



Vigilada Mineducación

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
SMART CITIES PARA EL MUNICIPIO DE ENVIGADO

CAROLINA MÁRQUEZ CANO

Trabajo de grado

Asesor temático:

Francisco Javier Salazar Gómez (MGP – MBA)

Asesora metodológica:

Beatriz Amparo Uribe de Correa (PhD)

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN - MBA

MEDELLIN

2024

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABLAS	5
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCION	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. MARCO CONCEPTUAL.....	15
4. MARCO METODOLÓGICO	21
5. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE <i>SMART CITIES</i> PARA EL MUNICIPIO DE ENVIGADO.....	24
5.1. ESTUDIO DEL ENTORNO Y SECTOR.....	24
5.1.1. Político	24
5.1.2. Económico.....	25
5.1.3. Social.....	27
5.1.4. Tecnológico.....	28
5.1.5. Ecológico	30
5.1.6. Legal	32
5.2. ESTUDIO DE MERCADO	34
5.2.1. Producto.....	37
5.2.2. Precio	42
5.2.3. Plaza	46
5.2.4. Promoción.....	48
6. ESTUDIO TÉCNICO.....	49
6.1. LOCALIZACIÓN	49

6.1.1. Macro localización	49
6.1.2. Micro localización	50
6.1.4. Ingeniería	52
6.1.4.1. Tecnologías	52
6.1.5. Estudio administrativo y organizacional	55
6.1.5.1. Organigrama	55
6.1.5.2. Cargos y perfiles	56
6.2. ESTUDIO LEGAL	64
6.3. EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS	66
6.3.1. Condiciones técnicas	66
6.3.1.1. Telemetrik	66
6.3.1.2. Grupo Unión	68
6.3.1.3. Ubicquia	69
6.3.2. Resumen de las condiciones técnicas comparativas	70
6.3.3. Costo de oferta	71
6.3.3.1. Telemetrik	71
6.3.3.2. Grupo Unión	71
6.3.3.3. Ubicquia	72
6.3.4. Resumen comparativo propuestas económicas	72
6.3.5. Experiencia en la ejecución de proyectos similares	73
6.3.6. Resultado final de la evaluación de propuestas	73
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS	77

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Estación de monitoreo SIATA Santa Gertrudis.	31
Ilustración 2. Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado de sistemas de <i>Smart Cities</i>	36
Ilustración 3. Mapa de ArGIS del inventario georreferenciado del sistema de iluminación del municipio de Envigado.	39
Ilustración 4. <i>Dashboard</i> piloto, marca Ubicquia	43
Ilustración 5. <i>Dashboard</i> piloto, marca Telemetrik.	45
Ilustración 6. Flujograma para el proceso de mantenimiento.	54
Ilustración 7. Organigrama Dirección de Alumbrado Público.	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos estratégicos y líneas dentro del plan de desarrollo del municipio de Envigado 2024-2027, para la línea estratégica 5.	28
Tabla 2. Resultados de la medición de gobierno digital	29
Tabla 3. Ubicación de elemento de piloto, marca Ubicquia.....	43
Tabla 4. Costos asociados al sistema, marca Ubicquia	44
Tabla 5. Ubicación de elemento de piloto, marca Telemetrik.....	44
Tabla 6. Costos asociados al sistema, marca Telemetrik	45
Tabla 7. Costos asociados al sistema, marca Grupo Unión.....	46
Tabla 8. Resumen de costos asociados al sistema antes de IVA.	46
Tabla 9. Ubicación sugerida de los subsistemas del proyecto de ciudades inteligentes.	47
Tabla 10. Personal necesario para la socialización del proyecto.	48
Tabla 11. Especificaciones técnicas mínimas de los subsistemas.....	51
Tabla 12. Resumen comparativo técnico de las propuestas.....	52
Tabla 13. Criterios evaluativos de las propuestas.....	66
Tabla 14. Análisis de condiciones técnicas, marca Telemetrik.	66
Tabla 15. Análisis de condiciones técnicas, marca Grupo Unión.....	68
Tabla 16. Análisis de condiciones técnicas, marca Ubicquia.	69
Tabla 17. Resumen comparativo análisis de condiciones técnicas.	70
Tabla 18. Análisis financiero del costo del suministro del sistema, marca Telemetrik. .	71
Tabla 19. Análisis financiero del costo del suministro del sistema, marca Grupo Unión.	72
Tabla 20. Análisis financiero del costo del suministro del sistema, marca Ubicquia.	72
Tabla 21. Resumen comparativo análisis de condiciones económicas.....	73
Tabla 22. Resumen comparativo de la experiencia en proyectos similares.	73

Tabla 23. Resumen de criterios de evaluación. 74

RESUMEN

Las ciudades inteligentes, o *Smart Cities*, son un tema que a nivel mundial se viene desarrollando hace más de 20 años, y que cada vez se torna más importante a medida que avanza la tecnología y el desarrollo urbanístico de las ciudades; es así como grandes ciudades han comenzado a investigar e implementar sistemas y estrategias para el bien de la comunidad y su desarrollo.

El presente trabajo tiene como objetivo principal estructurar un estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema de *Smart Cities* para el municipio de Envigado, bajo el cumplimiento del actual plan de desarrollo, teniendo en cuenta los pilares de la sostenibilidad y el crecimiento de la población en la zona urbana del municipio, buscado mejores condiciones de vida para los ciudadanos, mejores prácticas de mantenimiento y mejorar los tiempos en la toma de decisiones administrativas.

Las fuentes utilizadas para el desarrollo del presente estudio muestran el avance significativo que ha tenido el desarrollo de soluciones que lleven a una ciudad a catalogarse como inteligente y que mejore las condiciones de vida de sus habitantes, y, a su vez, confirman que el municipio de Envigado cumple con las condiciones para iniciar el proceso de implementación de dichos sistemas.

Es importante resaltar que el desarrollo de este estudio está en concordancia con el plan de desarrollo actual 2024-2027, el cual busca implementar sistemas que impulsen el desarrollo tecnológico del municipio, su conectividad, el cuidado ambiental y las mejores condiciones de vida de sus habitantes.

En conclusión, la posible implementación del proyecto es importante para el desarrollo sostenible del municipio y la calidad de vida de sus habitantes.

Conceptos clave: *Smart Cities*, ciudades inteligentes, plan de prefactibilidad.

ABSTRACT

Smart cities are a topic that has been developing worldwide for more than 20 years, and that is becoming increasingly important as technology and urban development of cities advance. This is why large cities have begun to research and implement systems and strategies for the good of the community and its development.

The main objective of this work is to structure a pre-feasibility study for the implementation of a Smart Cities system for the municipality of Envigado, under compliance with the current development plan, taking into account the pillars of sustainability and population growth in the urban area of the municipality, seeking better living conditions for citizens, better maintenance practices, and improving the times in administrative decision-making.

The sources used for the development of this study show the significant progress that has been made in the development of solutions that lead a city to be classified as smart and that improve the living conditions of its inhabitants, and in turn, confirm that the Municipality of Envigado meets the conditions to begin the process of implementing said systems.

It is important to highlight that the development of this study is in line with the current development plan 2024-2027, which seeks to implement systems that promote the technological development of the municipality, its connectivity, environmental care and better living conditions for its inhabitants.

In conclusion, the possible implementation of the project is important for the sustainable development of the municipality and the quality of life of its inhabitants.

Key concepts: Smart Cities, pre-feasibility plan.

INTRODUCCION

Actualmente hablar de Singapur, Oslo, Copenhague o Tokio, es sinónimo de conectividad, sostenibilidad y buenas prácticas tecnológicas al servicio de los ciudadanos y la operación eficiente de grandes ciudades. De igual manera, en Colombia se vienen implementados proyectos que generen mejores condiciones para sus habitantes desde la tecnología, es así como desde el plan de desarrollo 2024-2027 del municipio de Envigado, se busca implementar sistemas que, integrados, desarrollen el concepto de Envigado Ciudad Inteligente.

La creciente población urbana y desafíos en temas como movilidad, conectividad y cuidado ambiental del municipio de Envigado demandan soluciones innovadoras, es así como la implementación de un sistema de *Smart Cities* surge como una alternativa que logre optimizar los recursos públicos y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, teniendo en cuenta que este municipio es reconocido por su bienestar social y su compromiso con el desarrollo sostenible.

Las ciudades inteligentes, más que una tendencia mundial, representan una necesidad actual para garantizar la calidad de vida de sus habitantes, el mejoramiento continuo de sus procesos y la reducción del impacto ambiental en las ciudades. Dado que desde hace más de 10 años la aglomeración de personas en las áreas urbanas ha ido en aumento, se vuelve imprescindible implementar sistemas y procesos que mejoren la calidad de vida de la población que reside en las ciudades.

Por medio del desarrollo del presente trabajo de grado se estructuró un estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema de *Smart Cities* para el municipio de Envigado, que ayude a la planeación para el avance en la implementación del plan de desarrollo para el bien de la comunidad envigadeña; dentro del estudio de prefactibilidad se realizó el análisis técnico y financiero del proyecto, desde la implementación hasta la fase de mantenimiento, mejorando la percepción en los temas que, según el análisis, son aquellos de mayor impacto social, en este caso, movilidad,

conectividad, medición ambiental, manejo eficiente de la energía y alumbrado público, este último por ser un tema vital para la seguridad del municipio.

El presente trabajo se realizó bajo una metodología cuantitativa y cualitativa, donde se evalúan las condiciones actuales del municipio, la posible tecnología a implementar y su impacto social.

El posible desarrollo de este tipo de proyectos impulsa el desarrollo económico, social y ambiental de los municipios, lo cual está en concordancia con los objetivos del plan de desarrollo de la actual administración, el cual viabiliza los proyectos de inversión de los municipios; pero de igual manera múltiples factores de carácter social son aquellos que impulsan proyectos como este y logran convertirlos en estrategias permanentes de gobernanza y no en proyectos efímeros y sin continuidad.

Para el periodo 2024-2027, el plan de desarrollo “Envigado Vamos Adelante, Amor por la Gente, Amor por Envigado”, aprobado por el Concejo Municipal mediante el proyecto de acuerdo 018 de abril de 2024 (Concejo Municipal de Envigado, 2024), contempla el Proyecto 5.2.3.2: "Generación de estrategias para convertir a Envigado en una ciudad inteligente". Por lo tanto, durante los próximos cuatro años será necesario que la administración municipal realice la prefactibilidad técnico-económica de este proyecto, con el fin de establecer una estrategia que promueva las buenas prácticas necesarias para impulsar el desarrollo de Envigado como un territorio inteligente.

Este plan de prefactibilidad para la implementación de un sistema de ciudades inteligentes en el municipio de Envigado constituye uno de los entregables claves para cumplir con los indicadores de gestión relacionados con los hitos de ciudades inteligentes dentro del plan de desarrollo. Asimismo, desde la academia se busca que el proceso de este plan sea estructurado bajo una investigación soportada en fuentes secundarias y terciarias, que genere credibilidad y contemple las tendencias globales. Esto garantizará que los procesos y tecnologías a implementar sean adecuados a las necesidades del municipio y que no se tornen obsoletos a corto plazo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente es común oír hablar de ciudades inteligentes, *Smart Cities* o *Smart Nation*, basadas en las necesidades tecnológicas generadas por las crisis económicas, geopolíticas y pandémicas luego de lo acontecido durante el año 2020; pero este concepto se viene escuchando desde los años 60 y 70 del siglo pasado como un concepto futurista, donde se visualizaba la tendencia de la población a urbanizar las ciudades, ya que esta, a su vez, va a requerir mejor conectividad, movilidad asequible y accesible, sistemas integrados, condiciones ambientales favorables, procesos y procedimientos que mejoren su calidad de vida.

Teniendo en cuenta la migración en las últimas décadas a la zona rural, lo que significa nuevos retos en desarrollo urbano, gobernanza, infraestructura de transporte, conectividad y medioambiente, es inevitable implementar estrategias o proyectos que mejoren la calidad de vida de los habitantes de las ciudades en el marco de la sostenibilidad.

El 28 de abril del 2022 la UE lanza la iniciativa “100 ciudades climáticamente neutras e inteligentes” (Unión Europea, 2022), la cual finalizará en 2030; posterior a esta fase, se busca para el año 2050 que todas las ciudades de la UE sean climáticamente neutras e inteligentes. En esta primera fase ciudades como Luxemburgo, Croacia, Malta, Estonia, República Checa, Chipre, entre otras, se ven beneficiadas de asesoramiento, financiación, pruebas piloto, fomento de grupos de I+D+i, visibilidad de las iniciativas a nivel mundial, entre otras estrategias apalancadas desde el marco de esta iniciativa.

Ciudades como Londres, París, Berlín, Ámsterdam, Oslo y Copenhague son, según el índice IESE Business School Universidad de Navarra, *Cities in motion* (Business School Navarra, 2022), lo que significa que están entre la 10 ciudades inteligentes del mundo; esto se ratifica en el reporte de ciudades inteligentes dado por el International Institute for Management Development (IMD) (World Competitiveness Center, 2023), donde se evidencia que Europa ha investigado e implementado estrategias y proyectos de ciudad que aporten a ser categorizadas como ciudades inteligentes desde hace varios

años, lo que ha generado una eficiencia notoria en temas tan importantes como los energéticos.

En el resto de los países, el avance tecnológico se ha generado luego de las iniciativas europeas, es por esto por lo que al revisar los *rankings* mundiales se evidencia menor presencia de las ciudades de los otros continentes.

Es importante analizar que, según los *rankings* mundiales, la mayor participación de ciudades es europeas: según el IESE, de las 20 primeras posiciones 12 son ciudades europeas, y solo hasta la posición 103 ingresa una ciudad latinoamericana, al igual que en el *ranking* IMD Smart City Index Report 2023, donde la posición 1023 es ocupada por Buenos Aires. Desde esta estadística se puede inferir que las ciudades latinoamericanas son las que tienen el mayor desafío para impulsar el desarrollo sostenible en sus territorios.

En Latinoamérica se hacen notorios los avances tecnológicos en ciudades como Bogotá, Ciudad de México, Buenos Aires, Sao Paulo, Santiago de Chile y Medellín, pero estos no son suficientes, tal como se menciona en el artículo *Deconstruyendo el concepto de Smart Cities* (Ferrer & Castillo, 2021): Latinoamérica, siendo más receptora de tecnología que productora, debe tener claras las condiciones y los objetivos de las tecnologías a implementar para que de este modo los gobiernos desarrollen sistemas que impacten positivamente en el ámbito ambiental y social, y que cada sistema o tecnología a implementar sea el camino para modelos de ciudad más humanos y colaborativos, de este modo los ciudadanos se apropian de las tecnologías y las hacen parte de su cotidianidad.

Envigado es un municipio antioqueño de primera categoría y hace parte de los 10 municipios del Valle de Aburrá; esta es la segunda aglomeración urbana de Colombia después de Bogotá Distrito Capital, de ahí la importancia de su desarrollo. El municipio de Envigado cuenta con 249.800 habitantes según la ficha *Aburrá en datos* y el censo nacional de población y vivienda DANE 2018 (Gobernación de Antioquia, 2022), de los cuales solo el 3,3% vive en el sector rural, a pesar de que este es el 80% del territorio envigadeño.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante que el municipio de Envigado inicie el proceso para implementar sistemas que lo conviertan en una ciudad inteligente, que mejore la calidad de vida de sus habitantes sin comprometer los recursos naturales para las generaciones futuras; iniciar el proceso de planificación desde la prefactibilidad del proyecto hace que se genere un plan de implementación con un objetivo claro para el bien del municipio y de sus habitantes.

Este proceso de planificación estratégica debe ir acorde con el plan de desarrollo de Envigado y tiene que ser un proceso de base tecnológica, con participación ciudadana y flexible, sostenible en el tiempo, con innovación que mejore la eficiencia de los servicios y apalanque la relación del Estado y la empresa privada.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Estructurar un estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema de *Smart Cities* para el municipio de Envigado que apoye el cumplimiento del plan de desarrollo 2024-2027.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio del entorno y sector bajo la metodología PESTEL.
- Efectuar un estudio de mercado de las tendencias mundiales de la implementación de sistemas para mejoramiento de procesos para ciudades inteligentes, que permita definir el producto, precio de los oferentes, plaza y promoción.
- Elaborar el estudio técnico que permita determinar la localización, tamaño e ingeniería bajo las tecnologías, procesos y procedimientos relacionados a la implementación de sistemas de *Smart Cities* aplicables para un municipio como Envigado.
- Desarrollar el estudio administrativo y organizacional en el que se defina el organigrama, cargos y perfiles que demande este estudio.
- Investigar la normativa legal vigente aplicable a la implementación de sistemas de *Smart Cities* a nivel nacional e internacional.
- Levantar el estudio financiero que permita contar con los respectivos presupuestos, la tabla de evaluación con sus pesos y ponderaciones para la adjudicación.

3. MARCO CONCEPTUAL

Para el correcto desarrollo de un proyecto como este es necesario conocer los conceptos básicos que están involucrados en la investigación, los cuales ayudan a entender el problema, buscar una solución y a futuro cuantificar o cualificar su impacto, en este caso, social, ambiental y financiero.

Es importante definir o aclarar el concepto de plan de prefactibilidad, para tener claro el alcance del presente trabajo, toda vez que este está enmarcado en un contexto de aplicación para el sector público y todo lo que ello implica, además del compromiso que se adquiere al revisar la importancia y los beneficios de la implementación de un proyecto de impacto al interior de la administración municipal, pero, a su vez, las mejoras procedimentales y sistemáticas para la comunidad.

Según Baca Urbina (2013), el objetivo de este plan es determinar el potencial de éxito antes de realizar la inversión de recursos. Las variables para revisar según esta definición son la tecnología necesaria, la demanda del mercado, en este caso de la comunidad quien deberá garantizar el éxito del proyecto por medio de su apropiación del sistema, y los costos estimados para su implementación, lo cual generará el plan de implementación y su plazo en el tiempo. Esta definición se acerca más al contexto público del presente trabajo, pues habla de cuidar la inversión de los recursos.

Otra definición interesante y aplicable para este contexto es la dada por Gitman y Zutter (2012): es la fase preliminar de un estudio donde se identifican los riesgos y las oportunidades para el desarrollo de un proyecto, de este modo y de manera concluyente se puede revisar si amerita una evaluación detallada para viabilizar el proyecto; a su vez se complementa con la definición dada por Krzener (2013), donde según su concepto, en este análisis se debe identificar y evaluar los aspectos clave del proyecto, esto incluye los análisis técnicos, ambientales y financieros y los indicadores que reflejen el alcance del proyecto.

Debemos analizar a su vez, según el alcance actual, cuál sería el plan para implementar posterior a este proyecto, por lo tanto, se enlaza al concepto de factibilidad.

Para Servio, Roberto y Antonia (2016), el plan o análisis de factibilidad es un subproceso de iniciación, donde se inicia con la construcción del proyecto, se planifican las tareas y sus recursos, y a su vez se generan los criterios básicos que en concordancia con la proyección estratégica sirvan para crear los indicadores de costo, tiempo, calidad, logística, sociales, ambientales y de desempeño que garanticen el éxito del proyecto.

