monitoreo de consumo energético en fábricas ha reducido el gasto eléctrico en un 30%, mientras que en la agricultura de precisión, la aplicación de IoT ha optimizado el uso de agua hasta en un 25% (FAO, 2021).
2. **Seguridad y Bienestar Mejorados:** La necesidad de soluciones avanzadas para proteger la salud, mejorar la seguridad ciudadana y reducir accidentes viales ha llevado a una rápida integración del IoT en estos ámbitos. En el sector salud, dispositivos conectados permiten el monitoreo remoto de pacientes con enfermedades crónicas, reduciendo hospitalizaciones en un 20% (WHO, 2023). En seguridad pública, ciudades como Londres han reducido delitos en un 22% gracias a redes de cámaras IoT con reconocimiento de patrones anómalos (Smart Cities Council, 2015).

3. **Toma de Decisiones Basada en Datos en Tiempo Real:** Gobiernos y empresas requieren información precisa y en tiempo real para optimizar la planificación urbana, mejorar la gestión de infraestructura y anticipar crisis. Según el World Economic Forum (2023), el 80% de las decisiones críticas en empresas de manufactura avanzada ahora se basan en datos recolectados por IoT. Un caso destacado es Singapur, donde el monitoreo de tráfico basado en IoT ha reducido los tiempos de espera en semáforos en un 15% y optimizado la movilidad urbana (City of Boston, 2017).
4. **Sostenibilidad Ambiental y Económica:** El IoT es una pieza clave en la lucha contra el cambio climático y la optimización del uso de recursos naturales. El Banco Mundial (2023) estima que el 60% de las emisiones industriales de carbono pueden reducirse con soluciones IoT aplicadas a la gestión de energía. Un ejemplo de su impacto es Barcelona, donde el alumbrado público inteligente basado en IoT ha disminuido el consumo energético en un 30% y reducido las emisiones de CO<sub>2</sub> en 700,000 toneladas anuales (Smart Cities Council, 2015).
5. **Transformación Digital e Industrial (IIoT):** La digitalización industrial, también conocida como Industria 4.0, ha convertido al IoT en un pilar estratégico para la automatización y la mejora continua de procesos productivos. Según Deloitte (2023), el 70% de las empresas manufactureras en economías avanzadas han adoptado tecnologías IoT para optimizar la producción y reducir tiempos de inactividad en sus fábricas. Empresas como Tesla y BMW han implementado IoT para automatizar líneas de ensamblaje, logrando aumentos de eficiencia del 25% en sus plantas (Chui et al., 2021).

El crecimiento acelerado del IoT no es fortuito ni pasajero, sino una respuesta a las demandas de un mundo cada vez más interconectado, que busca eficiencia, seguridad, sostenibilidad y transformación digital. Su capacidad para conectar el mundo físico con el digital y generar valor a partir de datos lo convierte en un elemento esencial para la evolución de sectores clave. A medida que la tecnología avanza, el IoT seguirá desempeñando un papel protagónico en la construcción de un futuro más inteligente, resiliente y sostenible.

### **INCISO C.1: IDENTIFICAR NECESIDAD 1 SIMILAR EN SU CIUDAD DESAFÍO DEL TRÁFICO EN BOSTON: UNA NECESIDAD URBANA**

**Necesidad Identificada:** Congestión vehicular y sus impactos socioeconómicos y ambientales.

#### **Descripción y Cuantificación:**

La congestión vehicular es una problemática común en muchas ciudades a nivel global. En el caso de Boston, se manifiesta como una necesidad crítica de mejorar la movilidad urbana. Esta necesidad se describe y cuantifica a través de los siguientes puntos clave, basados en datos del del INRIX Global Traffic Scorecard 2024 presentado en el Boston Herald (2025) e información de la Ciudad de Boston (2024).

- **Alta Congestión vehicular:** Boston se ubica entre las ciudades con peor tráfico a nivel nacional (4° en EE. UU.) e internacional (12° a nivel mundial). A pesar de mejoras recientes, la congestión sigue siendo un problema significativo.
- **Pérdida de Tiempo:** En 2017 la Ciudad de Boston cuantificó que el conductor promedio en Boston pierde 88 horas anuales en el tráfico. Según datos del Boston Herald de 2025, esta cifra se ha reducido a 79 horas anuales en el tráfico, lo que aún representa una pérdida considerable de tiempo productivo.

