DOCUMENTO TÉCNICO QUINDÍO INTELIGENTE
PILOTO SALENTO
Julio de 2024

1. Título
Quindío Inteligente – piloto Salento, **Salento Inteligente**.

2. Objetivo
Brindar soluciones de ciudades inteligentes en Salento– Quindío enfocadas en a la gestión del turismo, integrando la energía y su infraestructura, la conectividad por fibra óptica, la inteligencia artificial y la recolección de datos como herramientas para mejorar la calidad de vida de los Salentinos y la experiencia a los turistas, así como la toma de decisiones soportadas en los datos recolectados por parte de la Administración Municipal.

3. Descripción
Salento Inteligente es una iniciativa que realiza la Empresa de Energía del Quindío – EDEQ Grupo EPM en colaboración con la Gobernación del Quindío, la Alcaldía de Armenia, la Institución Universitaria EAM, la Cámara de Comercio de Armenia y del Quindío, la empresa CELSA y se configura como el primer municipio inteligente del Eje Cafetero, y como un modelo replicable a otros territorios.

Conoce Salento Inteligente www.edeq.com.co/quindio-inteligente/salento.
Conoce los testimoniales www.youtube.com/watch?v=jDLICm323yA

Salento es un municipio referente del turismo en el Eje Cafetero, hace parte de la declaratoria del Paisaje Cultural Cafetero de la UNESCO y tiene un alto impacto en la economía regional por la derrama económica que genera el turismo. En este contexto, implementamos diversas tecnologías innovadoras con el objetivo de mejorar la gestión urbana y proporcionar datos valiosos tanto a residentes como a visitantes, con los siguientes servicios:

Servicio	Descripción
Energía	➔ Salento cuenta con una robusta red de fibra óptica para la prestación del servicio de energía eléctrica, que se aprovecha para la comunicación de los medidores inteligentes y de equipos instalados en la red eléctrica que permiten su gestión remota en tiempo real. ➔ Instalamos medidores inteligentes al 9% de nuestros clientes residenciales. Esta tecnología permite a los usuarios conocer su consumo de energía en tiempo real y utilizar el servicio de manera más eficiente, lo que se traduce en ahorros en el valor a pagar en su factura de energía gracias a la visualización de la información en el portal web de EDEQ (en desarrollo). En términos operativos, AMI nos permite gestionar de manera remota la lectura y facturación del servicio, así como su corte y reconexión. ➔ Estos medidores inteligentes están instalados en 3 transformadores que nos permiten identificar eventos de forma remota y obtener información en tiempo real sobre el estado del sistema eléctrico. Gracias a esto podemos gestionar la atención de daños de manera eficiente, reduciendo el tiempo de respuesta, mejorando los indicadores de calidad y ofreciendo un mejor servicio a los usuarios. ➔ Implementamos nodos inteligentes en varias luminarias del alumbrado público que son tele controladas y nos permiten recibir información en tiempo real sobre su estado lo que permite atender las fallas de manera más eficiente ofreciendo un servicio de alumbrado público con mayor calidad, de igual manera ajustar la intensidad de la luz, lo que se traduce en ahorros en el consumo de energía que paga el municipio, además de mejorar la seguridad y las condiciones estéticas de Salento.

Servicio	Descripción
Monitoreo de flujo vehicular:	Instalamos cámaras de monitoreo de flujo en Boquía (vereda ubicada a 4.5 km antes de Salento), otra en la entrada de Salento y en Cocora para medir el flujo vehicular y determinar la carga vehicular de esas zonas. Esta solución proporciona datos de valor para la gestión del tráfico y la planificación urbana.
Transmisión en tiempo real:	Instalamos cámaras en la Calle Real y la Plaza de Bolívar de Salento que permiten ver en tiempo real el estado de estas dos zonas de interés turístico y tomar decisiones sobre los mejores días y horas para ir.
Parqueo inteligente	Realizamos el piloto en dos calles (zonas azules) para identificar espacios de parqueo disponibles en tiempo real que reduce el lapso que los conductores pasan buscando un lugar disponible. Así, mejoramos la experiencia de los ciudadanos y turistas, disminuyendo la congestión vehicular y las emisiones de CO_2, contribuyendo a un entorno más limpio y eficiente.
Clima	Medimos las variables meteorológicas en tiempo real, que permite a los ciudadanos y visitantes estar informados sobre las condiciones climáticas, información útil para los turistas. Desde el enfoque de los datos, a futuro esta información podrá ser utilizada para la gestión de emergencias y la planificación de eventos, aumentando la resiliencia del municipio ante fenómenos naturales y mejorando la calidad de vida de sus habitantes. Actualmente las estaciones están ubicadas en Salento y en Cocora e identifican en tiempo real el estado de la temperatura, la velocidad del viento y la humedad.
Seguridad	Trabajamos en la instalación de cámaras de seguridad con algoritmos de reconocimiento facial y de placas de vehículos al servicio de la Policía Nacional como un mecanismo de respaldo para la seguridad del municipio. También trabajamos con la Cámara de Comercio para incluir en el portal de Salento Inteligente la señal de las cámaras de seguridad instaladas en el municipio.