De este mismo modo es importante revisar la definición de proyecto de inversión pública o, como lo caracteriza Orozco (2013), proyecto de inversión social, el cual lo define como un proyecto cuya finalidad es mejorar el bienestar de una comunidad a través de la prestación de un servicio o del suministro de un bien, lo que es semejante al objetivo del proyecto final, objeto del presente plan de prefactibilidad. Este mismo autor define que los proyectos se generan por etapas: la idea, preinversión, inversión y operación.

De acuerdo con el planteamiento inicial, desde la prefactibilidad, es conveniente definir la metodología de gestión de proyectos a implementar; las metodologías más implementadas son:

- Metodología ONUDI (Organización para las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) (<https://www.cancilleria.gov.co/internacional/politica/economico/onudi>, 2024). Este es un organismo cuyo objetivo es promover el desarrollo industrial de los países emergentes con economías en desarrollo, igualmente trabaja para implementar estrategias que mejoren las condiciones de vida en los países más pobres del mundo. La ONUDI es un organismo de cooperación técnica que genera apoyo especializado para la ejecución de proyectos bajo una metodología estandarizada ordenada, confiable y sistémica.
- Metodología PMI (Project Management Institute), (Project Management Institute, Inc, 2024); es una institución norteamericana, fundada en 1969, para profesionales de proyectos en todo el mundo. La sede de esta institución está en Pensilvania, USA. Esta metodología está basada en estandarizar la dirección de proyectos, por medio de certificaciones, donde su metodología se basa en la administración y control de proyectos. Por medio del PMBOK (*A Guide to the*

Project Management Body of Knowledge), se desarrolló una guía de los fundamentos para la dirección de proyectos.

- Metodología del Marco Lógico (MML) (Fredy Eduardo & Juan Diego, 2017), es una metodología basada en resultados, donde se trabaja bajo las siguientes etapas: conceptualización, diseño, ejecución, seguimiento y evaluación. Esta tiene origen en el año 1969, en una firma consultora que fue adaptada por la GTZ (Cooperativa técnica alemana) bajo el método “Planificación de proyectos orientada a objetos” (ZOPP).

Esta metodología vincula las acciones resultado del proyecto con las razones que se analizaron para su creación, y a su vez permite relacionar los responsables del programa o proyecto con los indicadores, para de esta manera poder revisar si el programa o proyecto está alineado con los objetivos iniciales y los resultados esperados.

- Metodología PM4R (Project Management for Results) del Banco Interamericano de Desarrollo (Banco Interamericano de Desarrollo, 2024), es una metodología principalmente dirigida a proyectos de inversión pública y están enlazados con la metodología validada por el PMI, y su enfoque es mitigar los riesgos operativos y administrativos de los proyectos.

Para poder lograr el objetivo del presente proyecto es necesario realizar un análisis que incluya pronosticar, explorar y vigilar el entorno. Según Martínez Pedros (2012) las estrategias deben surgir del análisis de la situación general de la sociedad que detecten los acontecimientos y tendencias clave del presente, pasado y futuro, y bajo este análisis examinar el impacto de los factores externos que afecten los resultados de los proyectos públicos, de este modo, es importante que la sociedad sea parte activa de la explotación del entorno y del análisis de sus necesidades.

Adicional es necesario realizar un análisis del sector (Grant, 2019), el cual se define como la evaluación de las características y dinámicas, en este caso para el sector público, identificando los factores más importantes para el rendimiento en este sector. Es importante definir la estructura de mercado, y aún más relevante las tendencias

económicas y sociales, y determinar las oportunidades y amenazas del sector y su entorno.

Este proyecto debe considerar, a su vez, el estudio de mercado, el cual consiste (Malhotra, 2007) en un proceso sistémico donde se recopilan, analizan e interpretan datos de un mercado, para este caso el mercado tecnológico aplicado al sector público, y, de este modo, entender los comportamientos, dinámicas y necesidades, para finalmente con este análisis poder tomar decisiones para la implementación de estrategias, procesos y procedimientos que ayuden al desarrollo del proyecto.

Para el estudio técnico se concuerda con la definición dada por Santos (2008), *Estudio de factibilidad de un proyecto de inversión: etapas en su estudio*, donde indica que este consiste en analizar y definir las alternativas posibles para llevar a cabo el proyecto, teniendo en cuenta su viabilidad técnica: este análisis es la base para determinar los costos de inversión y aún más importantes los costos de operación.

Según López Parra (2008), un estudio administrativo y organizacional es el que genera las herramientas que son base para los administradores del proyecto; en este estudio se realiza la planeación estratégica que define la ruta para alcanzar los objetivos del proyecto, a su vez define el organigrama y la planeación de recursos humanos que esté en concordancia con el logro de los objetivos del proyecto; así mismo en el análisis administrativo se estudia el aspecto legal, fiscal, laboral y ecológico que se debe tener en cuenta en la organización para dar inicio al proyecto.

Teniendo en cuenta que este proyecto es de inversión pública se debe tener en consideración un estudio legal que, según Valencia y Pinto (2013), es el análisis para determinar la existencia de restricciones para la ejecución del proyecto, relacionadas con la normatividad y la reglamentación pública.

También se debe considerar un estudio financiero que, según Espinoza (2010), tiene como objetivo determinar mediante indicadores financieros la rentabilidad del proyecto, y para esto es necesario conocer los costos de inversión inicial y los costos asociados a la operación. Para realizar este análisis se debe tener en cuenta el estudio de mercado y el estudio técnico para definir los costos operacionales, de igual manera

se debe tener en consideración que este proyecto es de inversión pública, y tiene como objetivo solucionar problemas de índole social o económica para el bienestar de la población, por lo que no se espera recibir rendimientos en términos financieros, pero sí se deben obtener mejores indicadores medibles sociales y económicos. Estos proyectos son llamados de bienes meritorios y están relacionados con los servicios prestados por el Estado, en este caso en tecnología, para contribuir al desarrollo social y económico del municipio de Envigado.

La evaluación financiera del proyecto, haciendo alusión a la definición dada por Mokate (2004), es el análisis donde se identifica desde el punto de vista del inversionista, en este caso el Estado, la inversión y la rentabilidad, la cual en este caso se ve reflejada en los indicadores de percepción social del municipio, por lo tanto, la evaluación financiera juzga el flujo de fondos generados por un proyecto, y, en este caso, es el equilibrio entre lo invertido y lo esperado por la sociedad.

***Smart Cities* o ciudades inteligentes**

En cuanto al tema principal del presente trabajo, las *Smart Cities* o ciudades inteligentes, Sierra Cadena (2021) señala que la definición de ciudad inteligente es muy amplia y se va actualizando a través de los años. Sostiene que una ciudad inteligente es aquella que se caracteriza por la interconexión entre la administración pública, la ciudadanía, el sector público y privado, transfiriendo información de forma rápida y segura para la toma de decisiones, pero a su vez debe contribuir con el desarrollo social, humano y ecológico de la ciudad.

Otra definición de *Smart Cities* es la dada por el BID (Bouskela & Marcia Casseb, 2016), donde ubica a las personas como ejes del cambio y centro del desarrollo, incorporando tecnología y comunicación a la gestión urbana que estimulen al objetivo de tener ciudades más innovadoras, competitivas y resilientes que mejoren la calidad de vida de sus habitantes.

Es importante considerar la definición dada desde el Ministerio de Telecomunicaciones (Cruz, 2023) donde definen que una ciudad es inteligente en la

medida que garantiza con sus acciones la sostenibilidad y la inclusión, buscando el bienestar común.

4. MARCO METODOLÓGICO

Según lo expresado por Hernández Sampieri y Paulina (2023) el enfoque cuantitativo en la metodología conlleva a la formalización y delimita el alcance, de la misma manera se debe realizar previamente investigación, exploración y descripción de fenómenos, hechos y variables, resolver problemas y desarrollar tecnología; así mismo se considera que el presente proyecto debe contener un análisis cualitativo teniendo en cuenta el impacto de ciudad que se puede lograr al implementar un sistema de ciudades inteligentes en Envigado.

Como el estudio de prefactibilidad para este proyecto tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo, dado que se trabajarán datos estadísticos, elaboración de presupuestos, cálculos para resultados financieros, entre otros, y es cualitativo porque se tomará información de registros de varios documentos que deben ser analizados, interpretados para su aplicación objeto de este proyecto, teniendo en consideración el uso de la ciudadanía, este análisis debe tener en cuenta el análisis descriptivo, para poder llegar a conocer las situaciones, costumbres y posibles actitudes a través de las actividades, objetos y procesos a analizar (Guevara & N, 2020).

De igual manera, es importante realizar a través de este proyecto el análisis deductivo de la problemática y su posible solución, tal como lo dice G. D. N. (2006): donde se hallan los recursos para unir la teoría y la observación, permitirá deducir a partir de la teoría los fenómenos de ciudad a observarse. Para este estudio de prefactibilidad se tomaron en cuenta las siguientes fuentes de información para cada uno de los estudios, según los siguientes cuadros:

Estudio de entorno y del sector

Metodología	Fuente	Ubicación
Para este estudio se trabajó la metodología PESTEL, donde se tuvo en consideración:	Páginas Web, Libros y Artículos de revista.	(Martínez Pedrós, 2012) (Trenza, 2020) (Analysis, 2022)

Estudio del mercado

Metodología	Fuente	Ubicación
Para el estudio de mercado, se realizó un análisis cualitativo.	Páginas Web, libros	(Fernández, Estudio de Mercado, 2017) (Santos, Estudio de Prefactibilidad de un proyecto de inversión: etapas en su estudio, 2008)

Estudio técnico

Metodología	Fuente	Ubicación
Este estudio se realiza bajo una metodología cuantitativa.	Página web, libro	(Ruiz C. d., 2017) (Urbina, 2011)

Estudio administrativo y organizacional

Metodología	Fuente	Ubicación
Para este fin, se implementa una metodología cuantitativa y cualitativa.	Página web, artículos	(Oriana García Osorio, 2014) (M. E. Parra, 2008) (N, 2007)

Estudio legal

Metodología	Fuente	Ubicación
Se utiliza para el estudio legal la metodología cualitativa.	Revistas, páginas web	(Ruiz C. d., 2017) (Wilson, 2005)

Evaluación financiera

Metodología	Fuente	Ubicación
Bajo la metodología cuantitativa se analiza:	Artículos	(Tito Duarte, 2007) (Arias Montoya Leonel & Carlos, 2006)

5. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE *SMART CITIES* PARA EL MUNICIPIO DE ENVIGADO

5.1. ESTUDIO DEL ENTORNO Y SECTOR

5.1.1. Político

Envigado es un municipio perteneciente al departamento de Antioquia, que a partir del mejoramiento del sistema de transporte y con la llegada del ferrocarril en 1924 y del tranvía en 1928 (Antioquia, s.f.) inició su proceso de industrialización. Adicional a esto en el año 2016 ingresa a la mesa de la junta directiva del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Aburrá Á. M., Area Metropolitana del Valle de Aburrá, 2024). Dichos esquemas son catalogados como asociativos territoriales, y su fin es la programación y coordinación del desarrollo humano y sustentable, ordenamiento territorial y racional prestación de servicios públicos que requieren una administración coordinada.

Para el periodo comprendido entre 2024 al 2027 el Área Metropolitana del Valle de Aburrá tiene un plan de gestión (Aburrá A. M., 2024), determinado por un propósito superior que es mejorar la calidad de vida de sus habitantes basados en la sostenibilidad. Según el Acuerdo 027 de 2003, se reglamentó el 14 de julio de 1775 como el día oficial de la fundación del municipio, lo que indica que para el año 2024 cumplió 249 años de ser nombrado municipio antioqueño. Con una población de 249.800 habitantes, Envigado es catalogado como un municipio de primera categoría según la Ley 617 de 2000 (Senado de la República, 2000) teniendo en cuenta número de habitantes, situación económica, ingresos corrientes de libre destinación y ubicación geográfica.

En Envigado son elegidos por voto popular el alcalde y los concejales; en octubre del 2023 fueron electos 17 concejales y el alcalde para el periodo 2024-2027. El 27 de mayo del 2024 fue aprobado, mediante Acuerdo 017, el plan de desarrollo "Envigado Vamos Adelante, Amor por la Gente, Amor por Envigado" (Envigado C. M., 2024), en el cual se contempla el Proyecto 5.2.3.2: "Generación de estrategias para convertir a Envigado en una ciudad inteligente" (Envigado m. d., 2024).

Desde una perspectiva política, es fundamental destacar que el proyecto de ciudades inteligentes y su desarrollo cuentan con el respaldo tanto del Concejo Municipal como del plan de desarrollo. Este respaldo no solo valida la importancia de la iniciativa, sino que también establece un marco de apoyo institucional que facilita su ejecución y optimiza la asignación de recursos. Gracias a este respaldo, el equipo administrativo municipal se ve impulsado a estructurar, ejecutar, implementar y operar la iniciativa de manera eficiente, garantizando que todas las fases del proyecto se alineen con las políticas públicas vigentes y con los objetivos estratégicos del municipio. Esta integración estratégica permite que el proyecto no solo responda a las necesidades actuales de la población, sino que también anticipe los retos del futuro, como la sostenibilidad ambiental y la mejora de la calidad de vida urbana. Además, la inclusión del proyecto dentro del plan de desarrollo local ofrece una visión integral y sostenible, promoviendo la colaboración interinstitucional para abordar de manera conjunta las diversas dimensiones del desarrollo urbano: tecnológica, social, económica y ambiental. Así, los avances tecnológicos y la infraestructura de las ciudades inteligentes no solo buscan mejorar la eficiencia de los servicios urbanos, sino también generar un impacto positivo en el bienestar de la población, promoviendo la equidad, el acceso a servicios públicos de calidad y el fomento de la participación ciudadana. En este contexto, la colaboración entre las diversas entidades políticas y administrativas, tanto a nivel local como regional, se convierte en un factor clave para la materialización exitosa de esta iniciativa, asegurando que el proyecto se mantenga en el marco de una visión de desarrollo a largo plazo y con un enfoque integral que beneficie a todos los sectores de la sociedad.

5.1.2. Económico

El municipio de Envigado es catalogado como un municipio de primera categoría, tanto por sus ingresos corrientes de libre destinación como por el número de habitantes, lo que refleja su estabilidad y crecimiento en diversas áreas. La agencia internacional Fitch Rating, una de las tres agencias de calificación crediticia más importantes del mundo, reafirmó el 8 de mayo de 2024 (Fitch Rating, 2024) las calificaciones nacionales

de corto y largo plazo en “AAA(Col)” y “F1+(Col)”. Estas calificaciones indican que la economía de Envigado es sólida y estable, lo que refuerza la confianza de inversionistas y entidades financieras en el municipio. Además, este nivel de calificación refleja una gestión fiscal responsable y un entorno económico favorable, lo que permite a Envigado mantenerse como un referente dentro del contexto regional. La afirmación de Fitch Rating también destaca que, a pesar de los desafíos que pueden presentar el aumento del gasto en inversión social, las métricas de sostenibilidad de la deuda para el municipio siguen estando dentro de los niveles más fuertes del país. Este resultado resalta que, si bien ha habido un deterioro en la cobertura del servicio de la deuda, debido al incremento en los esfuerzos de inversión en áreas clave como la infraestructura y los programas sociales, el municipio mantiene una capacidad adecuada para gestionar sus compromisos financieros a largo plazo. En consecuencia, las políticas fiscales y el manejo eficiente de los recursos públicos continúan siendo fundamentales para preservar la estabilidad económica y continuar promoviendo el bienestar de la población.

Se puede concluir que la economía municipal, según el ente calificador, se considera estable debido a su sólido desempeño financiero. Un indicador clave de esta estabilidad es el valor agregado municipal per cápita, que supera ampliamente el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita nacional, lo que refleja una capacidad económica local robusta y una generación de riqueza superior al promedio nacional. Esta diferencia en los indicadores demuestra que el municipio ha logrado mantener un crecimiento económico por encima de la media nacional, lo que le permite contar con mayores recursos para financiar sus proyectos y políticas públicas.

Además, los ingresos operativos del municipio, que provienen principalmente de los impuestos, muestran un comportamiento creciente en una proporción similar al crecimiento del PIB nacional. Este incremento en los ingresos fiscales no solo es un reflejo de la estabilidad económica, sino también de la capacidad del municipio para generar recursos de manera sostenible a través de su sistema tributario. Este crecimiento está vinculado a una gestión fiscal eficiente y a políticas que fomentan la formalización de la economía local, asegurando que los recursos se destinen a las áreas clave del desarrollo urbano y social. De esta manera, el municipio puede seguir afrontando los

desafíos económicos y sociales con mayor solvencia, mientras mantiene un entorno fiscal saludable.

5.1.3. Social

Según la ficha municipal Municipio de Envigado Aburrá en datos (Aburrá A. M., www.metropol.gov.co, 2020), Envigado cuenta con un área municipal de 78,80 km², 41 barrios y 6 veredas; cuenta con 249.800 habitantes de los cuales solo el 3,3% pertenecen al sector rural. Cuenta con 16 Instituciones educativas oficiales y 19 instituciones no oficiales, con un cubrimiento del 98,7% de la población.

El estrato socioeconómico de mayor impacto en el municipio es el estrato 3 (44%); cabe resaltar que los servicios públicos como energía eléctrica y acueducto llegan a un 97,8% de la población. Las principales actividades económicas son comercio, industria, servicios y turismo, siendo el principal sector el de servicios.

El proyecto de ciudades inteligentes en el municipio de Envigado tiene un alto impacto social al transformar la calidad de vida de sus habitantes a través de la integración de tecnologías innovadoras que optimizan los servicios urbanos prestados por la administración. Con el uso de tecnologías avanzadas, como el internet de las cosas (IoT), entre otras, el municipio puede mejorar la gestión de servicios públicos esenciales como el transporte, el alumbrado público, la recolección de residuos, la seguridad, la medición medioambiental, entre otros. Esto no solo facilita la vida cotidiana de los ciudadanos, sino que también promueve una mayor equidad al asegurar que estos servicios lleguen de manera más eficiente a todas las zonas del municipio, incluidas las áreas rurales y de difícil acceso. Además, la implementación de infraestructuras inteligentes fomenta la participación ciudadana al permitir una mayor interacción con la administración municipal, ya que las plataformas digitales permiten a los ciudadanos reportar problemas, brindar retroalimentación y participar en la toma de decisiones sobre el desarrollo urbano del municipio. De este modo, el proyecto contribuye a la cohesión social, reduciendo brechas entre diferentes grupos de la población y promoviendo un ambiente más inclusivo y participativo. A largo plazo, la mejora en la infraestructura

tecnológica también tiene el potencial de generar nuevas oportunidades laborales, impulsando el desarrollo económico local y brindando a los habitantes de Envigado las herramientas necesarias para acceder a nuevas oportunidades en un mundo digital cada vez más interconectado. Así, el proyecto no solo busca modernizar la infraestructura de la ciudad, sino también fortalecer el tejido social, asegurando que los beneficios del progreso tecnológico sean accesibles para todos.