- **Costos Económicos:** La congestión genera pérdidas económicas de \$2.7 mil millones anuales a nivel ciudad y \$1,414 dólares anuales por conductor, considerando retrasos y costos adicionales de combustible.
- **Impacto Ambiental:** El tráfico vehicular es un contribuyente importante a las emisiones de carbono en Boston, dificultando el cumplimiento de metas de sostenibilidad.

### Factores Contribuyentes

- Alta densidad vehicular, 5,295,952 autos registrados (Pioneer Institute, 2024)
- Infraestructura vial antigua y no adaptada a la demanda actual.
- Obras públicas que generan desvíos y mayor congestión.
- Sistema de transporte público con niveles de uso aún por debajo de los niveles prepandemia.
- Bajas velocidades promedio en el centro de la ciudad (13 mph / 20 km/h).

La experiencia de residentes, como **Javier Rebull** (coautor estudiante del ITESM y habitante de Boston), confirma la persistencia del problema a pesar de la adopción de modelos de trabajo híbridos. Esto indica que la congestión no es solo un problema de volumen de vehículos, sino también de ineficiencia en la gestión del tráfico y en la infraestructura de movilidad. La necesidad no es solo reducir el número de automóviles, sino optimizar el flujo vehicular y promover alternativas de transporte sostenibles. Es importante obtener datos más precisos sobre las horas perdidas por conductor por año para una mejor planificación y evaluación de soluciones.



*Figura 1 Tráfico Típico de Boston Ruta I-93, Fuente: The Boston Herald (2025)*

## INCISO C.2: IDENTIFICAR NECESIDAD 2 SIMILAR EN SU CIUDAD ALUMBRADO PÚBLICO EN CDMX: LA NECESIDAD DE UN ENFOQUE SOSTENIBLE

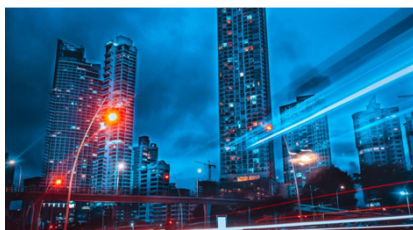
**Necesidad Identificada:** Eficiencia energética y sostenibilidad en el alumbrado público.

### Descripción y Cuantificación:

La Ciudad de México (CDMX), como megaciudad, enfrenta la necesidad apremiante de modernizar su sistema de alumbrado público para lograr una mayor eficiencia energética, reducir costos operativos y disminuir su impacto ambiental. Esta necesidad se describe y cuantifica a través de los siguientes puntos, según datos de la Secretaría de Energía (SENER, 2022) y de Energy Management Magazine (2016):

- **Extensión y Complejidad:** La CDMX posee una vasta red de alumbrado público con más de 500,000 luminarias, lo que implica un desafío logístico y operativo considerable para su gestión y mantenimiento.
- **Tecnología Obsoleta:** Una proporción significativa de las luminarias aún utiliza tecnologías de alto consumo energético (vapor de sodio, halogenuros metálicos), que son hasta un 70% menos eficientes que las lámparas LED.
- **Alto Consumo Energético y Costos:** El alumbrado público representa aproximadamente el 2.25% del consumo total de electricidad en México (4,496 GWh anuales). El costo anual del servicio en la CDMX supera los 8,700 millones de pesos.
- **Impacto Ambiental Significativo:** Se estima que las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del alumbrado público en la CDMX alcanzan aproximadamente 2.5 millones de toneladas anuales.
- **Ineficiencia Operativa:** La falta de automatización, monitoreo en tiempo real y sistemas de gestión inteligente genera desperdicio energético y elevados costos de mantenimiento.
- **Inseguridad:** La iluminación deficiente o inadecuada en algunas zonas contribuye a la percepción de inseguridad y puede aumentar la incidencia de accidentes y delitos, como señalan los residentes, coautores y estudiantes del ITESM **Gerardo Solís, Juan Carlos Pérez y Óscar García.**