4. Periodicidad

Salento Inteligente inició en el cuarto trimestre de 2023 y está en ejecución. El diseño del piloto tiene como premisa la posibilidad de hacerlo escalable a otros municipios.

5. Responsables de la iniciativa

Salento inteligente es una iniciativa conjunta de las siguientes empresas y entidades:

- Empresa de Energía del Quindío - EDEQ Grupo EPM: es una empresa de servicios públicos responsable de la distribución y comercialización de energía en el Quindío. La operación del servicio de energía requiere infraestructura eléctrica y de fibra óptica que es utilizada para el desarrollo del piloto, entendiendo que la energía y la conectividad son palancas para el desarrollo de este tipo de casos de uso.

- Alcaldía de Salento: en el cuarto trimestre de 2023 se firmó un convenio interadministrativo con EDEQ que tiene por objeto “Desarrollar un piloto de zonas inteligentes en el municipio de Salento, Quindío”. La Administración Municipal está comprometida con la gestión eficiente del municipio y el uso de datos para la toma de decisiones y definición de políticas públicas que mejoren su perfil turístico y la calidad de vida de los Salentinos.

- Gobernación del Quindío: es un promotor activo de la iniciativa por el impacto que tiene para el posicionamiento de la marca región, su posibilidad de ser escalada a los demás municipios y por su interés de integrar elementos de seguridad.

- Institución Universitaria EAM: firmó un convenio con EDEQ cuyo objeto es diseñar e implementar soluciones de zonas inteligentes en el municipio de Salento, y de allí se desarrolló una solución que incluye monitoreo de zonas de intereses turístico, monitoreo y visualización de disponibilidad de parqueaderos y monitoreo de flujo vehicular para determinar la carga vehicular en 3 zonas del municipio, soluciones que están en operación.

- Cámara de Comercio de Armenia y del Quindío: es un promotor de la iniciativa entre los comerciantes y el sector turismo del Departamento. La Cámara de Comercio ha aportado información sobre la ocupación turística y trabajamos para publicar la información de las cámaras de seguridad en el portal web de Salento inteligente como un mecanismo para fomentar la seguridad.

- CELSA: es una empresa privada dedicada al diseño, fabricación y comercialización de soluciones de energía. Celsa hace parte del piloto con el aporte de tecnología para monitoreo y gestión del alumbrado público a través de nodos que fueron instalados para el piloto.

Nota: es importante indicar que actualmente adelantamos el proceso para patentar el sistema de recolección de los datos de transporte, ambiental y de monitoreo, por lo que esta información tiene carácter reservado.

6. Aplicación de la tecnología y resultados clave

6.1. Energía

Creemos que la energía y su infraestructura de comunicación son la base para desarrollar las ciudades inteligentes. Así, estamos implementando la Infraestructura de Medición Avanzada – AMI (por sus siglas en inglés) para mejorar la gestión del servicio de energía; AMI es el mecanismo para modernizar la infraestructura de medición del consumo de energía que promueve capacidades en los usuarios para hacer uso eficiente del servicio y cuya información en tiempo real nos permite proporcionar un servicio de alta de calidad a los usuarios.

A la fecha de esta postulación hemos instalado 210 medidores inteligentes a clientes residenciales y comerciales, están conectados a tres transformadores de energía y se comunican por medio de tecnología RF-MESH que permite la comunicación inalámbrica entre los medidores y los concentradores de datos. Los medidores inteligentes están equipados con módulos de radiofrecuencia que establecen una red de malla (*mesh network*), donde cada medidor actúa como un nodo que puede transmitir y recibir datos. Esta configuración asegura una transmisión de datos eficiente y robusta, ya que los datos pueden ser reenviados a través de múltiples nodos hasta llegar al concentrador, lo que minimiza las interrupciones y asegura una cobertura amplia.