5.1.4. Tecnológico

Dentro del Plan Integral de Desarrollo Metropolitano 2021-2032, desde la implementación tecnológica, se tiene contemplado en el plan de desarrollo municipal:

Tabla 1. Objetivos estratégicos y líneas dentro del plan de desarrollo del municipio de Envigado 2024-2027, para la línea estratégica 5.

Línea estratégica 5	Aburrá competitiva e inteligente	El Valle de Aburrá es un territorio en el que la ciencia, la tecnología, y la innovación, dinamizadas desde las Universidades, las empresas, el Estado y la Comunidad, promueven y desarrollan nuevas vocaciones territoriales fundamentadas en los principios de la economía circular y en la gestión del conocimiento a partir de lo cual nos reconocemos como una sociedad competitiva e inteligente.	La Línea Estratégica 2: <i>Envigado con oportunidades y prosperidad</i> prioriza acciones para promover la educación, desarrollo de capacidad, el emprendimiento, competitividad e innovación, en armonía con las plataformas logísticas regionales, e integración de la logística urbana de transporte metropolitano. La Línea Estratégica 5: <i>Envigado innovador e integrador</i> incluye acciones dirigidas al fortalecimiento de las prácticas de innovación para ampliar el alcance de temas relacionados con ciencia y tecnología para la investigación y el desarrollo, tanto en el ámbito académico como en el sector productivo.
---------------------	----------------------------------	--	---

Fuente: Plan de desarrollo (Envigado M. d., 2024)

Tabla 2. Resultados de la medición de gobierno digital

Resultados de la Alcaldía Municipal de Envigado en la Medición del Índice de Gobierno Digital de la vigencia 2022	
Índice de Gobierno Digital	80,0
Gobernanza	50,0
Innovación Pública Digital	86,1
Arquitectura	76,3
Seguridad y Privacidad de la información	81,1
Servicios Ciudadanos Digitales	0,0
Cultura y apropiación	92,5
Servicios y Procesos Inteligentes	53,9
Estado abierto	97,7
Decisiones basadas en datos	65,7
Proyectos de Transformación Digital	100,0
Estrategias de Ciudades y Territorios Inteligentes	No disponible

Fuente: Plan de desarrollo (Envigado M. d., 2024)

El proyecto de Envigado, Ciudad Inteligente, es esencial para el impulso de un desarrollo urbano más sostenible, eficiente e inclusivo, en sintonía con las líneas estratégicas del plan de desarrollo municipal. Este proyecto responde directamente a las necesidades emergentes de una ciudad moderna que busca optimizar el uso de sus recursos y ofrecer una mejor calidad de vida a sus habitantes. A través del uso de tecnologías avanzadas, la inteligencia artificial y la automatización, el municipio podrá mejorar la gestión de servicios públicos fundamentales, tales como el transporte, la gestión de residuos, la seguridad y el alumbrado público. Estas acciones no solo aumentarán la eficiencia de los recursos, sino que también reducirán costos operativos y disminuirán la huella ecológica del municipio, alineándose con los objetivos de sostenibilidad establecidos en el plan de desarrollo.

Además, al estar incluido como un componente clave dentro de las líneas del plan de desarrollo de Envigado, el proyecto de Ciudad Inteligente refleja un compromiso integral con el bienestar social y económico de la comunidad. Este tipo de iniciativas fomentan la participación ciudadana mediante plataformas digitales que permiten a los residentes interactuar con las autoridades locales, presentar solicitudes, reportar incidencias y recibir información en tiempo real sobre los servicios municipales. Este enfoque no solo facilita una gestión pública más eficiente y transparente, sino que

también fortalece la cohesión social y promueve un sentido de pertenencia entre los ciudadanos.

El impulso de este proyecto desde el plan de desarrollo también está orientado a generar nuevas oportunidades económicas, impulsando la innovación y la creación de empleo en sectores clave como las tecnologías de la información, la gestión inteligente de la energía y la infraestructura urbana. De esta forma, Envigado no solo se moderniza en términos de infraestructura, sino que se posiciona como un modelo de Ciudad Inteligente que responde a los desafíos contemporáneos y se adapta a las tendencias globales de urbanización y sostenibilidad. Así, el proyecto no solo busca mejorar la infraestructura tecnológica, sino que también promueve el desarrollo social y económico del municipio, garantizando que los beneficios sean accesibles para todos los sectores de la población, contribuyendo a un desarrollo equitativo y a largo plazo.

5.1.5. Ecológico

Teniendo en cuenta que la implementación del proyecto de *Smart Cities* en Envigado debe estar enmarcado en los pilares de la sostenibilidad, se debe tener en consideración la biodiversidad en flora y fauna que tiene el municipio, por lo tanto es importante tener claro el impacto que se logre con la implementación de este proyecto, dado que puede alcanzar una visión integral del monitoreo ambiental, lo cual es clave porque Envigado forma parte del Área Metropolitana y participa en el Sistema de Alerta Temprana (SIATA), un proyecto de ciencia y tecnología dedicado a monitorear las condiciones medioambientales de la región. Envigado cuenta con una unidad de monitoreo automática en la E.S.E. Santa Gertrudis que reporta mediciones cada hora, y estas son catalogadas en laboratorios de menor formato para la toma de muestras, análisis y envío de información a la central ubicada en el edificio principal del Área Metropolitana. Este monitoreo está regulado por la norma NTC-ISO/IEC 17025, y estos datos pueden ser observados desde la aplicación y en el geo portal en tiempo real, tal como se muestra en la siguiente imagen.

Ilustración 1. Estación de monitoreo SIATA Santa Gertrudis



Fuente: Página SIATA (Aburrá Á. M., www.siata.gov.co, 2024)

Siendo el Valle de Aburrá la segunda densidad poblacional del país se debe tener en cuenta que la ubicación dentro de una cadena de montañas, o valle estrecho, afecta la dispersión de gases, material particulado de la industria, el transporte y el consumo de los hogares. Teniendo en cuenta que las condiciones actuales de la calidad del aire en el Valle de Aburrá no son las mejores (Aburrá A. M., www.metropol.gov.co, 2024), estas son determinadas por la migración de población al sector urbano, los hábitos de consumo, la forma de movilización y cómo generamos energía y la demanda de esta, sumándole a la falta de conciencia del impacto que esto genera en la calidad del aire.

Las condiciones climáticas del Valle de Aburrá inciden en la concentración de contaminantes atmosféricos que pueden ser medibles en caso dado en un sistema integrado de ciudad o *Smart Cities*; estas posibles señales a monitorear son temperatura, humedad relativa, nubosidad, dirección del viento, presión atmosférica, química atmosférica, etc.

El monitoreo ambiental es fundamental para municipios como Envigado, ya que permite gestionar y preservar los recursos naturales, asegurando un equilibrio entre el desarrollo urbano y la sostenibilidad ecológica.

Dada su ubicación en una región de gran biodiversidad y su proximidad a áreas naturales protegidas, adicional al crecimiento poblacional urbano, el municipio enfrenta desafíos relacionados con la calidad del aire, el transporte y la gestión de residuos, entre otros. Implementar un sistema de monitoreo ambiental eficiente permite detectar a tiempo problemas como la contaminación, la deforestación y el cambio en los patrones climáticos, lo que facilita la adopción de medidas correctivas y preventivas.

5.1.6. Legal

A nivel nacional, en el marco del Congreso Nacional de Municipios de 2022, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones socializó la Resolución 01117 del 5 de abril de 2022, la cual formaliza los lineamientos generales para la implementación y adopción de la estrategia de Ciudades Inteligentes y Territorios Inteligentes que hace parte de la política pública de Gobierno Digital.

Dicha resolución aplica para el municipio de Envigado, pues establece los lineamientos para la implementación de la estrategia de ciudades y territorios inteligentes en Colombia; en esta resolución se incluye:

- Modelo de medición de madurez, que permite identificar el estado actual del territorio, necesidades, metas y desafíos.
- Planteamiento de un acompañamiento técnico para formular el proyecto y las estrategias de ciudad y territorio inteligente.
- Parámetros para cofinanciación de proyectos de implementación de ciudades y territorios inteligentes.

En conclusión, en el estudio de entorno y sector se analizaron las siguientes aristas, de las cuales se concluye que bajo los parámetros analizados el proyecto se viabiliza desde lo político, económico, legal y ambiental, y supone un reto en lo social para convertirlo en un proyecto de impacto a la comunidad envigadeña. A continuación, se aprecian los aspectos favorables (color verde) inciertos (color amarillo) y no favorables (color rojo):

Campo			
Político	<p>Pertenece al Área Metropolitana y el proyecto está alineado con su plan estratégico 2024-2027.</p>	<p>El proyecto 5.2.3.2 está contemplado dentro del plan de desarrollo “Envigado, Vamos Adelante, Amor por la Gente, Amor por Envigado”.</p>	<p>Freno al indicador del plan de desarrollo por prioridades diferentes al proyecto de ciudades inteligentes.</p> <p>Posible estado de emergencia que obligue de manera mandataria al uso específico de los recursos.</p> <p>Directrices mandatarias del Gobierno nacional referentes a las políticas públicas.</p>
Económico	<p>Calificación nacional a corto y largo plazo AAA(Col) y F1+(Col), lo que indica que la economía del Municipio es sólida y estable.</p> <p>Sólido desempeño financiero.</p>	<p>Posible incremento en el ingreso operativo del municipio.</p>	<p>Aumento del gasto de inversión.</p> <p>Deterioro en la cobertura del servicio a la deuda</p>
Social	<p>Posible transformación en la calidad de vida de los habitantes de Envigado que en su mayoría son estrato 3 (44%).</p> <p>Por medio de la mejora de la infraestructura tecnológica, generar nuevas oportunidades laborales.</p>	<p>Adaptabilidad social a las herramientas tecnológicas.</p>	<p>Fallas inherentes al sistema que generen falta de confianza en la tecnología.</p>

Tecnológico	Viabilidad dentro del plan de desarrollo 2024-2027. Mejorar la gestión de servicios, a través del uso de tecnologías.	Crecimiento de la población urbana del municipio, lo que obliga a implementar estrategias para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Adaptación a las tendencias globales tecnológicas.	Integración del proyecto con tecnologías existentes.
Ecológico	El proyecto de ciudad inteligente debe estar enmarcado en los pilares de la sostenibilidad. Realizar mediciones ambientales, genera toma de decisiones más acertadas.	Integración de monitoreo de señales ambientales. Integración a sistemas existentes.	Parametrización de las variables a monitorear.
Legal	Aval nacional con la Resolución 01117 del 5 de abril de 2022.		Posible cambio repentino de la normativa durante la ejecución del proyecto.

5.2. ESTUDIO DE MERCADO

Un estudio de mercado se define, según Fernandez (2017), como una investigación a todo nivel, con similitud a la investigación periodística; este estudio genera bases más sólidas o reales de las expectativas de un proyecto que requiere esfuerzo económico.

Con el siguiente cuadro se analiza bajo las 5 fuerzas de Porter el comportamiento del mercado de tecnología a implementar en ciudades inteligentes, haciendo énfasis en

municipios como Envigado. Este enfoque permite evaluar de manera integral los factores que influyen en la competitividad del sector tecnológico en el contexto de las ciudades inteligentes, particularmente en la adaptación de infraestructura y servicios en áreas urbanas en crecimiento. A través de las cinco fuerzas, se puede observar la intensidad de la competencia, la amenaza de nuevos entrantes, el poder de negociación de los proveedores y los compradores, y la amenaza de productos sustitutos, factores clave para comprender cómo las empresas tecnológicas pueden posicionarse en un mercado que requiere innovación constante. En el caso específico de Envigado, un municipio que está en proceso de modernización e implementación de nuevas tecnologías para mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos, el análisis de estas fuerzas permite identificar tanto los retos como las oportunidades que se presentan, así como la adopción de nuevas tecnologías de telecomunicaciones, la colaboración entre actores públicos y privados, y la infraestructura necesaria para hacer realidad la visión de ciudad inteligente.

Ilustración 2. Análisis de las cinco fuerzas de Porter para el mercado de sistemas de *Smart Cities*



Fuente: Autoría propia

En conclusión, se observa que la entrada de nuevos competidos en este mercado en poco tiene posibilidades. teniendo en cuenta las barreras de entrada, tales como la inversión previa de los proponentes en investigación y desarrollo, la trayectoria y experiencia en el sector; adicional a esto la normativa gubernamental cambiante y mandatoria para su cumplimiento hace que pocos proveedores puedan cumplir con los requerimientos técnicos y normativos. Estas características, se convierten a su vez en la ventaja competitiva de estos grandes proveedores, la cual puede ser no determinante en dado caso que los territorios opten por desarrollos tecnológicos locales; de igual manera, se analizó el poder de los compradores, en este caso los gobiernos locales y entidades públicas, los cuales generan las condiciones técnicas, los requisitos y especificaciones

de los proyectos, y se encuentra que tienen posibles limitaciones presupuestales y de adaptación tecnológica a la infraestructura y sistemas existentes.

La complejidad de los territorios y municipios, sus requisitos y particularidades hacen que los desafíos sean considerables para los competidores, teniendo en cuenta que este tipo de proyectos tecnológicos requieren innovación y soluciones disruptivas y adaptables; finalmente la competitividad es alta entre los proponentes del mercado ya que, para ganar terreno local, las empresas internacionales se ven obligadas a celebrar alianzas con empresas locales para posicionarse en el mercado.

Continuando con el estudio de mercado, se entra en el análisis de un modelo fundamental, el análisis de las 4P, la cual permite crear una estrategia integral que abarque 4 aspectos que alineen un producto o solución con las necesidades del mercado y las expectativas, en este caso de los ciudadanos. A continuación, se presenta el análisis:

5.2.1. Producto

Según la definición dada por Rozga Luter (2018), una ciudad inteligente se define por la aplicación de nuevas tecnologías para el desarrollo urbano contemporáneo, basado en los tres pilares de la sostenibilidad, económico, social y ambiental.

El producto por entregar en un proyecto de ciudades inteligentes para el municipio de Envigado es el sistema de integración de tecnologías aplicables a la infraestructura urbana para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Este sistema de integración debe tener la capacidad de analizar los datos para lograr gestión:

- Sistema de administración, operación y mantenimiento del alumbrado público
- Movilidad inteligente
- Puntos Wifi
- Redes de energía inteligentes para el alumbrado público
- Sensores ambientales

Los 5 subproductos relacionados anteriormente, es lo más cercano a los requerimientos de la norma, teniendo como único fin lograr que Envigado sea un municipio más conectado, sostenible y eficiente.

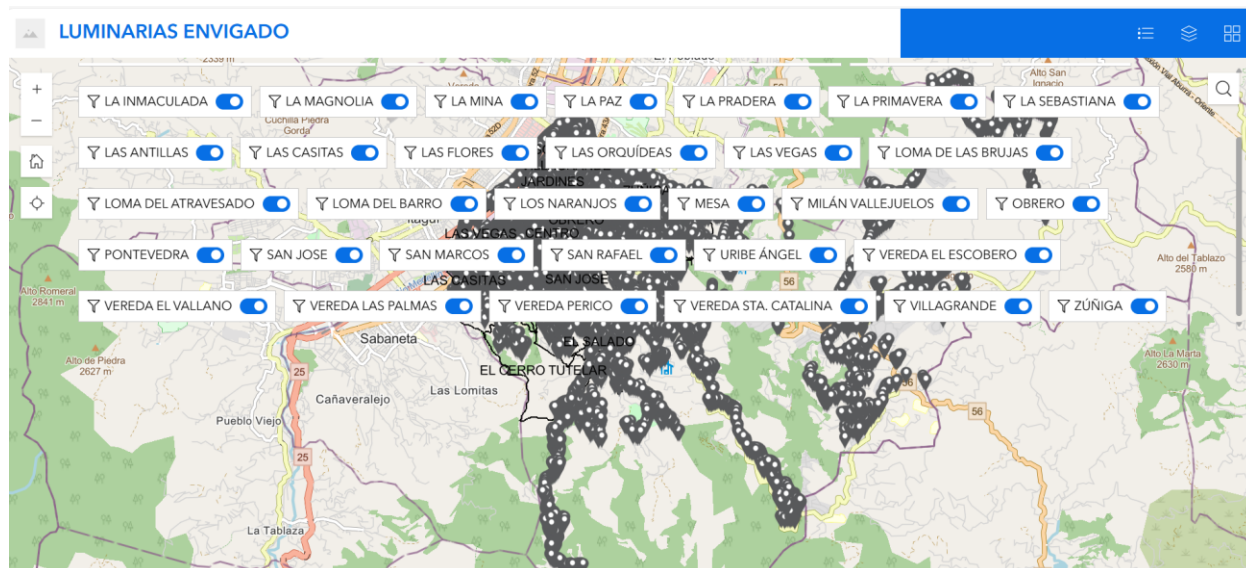
A continuación, se describe cada subproducto y su alcance:

- Sistema de administración, operación y mantenimiento del alumbrado público.

El subproducto que genera la red permanente del sistema y su conectividad es el sistema de telegestión de alumbrado público, una herramienta clave para la gestión eficiente y sostenible de los servicios urbanos. Este sistema permite no solo el control remoto del alumbrado, sino también la optimización de recursos al ajustar la intensidad de la luz según las necesidades de cada zona, contribuyendo al ahorro energético y su óptima operación mediante la predicción de mantenimientos. Por lo tanto, es necesario que, a través de la red de alumbrado público, se logre una cobertura integral que abarque tanto el sector rural como el urbano del municipio. Esto implica la expansión de la infraestructura tecnológica en áreas rurales, donde a menudo los servicios de telecomunicaciones son más limitados, garantizando que todos los sectores del municipio, independientemente de su ubicación, se beneficien de una gestión eficiente del alumbrado público. Esta cobertura no solo mejora la seguridad y la calidad de vida de los ciudadanos, sino que también apoya el desarrollo de las ciudades inteligentes, promoviendo la integración de tecnología en la vida cotidiana y facilitando la gestión sostenible del territorio.

El municipio de Envigado cuenta con alrededor de 14.000 luminarias, las cuales están modernizadas a tecnología LED, y están ubicadas en todo el territorio, lo cual abarca la zona rural y urbana del municipio. En la siguiente imagen se puede observar en un mapa de ArcGIS las luminarias del municipio de Envigado: este mapa es de consulta pública.

Ilustración 3. Mapa de ArcGIS del inventario georreferenciado del sistema de iluminación del municipio de Envigado



Fuente: *Sistema de georreferenciación del inventario de Alumbrado Público*

Como el mapa es de consulta pública, adjunto el link para su revisión:

<https://experience.arcgis.com/experience/7bf2d539f7544d89b1d4cfa9dc45458f/>

- Movilidad inteligente

La movilidad inteligente integra tecnología avanzada y datos para mejorar el desplazamiento de los ciudadanos de manera eficiente, sostenible y segura, y de este modo, posibilita implementar tecnologías que reduzcan el tráfico, minimicen el impacto ambiental, y mejoren la seguridad tanto de peatones como de conductores.