La necesidad, por lo tanto, es transformar el sistema de alumbrado público de la CDMX, pasando de un modelo obsoleto y de alto consumo a uno inteligente, eficiente y sostenible. Esto implica no solo la sustitución de luminarias, sino también la implementación de tecnologías de control y gestión que permitan optimizar el uso de la energía y reducir el impacto ambiental, mejorando al mismo tiempo la seguridad y calidad de vida de los ciudadanos. La optimización de este servicio público es fundamental para cumplir con las metas de sustentabilidad de la ciudad.



*Figura 2 Alumbrado público inteligente CDMX, Fuente: Inmobiliarie, 2022*

## **INCISO D.1: ESTRATEGIA DE SOLUCIÓN SOSTENIBLE PARA LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN BOSTON: ANÁLISIS DE IMPACTOS**

Inspirados en los proyectos de la Ciudad de Boston (Go Boston 2030, 2024 / Boston Climate Action 2024) y el proyecto Integrated Corridor Management (ICM) de la ciudad de Los Ángeles, proponemos la siguiente estrategia para abordar la congestión vehicular en Boston: la implementación de un Sistema Inteligente de Gestión de Tráfico (SIGT) basado en el Internet de las Cosas (IoT), con un enfoque en la sostenibilidad y la maximización de beneficios sociales, ambientales y económicos.

**Descripción de la Estrategia (SIGT):** El SIGT propuesto se compone de los siguientes elementos:

- **Red de Sensores IoT:** Despliegue de sensores en la infraestructura vial (pavimento, postes, semáforos) para recopilar datos en tiempo real sobre el flujo vehicular, la velocidad, la densidad del tráfico y las condiciones ambientales (calidad del aire, ruido). Se instalarán



5000 sensores en la fase inicial, cubriendo la Ruta I-93 y las principales arterias del centro de la ciudad.

- **Semáforos Inteligentes Adaptativos:** Reemplazo de los semáforos existentes por 1500 semáforos inteligentes equipados con algoritmos de control adaptativo. Estos semáforos ajustarán sus ciclos en tiempo real en función de los datos de los sensores, optimizando el flujo vehicular y reduciendo los tiempos de espera.
- **Sistema Centralizado de Gestión:** Una plataforma centralizada recibirá, procesará y analizará los datos de los sensores y semáforos. Este sistema utilizará algoritmos de machine learning para predecir patrones de tráfico y optimizar la operación del SIGT en tiempo real.
- **Información al Usuario en Tiempo Real:** Desarrollo de una aplicación móvil y paneles de información en vía pública que proporcionen a los conductores información actualizada sobre el estado del tráfico, rutas alternativas, tiempos de viaje estimados y opciones de transporte público.
- **Integración con Transporte Público:** Conexión con el sistema de transporte público.

**Impactos Esperados (Cuantificados):** La implementación del SIGT en Boston generará los siguientes impactos, alineados con los pilares del desarrollo sostenible:

#### **Aspecto Social:**

##### Impactos Positivos:

- Reducción de Accidentes: Se espera una reducción del 25% en el número de accidentes viales, gracias a la mejora en la gestión del flujo vehicular y la información en tiempo real a los conductores. Esto se traduce en aproximadamente 300 accidentes menos por año (basado en datos históricos de la ciudad de Boston).
- Mejora de la Calidad de Vida: Se estima una reducción promedio de 15 minutos en los tiempos de viaje durante las horas pico, liberando aproximadamente 60 horas anuales por conductor para actividades personales o laborales.
- Accesibilidad: Se contempla el diseño de una app con opciones de accesibilidad e integración con el sistema de transporte público.

##### Impactos Negativos:

- Brecha Digital: La implementación de tecnologías avanzadas podría excluir a sectores de la población sin acceso a dispositivos móviles o internet, Mitigación: Se implementarán programas de capacitación en tecnologías digitales y se facilitará el acceso a dispositivos y conectividad para poblaciones vulnerables, asegurando la inclusión digital. Se ofrecerán alternativas no digitales para acceder a la información (paneles informativos, por ejemplo).
- Aceptación Pública: Resistencia al cambio tecnológico., Mitigación: Campañas de sensibilización.