Los concentradores de datos están conectados a los transformadores de energía y sirven como intermediarios entre los medidores y el sistema central de gestión de datos; utilizan tecnología de comunicación de largo alcance, como GPRS, LTE o fibra óptica para enviar los datos recopilados de los medidores al sistema central en tiempo real. Este sistema central procesa y analiza los datos, proporcionando información valiosa sobre el consumo de energía y el estado de la red a los operadores del servicio de energía.

Estos medidores nos permiten identificar eventos de forma remota y obtener información en tiempo real sobre el estado del sistema eléctrico; también podemos gestionar remotamente las actividades de lectura y facturación del servicio, así como las operaciones de corte y reconexión. Nuestra meta a corto plazo es

instalar 550 medidores inteligentes en 11 transformadores; y para 2026 proyectamos cubrir todo el casco urbano de Salento con medición inteligente, garantizando un servicio más eficiente y adaptado a las necesidades de todos nuestros clientes.

Para los usuarios de Salento, la implementación de la infraestructura de medición avanzada - AMI presenta múltiples beneficios puesto que no deben pagar el cambio del medidor y tendrán acceso a una conectividad avanzada a sus datos de consumo. A partir de septiembre de 2024 podrán visualizar su consumo de energía en tiempo real desde el portal web de EDEQ, lo que les permitirá tomar decisiones informadas para gestionar su consumo de manera más eficiente y efectiva, contribuyendo así a un uso más responsable y económico de la energía.

Esta infraestructura de comunicación avanzada no solo permite una lectura precisa y en tiempo real del consumo de energía, sino que también facilita la detección de fallas, el monitoreo del estado de la red y la implementación de estrategias de gestión de la demanda, mejorando así la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

Aplicación de la tecnología:

- Instalación de medidores inteligentes y concentradores que permiten la comunicación bidireccional en tiempo real.
- Desarrollo de un portal web para la visualización del consumo en tiempo real para los usuarios.
- Implementación de un software que permite la gestión operativa para la lectura y facturación remota, así como las suspensiones y reconexiones del servicio de energía.
- Desarrollo de una aplicación para identificar eventos y obtener información en tiempo real sobre el estado del sistema eléctrico.

Instalación de medidores y concentradores	
Portal para la visualización de consumo de energía .	
Visualización de fallas del servicio	

6.2. Monitoreo de flujo vehicular

Para abordar el problema del tráfico y optimizar la movilidad en el municipio, instalamos tres sensores de Monitoreo de flujo de vehículos en las principales entradas de Salento. Estos sensores nos permiten monitorear la carga vehicular en tiempo real, facilitando el análisis de patrones de tráfico y la identificación de horas pico.

Nuestro sistema de inteligencia artificial representa una innovadora solución para el monitoreo y análisis del tráfico vehicular en Salento, utilizando tecnologías avanzadas y métodos de aprendizaje automático. El sistema es un diseño propio para capturar, procesar y analizar datos en tiempo real provenientes de tres puntos estratégicos de la zona, donde hemos instalado los dispositivos que poseen un sistema embebido para el procesamiento de datos. Sus características son:

- Monitoreo y captura de datos: las cámaras y los sistemas embebidos para el procesamiento de datos ubicadas en puntos estratégicos capturan imágenes del tráfico vehicular en tiempo real.
- Procesamiento y almacenamiento de datos: los datos capturados por los sensores se envían a través de un cliente MQTT a un bróker central, desde donde son distribuidos y almacenados en una base de datos.
- Implementamos un modelo de inteligencia artificial entrenado, almacenado en formato, que utiliza técnicas de aprendizaje profundo para analizar los datos de tráfico.

El uso de técnicas de aprendizaje continuo, especialmente el *transfer learning*, como método efectivo para mejorar la precisión del modelo de IA. Con el *transfer learning* aprovechamos los conocimientos adquiridos por un modelo previamente entrenado en grandes conjuntos de datos generales y luego ajustamos este conocimiento a datos específicos y cambiantes del tráfico en Salento.