El alcance de este subproducto en un proyecto de ciudad puede ser generoso, por lo que en esta primera etapa se plantea mitigar el impacto negativo en la movilidad de los envigadeños; posterior a esta etapa se puede ampliar el alcance con el objetivo de usar tecnologías para implementar sistemas de información en tiempo real, sensores y análisis de datos que conlleven a optimizar rutas de transporte, horarios y frecuencias, y así los ciudadanos se benefician de una mejor experiencia de usuario del transporte público.

Otra de las estrategias, a implementar posterior a esta etapa inicial, es la incorporación de transporte eléctrico y todos los subsistemas de infraestructura, tales como elementos de recarga y estacionamiento inteligente.

- Puntos Wifi

En el proyecto que se considera implementar para impulsar al municipio de Envigado como una Ciudad Inteligente, los puntos Wifi son una herramienta muy importante y crucial para fomentar la conectividad, promover la inclusión digital sin barrera de estrato social y mejorar la eficiencia de los servicios de ciudad urbanas y rurales, de este modo transformar su cotidianidad generando entornos sostenibles, accesibles y mejor conectados.

Los puntos Wifi son uno de los subsistemas o subproductos más importantes para conectar servicios, dispositivos para la toma de datos y personas, generando impacto positivo en la calidad de vida de los ciudadanos, y, de este modo, generando espacios de conectividad y acceso a internet, con el objetivo de mejorar el acceso a herramientas de movilidad urbana, plataformas educativas y herramientas de gobierno que mejoren la experiencia del ciudadano.

Desde la operación y mantenimiento de la infraestructura pública, el acceso a Wifi es factor determinante en la estabilidad de proyectos de ciudad, teniendo en cuenta el monitoreo permanente que se puede lograr al incorporar sistemas como el planteado que permite la toma de decisiones en tiempo real y la predicción de posibles fallos.

- Redes de energía inteligentes para el alumbrado público.

Para el proyecto de Envigado Ciudad Inteligente, es importante resaltar que el suministro de energía se realiza por medio de un operador que maneja el servicio público de energía; de igual manera, para el servicio público de energía del sistema de alumbrado público y posiblemente el de infraestructura pública, se sugiere implementar sistemas de energía fotovoltaica que permita tener diversas fuentes de energía renovable y monitoreable.

Si bien no se puede implementar un sistema completo de *smartgrid*, sí se puede mejorar la eficiencia energética, la seguridad y la sostenibilidad, de este modo realizar una gestión eficiente de los recursos energéticos y ambientalmente más sostenible, reduciendo costos e impacto ambiental, teniendo beneficios a largo plazo tanto para la comunidad urbana como rural del municipio. De igual manera desde el sistema de telegestión de alumbrado público se busca parametrizar desde la foto controles inteligentes sobre el encendido y apagado de las luminarias del municipio, parametrizando la intensidad de luz que se requiere, compensando con la luz artificial la deficiencia de luz natural por diferentes factores como horario y condiciones climáticas.

- Sensores ambientales

Los sensores ambientales son elementos fundamentales para la recolección de datos importantes para revisar el entorno urbano. Los sensores ambientales permiten monitorear en tiempo real aspectos importantes que facilitan la toma de decisiones para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y la sostenibilidad en el municipio de Envigado.

Los sensores ambientales juegan un papel crucial para gestionar y monitorear aspectos relevantes del entorno urbano y rural, que conlleven a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, aporten a la sostenibilidad y la eficiencia en los servicios públicos gestionados por la administración municipal. Los sensores ambientales que aplican para este fin son: sensores de calidad de aire [Dióxido de Carbono (CO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas suspendidas en el aire que afectan la salud (PM_{2.5}, PM₁₀)]. Sensores de temperatura y humedad principalmente en las zonas rurales, y la posibilidad a futuro de incorporar al proyecto de Envigado Ciudad Inteligente sensores de ruido (sonómetros) para la zona centro del municipio y áreas protegidas, y sensores de viento que monitoreen velocidad y dirección para evitar posibles desastres naturales, así como sensores de nivel de agua en zonas de riesgo en afluentes hídricos, de tal forma que puedan prever inundaciones o generar señales de alerta temprana.

5.2.2. Precio

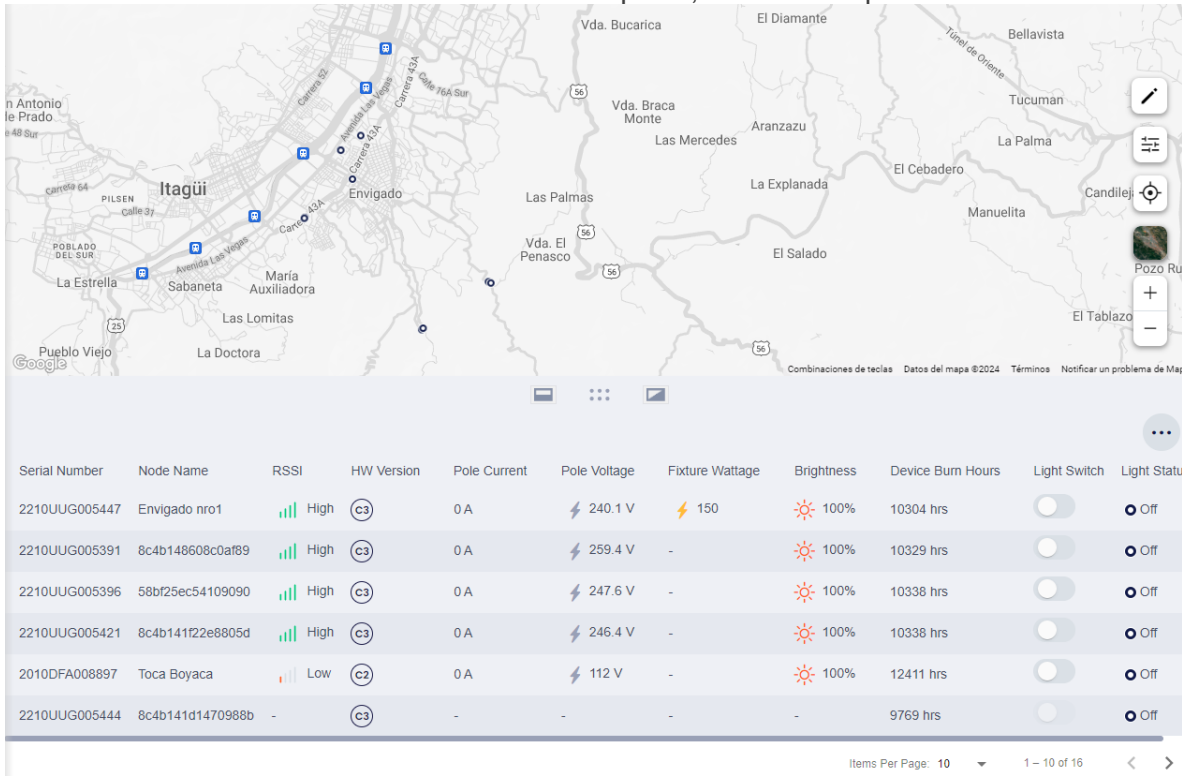
En dicho análisis se logra evidenciar el desempeño de los sistemas y su costo asociado desde la inversión inicial, el costo recurrente de funcionamiento y el valor del mantenimiento. El municipio de Envigado desde el año 2023 inició el proceso de montar pilotos de telegestión de alumbrado público con subsistemas adicionales, tales como medidores ambientales o *hub* para puntos Wifi.

Marcas que se tuvieron en cuenta para el análisis:

- Ubicquia.

Compañía norteamericana fundada en el año 2013, con enfoque en soluciones de infraestructura inteligente y telegestión; ha trabajado en grandes proyectos de ciudad en Estados Unidos y en ciudades de otros países que buscan eficiencia, conectividad y sostenibilidad a la medida de sus necesidades con el uso de sensores inteligentes, internet de las cosas (IoT) y plataformas de gestión de ciudad. Esta compañía hace parte de Itron, una empresa internacional líder en soluciones tecnológicas para gestión de sistemas de ciudad como energía y agua; ha implementado sistemas en ciudades como Tampa, Florida, ciudades de California, de Texas, en San Francisco, Los Ángeles y New York.

Ilustración 4. Dashboard piloto, marca Ubicquia



Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 3. Ubicación de elemento de piloto, marca Ubicquia

Tipo de elemento	Ubicación	Desempeño
Fotocelda /foto control inteligente	Av. El Poblado	Las fotoceldas instaladas durante más de 6 meses fueron estables en su desempeño técnico, el <i>software</i> es intuitivo y de fácil manejo, cuentan con GPS
	Av. Las Vegas, sector de metro sur	
	Barrio Jardines	
	Barrio El Salado	
	Transversal de la montaña	
Sensor de calidad de aire	Zona centro	Desempeño esperado para Secretaría de Medio Ambiente, pendiente homologación de datos censados
Ubihub	Pasaje de la Alcaldía	Más de 2300 personas en un año pudieron conectarse a internet, se requiere punto de fibra

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 4. Costos asociados al sistema, marca Ubicquia

<i>Ítem</i>	<i>Descripción</i>	<i>Precio unit</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Total</i>
Fotocelda de telegestión	<i>ubicell utility smart streetlight node with LTE radio, Dali, PWM auto-select/external sensor</i>	\$ 653.183	\$ 14.000	\$ 9.144.555.000
Conectividad	<i>bundle 10 year connectivity, 10 year ubivu, 5 year extended warranty</i>	\$ 147.135	\$ 14.000	\$ 2.059.890.000
Sensor de calidad de aire	<i>bundle 1 AQM, 1 UBICELL UG with 3 year saas and data, 1 year warranty</i>	\$ 22.008.455	\$ 4	\$ 88.033.820
Punto de wifi y monitoreo inteligente	<i>Ubihub horizontal IA, front and back camera, 512GB storage</i>	\$ 22.510.635	\$ 5	\$ 112.553.175
Análisis de datos	<i>data ubihub AI with 5 year warranty</i>	\$ 7.845.500	\$ 1	\$ 7.845.500
Servicio técnico	<i>servicio tecnico y soporte</i>	\$ 12.194.228	\$ 1	\$ 12.194.228
			subtotal	\$ 11.425.071.722,50
			IVA	\$ 2.170.763.627,28
			total	\$ 13.595.835.349,78

Fuente: Elaboración propia

- Telemetrik

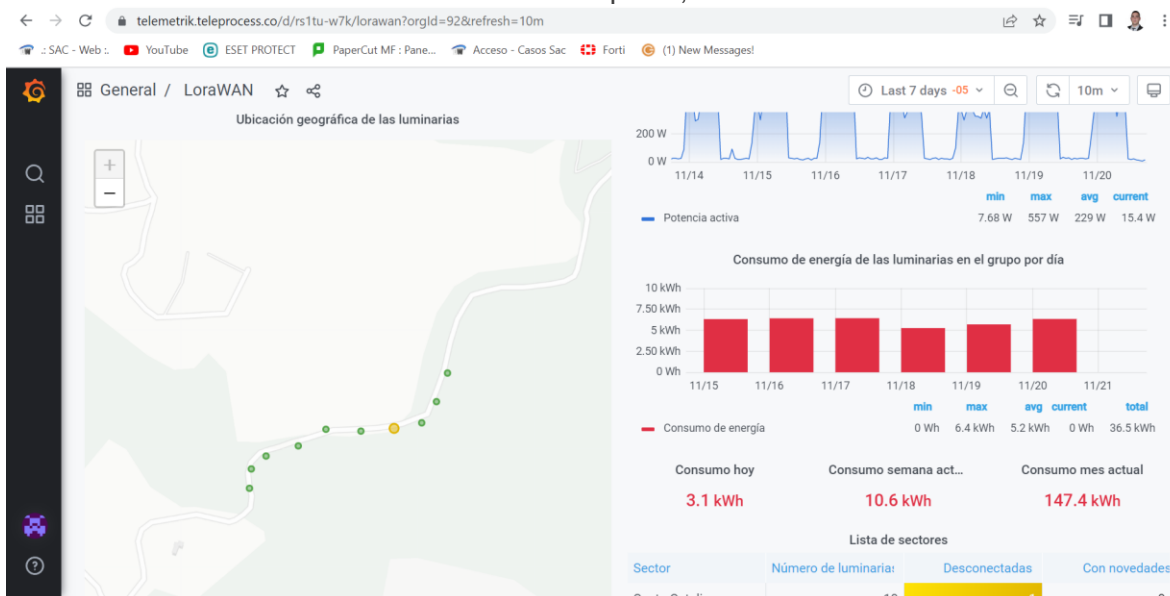
Es una compañía española, fundada en 2010, especializada en soluciones de telegestión y monitoreo remoto de infraestructura pública; ha implementado sus soluciones en Valencia, Barcelona, Sevilla, Madrid, Lisboa, París, entre otras ciudades.

Tabla 5. Ubicación de elemento de piloto, marca Telemetrik

Tipo de elemento	Ubicación	Desempeño
Fotocelda /foto control inteligente	Transversal de la montaña	Protocolo de comunicación lorawan, por lo que requiere <i>gateway</i> o concentrador, no cuenta con gps

Fuente: *Elaboración propia*

Ilustración 5. Dashboard piloto, marca Telemetrik



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Costos asociados al sistema, marca Telemetrik

Ítem	Descripción	Precio Unit	Cantidad	Total
Fotocelda/fotocontrol inteligente	Nodo de telegestión para monitoreo de alumbrado público	\$ 889.300	\$ 14.000	\$ 12.450.200.000
Conectividad	Sistema de gateways y licenciamiento	\$ 342.850	\$ 14.000	\$ 4.799.900.000
Sensor de calidad de aire	Sensores de calidad de aire interconectado al sistema	\$ 13.341.449	\$ 4	\$ 53.365.796
Punto de wifi y monitoreo inteligente	Concentrador para punto wifi	\$ 13.341.449	\$ 5	\$ 66.707.246
Subtotal				\$ 17.370.173.042,00
IVA				\$ 3.300.332.877,98
Total				\$ 20.670.505.919,98

Fuente: *Elaboración propia*

- Desarrollo propio Unión Eléctrica

Grupo Unión es una empresa multilatina, creada en 1985 en Colombia: desde el grupo de innovación y desarrollo crearon una solución de telegestión y monitoreo inteligente para aplicar a proyectos de ciudad inteligente.

Ha desarrollado proyectos similares en el interior de Colombia y en países como Honduras.

Tabla 7. Costos asociados al sistema, marca Grupo Unión.

Ítem	Descripción	Precio Unit	Cantidad	Total
Fotocelda/fotocontrol inteligente		\$ 754.936	\$ 14.000	\$ 10.569.104.000
Conectividad		\$ 256.880	\$ 14.000	\$ 3.596.320.000
Sensor de calidad de aire		\$ 5.943.450	\$ 4	\$ 23.773.800
Punto de wifi y monitoreo inteligente		\$ 13.075.590	\$ 5	\$ 65.377.950
Subtotal				\$ 14.254.575.750,00
IVA				\$ 2.708.369.392,50
Total				\$ 16.962.945.142,50

Fuente: *Elaboración propia*

En conclusión y solo haciendo análisis de suministro de los elementos, teniendo en cuenta su garantía se tiene:

Tabla 8. Resumen de costos asociados al sistema antes de IVA

Descripción	Cantidad	UBICQUIA		TELEMETRIK		GRUPO UNIÓN	
		Valor unitario	Valor final	Valor unitario	Valor final	Valor unitario	Valor final
Fotocelda	14000	\$ 653.183	\$ 9.144.555.000	\$ 889.300	\$ 12.450.200.000	\$ 754.936	\$ 10.569.104.000
Conectividad	14000	\$ 147.135	\$ 2.059.890.000	\$ 342.850	\$ 4.799.900.000	\$ 256.880	\$ 3.596.320.000
Sensor de calidad de aire	4	\$ 22.008.455	\$ 88.033.820	\$ 13.341.449	\$ 53.365.796	\$ 5.943.450	\$ 23.773.800
Punto de wifi y monitoreo inteligente	5	\$ 22.510.635	\$ 112.553.175	\$ 13.341.449	\$ 66.707.246	\$ 13.075.590	\$ 65.377.950
Valor total			\$ 11.405.031.995		\$ 17.370.173.042		\$ 14.254.575.750

Fuente: *Elaboración propia*

5.2.3. Plaza

El proyecto se planea para que la central de monitoreo pueda ser visualizada desde la central de monitoreo principal del municipio de Envigado C4 y visualizada y controlada desde la Central de Monitoreo de Alumbrado Público (CMAP).

Tabla 9. Ubicación sugerida de los subsistemas del proyecto de ciudades inteligentes.

Subsistema	Plaza sugerida
Sistema de administración, operación y mantenimiento del alumbrado público	El municipio cuenta con 14.198 luminarias, de las cuales 10.797 están ubicadas en el sector urbano y 3.401 en el rural, por lo tanto, el sistema de telegestión debe cubrir la totalidad del territorio.
Movilidad inteligente	<p>Para movilidad inteligente, se debe inicialmente contemplar lugares de mayor complejidad como las principales vías del municipio, las cuales son:</p> <p>Avenida Las Vegas: esta avenida cruza el municipio y conecta con otras áreas del Valle de Aburrá como son Itagüí, Sabaneta, Caldas, La Estrella y Medellín, lo que genera un alto flujo vehicular, adicional a los trabajos de infraestructura propia del municipio que generan cierres temporales de las vías.</p> <p>Por último, esta vía es un punto de conexión con grandes centros comerciales del sector y complejos residenciales que generan un incremento vehicular en hora pico (de 7 a 9 am y de 5 a 7 pm).</p> <p>La avenida Las Vegas tiene una longitud aproximada de 6 kms dentro del territorio envigadeño.</p> <p>Avenida El Poblado o 43 A: esta avenida une de igual forma varios municipios del sur del Valle de Aburrá, y es una de las zonas más congestionadas por su actividad social; su longitud aproximada es de 4 kms, y mantiene los mismos horarios pico que la avenida Las Vegas.</p>
Puntos Wifi	Actualmente el municipio cuenta con 7 puntos Wifi, el objetivo es instalar 12 puntos Wifi. Los puntos por instalar son sugeridos en aquellos lugares donde haya afluencia de ciudadanía que sea beneficiaria desde lo académico, lo social y laboral.
Redes de energía inteligentes para el alumbrado público	El municipio cuenta con 42 escenarios deportivos, de los cuales 12 escenarios serán dotados con paneles solares en la cubierta para suplir las necesidades internas del alumbrado, e inyectar energía a la red para compensar el consumo de energía del sistema de alumbrado público. Las canchas donde se van a instalar estos sistemas de energía fotovoltaica están ubicadas en el territorio envigadeño: cancha de Zúñiga, unidad deportiva de Las Palmas, cancha de Arenales, las Antillas,

	unidad deportiva del Alto de los Sueños, unidad deportiva de Gualandayes, cancha del Salado, cancha del barrio La Mina parte alta, unidad deportiva barrio Alcalá, cancha del barrio La Mina parte baja, cancha del Oasis y unidad deportiva de Pantanillo
Sensores ambientales	Según la Oficina de Gestión del Riesgo Municipal, las quebradas Ayurá, Zúñiga, El Trapiche y El Pato, son las que tienen mayor riesgo de desbordamiento.