#### **Aspecto Ambiental:**

##### Impactos Positivos:

- Reducción de Emisiones: Se proyecta una disminución del 20% en las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el tráfico, equivalente a 520,000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales menos. Esto contribuye directamente a los objetivos de mitigación del cambio climático de Boston.
- Eficiencia Energética: Se calcula que los semáforos inteligentes y la optimización del flujo vehicular generarán un ahorro energético del 15% en el consumo eléctrico relacionado con el sistema de semáforos.

#### Impactos Negativos:

- Generación de Residuos Electrónicos: La instalación y eventual reemplazo de sensores y dispositivos IoT pueden generar residuos electrónicos. Mitigación: Se implementará un programa integral de gestión de residuos electrónicos, que incluya la recolección, reciclaje y disposición adecuada de los dispositivos al final de su vida útil, promoviendo la economía circular.
- Impacto de la Instalación: Posible interrupción del tráfico y emisiones por obras. Mitigación: Planificación de las obras.

#### **Aspecto Económico:**

#### Impactos Positivos:

- Ahorro en Costos de Transporte: Se estima un ahorro anual de \$1,200 dólares por conductor en combustible y costos de mantenimiento del vehículo, debido a la reducción de la congestión.
- Aumento de la Productividad: La reducción en los tiempos de viaje se traducirá en un aumento de la productividad laboral, estimado en \$2 mil millones de dólares anuales a nivel ciudad.
- Creación de Empleo: Se proyecta la creación de 200 empleos directos y 300 empleos indirectos relacionados con la implementación, operación y mantenimiento del SIGT.

#### Impactos Negativos:

- Costo Inicial Elevado: La inversión inicial para la implementación del SIGT se estima en \$150 millones de dólares. Mitigación: Se buscará un modelo de financiamiento mixto que combine fondos públicos (locales y federales) con inversión privada a través de asociaciones público-privadas (APP). Se explorarán modelos de "pago por desempeño" y ahorros compartidos.
- Dependencia Tecnológica y Costos de Mantenimiento: El funcionamiento continuo del SIGT requerirá mantenimiento y actualizaciones, generando costos a largo plazo. Mitigación: Se establecerán contratos de mantenimiento a largo plazo con proveedores de tecnología que incluyan garantías de rendimiento y actualizaciones. Se implementará un sistema de mantenimiento predictivo para minimizar las interrupciones y optimizar los costos.

La implementación del SIGT en Boston representa una estrategia integral y cuantificable para abordar la congestión vehicular desde una perspectiva de sostenibilidad. Los beneficios esperados superan ampliamente los posibles impactos negativos, que serán mitigados a través de medidas específicas. El SIGT no solo mejorará la movilidad en Boston, sino que también contribuirá a una ciudad más eficiente, segura y ambientalmente responsable.

### **INCISO D.2: ESTRATEGIA DE ALUMBRADO PÚBLICO INTELIGENTE Y SOSTENIBLE PARA LA CDMX: ANÁLISIS DE IMPACTO MULTIDIMENSIONAL**

Motivados con la propuesta de Inmobiliare (2022), de Energía a Debate (2024) y con base a datos del SENER (2022), hemos ideado la estrategia para abordar la ineficiencia del alumbrado público en la Ciudad de México se basa en la implementación de un Sistema Inteligente de Alumbrado Público (SIAP), utilizando tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) y luminarias LED de alta eficiencia, con un fuerte enfoque en la sostenibilidad y la maximización de los beneficios sociales, ambientales y económicos.