El aprendizaje continuo es fundamental en nuestro sistema, ya que cada nueva detección de vehículo por los sensores en tiempo real alimenta el modelo de IA, mejorando progresivamente su capacidad predictiva y la precisión de las recomendaciones de tráfico para los usuarios finales. Esto no solo optimiza la gestión del tráfico urbano, sino que también permite una planificación más efectiva y una respuesta más rápida a las necesidades cambiantes de movilidad en Salento. Esta descripción resalta cómo la inteligencia artificial se integra en el sistema para mejorar la precisión y la capacidad predictiva a medida que se enriquece con nuevos datos de los sensores en tiempo real.

Nuestra red neuronal es una Red Neuronal Convolucional - CNN diseñada principalmente para procesar datos de imágenes utilizando capas convolucionales que capturan patrones espaciales. Implementando *Transfer Learning* como metodología para aprovechar modelos pre entrenados para mejorar el rendimiento en tareas específicas de análisis de imágenes. Este enfoque permite adaptar el conocimiento previo aprendido en conjuntos de datos grandes, como ImageNet, en nuestro particular, actualizando y optimizando continuamente el modelo con nuevos datos para mejorar su precisión y capacidad predictiva en tiempo real.

Resultados

6.3. Transmisión en tiempo real

Instalamos dos cámaras en las zonas más emblemáticas de Salento: la Plaza de Bolívar y la Calle Real. Estas cámaras transmiten en tiempo real al portal de Salento Inteligente, ofreciendo una visión en directo de estos lugares de interés para los visitantes potenciales, permitiendo la toma de decisiones informadas.

Para fomentar la seguridad de Salento trabajamos en la instalación de cámaras de seguridad en puntos estratégicos de Salento y estamos desarrollando los algoritmos para el reconocimiento facial y de placas de vehículos, esta solución estará al servicio de la Policía Nacional como un mecanismo de respaldo para la seguridad del municipio y una opción escalable a otras zonas de Quindío.

Por su parte la Cámara de Comercio cuenta con 20 cámaras de seguridad instaladas y en funcionamiento que son visibles para los comerciantes del municipio. Trabajamos para incluir en el portal de Salento Inteligente la señal de esas cámaras de seguridad.

Estas medidas fortalecen la seguridad del municipio, promueven el turismo y permiten probar la tecnología para ser replicada en municipios que tienen diferentes condiciones de seguridad, un activo para las personas y para el turismo.

6.4. Parqueo inteligente

Implementamos sensores de parqueaderos en dos calles estratégicas del municipio. Estos dispositivos detectan la disponibilidad de espacios de estacionamiento y proporcionan esta información a los conductores a través de una plataforma en línea, ayudando a reducir el tiempo de búsqueda de parqueo y, por ende, el congestionamiento vehicular.

6.5. Clima

La integración de una estación meteorológica al sistema aporta datos climáticos en tiempo real, los cuales también se muestran en el portal junto a las transmisiones de las cámaras. Esto proporciona información útil y relevante para la planificación de actividades al aire libre.

7. Conclusión

Todos los datos generados por los prototipos para el monitoreo del flujo vehicular, los prototipos para gestión de parqueaderos y la estación meteorológica se almacenan en una base de datos centralizada que es una herramienta poderosa para el análisis estadístico, permitiéndonos generar informes diarios, semanales y mensuales sobre la carga vehicular, flujo vehicular en los puntos donde se ubican los dispositivos y la disponibilidad de parqueaderos y las condiciones climáticas. Estos informes son esenciales para identificar tendencias, evaluar el impacto del turismo y tomar decisiones informadas para el desarrollo y la planificación urbana del municipio con mayor flujo turístico en Quindío.

Los resultados de Salento Inteligente se estiman en la disminución en los tiempos de búsqueda de parqueaderos, una mejor gestión del tráfico en las entradas del municipio y una mejora en la experiencia de los visitantes gracias a la disponibilidad de información en tiempo real. Las estadísticas recopiladas permiten evaluar la contribución de nuestra iniciativa a la sociedad, y proporcionan una base sólida para futuras mejoras y expansiones del proyecto.

En resumen, la aplicación de estas tecnologías transformará la manera en que se gestiona Salento, aportando beneficios significativos tanto para los residentes como para los turistas, y contribuyendo al desarrollo sostenible del municipio.

Conoce Salento Inteligente www.edeq.com.co/quindio-inteligente/salento
Conoce los testimoniales www.youtube.com/watch?v=jDLICm323yA