Fuente: Elaboración propia

5.2.4. Promoción

Para el plan de medios, en consulta con la oficina asesora de telecomunicaciones de la Alcaldía, se va a destinar recursos propios para el correcto despliegue informativo e impacto en la comunidad, se van a utilizar espacios ya contratados como tiempo al aire en noticieros, programas regionales, mupis informativos, periódicos locales, programas internos y el uso de las redes sociales asociadas al municipio.

Para la socialización del proyecto se tiene en cuenta el personal contratista de la siguiente manera:

Tabla 10. Personal necesario para la socialización del proyecto

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor base Aprox/mes</i>	<i>Cantidad de meses</i>	<i>Valor final</i>
Contratista para la socialización del proyecto Envigado Ciudad Inteligente	1	\$ 4.600.000	33	\$ 151.800.000
Personal de socialización tiempo parcial, programa “Amigos del barrio”	28 personas a tiempo parcial (20%)	\$ 32.342.000	33	\$ 1.067.286.000

Fuente: Elaboración propia

6. ESTUDIO TÉCNICO

6.1. LOCALIZACIÓN

6.1.1. Macro localización

Colombia es un país de América del Sur, el cual es reconocido por su diversidad geográfica y económica. La infraestructura en Colombia está en constante desarrollo, especialmente en las grandes ciudades y municipios, lo que facilita la ejecución del proyecto de desarrollo de ciudad.

El país está ubicado en la región noroccidental de América del Sur, limitando al norte con el Mar Caribe, al este con Venezuela y Brasil, al sur con Perú y Ecuador y al oeste con Panamá y el Océano Pacífico, su población aproximadamente es de 53 millones de personas. La capital del país es Bogotá, y es catalogada como el centro político, económico y cultural. Colombia administrativamente cuenta con 32 departamentos y un Distrito Capital; cada departamento cuenta con gobierno local y a su vez está compuesto por varios municipios.

El segundo departamento más importante del país es Antioquia que, a su vez, cuenta con la segunda ciudad más grande del país que es Medellín, la cual se destaca por su transformación urbana y ser pionera en innovación.

Antioquia es uno de los 32 departamentos de Colombia, está ubicado al noreste del país. Este departamento tiene una ubicación privilegiada y estratégica teniendo en cuenta la cercanía con otras regiones y su ubicación geográfica, lo que la posiciona como epicentro económico, social y cultural del país.

Colombia ha implementado diversas políticas y estrategias para fortalecer su posicionamiento tecnológico y de innovación.

Según el índice Global de innovación (GII) 2023 (intelectual, 2023), Colombia se ubicó en el puesto 68, a nivel mundial, subiendo varios lugares respecto a años

anteriores: este índice mide la capacidad de los países en innovación en temas como infraestructura, educación, acceso a tecnología y movilidad social.

De este modo, en los últimos años Colombia se ha posicionado como un *hub* de innovación en Latinoamérica, teniendo como ciudades pioneras a Bogotá, Medellín y Cali. Según el informe de Smart Cities Index 2022 de The Economist Intelligence Unit (Newspaper, 2022), no figuran ciudades colombianas entre las primeras en hitos de madurez tecnológica y calidad de vida urbana, lo que significa un mayor reto para este proyecto.

6.1.2. Micro localización

Envigado es un municipio de Antioquia ubicado en el norte del departamento, situado a 10 kilómetros del municipio de Medellín; cuenta con una población aproximada de 250.000 habitantes; se destaca por su calidez humana y su diversidad de fauna y flora; su infraestructura es moderna, cuenta con grandes vías de acceso, y una gran oferta de servicios comunitarios y zonas públicas que contribuyen al bienestar de sus habitantes, convirtiéndose en referente de desarrollo urbano y sostenibilidad.

Envigado es un municipio antioqueño de primera categoría y hace parte de los 10 municipios del Valle de Aburrá, y esta es la segunda aglomeración urbana de Colombia después de Bogotá Distrito Capital, de ahí la importancia de su desarrollo. El municipio de Envigado cuenta con 249.800 habitantes según la ficha *Aburrá en datos* y el censo nacional de población y vivienda DANE 2018 (Gobernación de Antioquia, 2022), de los cuales solo el 3,3% vive en el sector rural, a pesar de que este es el 80% del territorio envigadeño.

6.1.3. Tamaño

De acuerdo con el estudio de mercado, se deben parametrizar unas condiciones técnicas, de mantenimiento y garantías para el correcto funcionamiento del sistema de *Smart Cities*:

Tabla 11. Especificaciones técnicas mínimas de los subsistemas

Subproducto	Equipo	Especificación técnica	Garantía
Sistema de Administración, Operación y Mantenimiento del Alumbrado Público	Fotocontrols Inteligentes	Fuente: LED	5 años
		Rango de voltaje: 90V a 480V	
		Encendido On/off: Programable, horario, reloj astronómico	
		Control Atenuable: 0-10V, Dali	
		Modulo de comunicación: LTE, LoRa, ZigBee, entre otros	
		DSP: 20kW/10kA	
		IP:IP66	
		IP:IK07	
		Rango de Temperatura de Operación: -40°C-70°C	
		Protocolo de red: IP V4/IPV6	
	Detección de impacto e Inclinación: SI	5 años	
	Detección de vibración: SI		
Concentradores (en caso dado de requerirlos)	Medidor de potencia (KWh) con precisión: +/- 0.5%	Fuente de Alimentación: PoE	5 años
		Gateway compatible con protocolo de comunicación Incluye DPS interno	
		Gabinete mínimo IP66	
		Comunicación en una banda licenciada	
Software de telegestión		Gestión de activos	10 años/licencia vitalicia
		Rangos de alerta del sistema	
		Detección de fallos, fluctuación de tensión	
		Predicción de mantenimientos y vida útil	
Movilidad Inteligente	Sensores de velocidad	Medición de velocidad con radar incorporado	5 años
		Distancia de medición: 40m	
		Rango de medición: 10 a 180 Km/h	
		Rango de desviación +/- 2 km/h	
	Cobertura de mas de 3 carriles		
Cámaras de conteo vehicular		Visión mínima 169°	5 años
Puntos WIFI	Hub para puntos WIFI	Temperatura de operación: -40°C a 40°C	5 años
		IP65	
		IK07	
		Estándar: IEEE 802.11	
Redes de energía inteligentes para alumbrado público	Paneles solares	Paneles monocristalinos con certificado Perc	10 años
		Inversores tipo on grid (conectados a la red)	
		Inversores con protección antiisla, UL y RETIE	
		Monitoreo remoto	
		Sistema con medición bidireccional	
Sensores Ambientales	Sensor de CO2	Monitoreo en tiempo real	5 años
		IP68	
		Rango de medición: 0ppm a 50ppm	
	Sensor de PM2.5	Desviación aceptada: +/- 20%	5 años
		Monitoreo en tiempo real	
		IP68	
		Rango de medición: 0 ug/m3 a 800 ug/m3	
	Sensor de PM10	Desviación aceptada: +/- 20%	5 años
		Monitoreo en tiempo real	
		IP68	
		Rango de medición: 0 ug/m3 a 800 ug/m3	5 años
		Desviación aceptada: +/- 20%	

Fuente: Elaboración propia

6.1.4. Ingeniería

6.1.4.1. Tecnologías

Se considera el estudio de mercado realizado y se analizan las tecnologías actuales; según las tres propuestas se realizaron el siguiente comparativo basado en un esquema de puntuación, siendo 5 el mejor desempeño y/o aplica y 0 el menor desempeño y/o no aplica.

Tabla 12. Resumen comparativo técnico de las propuestas

COMPARATIVO SISTEMAS PROPUESTOS PARA EL MUNICIPIO DE ENVIGADO					
<i>Ítem</i>	<i>Descripción</i>	<i>Máximos</i>	<i>Telemetrik</i>	<i>Grupo Unión</i>	<i>Ubicquia</i>
Aplicativo	Ambiente Intuitivo	5	4	5	5
	Facilidad de parametrización	5	3	5	5
	Integración de dispositivos	5	2	5	5
	Interoperabilidad	5	4	5	5
	Manejo de informes	5	3	4	5
	Conexión con apis y otros dispositivos	5	5	5	5
	Configuración de dispositivos	5	4	5	5
	Visualización de la información	5	4	5	5
	Facilidad de actualización	5	4	5	5
	Ambiente responsable	5	5	5	5
Fotocelda	Tiene DPS	5	5	5	5
	Tiene GPS	5	0	5	5
	Atenuable	5	5	5	5
Protocolos de comunicación	LoRA	5	5	5	5
	LoRaWAN	5	5	5	0
	ZigBEE	5	5	5	0
	LTE	5	0	5	5
	6LowPAN	5	0	5	0
	Otros	5	0	5	5
Integración de otros dispositivos	Wifi	5	0	5	5
	Cámara	5	0	5	5
	Sensor de Calidad de Aire	5	5	5	5
	Sensor de ruido	5	5	5	5
	Sensor de movimiento	5	5	3	5
	Fluviómetro	5	5	3	5
	Otros	5	5	5	3
ubicación y garantía	Proveedor nacional	5	5	5	0
	garantía directa	5	5	5	0
TOTAL		140	98	135	113

Fuente: Elaboración propia

PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

El sistema de ciudades inteligentes propuesto hace énfasis en el mejoramiento de la infraestructura pública al servicio de la comunidad envigadeña, de este modo, y buscando la sostenibilidad y la vida útil de los sistemas propuestos, se han buscado referentes internacionales de normativas y leyes que se puedan aplicar para los procedimientos y procesos de mantenimiento para los sistemas y subsistemas de ciudad inteligente propuestos.

Normas internacionales como ISO55000, ISO37120 y la ISO27001, contribuyen a estructurar los procedimientos y procesos de los sistemas para que su funcionamiento sea efectivo, estable, seguro, sostenible y continuo.

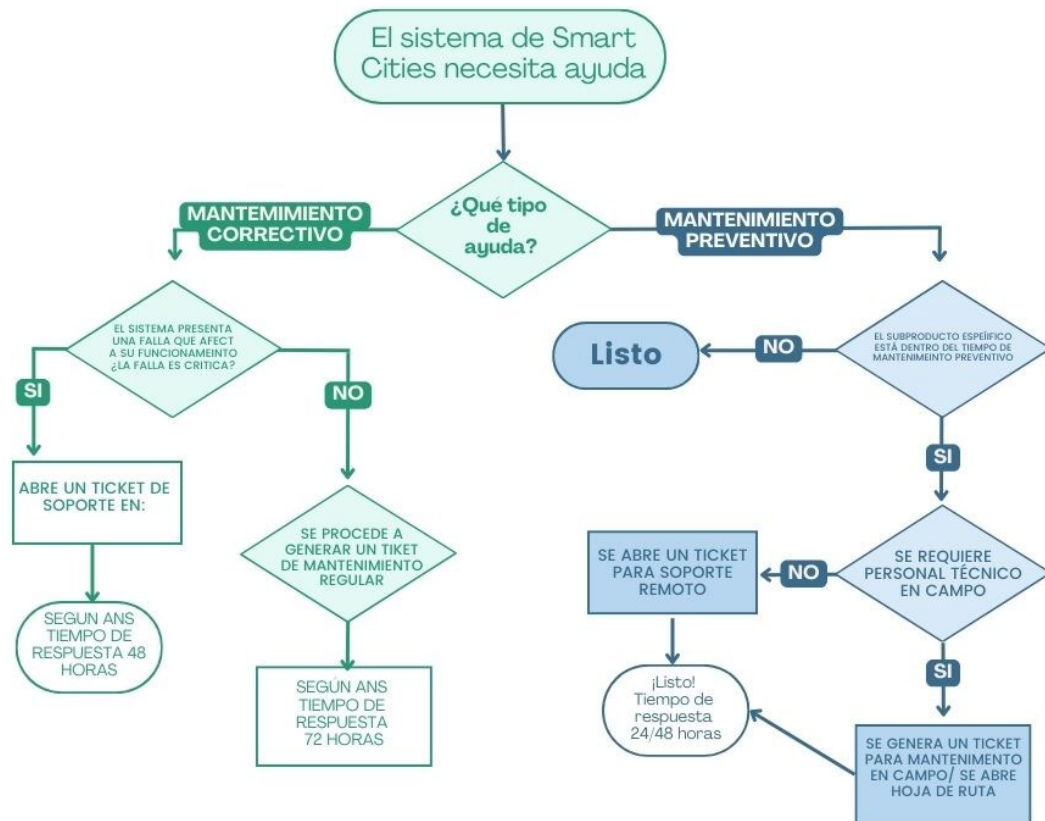
- Norma ISO55000 Gestión de activos (Normalización I. O., 2024): esta es una norma internacional que permite a un ente público o privado alcanzar los objetivos por medio de una gestión eficaz y eficiente de los activos, asegurando alcanzar los objetivos de manera constante, sostenible, y consistente.
- Norma ISO37120 Gestión sostenible de desarrollo de ciudad (ISO, 2024): esta norma internacional proporciona un grupo de indicadores que miden y gestionan el desempeño de las ciudades en términos de sostenibilidad, calidad de vida y servicios urbanos. Esta norma incluye 100 indicadores en 17 categorías que abarcan temas como planificación urbana, medio ambiente, educación, salud y tecnología.
- Norma ISO27001 (Normalización O. i., 2024): Con dicha norma se cumple el propósito de gestionar la seguridad de la información en una empresa o entidad, sea pública o privada.

Para el sistema de ciudades inteligentes es importante tener claro la tipología de mantenimiento a realizar:

- Mantenimiento preventivo: Según IBM (2024), el mantenimiento preventivo es el acto de programar mantenimientos regulares periódicos para prevenir fallos futuros de un sistema o equipo, basados en los datos estadísticos de vida útil y comportamiento del sistema.

- Mantenimiento predictivo: teniendo en cuenta la definición (Infraspeak, 2024) el mantenimiento predictivo está basado en el estado actual de funcionamiento de un sistema o activo y no en las estadísticas y cronogramas de funcionamiento.
- Mantenimiento correctivo: Según Loaiza (2019), este mantenimiento consta de realizar intervenciones con rapidez e idoneidad que permiten como único fin la puesta en marcha del equipo o sistema en el menor tiempo posible, realizando una intervención fiable y con un óptimo manejo del recurso.

Ilustración 6. Flujograma para el proceso de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

6.1.5. Estudio administrativo y organizacional

6.1.5.1. Organigrama

Se tiene en consideración que, mediante el Acuerdo 006 del 2021 del Concejo Municipal del municipio de Envigado (Concejo Municipal de Envigado, 2021), se modifica parcialmente el artículo primero del acuerdo 025 de 1996 y se dictan otras disposiciones, de este modo Enviaseo E.S.P., podrá prestar servicios de alumbrado público y sus actividades complementarias, desarrollos tecnológicos, *Smart Cities* y los demás permitidos por la ley y todas las actividades inherentes y complementarias a dicha actividad. Es así como desde junio de 2021, mediante Acuerdo 010 de 2021, se desconcentra el servicio de alumbrado público del entre central hacia Enviaseo E.S.P. (Concejo Municipal de Envigado, 2021).

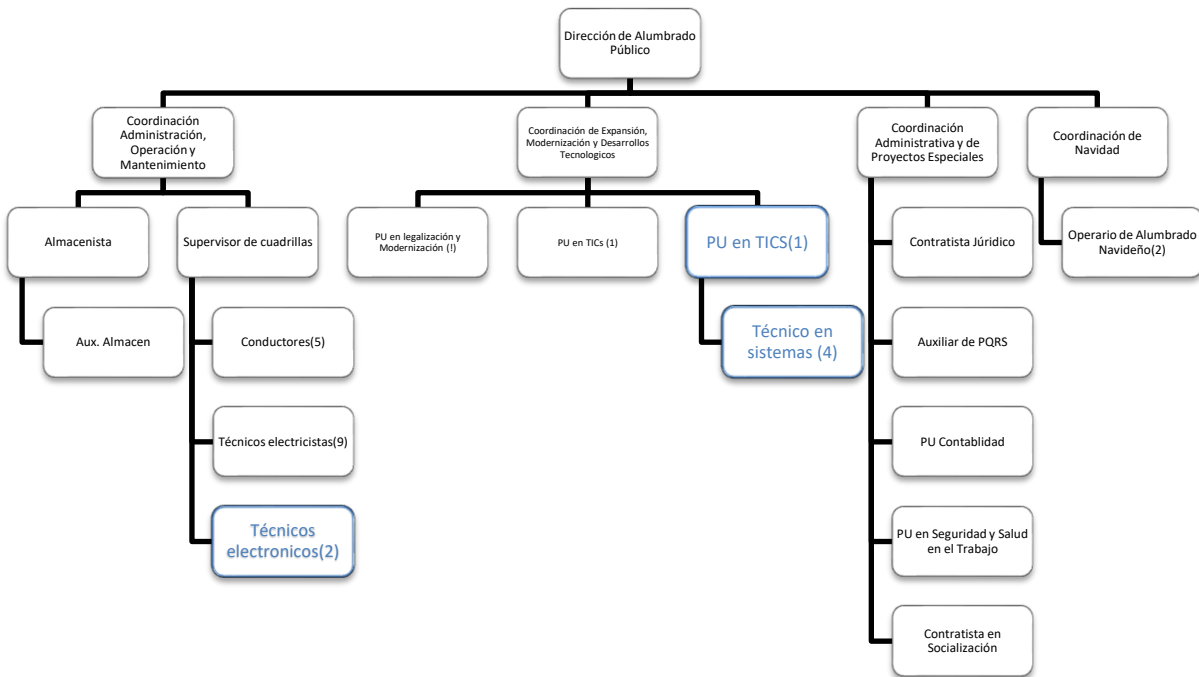
A continuación, en la siguiente imagen se plantea el organigrama existente de la dirección y en azul se proyecta el organigrama futuro para realizar la gestión y mantenimiento del sistema de Ciudad Inteligente para el municipio. De este modo, se incorpora al organigrama existente de Enviaseo la dirección de alumbrado público, desde la cual se realiza la administración, operación y mantenimiento del sistema de alumbrado público del municipio de Envigado y se realiza la planeación y ejecución de proyectos de inversión, de conformidad con el plan de desarrollo de la administración, por lo tanto, el proyecto de Envigado Ciudad Inteligente se proyecta, planea y ejecuta desde esta dirección.

Para realizar el correcto monitoreo del sistema desde la Central de Monitoreo de Alumbrado Público (CMAP), se hace necesario contar con cuatro (4) técnicos en sistemas para realizar monitoreo y gestión 24/7, y un profesional universitario en TICS encargado general del sistema de *Smart Cities*. A continuación, se observa el estado actual de la Dirección de Alumbrado Público y las incorporaciones en azul para el proyecto de Envigado Ciudad Inteligente.

Dentro de la Coordinación de Administración, Operación y Mantenimiento, actualmente se tienen 9 técnicos electricistas de planta, los cuales realizarían a futuro

actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los subsistemas en consideración. Adicional se requieren 2 técnicos electrónicos para realizar trabajo de campo: estos harían parte de las cuadrillas de mantenimiento.