**Descripción de la Estrategia (SIAP):** El SIAP propuesto para la CDMX incluye los siguientes componentes:



- **Reemplazo de Luminarias:** Sustitución de las más de 500,000 luminarias existentes (de vapor de sodio y halogenuros metálicos) por luminarias LED de alta eficiencia. Se realizará una transición gradual, comenzando por las zonas con mayor consumo energético y mayor impacto en la seguridad.
- **Red de Sensores IoT:** Instalación de sensores en las luminarias LED (y/o postes) para monitorear en tiempo real:
  - Estado de funcionamiento de cada luminaria (encendida/apagada/fallo).
  - Niveles de iluminación ambiental.
  - Consumo energético individual y agregado.
  - Opcionalmente: Sensores ambientales (calidad del aire, ruido), sensores de presencia/movimiento.
- **Sistema de Telegestión:** Implementación de una plataforma centralizada de software que reciba, procese y analice los datos de los sensores. Este sistema permitirá:
  - Control remoto y dimming (atenuación) de las luminarias, ajustando la intensidad de la luz según las necesidades reales (ahorro energético).
  - Detección automática de fallas y envío de alertas al personal de mantenimiento (reducción de tiempos de respuesta).
  - Programación de horarios de encendido/apagado y niveles de intensidad.
  - Generación de reportes de consumo energético, ahorros, y desempeño del sistema.
- **Conectividad:** Utilización de una red de comunicación inalámbrica (por ejemplo, LoRaWAN, NB-IoT, o redes celulares) para conectar las luminarias y los sensores al sistema central de gestión.
- **Integración con otros sistemas:** Integrar la información con otras plataformas de la ciudad.

**Impactos Esperados (Cuantificados):** La implementación del SIAP en la CDMX generará los siguientes impactos, alineados con los pilares del desarrollo sostenible:

#### **Aspecto Social:**

##### Impactos Positivos:

- **Mejora de la Seguridad:** Se espera una reducción de al menos un 15% en los índices de criminalidad en las zonas con alumbrado público mejorado, basado en estudios de otras ciudades con sistemas similares. Una iluminación adecuada aumenta la visibilidad y disuade la actividad delictiva.
- **Reducción de Accidentes:** Se proyecta una disminución del 10% en los accidentes de tráfico nocturnos debido a la mejor visibilidad.
- **Mejora de la Percepción de Seguridad:** Se estima que la percepción de seguridad aumentará en al menos un 20% entre los residentes de las zonas intervenidas.
- **Mayor Uso del Espacio Público:** Una mejor iluminación fomentará el uso del espacio público por la noche, promoviendo la actividad social y comunitaria.

##### Impactos Negativos:

- **Resistencia al Cambio:** Algunos ciudadanos podrían mostrarse reacios a la nueva tecnología o preocupados por la estética de las nuevas luminarias. Mitigación: Campañas de información y sensibilización ciudadana, explicando los beneficios del SIAP y mostrando ejemplos exitosos. Diseño de luminarias que se integren armónicamente con el entorno urbano.

#### **Aspecto Ambiental:**

#### Impactos Positivos:

- Reducción del Consumo Energético: Se proyecta un ahorro energético de al menos 50% en comparación con el sistema actual, debido a la eficiencia de las luminarias LED y la gestión inteligente. Esto equivale a un ahorro de 2,248 GWh anuales (basado en el consumo actual del 2.25% del total nacional de 4,496 GWh).
- Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub>: La reducción del consumo energético se traducirá en una disminución de al menos 1.25 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales.
- Reducción de la Contaminación Lumínica: Las luminarias LED permiten un mejor control de la dirección y la intensidad de la luz, reduciendo la contaminación lumínica y el impacto en la vida silvestre.

#### Impactos Negativos:

- Residuos Electrónicos: La sustitución de luminarias generará una cantidad considerable de residuos electrónicos. Mitigación: Implementación de un programa de reciclaje de luminarias en colaboración con empresas especializadas, asegurando la correcta disposición de los materiales y componentes.