Ilustración 7. Organigrama Dirección de Alumbrado Público



Fuente: Elaboración propia

6.1.5.2. Cargos y perfiles

Para el correcto funcionamiento del proyecto se requiere incorporar a la Dirección de Alumbrado Público los siguientes cargos:

- PU en TICs:

Identificación	Misión o propósito del cargo
Nombre del Cargo: Profesional Universitario de TICS.	Gestionar e implementar en calidad de ingeniería las tecnologías asociadas al sistema de <i>Smart Cities</i> del municipio de Envigado.
Reporta a: Coordinador de Expansión, Modernización y Desarrollos Tecnológicos.	
Cargos que reportan a este: Técnicos en Sistemas	
Cargos con quien tiene relación: Alumbrado Público	
Dependencia Alumbrado Público	
Rol al que pertenece: Misional	
Características especiales del cargo: Trabajador Oficial	

COMPETENCIAS

Características	Requerido
Formación	Profesional en Ingeniería de Sistemas o Ingeniería Informática, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Electricidad y/o afines.
Conocimientos	Conocimientos en Tics, estudios en programación, bases de datos geoespaciales. Fundamentos en indicadores de gestión, conocimientos específicos en bases de datos, conocimiento en ANS, conocimiento previo en centrales de monitoreo, manejo de ArcGis.ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; MECI; PESV.
Experiencia	Dos (2) años de experiencia laboral en el mismo cargo.

Responsabilidades para el logro de los resultados

Diseñar e implementar el desarrollo de actividades, herramientas y proyectos en tecnologías de información y comunicación, en temas relacionados con el *Smart Cities*.

Velar por el correcto funcionamiento de los desarrollos tecnológicos para los proyectos de *Smart Cities* y telegestión de Alumbrado Público.

Alimentar y mejorar el sistema de información de *Smart Cities*, y telegestión del Municipio.

Mantener actualizado mediante herramientas de información los inventarios de infraestructura y su estado de los sistemas de *Smart Cities*.

Mantener los ANS de los sistemas del proyecto Envigado Ciudad Inteligente.

Apoyar la georreferenciación y actualización de la base de datos.

Capacitar, asesorar y soportar al personal de la empresa en el uso adecuado de las diferentes herramientas informáticas.

Crear e implementar herramientas de análisis de información para toma de decisiones.

Apoyar el cumplimiento de las políticas y planes de acción del sistema de gestión integral requeridos en la operación.

Realizar informes técnicos de las actualizaciones de los sistemas inherentes al proyecto de Envigado Ciudad Inteligente periódicamente.

Velar por el uso transparente y eficiente de los materiales, herramientas, dotaciones y equipos asignados para la operación y mantenimiento del alumbrado público.

Funciones asociadas al cargo

Velar por el correcto funcionamiento de la Central de Monitoreo de Alumbrado Público (CMAP).

Realizar las gestiones pertinentes para garantizar el buen funcionamiento de los subsistemas del proyecto Envigado Ciudad Inteligente.

Implementar y mejorar mediante códigos de programación el sistema de PQRS asociado al CMAP.

Gestionar los Indicadores de Gestión en Tiempo real arrojados en el CMAP.

Implementar tecnologías renovables, confiables, de vanguardia y amigables con el medio ambiente respecto al proyecto Envigado Ciudad Inteligente.

Alimentar y Mejorar el sistema de información del CMAP.

Sistematizar los mecanismos de información del CMAP y el personal operativo a cargo del mantenimiento de los subsistemas del proyecto Envigado Ciudad Inteligente, en cuanto a tareas y operaciones ejecutadas.

Proponer el uso de nuevas tecnologías como recurso de información y soluciones alternas al mejoramiento de la Red de Envigado Ciudad Inteligente.

Apoyar al Profesional de Actualización y Legalización en temas relacionados con Georreferenciación y Actualización de la base de datos.

Darle un adecuado uso y cuidado a los bienes muebles o inmuebles que estén bajo su custodia.

Generar informes y estadísticas de los procesos de mejora respecto a la prestación del Servicio.

Crear e implementar herramientas de análisis de la información para la toma de decisiones.
 Asistir a los comités y reuniones que le sean asignados.
 Aplicar el control interno en cada una de las actuaciones, actividades y operaciones, así como la administración de la información y de los recursos en procura de que estas se realicen de acuerdo con las normas constitucionales y legales vigentes y en atención a las metas y objetivos.
 Aceptar las supervisiones y ser supervisor cuando la gerencia lo requiera y tenga competencia para ello.
 Manejo y traslado de los documentos a su cargo debidamente inventariados, conforme a las normas y procedimientos que establezca el Archivo General de la Nación.
 Coordinar y orientar las actividades del equipo, para asegurar el logro de los objetivos establecidos.
 Elaborar y entregar el plan de acción de la vigencia anual, con proyección relacionada con las actividades de expansión, modernización y desarrollos tecnológicos.
 Cumplir y garantizar las disposiciones existentes en materia disciplinaria, sobre Derechos, Deberes, Prohibiciones, Inhabilidades, Incompatibilidades y Conflicto de Intereses.
 Garantizar, elaborar, liderar y responder de acuerdo con su rol por todos los informes a los entes de control.

- Técnicos en Sistemas

Identificación	Misión o propósito del cargo
Nombre del Cargo: Técnico en Sistemas.	Gestionar e implementar en calidad de monitoreo y gestión las tecnologías asociadas al sistema de <i>Smart Cities</i> del municipio de Envigado.
Reporta a: Coordinador de Expansión, Modernización y Desarrollos Tecnológicos.	
Cargos que reportan a este: Ninguno	
Cargos con quien tiene relación: Alumbrado Público	
Dependencia Alumbrado Público	
Rol al que pertenece: Misional	
Características especiales del cargo: Trabajador Oficial	

COMPETENCIAS

Características	Requerido
Formación	Técnico en Sistemas o en informática
Conocimientos	Conocimientos en Tics, Estudios en Programación, conocimiento en ANS, conocimiento previo en centrales de monitoreo.
Experiencia	Un (1) año de experiencia laboral en el mismo cargo.

Responsabilidades para el logro de los resultados
<p>Velar por el correcto funcionamiento de los desarrollos tecnológicos para los proyectos de <i>Smart Cities</i> y telegestión de Alumbrado Público.</p> <p>Realizar seguimiento del sistema de información de <i>Smart Cities</i>, y telegestión del municipio.</p> <p>Mantener actualizado de forma permanente mediante herramientas de información los inventarios de infraestructura y su estado de los sistemas de <i>Smart Cities</i>.</p> <p>Revisar los ANS de los sistemas del proyecto Envigado Ciudad Inteligente y cumplir con los parámetros establecidos mediante programación de mantenimientos.</p> <p>Realizar los correspondientes mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos del sistema.</p> <p>Velar por el uso transparente y eficiente de los materiales, herramientas, dotaciones y equipos asignados para la operación y mantenimiento del alumbrado público.</p>

Funciones asociadas al cargo
<p>Apoyar el desarrollo de actividades y proyectos en tecnologías de información y comunicaciones (TICS), en la Dirección de Alumbrado Público.</p> <p>Apoyar en el desarrollo e implementación de sistemas para el adecuado manejo del CMAP.</p> <p>Apoyar a la Dirección en la implementación de herramientas tecnológicas utilizadas por la Dirección para la prestación del servicio <i>Smart Cities</i> para el municipio de Envigado.</p> <p>Apoyar en el mantenimiento de las herramientas tecnológicas para la prestación de los servicios a su cargo.</p> <p>Apoyar en la aplicación de los indicadores de gestión de la Dirección.</p> <p>Apoyar en la elaboración de informes y presentación de estadísticas relacionadas con las actividades a su cargo y la Dirección de Alumbrado Público.</p> <p>Apoyar en el soporte y puesta en funcionamiento de las herramientas tecnológicas utilizadas en la Dirección para la respuesta a las PQRS y solicitudes del mantenimiento de los Sistemas asociados al CMAP.</p> <p>Apoyar en la capacitación, asesorar y soporte al personal de la Dirección de Alumbrado Público en el uso adecuado de las diferentes herramientas informáticas utilizadas para la prestación del servicio.</p> <p>Darle un adecuado uso y cuidado a los bienes muebles o inmuebles que estén bajo su custodia.</p> <p>Ser supervisor cuando se requiera y tenga competencia para ello.</p> <p>Atender los requerimientos de los funcionarios de Alumbrado Público relacionado a las herramientas tecnológicas.</p> <p>Asistir a las reuniones que sean programadas.</p> <p>Demás actividades que el Gerente le asigne.</p> <p>Realizar todo lo que el director de Alumbrado Público o el Coordinador a cargo le asigne.</p>

- Técnicos electrónicos

Identificación	Misión o propósito del cargo
<p>Nombre del Cargo: Operario en alumbrado público</p>	<p>Mantener técnicamente el correcto funcionamiento de los sistemas asociados a la Central de Monitoreo de Alumbrado Público del Municipio de Envigado y responder operativamente las necesidades y requerimientos de la prestación del servicio.</p>
<p>Reporta a:</p>	

Coordinador de AOM y Supervisor de Cuadrillas de Alumbrado Público	
Cargos que reportan a este: Ninguno	
Cargos con quienes tiene relación: Dirección de Alumbrado público	
Dependencia: Alumbrado Público	
Rol al que pertenece: Misional	

COMPETENCIAS

CARACTERÍSTICAS	REQUERIDO
Formación	Técnico electrónico con certificación y Matrícula Profesional de Técnico Electrónico.
Conocimientos	Conocimientos en alumbrado público, conocimientos básicos en RETILAP, RETIE, RITEL, Manejo de Fibra Óptica, CCTV, Sistemas de censado, Curso trabajo en Alturas y Riesgos Eléctricos, Funcionamiento básicos del equipo Grúa-Canasta, manejo de básicos en Office (Word y Excel), generalidades del servicio público. Análisis del entorno que afecte al equipo. ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; MECI; PESV.
Experiencia	Un (1) año en actividades relacionadas con mantenimiento de sistemas electrónicos tales como CCTV, equipos de censado, red semafórica, etc.

RESPONSABILIDADES PARA EL LOGRO DE LOS RESULTADOS

Mantener técnicamente el correcto funcionamiento de los sistemas asociados al CMAP.
 Atender y solucionar técnicamente las solicitudes, quejas y reclamos propios de los sistemas asociados al CMAP.
 Mantener y garantizar la operación constante de todo el sistema asociado a la prestación del servicio público correspondiente a la instalación y funcionamiento óptimo de las unidades constructivas del sistema de Envigado Ciudad Inteligente.
 Atención eficiente y oportuna en los tiempos establecidos.
 Velar por el uso transparente y eficiente de los materiales, herramientas, dotaciones y equipos asignados para la operación y mantenimiento del alumbrado público.

Cumplir con los lineamientos y políticas establecidas en salud y seguridad en el trabajo.

FUNCIONES ASOCIADAS AL CARGO

Mantener técnicamente el correcto funcionamiento de los sistemas asociados al CMAP.

Atender y solucionar técnicamente las solicitudes, quejas y reclamos propios del área de Alumbrado Público.

Mantener y garantizar operación constante de todo el sistema asociado a la prestación del servicio de los sistemas asociados al CMAP del municipio en lo correspondiente a la instalación y funcionamiento óptimo de las unidades constructivas de la red.

Atención eficiente y oportuna en los tiempos establecidos, con el fin de brindar un óptimo funcionamiento en la prestación del servicio.

Atender y ejecutar los planes de trabajo que se asignen desde la coordinación de AOM para mejorar la prestación del servicio.

Adelantar las actividades operativas referidas al Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) y Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), al Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones (RITEL) y las que a su vez apliquen para los subsistemas asociados al CMAP.

Emitir informes básicos técnicos periódicos en cuanto a la operación y mantenimiento de los sistemas asociados al CMAP.

Velar por el uso transparente y eficiente de los materiales asignados para la operación y mantenimiento de los sistemas asociados al CMAP.

Velar por el uso transparente y eficiente de las herramientas, dotaciones y equipos, asignados para la operación y mantenimiento de los sistemas asociados al CMAP.

Apoyar operativamente a la Coordinación de Expansión, Modernización y Desarrollos tecnológicos.

Generar reportes periódicos al supervisor de cuadrillas sobre avances de trabajos asignados respecto al mantenimiento y operación del servicio.

Recibir capacitaciones periódicas con apoyo de la coordinación de gestión humana, sobre temas de Riesgos Eléctricos, Alumbrado Público, Trabajo en Alturas, entre otras.

Socializar con el personal de PQRS las actividades relacionadas con la operación y mantenimiento del alumbrado público.

Cumplir con todos los lineamientos asignados por el Profesional de Salud y Seguridad en el Trabajo.

Velar junto al Almacenista por el correcto procedimiento de residuos inherentes al servicio generados por la prestación del servicio.

Velar por el correcto funcionamiento del equipo Grúa-Canasta.

Darle un adecuado uso y cuidado a los bienes muebles o inmuebles que estén bajo su custodia.

Entregar información pertinente y asertiva de la operación del servicio en campo.

Cumplir con las metas y objetivos propuestos por el Coordinador de AOM y Supervisor de Cuadrillas.

Captar y cumplir los protocolos relacionados al mantenimiento y operación del servicio.

Custodiar y cuidar la documentación e información que, por razón de su empleo, cargo o función, conserve bajo su cuidado o a la cual tenga acceso, impidiendo o evitando la sustracción, destrucción.

Asistir a los comités, capacitaciones y reuniones que le sean asignados.

Atender a la comunidad debidamente respecto a información de trabajos operativos en campo.

Aplicar el control interno en cada una de las actuaciones, actividades y operaciones, así como la administración de la información y de los recursos en procura de que estas se realicen de acuerdo con las normas constitucionales y legales vigentes y en atención a las metas y objetivos.

Aceptar las supervisiones y ser supervisor cuando la gerencia lo requiera y tenga competencia para ello.

Manejo y traslado de los documentos a su cargo debidamente inventariados, conforme a las normas y procedimientos que establezca el Archivo General de la Nación.
 Coordinar y orientar las actividades del equipo, para asegurar el logro de los objetivos establecidos.
 Cumplir y garantizar las disposiciones existentes en materia disciplinaria, sobre Derechos, Deberes, Prohibiciones, Inhabilidades, Incompatibilidades y Conflicto de Intereses.
 Garantizar, elaborar y responder de acuerdo con su rol por todos los informes a los entes de control.
 Demás funciones que le asigne el director de Alumbrado Público o la Gerencia.

Según la tabla salarial consultada con la entidad se realizan las proyecciones para los costos asociados del personal necesario:

Tabla 12. Resumen de proyección de costos asociados al personal técnico administrativo

<i>Cargo</i>	<i>Cantidad de personal</i>	<i>Salario base proyectado</i>	<i>Costo anual proyectado</i>	<i>Costo anual total proyectado</i>
PU en TICS	1	\$ 6.226.926	\$ 136.280.359,00	\$ 136.280.359
Técnico en Sistemas	4	\$ 3.556.533	\$ 77.837.059,00	\$ 311.348.236
Técnico electrónico	2	\$ 3.880.000	\$ 85.094.569,00	\$ 170.189.138
Total				\$ 617.817.733

Fuente: Elaboración propia

6.2. ESTUDIO LEGAL

Enviaseo E.S.P. es una Empresa Social del Estado, prestadora de servicios públicos, de este modo es claro que es una empresa de carácter público, que implementa principios de eficiencia, gestión y sostenibilidad ambiental. En sus inicios y hasta hace 4 años se dedicaba a la gestión integral de residuos sólidos, posteriormente, en junio de 2021, se realiza el cambio de objeto social de Enviaseo por medio del Acuerdo 006 de febrero de 2021 (Envigado C. d., 2021) y de este modo amplía su alcance a Alumbrado Público, Alumbrado Navideño, Desarrollos Tecnológicos, *Smart Cities* y demás permitidos por la ley.

Teniendo en cuenta que la Ley 1150 de 2007 en su artículo 14 y su decreto reglamentario 066 de 2008 establece que empresas como Enviaseo E.S.P. están dentro

del mercado de competencia y por tal motivo está excepta de someterse al Estatuto General de Contratación de la Administración Pública, dicho proceso se desarrolla en el marco del manual de contratación interno de Enviaseo E.S.P., Acuerdo 06 de julio de 2013 (E.S.P, www.enviaseo.gov.co, 2013) el cual jurídicamente tiene dos modificaciones posteriores mediante los Acuerdos 09 de noviembre 23 de 2015 (E.S.P, www.enviaseo.gov.co, 2015) y 013 de agosto de 2017 (E.S.P, www.enviaseo.gov.co, 2017).

En dicho manual se establecen las condiciones técnicas, jurídicas, financieras y demás que deben cumplir los contratistas para acceder a celebrar un contrato con dicha empresa; se destacan y serían de vital importancia a tener en cuenta para el proceso objeto del presente trabajo:

- Capacidad de contratar con consorcios, uniones temporales y demás formas asociativas previstas por la ley vigente en el momento de celebrar el contrato.
- El procedimiento de selección se realiza bajo parámetros de mejores condiciones técnicas, de precio, calidad y oportunidad que conlleven al cumplimiento de los objetivos de Enviaseo E.S.P.
- Por las condiciones técnicas y financieras del proyecto se sugiere realizar procedimiento de selección bajo la figura de invitación privada de oferta, teniendo en cuenta la invitación a tres (3) proponentes.
- Las condiciones de evaluación de las propuestas según el manual.

Según las condiciones de dicho manual y sus modificaciones es necesario realizar estudios previos, términos de referencia y anexo técnico por el personal idóneo para la elaboración de dichos documentos; estos deben estar a cargo de la Dirección de Alumbrado Público y deben contener las condiciones técnicas, ambientales, financieras, jurídicas para el correcto funcionamiento del sistema.

Tabla 13. Criterios Evaluativos de las propuestas

<i>Término a evaluar</i>	<i>Valor</i>
Condiciones técnicas	40
Costo oferta	40
Experiencia en la ejecución de proyectos similares	20
	100,00

Fuente: Elaboración propia

6.3. EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS

6.3.1. Condiciones técnicas

6.3.1.1. Telemetrik

Teniendo en cuenta el desempeño del piloto instalado y las condiciones técnicas dadas en fichas técnicas suministradas por el proveedor, se tienen en cuenta varios criterios evaluados que concluyen que el sistema de la marca en mención es operativo, pero su alcance es limitado; los protocolos de comunicación ofrecidos posiblemente no cumplen con las condiciones de operación en sitios rurales de difíciles condiciones geográficas.

Tabla 14. Análisis de condiciones técnicas, marca Telemetrik

COMPARATIVO SISTEMAS PROPUESTOS PARA EL MUNICIPIO DE ENVIGADO			
Ítem	Descripción	Máximos	Telemetrik
Aplicativo	Ambiente Intuitivo	5	4
	Facilidad de parametrización	5	3
	Integración de dispositivos	5	2
	Interoperabilidad	5	4
	Manejo de informes	5	3
	Conexión con apis y otros dispositivos	5	5
	Configuración de dispositivos	5	4
	Visualización de la información	5	4
	Facilidad de actualización	5	4
	Ambiente responsable	5	5
Fotocelda	Tiene DPS	5	5
	Tiene GPS	5	0
	Atenuable	5	5
Protocolos de comunicación	LoRA	5	5
	LoRaWAN	5	5
	ZigBEE	5	5
	LTE	5	0
	6LowPAN	5	0
	Otros	5	0
Integración de otros dispositivos	Wifi	5	0
	Cámara	5	0
	Sensor de Calidad de Aire	5	5
	Sensor de ruido	5	5
	Sensor de movimiento	5	5
	Fluviómetro	5	5
	Otros	5	5
Ubicación y garantía	Proveedor nacional	5	5
	Garantía directa	5	5
TOTAL		140	98
			70%

Fuente: Elaboración propia

6.3.1.2. Grupo Unión

Dadas las condiciones técnicas evaluadas en el presente análisis, se puede concluir que el sistema propuesto por dicho proponente cumple con la mayor cantidad de condiciones técnicas revisadas y por consiguiente es el sistema de mejor desempeño y posiblemente con mayor capacidad para potencializarse a futuro.

Tabla 15. Análisis de condiciones técnicas, marca Grupo Unión

COMPARATIVO SISTEMAS PROPUESTOS PARA EL MUNICIPIO DE ENVIGADO			
Ítem	Descripción	Máximos	Grupo Unión
Aplicativo	Ambiente Intuitivo	5	5
	Facilidad de parametrización	5	5
	Integración de dispositivos	5	5
	Interoperabilidad	5	5
	Manejo de informes	5	4
	Conexión con apis y otros dispositivos	5	5
	Configuración de dispositivos	5	5
	Visualización de la información	5	5
	Facilidad de actualización	5	5
	Ambiente responsable	5	5
Fotocelda	Tiene DPS	5	5
	Tiene GPS	5	5
	Atenuable	5	5
Protocolos de comunicación	LoRA	5	5
	LoRaWAN	5	5
	ZigBEE	5	5
	LTE	5	5
	6LowPAN	5	5
	Otros	5	5
Integración de otros dispositivos	Wifi	5	5
	Cámara	5	5
	Sensor de Calidad de Aire	5	5
	Sensor de ruido	5	5
	Sensor de movimiento	5	3
	Fluviómetro	5	3
	Otros	5	5
Ubicación y garantía	Proveedor nacional	5	5
	Garantía directa	5	5
TOTAL		140	135
			96%

Fuente: Elaboración propia

6.3.1.3. Ubicquia.

Este sistema lleva más tiempo en el mercado internacional, por ende, es más estable y tiene en su portafolio más equipos y sistemas que se pueden interconectar; su desempeño es muy bueno, pero no cuenta con presencia nacional.

Tabla 16. Análisis de condiciones técnicas, marca Ubicquia

COMPARATIVO SISTEMAS PROPUESTOS PARA EL MUNICIPIO DE ENVIGADO			
Ítem	Descripción	Máximos	Ubicquia
Aplicativo	Ambiente Intuitivo	5	5
	Facilidad de parametrización	5	5
	Integración de dispositivos	5	5
	Interoperabilidad	5	5
	Manejo de informes	5	5
	Conexión con apis y otros dispositivos	5	5
	Configuración de dispositivos	5	5
	Visualización de la información	5	5
	Facilidad de actualización	5	5
	Ambiente responsable	5	5
Fotocelita	Tiene DPS	5	5
	Tiene GPS	5	5
	Atenuable	5	5
Protocolos de comunicación	LoRA	5	5
	LoRaWAN	5	0
	ZigBEE	5	0
	LTE	5	5
	6LowPAN	5	0
	Otros	5	5
Integración de otros dispositivos	Wifi	5	5
	Cámara	5	5
	Sensor de Calidad de Aire	5	5
	Sensor de ruido	5	5
	Sensor de movimiento	5	5
	Fluviómetro	5	5
	Otros	5	3
Ubicación y garantía	Proveedor nacional	5	0
	Garantía directa	5	0
TOTAL		140	113
			81%

Fuente: Elaboración propia

6.3.2. Resumen de las condiciones técnicas comparativas

Se realizó el análisis de 28 condiciones técnicas, donde el puntaje máximo eran 140 puntos para un sistema óptimo, de este modo, el sistema que muestra un desempeño técnico aceptable para el proyecto es el propuesto por el Grupo Unión; cabe destacar que las otras propuestas cumplen con muchas de las condiciones y que al momento de ejecutar el proyecto se debe revisar de nuevo, por la posibilidad de tener actualizaciones tecnológicas que mejoren su desempeño.

Tabla 17. Resumen comparativo análisis de condiciones técnicas

COMPARATIVO SISTEMAS PROPUESTOS PARA EL MUNICIPIO DE ENVIGADO					
Ítem	Descripción	Máximos	Telemetrik	Grupo Unión	Ubicquia
Aplicativo	Ambiente Intuitivo	5	4	5	5
	Facilidad de parametrización	5	3	5	5
	Integración de dispositivos	5	2	5	5
	Interoperabilidad	5	4	5	5
	Manejo de informes	5	3	4	5
	Conexión con apis y otros dispositivos	5	5	5	5
	Configuración de dispositivos	5	4	5	5
	Visualización de la información	5	4	5	5
	Facilidad de actualización	5	4	5	5
Ambiente responsable	5	5	5	5	
Fotocelda	Tiene DPS	5	5	5	5
	Tiene GPS	5	0	5	5
	Atenuable	5	5	5	5
Protocolos de comunicación	LoRA	5	5	5	5
	LoRaWAN	5	5	5	0
	ZigBEE	5	5	5	0
	LTE	5	0	5	5
	6LowPAN	5	0	5	0
	Otros	5	0	5	5
Integración de otros dispositivos	Wifi	5	0	5	5
	Cámara	5	0	5	5
	Sensor de Calidad de Aire	5	5	5	5
	Sensor de ruido	5	5	5	5
	Sensor de movimiento	5	5	3	5
	Fluviómetro	5	5	3	5
	Otros	5	5	5	3
Ubicación y garantía	Proveedor nacional	5	5	5	0
	Garantía directa	5	5	5	0
TOTAL		140	98	135	113
			70%	96%	81%

Fuente: *Elaboración propia*

6.3.3. Costo de oferta

6.3.3.1. Telemetrik

El sistema propuesto, siendo un desarrollo local, con algunas condiciones técnicas limitadas hasta el momento del análisis del presente trabajo, es el sistema de mayor costo, por lo tanto, en el momento del análisis comparativo, obtiene el menor puntaje entre los posibles 40 puntos a obtener.

Tabla 18. Análisis financiero del costo del suministro del sistema, marca Telemetrik

Descripción	Cantidad	TELEMETRIK	
		Valor unitario	Valor final
Fotocelda	14000	\$ 889.300	\$ 12.450.200.000
Conectividad	14000	\$ 342.850	\$ 4.799.900.000
Sensor de calidad de aire	4	\$ 13.341.449	\$ 53.365.796
Punto de wifi y monitoreo inteligente	5	\$ 13.341.449	\$ 66.707.246
Valor total			\$ 17.370.173.042
			19%

Fuente: Elaboración propia

6.3.3.2. Grupo Unión

La propuesta presentada para el presente análisis tiene unos costos asociados que llevan a que esta propuesta alcance 30 de los posibles 40 puntos según los criterios de evaluación especificados.

Tabla 19. Análisis financiero del costo del suministro del sistema, marca Grupo Unión

<i>Descripcion</i>	<i>Cantidad</i>	GRUPO UNIÓN	
		<i>Valor unitario</i>	<i>Valor final</i>
<i>Fotocelda</i>	14000	\$ 754.936	\$ 10.569.104.000
<i>Conectividad</i>	14000	\$ 256.880	\$ 3.596.320.000
<i>Sensor de calidad de aire</i>	4	\$ 5.943.450	\$ 23.773.800
<i>Punto de wifi y monitoreo inteligente</i>	5	\$ 13.075.590	\$ 65.377.950
Valor total		\$ 14.254.575.750	
		30%	

Fuente: Elaboración propia

6.3.3.3. Ubicquia

Esta empresa americana es líder en el sector de sistemas para ciudades inteligentes a nivel mundial, su propuesta económica es la de mejor precio, teniendo en cuenta que cumple con las condiciones técnicas de ley y exigidas por la norma colombiana.

Tabla 20. Análisis financiero del costo del suministro del sistema, marca Ubicquia

<i>Descripcion</i>	<i>Cantidad</i>	UBICQUIA	
		<i>Valor unitario</i>	<i>Valor final</i>
<i>Fotocelda</i>	14000	\$ 653.183	\$ 9.144.555.000
<i>Conectividad</i>	14000	\$ 147.135	\$ 2.059.890.000
<i>Sensor de calidad de aire</i>	4	\$ 22.008.455	\$ 88.033.820
<i>Punto de wifi y monitoreo inteligente</i>	5	\$ 22.510.635	\$ 112.553.175
Valor total		\$ 11.405.031.995	
		40%	

Fuente: Elaboración propia

6.3.4. Resumen comparativo propuestas económicas

Según los criterios de evaluación sugeridos y el valor dado a cada uno de ellos, los costos asociados a la oferta económica tienen la posibilidad de alcanzar 40 puntos,

de este modo la propuesta entregada por la empresa Ubicquia es la mejor propuesta en términos financieros, obteniendo 40 puntos sobre 40.

Tabla 21. Resumen comparativo análisis de condiciones económicas

Descripción	Cantidad	UBICQUIA		TELEMETRIK		GRUPO UNIÓN	
		Valor unitario	Valor final	Valor unitario	Valor final	Valor unitario	Valor final
Fotocelda	14000	\$ 653.183	\$ 9.144.555.000	\$ 889.300	\$ 12.450.200.000	\$ 754.936	\$ 10.569.104.000
Conectividad	14000	\$ 147.135	\$ 2.059.890.000	\$ 342.850	\$ 4.799.900.000	\$ 256.880	\$ 3.596.320.000
Sensor de calidad de aire	4	\$ 22.008.455	\$ 88.033.820	\$ 13.341.449	\$ 53.365.796	\$ 5.943.450	\$ 23.773.800
Punto de wifi y monitoreo inteligente	5	\$ 22.510.635	\$ 112.553.175	\$ 13.341.449	\$ 66.707.246	\$ 13.075.590	\$ 65.377.950
Valor total			\$ 11.405.031.995		\$ 17.370.173.042		\$ 14.254.575.750
			40%		19%		30%

Fuente: Elaboración propia

6.3.5. Experiencia en la ejecución de proyectos similares

Para la implementación y correcto funcionamiento futuro de proyectos tecnológicos es importante poder constatar y evidenciar la experiencia de la marca en la ejecución de proyectos similares de carácter nacional, de este modo, Grupo Unión cuenta con la mayor experiencia en la ejecución de este tipo de proyectos, pero cabe aclarar que Ubicquia cuenta con mayor cantidad de elementos y sistemas instalados a nivel internacional: esta experiencia no se tuvo en cuenta dado que las condiciones geográficas en otras partes del mundo hacen que proyectos como este sean más estables.

Tabla 22. Resumen comparativo de la experiencia en proyectos similares

Descripción	Cantidad máxima	Telemetrik	Grupo Unión	Ubicquia
# Proyectos	10	2	9	0
		2	9	0

Fuente: Elaboración propia

6.3.6. Resultado final de la evaluación de propuestas

Según los criterios de evaluación y su puntuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos en el presente análisis, es así como la propuesta de Grupo Unión

alcanza 77,58 puntos de 100 posibles puntos, siendo la mayor puntuación; cabe resaltar que en el posible momento de ejecutar el proyecto se deberá realizar de nuevo la evaluación pues las propuestas pueden variar en condiciones y/o actualizaciones técnico-económicas.

Tabla 23. Resumen de criterios de evaluación

<i>Término a evaluar</i>	<i>Valor</i>	<i>Telemetrik</i>	<i>Grupo Union</i>	<i>Ubicquia</i>
Condiciones técnicas	40	28,00	38,57	32,29
Costo oferta	40	19,08	30,01	40,00
Experiencia en la ejecución de proyectos similares	20	2	9	0
	100,00	49,08	77,58	72,29

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en el estudio de prefactibilidad realizado, se realizan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Envigado es un municipio que, por su crecimiento urbano, afronta problemáticas en torno a movilidad, conectividad, medio ambiente y gobernanza que generan la necesidad de la implementación de sistemas de *Smart Cities* que mejoren las condiciones de calidad de vida de los habitantes a mediano y corto plazo.
- Para la ejecución de un proyecto como el mencionado se requiere que todos los entes municipales estén en sincronía con los objetivos principales del proyecto, sostenibilidad y mejor calidad de vida de sus habitantes.
- Teniendo en cuenta los indicadores del plan de desarrollo 2024-2027 del municipio de Envigado el proyecto de Envigado Ciudad Inteligente se puede desarrollar por fases.
- Para que el proyecto sea sostenible en el tiempo y se convierta en un sistema permanente en la administración municipal, es importante que la ciudadanía lo conozca y se apropie de la tecnología haciendo buen uso de ella.
- Como este tipo de iniciativas van encaminadas a mejorar las condiciones de vida de los habitantes y a mejorar los procesos administrativos, es importante revisar los posibles apalancamientos financieros nacionales e internacionales que se pueden lograr para viabilizar económicamente el proyecto.
- Se debe considerar el apoyo internacional de ciudades que ya hayan implementado proyectos similares.
- El proyecto debe contar con los indicadores de gestión necesarios para que sea medible a futuro.
- Teniendo en cuenta que el proyecto no genera utilidad, es importante medir el impacto social de este.
- La plataforma por implementar debe ser lo suficientemente robusta y abierta para aceptar a futuro actualizaciones y otro tipo de subsistemas que permitan su potencialización.

- Envigado es un municipio que cuenta con la base tecnológica necesaria para implementar un sistema de *Smart Cities*.
- El análisis de prefactibilidad realizado concluye que el proyecto es viable para la ejecución dentro de la administración actual y que es necesario para garantizar la calidad de vida de los ciudadanos.

REFERENCIAS

- Alan Neill, D., & Cortez, L. (2018). *Procesos y fundamentos de la investigación científica*. Machala: Editorial Utmach.
- Alcaldía Municipal de Envigado en Antioquia (27 de mayo de 2024). *Plan de Desarrollo 2024-2027*.
<https://www.envigado.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-20242027>
- Alcaldía Municipal de Envigado en Antioquia (28 de Mayo de 2024). *Plan de Desarrollo Municipal 2024-2027 "Amor por la gente, Amor por Envigado". Plan Integral de Desarrollo Metropolitano 2021 – 2032*. Envigado.
- Andia Valencia, W., & Paucara Pinto, E. (2013). Los Planes de negocios y los proyectos de inversión: similitudes y diferencias. *Industrial Data revista de investigacion*, 80-84.
- Arboleda, G. (2014). *Proyectos: Identificación, formulación, evaluación y gerencia*. AC Editores.
- Aburrá, A. M. (2020). *www.metropol.gov.co*. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/observatorio/Documents/ABURR%C3%81%20DATOS%20ENVIGADO1.pdf>
- Aburrá, A. M. (2024). *Area Metropolitana del Valle de Aburrá*. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Plan-de-Gesti%C3%B3n-Metropolitano-2024---2027.aspx>
- Aburrá, A. m. (2024). <https://www.metropol.gov.co/SiteAssets/Paginas/Plan-de-Gesti%C3%B3n-Metropolitano-2024---2027/PPT%20PLAAN%20DE%20GESTION%202024-2027%20AMVA-JULIO-ok.pdf>. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/SiteAssets/Paginas/Plan-de-Gesti%C3%B3n-Metropolitano-2024---2027/PPT%20PLAAN%20DE%20GESTION%202024-2027%20AMVA-JULIO-ok.pdf>
- Aburrá, A. M. (2024). *www.metropol.gov.co*. Obtenido de [www.metropol.gov.co](https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/):
<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/>
- Aburra, A. M. (14 de 10 de 2024). *www.siata.gov.co*. Obtenido de [www.siata.gov.co](https://siata.gov.co/siata_nuevo/):
https://siata.gov.co/siata_nuevo/
- Alan Neill, D., & Cortez, L. (2018). *Procesos y fundamentos de la investigación científica*. Machala: Editorial Utmach.
- analysis, p. (6 de febrero de 2022). *www.pestleanalysis.com*. Obtenido de [www.pestleanalysis.com](https://pestleanalysis.com/pestel-framework/):
<https://pestleanalysis.com/pestel-framework/>
- Andia Valencia, W., & Paucara Pinto, E. (2013). Los Planes de negocios y los proyectos de inversion: similitudes y diferencias. *industrial Data revista de investigacion*, 80-84.