#### **Aspecto Económico:**

##### Impactos Positivos:

- Ahorro en Costos de Energía: El ahorro energético se traducirá en una reducción de al menos 4,350 millones de pesos anuales en la factura eléctrica del alumbrado público (basado en el costo actual de 8,700 millones de pesos).
- Reducción de Costos de Mantenimiento: Las luminarias LED tienen una vida útil mucho mayor que las tecnologías tradicionales y el sistema de telegestión permitirá un mantenimiento predictivo y más eficiente, reduciendo los costos de mantenimiento en al menos un 30%.
- Creación de Empleo: Se generarán empleos en la instalación, operación y mantenimiento del SIAP, así como en la fabricación y distribución de luminarias LED y componentes tecnológicos. Se estima la creación de al menos 500 empleos directos y 1000 empleos indirectos.
- Retorno de la Inversión (ROI): Se proyecta un ROI positivo en un plazo de 5 a 7 años, considerando los ahorros en energía y mantenimiento.

##### Impactos Negativos:

- Costo Inicial: La inversión inicial para la implementación del SIAP será significativa (estimada en 5,000 a 7,000 millones de pesos). Mitigación: Se buscará financiamiento a través de un esquema mixto público-privado, incluyendo asociaciones público-privadas (APP), fondos federales y/o estatales para proyectos de eficiencia energética, y financiamiento de organismos internacionales.