- Antioquia, G. d. (s.f.). *Corregimientos de Antioquia*. Obtenido de Corregimientos de Antioquia: <https://corregimientos.antioquia.gov.co/envigado/>
- Arboleda, G. (2014). *Proyectos: Identificación, formulación, evaluación y gerencia*. AC Editores.
- Arias Montoya Leonel, R. A., & Carlos, C. B. (2006). Metodología para la medición del riesgo financiero en inversiones. *Scientia et Technica vol XII*, 275-278.
- Arias, F. M. (2006). *Formulación y evaluación de proyectos*. Universidad de Cuenca.
- Atrebo. (29 de 12 de 2020). *El papel del 5G: factor clave en la automatización de las redes RAN*. Obtenido de <https://www.atrebo.com/es/el-papel-del-5g-factor-clave-en-la-automatizacion-de-las-redes-ran/>
- Baena, G. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Grupo Editorial Patria.
- banco interamericano de desarrollo. (2024). <https://cursos.iadb.org/es/programas/gestion-proyectos-para-resultados>. Obtenido de <https://cursos.iadb.org/es/programas/gestion-proyectos-para-resultados>: <https://cursos.iadb.org/es/programas/gestion-proyectos-para-resultados>
- Banco Mundial. (2021). *Hacia la construcción de una sociedad equitativa en Colombia*. World Bank Group.
- Banco Mundial. (06 de 10 de 2022). *Colombia: panorama general*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/country/colombia/overview>
- Bavaresco, A. M. (2013). *Proceso Metodológico en la investigación*. Imprenta Internacional, CA.
- Bouskela, M., & Marcia Casseb, S. B. (2016). *La ruta hacia las smart cities*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Business School Navarra. (2022). *Índice IESE cities in motion*. Navarra: Universidad de Navarra.
- Cadle, J. (2010). *Business Analysis Techniques*. BCS Editors.
- CCB. (Marzo de 2019). *¿Qué son las sociedades por acciones simplificadas?* Obtenido de <https://www.ccb.org.co/Preguntas-frecuentes/Registros-Publicos/Que-son-las-sociedades-por-acciones-simplificadas>
- CCIT. (Diciembre de 2021). *PND 2018-2022 y el sector TIC: ¿Cuál es el estado actual?* Obtenido de <https://www.ccit.org.co/wp-content/uploads/tictac-2021-pnd-sector-tic-informe-final.pdf>
- CEPAL. (2007). *La inversión extranjera en América y el caribe*.
- Clealand, D. (2004). *Field Guide to Project Management*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- CNN. (19 de 07 de 2022). *Así quedó conformado el Congreso de Colombia para el periodo 2022-2026*. Obtenido de <https://cnnespanol.cnn.com/2022/07/19/conformacion-congreso-colombia-2022-2026-orix/>

- Concejo Municipal de Envigado. (26 de Febrero de 2021). *www.concejoenvigado.gov.co*. Obtenido de [www.concejoenvigado.gov.co: https://www.concejoenvigado.gov.co/wp-content/uploads/2021/03/Acuerdo-006-de-2021.pdf](https://www.concejoenvigado.gov.co/wp-content/uploads/2021/03/Acuerdo-006-de-2021.pdf)
- Concejo Municipal de Envigado. (30 de abril de 2021). *www.concejoenvigado.gov.co*. Obtenido de [www.concejoenvigado.gov.co: https://www.concejoenvigado.gov.co/wp-content/uploads/2021/05/Acuerdo-010-de-2021-1.pdf](https://www.concejoenvigado.gov.co/wp-content/uploads/2021/05/Acuerdo-010-de-2021-1.pdf)
- concejo municipal de Envigado. (28 de abril de 2024). proyecto de acuerdo 018 . *acuerdo municipal*. Envigado, Antioquia, Colombia.
- Contents, M. (29 de 04 de 2022). *Tipos de redes sociales: Cuáles son ideales para tu negocio*. Obtenido de <https://makingcontents.com/marketing-de-contenidos/tipo-de-redes-sociales-cuales-son-ideales-para-tu-negocio/>
- Corficolombiana. (11 de Octubre de 2022). *La rentabilidad esperada del capital propio en Latinoamérica*. Obtenido de <https://investigaciones.corficolombiana.com/documents/38211/0/221011%20Informe%20Rentabilidad%20Esperada%20del%20Capital%20Propiov2.pdf/732b9734-feb-7f13-a694-7fd670a3aae6>
- CRC. (Octubre de 2021). *Revisión de los esquemas de remuneración móvil y del mercado minorista voz saliente móvil*. Obtenido de <https://crcm.gov.co/sites/default/files/webcrc/noticias/documents/documento-de-alternativas-regulatorias-proyecto-revision-de-los-esquemas-de-remuneracion-movil-y-del-mercado-minorista-de-voz-saliente-movil.pdf>
- Cruz, C. A. (2023). *indice de ciudades y territorios inteligentes*. Bogota.
- DANE. (10 de 2022). *Encuesta Mensual de Expectativas de Analistas Económicos*. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/eme-graficas.pdf>
- DANE. (16 de 08 de 2022). *Producto Interno Bruto - Principales resultados II Semestre 2022*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/presen_rueda_de_prensa_PIB_Iltrim2_2.pdf
- Daniel Martinez Pedros, A. M. (2012). *Analisis del entorno*. Editorial Diaz Santos.
- Davila Newman, G. (s.f.). En G. Davila Newman, *EL razonamiento inductivo y deductivo del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales*.
- Deloitte. (2017). *Forces of change: Industry 4.0*. Obtenido de <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/es/Documents/manufacturing/Deloitte-ES-manufacturing-industria-4.0.pdf>

- DNP. (Mayo de 2020). *Índice de desarrollo de las TIC regional para Colombia*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Documents/Indice%20de%20desarrollo%20de%20las%20TIC%20regional%20para%20Colombia.pdf>
- E.S.P, E. (26 de Julio de 2013). *www.enviaseo.gov.co*. Obtenido de *www.enviaseo.gov.co*: https://enviaseo-esp.micolombiadigital.gov.co/sites/enviaseo-esp/content/files/000096/4753_acuerdo620131.pdf
- E.S.P, E. (23 de Noviembre de 2015). *www.enviaseo.gov.co*. Obtenido de *www.enviaseo.gov.co*: https://enviaseo-esp.micolombiadigital.gov.co/sites/enviaseo-esp/content/files/000096/4753_acuerdo620131.pdf
- E.S.P, E. (23 de Agosto de 2017). *www.enviaseo.gov.co*. Obtenido de *www.enviaseo.gov.co*: https://enviaseo-esp.micolombiadigital.gov.co/sites/enviaseo-esp/content/files/000096/4754_acuerdo13pormediodelcualsemodificaelmanualdecontratacion.pdf
- ENS. (2021). *Prefeasibility Studies Guidelines*. Obtenido de Danish Energy Agency: https://www.ea-engrianalyse.dk/wp-content/uploads/2021/11/pre_feasibility_studies_-_north_sulawesi.pdf
- Envigado, C. d. (23 de febrero de 2021). *www.concejodeenvigado.gov.co*. Obtenido de *www.concejodeenvigado.gov.co*: <https://www.concejoenvigado.gov.co/wp-content/uploads/2021/03/Acuerdo-006-de-2021.pdf>
- Envigado, C. M. (27 de 05 de 2024). *Concejo Municipal de Envigado*. Obtenido de Acuerdo 017 del 27 de mayo de 2024: <https://www.concejoenvigado.gov.co/wp-content/uploads/2024/05/Acuerdo-017-de-2024.pdf>
- Envigado, m. d. (27 de mayo de 2024). *Municipio de Envigado*. Obtenido de <https://www.envigado.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-20242027>
- Envigado, M. d. (28 de Mayo de 2024). Plan de Desarrollo Municipal 2024-2027"Amor por la gente, Amor por Envigado". *Plan Integral de Desarrollo Metropolitano 2021 – 2032*. Envigado.
- Espinoza, S. F. (2010). *Los proyectos de inversion: Evaluacion financiera*. Costa Rica: Editorial Tecnologica de CR.
- Fernandez, F. J. (2017). Estudio de Mercado. En F. J. Fernandez, *Estudio de Mercado* (págs. 6-12). CEEI CIUDAD REAL.
- Fernandez, F. J. (2017). *Estudio de Mercado*. Bogota: Uniandes.
- Ferrer, E., & Castillo, C. (2021). DECONSTRUYENDO EL CONCEPTO DE SMART CITY. *Arquitectura y Sociedad*.
- FMI. (15 de 02 de 2022). *Cambio de Marcha: De la recuperación a la expansión y a las políticas para mantener el crecimiento inclusivo*. Obtenido de <https://www.imf.org/es/News/Articles/2022/02/15/colombia-staff-concluding-statement-of-the-2022-article-iv-mision>

- FMI. (11 de 10 de 2022). *Las autoridades deben mantener la mano firme en el timón ante los nubarrones que se avecinan sobre la economía mundial* . Obtenido de <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2022/10/11/policymakers-need-steady-hand-as-storm-clouds-gather-over-global-economy>
- Fredy Eduardo, L. D., & Juan Diego, C. o. (2017). *Estructura y seguimiento de planes, programas y proyectos con enfoque de marco logico*. Popayan: Universidad del Cauca.
- Freitag, C. (Diciembre de 2020). *The climate impact of ICT: A review of estimates, trends and regulations*. Obtenido de <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2102/2102.02622.pdf>
- G, B. U. (2013). *Evaluacion de proyectos*. mc graw hill.
- G, D. N. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. En D. N. G, *El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales* (págs. 180-205). Laurus.
- Giachetti, R. E. (2010). *Design of Enterprise Systems: Theory, Architecture, and Methods*. CRC Press.
- Gilli, J. J. (2017). *Claves de la estructura organizativa*. Buenos Aires: Editorial Granica.
- Gitman, L., & Zutter. (2012). *Principles of managerial finance*. Pearson.
- Gobernacion de Antioquia. (2022). *Aburra en datos*. Medellin.
- Grant, R. M. (2019). *Contemporary strategy Analysis*. Wiley.
- GSMA. (12 de 2018). *Ciudades inteligentes e Internet de las Cosas: cómo fomentar su desarrollo en América Latina*. Obtenido de <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2018/12/IoTGuide-ESP.pdf>
- GSMA. (2021). *GSMA: The Impact of the Internet of Things*. Londres: KRC Research.
- Guevara, v. A., & N, C. (2020). *Metodologias de investigacion educativa*. Recimundo.
- Harrison, J., & St. John, C. (2009). *Fundamentos de la Dirección Estratégica*. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Hatten, T. S. (2019). *Small Business Management: Creating a Sustainable Competitive Advantage*. SAGE Publications, Inc.
- Hernandez Sampieri, R., & Paulina, M. T. (2023). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Pilar, B. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.
- <https://www.cancilleria.gov.co/internacional/politica/economico/onudi>. (2024). Obtenido de united nations industrial development: <https://www.cancilleria.gov.co/internacional/politica/economico/onudi>
- IBM. (2024). www.ibm.com/mx-es. Obtenido de www.ibm.com/mx-es: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/what-is-preventive-maintenance>

- infraspeak. (2024). *www.blog.infraspeak.com*. Obtenido de www.blog.infraspeak.com:
<https://blog.infraspeak.com/es/mantenimiento-preventivo-vs-predictivo/>
- intelectual, o. m. (2023). <https://www.wipo.int/es/web/global-innovation-index>. Obtenido de
<https://www.wipo.int/es/web/global-innovation-index>: <https://www.wipo.int/es/web/global-innovation-index>
- Intelligence, M. (2021). *Mecado de conexiones M2M: Crecimiento, tendencias e impacto por Covid-19 2022-2027*. Obtenido de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/m2m-connections-market>
- ISO, N. (2024). *www.normasiso.org*. Obtenido de www.normasiso.org: <https://normasiso.org/norma-iso-37120/>
- ITU. (2012). *Y.2060 : Overview of the Internet of things*. Obtenido de
https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-1!!PDF-S&type=items
- Krzener, H. (2013). *Project Management: A System Approach to planning, scheduling and controlling*. John Wiley &son.
- Kumar, R. (2011). *Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners*. SAGE Publications Ltd.
- La República. (25 de 10 de 2022). *La devaluación de la TRM durante 2022 es la tercera más alta de este siglo XXI*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/finanzas/la-devaluacion-de-la-trm-en-lo-corrido-de-2022-es-la-tercera-mas-alta-de-este-siglo-xxi-3476234>
- Loaiza, A. (2019). Gestión de mantenimiento correctivo en las instalaciones universitarias públicas de la costa Oriental del LAGO. *Revista Enfoques*, 15-31.
- López, M. D. (2007). *Evaluación de proyectos para ingenieros*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- M E Parra, J. L. (2008). Estudio Administrativo... un apoyo en la estructura organizacional del proyecto de inversión. *itson*.
- Malhotra, N. K. (2007). *Marketing Research: An Applied Orientation*. Pearson/Prentice Hall.
- Maria Elvira López Parra, J. N. (2008). *itson*. Obtenido de Estudio administrativo...un apoyo en la estructura organizacional del proyecto de inversion:
<https://www.itson.mx/PUBLICACIONES/PACIOLI/DOCUMENTS/NO56/ESTUDIOADMATIVO.PDF>
- Martinez Pedrós, D. y. (2012). *Analisis del Entorno*. Ediciones Diaz de Santos.
- Mas Colombia. (25 de Agosto de 2022). *Colombia aporta menos del 1% de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero*. Obtenido de <https://mascolombia.com/colombia-aporta-menos-del-1-de-las-emisiones-globales-de-gases-de-efecto-invernadero/>
- Meza, J. d. (2013). *Evaluación financiera de proyectos*. ECOE Ediciones.

- MinAmbiente. (Mayo de 2019). *Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo, celebra el Día Mundial de la Biodiversidad*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemas/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo-celebra-el-dia-mundial-de-la-biodiversidad/>
- MinAmbiente. (Octubre de 2022). *Aprobado Acuerdo de Escazú a 63 días de iniciar Gobierno del presidente Petro*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/acuerdo-de-escazu/aprobado-acuerdo-de-escazu-a-63-dias-de-iniciar-gobierno-del-presidente-petro/>
- MINTIC. (24 de 06 de 2020). *Colombia inicia transición de redes 2G y 3G hacia 4G*. Obtenido de <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/145550:Colombia-inicia-transicion-de-redes-2G-y-3G-hacia-4G>
- Mokate, K. M. (2004). *Evaluación Financiera de proyectos de inversion*. Bogotá: Ediciones Uniandes, Alfaomega Colombiana.
- N, S. (2007). *Proyectos de inversion, formulacion y Evaluacion*. Mexico: Pearson Prentice Hall.
- Newspaper, t. e. (2022). <https://impact.economist.com/perspectives/technology-innovation/digital-cities-index-2022>. Obtenido de <https://impact.economist.com/perspectives/technology-innovation/digital-cities-index-2022>: <https://impact.economist.com/perspectives/technology-innovation/digital-cities-index-2022>
- Niño Rojas, V. M. (2019). *Metodología de la investigación: Diseño, ejecución e informe*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Normalizacion, I. O. (2024). <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:es>. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:es>: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:es>
- Normalizacion, O. i. (2024). <https://www.normaiso27001.es/>. Obtenido de <https://www.normaiso27001.es/>: <https://www.normaiso27001.es/>
- OECD. (Junio de 2022). *Panorama económico de Colombia*. Obtenido de <https://www.oecd.org/economy/panorama-economico-colombia/>
- ONU. (2017). *Examen de la gestión y la administración de la organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial (ONUDI)*. Naciones Unidas: Ginebra.
- Oriana Garcia Osorio, J. Q. (2014). Capacidades de innovacion, desempeño innovador y desempeño organizacional en las empresas del sector servicios. *Cuadernos de Administracion*, 87-108.
- Orozco, j. d. (2013). *Evaluación financiera de proyectos*. Bogota: Ecoe Ediciones.
- Paul Hague, N. H.-A. (2004). *Market Research in Practice: A Guide to the Basics*. Londres: Kogan Page.

- PMI. (2021). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) – Séptima edición*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- project management institute, Inc. (2024). <https://www.pmi.org/america-latina/>. Obtenido de <https://www.pmi.org/america-latina/>: <https://www.pmi.org/america-latina/>
- QSStudy. (2022). *Enfoque de ONUDI de evaluación de proyectos*. Obtenido de <https://qsstudy.com/unido-approach-project-appraisal/>
- Rating, F. (8 de Mayo de 2024). www.fitchrating.com. Obtenido de [https://www.fitchratings.com/research/es/international-public-finance/fitch-affirms-envigados-national-ratings-at-aaa-col-f1-col-08-05-2024#:~:text=Fitch%20Ratings%20%2D%20Bogota%20%2D%2008%20May,%2B\(col\)%2C%20respectivamente](https://www.fitchratings.com/research/es/international-public-finance/fitch-affirms-envigados-national-ratings-at-aaa-col-f1-col-08-05-2024#:~:text=Fitch%20Ratings%20%2D%20Bogota%20%2D%2008%20May,%2B(col)%2C%20respectivamente).
- Republica, S. d. (6 de octubre de 2000). Ley 617 de 2000.
- Ries, E. (2012). *El método Lean Startup: Cómo crear empresas de éxito utilizando la innovación continua*. Deusto.
- RNEC. (12 de 06 de 2022). *Registraduría Nacional del Estado Civil*. Obtenido de <https://www.registraduria.gov.co/En-la-segunda-vuelta-presidencial-del-2022-se-registro-la-abstencion-mas-baja.html>
- Rosa, A., Fitria, L., & Marsha, D. (2002). *English Diploma 3 Journal Compilation*. Indonesia: Ahlimedia Press.
- Rozga Luter, R. E. (2018). ciudad inteligente.concepto en discusion. En R. E. Rozga Luter, *Teoria, impactos externos y politicas publicas para el desarrollo regional*. MEXICO: COEDITORES.
- Ruiz, C. d. (15 de diciembre de 2017). *revista publicando*. Obtenido de Revista Publicando: <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/836>
- Ruiz, C. d. (15 de 12 de 2017). *Revista Publicando*. Obtenido de Revista Publicando: <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/836>
- Santos, T. S. (noviembre de 2008). *Estudio de factibilidad de un proyecto de inversion: etapas en su estudio*. Obtenido de contribuciones a la economia: <http://www.eumed.net/ce/2008b/>
- Santos, T. S. (2008). Estudio de Prefactibilidad de un proyecto de inversion: etapas en su estudio. *Contribuciones a la Economia*.
- Servio, V. B., Roberto, D. V., & Antonia, V. M. (2016). Estudio de factibilidad en el sistema de direccion por proyectos de inversion. *Ingenieria industrial*, 305-312.
- SiB Colombia. (Agosto de 2022). *Biodiversidad en Cifras, Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia*. Obtenido de <https://cifras.biodiversidad.co>

- Sierra Cadena, G. J. (2021). *Derecho administrativo y ciudades inteligentes*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- SK Group. (14 de Abril de 2022). *The Impacts of ICT on Climate Change*. Obtenido de <https://sustainabilityknowledgegroup.com/the-impacts-of-ict-on-climate-change/>
- Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Editorial Universidad de Antioquia.
- SuperSociedades. (08 de 07 de 2021). *Informe de 9.000 empresas siguientes más grandes*. Obtenido de <https://www.supersociedades.gov.co/Noticias/Publicaciones/Revistas/2021/Presentacion-9000-Empresas.pdf>
- Telesemana. (2017). *Colombia avanza en el fortalecimiento de MVNOs y cambia condiciones para el acceso a redes de terceros*. Obtenido de <https://www.telesemana.com/blog/2017/02/27/colombia-avanza-en-el-fortalecimiento-de-mvnos-y-cambia-condiciones-para-el-acceso-a-redes-de-terceros/>
- Tito Duarte, R. E. (2007). Analisis Economico de proyectos de inversion. *Scientia et technica* , 333-339.
- Trenza, A. (febrero de 2020). *www.anatrenza.com*. Obtenido de www.anatrenza.com: <https://anatrenza.com/analisis-pestel/#12-para-que-sirve-el-analisis-pestel>
- UIT. (Julio de 2022). *Digital Development Dashboard: An overview of the state of digital development around the world*. Obtenido de https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/DDD/ddd_COL.pdf
- union europea. (28 de 4 de 2022). https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_22_2591. Obtenido de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_22_2591
- Urbina, G. B. (2011). *Evaluacion de Proyectos*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Valora Analitik. (13 de 10 de 2022). *FMI ajustó estimación de inflación de Colombia, Chile, Perú, Brasil y México de 2022-2023*. Obtenido de <https://www.valoraanalitik.com/2022/10/13/fmi-inflacion-colombia-chile-peru-brasil-mexico-2022-2023/>
- Valora Analitik. (10 de 10 de 2022). *Recesión económica: este es el riesgo para Colombia*. Obtenido de <https://www.valoraanalitik.com/2022/10/10/recesion-economica-este-es-el-riesgo-colombia/>
- Westland, J. (2006). *The Project Management Life Cycle*. London: Kogan Page.
- Wilson, M. H. (2005). *Formulacion y evaluacion de proyectos tecnologicos empresariales aplicados*. Bogota: Convenio Andres Bello.
- Word Competitiveness Center. (2023). *IMD smart City index report 202*.