La implementación del SIAP en la CDMX es una estrategia integral y cuantificable que aborda la necesidad de eficiencia y sostenibilidad en el alumbrado público. Los beneficios sociales, ambientales y económicos superan ampliamente los posibles impactos negativos, los cuales serán mitigados con medidas proactivas. Este proyecto convertirá a la CDMX en un referente en la adopción de tecnologías inteligentes para la gestión urbana sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Austin Datta, S. P., & López López, V. (2016). El desequilibrio socioeconómico consecuente de la industria del Internet de las Cosas. Punto de Vista, 7(11), 141-152. Recuperado de: [<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6121655>] --Lectura Asignada--
- [2] Banco Mundial. (2018, 3 de julio). El Internet de las cosas: una promesa para el desarrollo. Banco Mundial. Recuperado de: [<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/07/03/el-internet-de-las-cosas-una-promesa-para-el-desarrollo>]
- [3] Banco Mundial. (2023). El papel del Internet de las Cosas en la reducción de emisiones y eficiencia energética. Recuperado de [<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2023/iot-and-energy-efficiency>]
- [4] Bravo-Alvares, L., & Montejó-Sánchez, S. (2021). Impacto de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Trilogía (Santiago), 35(46), 88-104. Universidad Tecnológica Metropolitana. Recuperado de: [<https://trilogia.utem.cl/wp-content/uploads/sites/9/2022/01/revista-trilogia-facultad-administracion-economia-vol35-n46-2021-BravoAlvarez-MontejóSanchez.pdf>]
- [5] City of Boston. (2024). Using IoT to Reduce Traffic Congestion: A Smart Mobility Initiative Report. Recuperado de <https://www.boston.gov/transportation/iot-smart-mobility>
- [6] Clímaco Hermitaño-Atencio, B., Ortiz-Vergara, M. W., Buleje-Agüero, G. W., Torres-Calixtro, J. M., & García-Rojas, V. C. (2024). Internet de las cosas y cultura de innovación en estudiantes de universidad pública. Visual Review, 16(1), 197-210. Recuperado de: [<https://doi.org/10.62161/revvisual.v16.5181>] --Biblioteca Digital ITESM--
- [7] Chui, M., Collins, M., & Patel, M. (2021). IoT value set to accelerate through 2030: Where and how to capture it. McKinsey & Company. Recuperado de [<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/iot-value-set-to-accelerate-through-2030-where-and-how-to-capture-it>]
- [8] Energía a Debate. (2024, septiembre). Eficiencia energética en el alumbrado público en México: Hacia ciudades inteligentes. Energía a Debate. Recuperado de: [<https://energiaadebate.com/eficiencia-energetica-en-el-alumbrado-publico-en-mexico-hacia-ciudades-inteligentes/>]
- [9] Energy Management Magazine. (2016, 19 de Agosto). En números, ¿qué representa la iluminación en la Ciudad de México? Energy Management Magazine. Recuperado de: [<https://research.ebsco.com/c/oefy3m/viewer/pdf/5n35w5srw>]
- [10] Food and Agriculture Organization. (2021). Leveraging automation and digitalization for precision agriculture. Recuperado de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/35df0470-477b-414a-95cc-of50cof82538/content>
- [11] Greengard, S. (2015). The Internet of Things. MIT Press.
- [12] INRIX. (2025, 6 de enero). Boston traffic decreased 10% over last year – still ranks 4th worst in U.S. Boston Herald. Recuperado de: [<https://www.bostonherald.com/2025/01/06/report-boston-traffic-decreased-10-over-last-year-still-ranks-4th-worst-in-u-s/>]
- [13] Internet Society. (2015, 15 de octubre). La Internet de las Cosas—Una breve reseña: Para entender mejor los problemas y desafíos de un mundo más conectado. Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. Internet Society. Recuperado de: [<https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>]
- [14] Inmobiliare. (2022, 1 de junio). Alumbrado público inteligente, una oportunidad de ahorro eléctrico en México. Inmobiliare. Recuperado de: [<https://inmobiliare.com/alumbrado-publico-inteligente-una-oportunidad-de-ahorro-electrico-en-mexico/>]
- [15] Massachusetts Government. (2017). Smart City RFI – City of Boston. Gobierno de Massachusetts. Recuperado de: [<https://www.boston.gov/sites/default/files/embed/file/2017-05/smartcityrfiupdated5.3.17.pdf>]
- [16] Muraleedharan, S. (2024, 21 de octubre). How IoT is Making a Deep Impact on Sustainable Development. Ecomena. Recuperado de: [<https://www.ecomena.org/internet-of-things/>]
- [17] Portnoy, A. (2024, August 20). How Has Transportation Been Changing In Massachusetts? Pioneer Institute. [[https://pioneerinstitute.org/news/cars-automotives-transportation-public-transportation-registered-vehicles/#:~:text=\(Amount%20of%20Registered%20Vehicles\).Massachusetts%2C%20fewer%20than%20in%202015.](https://pioneerinstitute.org/news/cars-automotives-transportation-public-transportation-registered-vehicles/#:~:text=(Amount%20of%20Registered%20Vehicles).Massachusetts%2C%20fewer%20than%20in%202015.)]
- [18] Román-Salinas, V., Díaz-Martínez, A., Ruíz-Hernández, S., Cervantes-Zubirías, G., & Morales-Rodríguez, A. (2024). El internet de las cosas y la industria 4.0 - Aplicaciones en el campo de la ingeniería industrial. UIS Ingenierías, 23(2), 111-130. Recuperado de: [<https://doi.org/10.18273/revuin.v23n2-2024007>] --Biblioteca Digital ITESM--
- [19] Secretaría de Energía (SENER). (2019, mayo). Alumbrado Público, Eficiencia Energética y la Ciudad Inteligente: Hacia el Proyecto Nacional 2.0. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). Recuperado de: [<https://www.gob.mx/sener/documentos/proyecto-nacional-de-eficiencia-energetica-en-alumbrado-publico-municipal>]
- [20] Smart Cities Council. (2015). Reconceptualizing Smart Cities: Compendium. Recuperado de [https://www.smartcitiescouncil.com/sites/default/files/india/public\\_resources/CSTEP%20Report%20Smart%20Cities%20Framework%20-%20Compendium%20of%20Resources\\_o.pdf](https://www.smartcitiescouncil.com/sites/default/files/india/public_resources/CSTEP%20Report%20Smart%20Cities%20Framework%20-%20Compendium%20of%20Resources_o.pdf)
- [21] UNESCO. (2023) Technology in education - GEM Report 2023. Recuperado de <https://gem-report-2023.unesco.org/technology-in-education/>
- [22] World Economic Forum. (2018). IoT Guidelines for Sustainability. Foro Económico Mundial. Recuperado de: [<https://www.weforum.org/publications/internet-of-things-guidelines-for-sustainability/>]
- [23] World Economic Forum. (2023). The Future of IoT: Efficiency, Security, and Sustainability in the Digital Age. Recuperado de [<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-iot-2023>]
- [24] World Health Organization. (2023). IoT in Healthcare: Transforming Patient Monitoring and Digital Health. Recuperado de <https://www.who.int/iot-healthcare-2023>