

Propuesta para la implementación de un Centro Integrado de Control en el despliegue del modelo
de ciudad inteligente en Bucaramanga

Leonel Andrés Dangond Muñoz

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Yerly Fabian Martínez Estupiñán

PhD. en Ingeniería de Transporte y Logística

Codirector

Álvaro Viviescas Jaimes

PhD. en Ingeniería Estructural

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi familia por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, a mi madre Lucila Muñoz por estar conmigo en mis luchas, en mis triunfos y en mis fracasos; por enseñarme que todo es posible y que mi esfuerzo siempre será recompensado y a mi novia Yoaris Caraballo Guerra por creer en mi y por motivarme día a día a ser mejor persona y a enfrentar con firmeza todos los obstáculos que se me presenten.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis directores de proyecto de grado, en especial al Ingeniero PhD. Yerly Fabián Martínez Estupiñán por su apoyo permanente y constante acompañamiento en la realización de este trabajo de grado. También a los docentes que me orientaron en esta etapa académica, al profesor Jorge Álvaro Castellanos Rivero por todas sus enseñanzas en el tiempo que lo acompañe como auxiliar docente, y a la Universidad Industrial de Santander por todas las ayudas recibidas durante el tiempo de formación las cuales me permitieron continuar y terminar el pregrado.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos	14
1.1 Objetivo General	14
1.2 Objetivos Específicos	14
2. Revisión Bibliográfica.....	15
2.1 Concepto de Smart City o Ciudad inteligente.....	16
2.2 Fundamentos de una ciudad inteligente	18
2.3 Iniciativas existentes en ciudades inteligentes	19
2.4 Centro Integrado de Control (CIC)	20
2.4.1 Características de un Centro Integrado de Control	21
2.5 Antecedentes de centros de control a nivel nacional.....	22
2.6 Antecedentes de centros de control a nivel nacional.....	23
3. Bucaramanga en el despliegue del modelo de ciudad inteligente.....	26
3.1 Análisis del Plan de Desarrollo Municipal (PDM), Bucaramanga (2020-2023)	27
3.1.1 Líneas estratégicas del PDM Bucaramanga:	28
3.1.2 Proyectos estratégicos del PDM de Bucaramanga:.....	28
3.2 Componentes y Actores urbanos para el CIC de Bucaramanga.....	29
3.3 Datos e información requerida en la operación del CIC para Bucaramanga	32
4. Iniciativas existentes en Bucaramanga.....	34
4.1 La seguridad en Bucaramanga	34

4.2 Movilidad y transporte en Bucaramanga	35
4.3 Gestión ante el riesgo de desastres en Bucaramanga	36
4.4 Manejo ambiental en Bucaramanga	37
4.5 Innovación tecnológica y TIC en Bucaramanga	39
5. Propuesta para la estructuración de un CIC en Bucaramanga	40
6. Componentes para el sistema de información del CIC de Bucaramanga	42
7. Conclusiones	46
8. Recomendaciones a Futuro	48
8.1 Semaforización Inteligente.....	48
8.2 Recolección inteligente de residuos	48
8.3 Botones de pánico para el fortalecimiento de la seguridad	49
8.4 Sistemas de divulgación de información a través de las Tics	49
Referencias Bibliográficas	50
Apéndices	55

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Ejemplos de Centros de Control en las Smart Cities</i>	24
Tabla 2 <i>Datos e información que pueden suministrar las entidades de Bucaramanga para la implementación del CIC</i>	32

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Sistemas de innovación tecnológica implementados por las Smart City</i>	19
Figura 2 <i>Diversificación de un Centro Integrado de Control</i>	22
Figura 3 <i>Identificación de componentes para el piloto del CIC en Bucaramanga</i>	30
Figura 4 <i>Parque automotor del AMB a diciembre de 2022.</i>	35
Figura 5 <i>Estructura para el CIC de Bucaramanga</i>	41
Figura 6 <i>Componentes para el sistema de información CIC Bucaramanga</i>	44
Figura 7 <i>Sistema de Información para el CIC Bucaramanga</i>	45

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Matriz Documental	55

Resumen

Título: Propuesta para la implementación de un Centro Integrado de Control en el despliegue del modelo de ciudad inteligente en Bucaramanga*

Autor: Leonel Andrés Dangond Muñoz **

Palabras Clave: Ciudad inteligente, Centro Integrado de Control, Sistema de Información, Plan de Desarrollo Municipal de Bucaramanga.

Descripción: El crecimiento de las ciudades en el mundo ha hecho que las personas que habitan en ellas opten por implementar diferentes estrategias para el desarrollo y sostenibilidad de sus urbes. Una de esas estrategias es el modelo de ciudad inteligente, que mediante el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) busca gestionar las necesidades propias del territorio y optimizar la solución de problemas. Dicho modelo, también conocido como Smart City, ha permitido que las grandes metrópolis como Singapur, Barcelona, New York, Shanghai, Beijing y Seúl sobresalgan por encima de las demás, debido al adelanto tecnológico y a la innovación de sus procesos en la solución de problemas cotidianos, muchos de ellos gestionados a través de Centros Integrados de Control (CIC). Es en los CIC donde se administra el flujo de datos y la información de relevancia para la ciudad. Es así como esta investigación buscó establecer una propuesta para la implementación de un CIC en el despliegue del modelo de ciudad inteligente en la ciudad de Bucaramanga. Para ello, se realizó una revisión literaria sobre los avances de las Smart City y la funcionalidad de los CIC como cerebro operativo de estas ciudades. A partir de esta revisión y con base en el Plan de Desarrollo Municipal, las iniciativas existentes en la ciudad y los actores urbanos que intervienen en ellas, se definieron los componentes del sistema de información para estructurar el CIC de Bucaramanga como una unidad integral multisectorial que involucre el trabajo colaborativo de 9 entidades de la ciudad capaces de gestionar en tiempo real o de manera periódica, la captura, el almacenamiento y procesamiento de los datos abiertos de la ciudad, obteniendo la información necesaria para la toma de decisiones y de divulgación para la ciudadanía.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomécanicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil.
Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñán. PhD. (C) en Ingeniería de Transporte y Logística.
Codirector: Álvaro Viviescas Jaimes. PhD. en Ingeniería Estructural.

Abstract

Title: Proposal for the implementation of an Integrated Control Center in the deployment of the smart city model in Bucaramanga*

Author(s): Leonel Andrés Dangond Muñoz ¹

Key Words: Smart city, Integrated Control Center, Information System, Bucaramanga Municipal Development Plan.

Description: The growth of cities in the world has made the people who live in them choose to implement different strategies for the development and sustainability of their cities. One of these strategies is the smart city model, which uses Information and Communication Technologies (ICT) to manage the needs of the territory and optimize problem-solving. This model, also known as Smart City, has allowed large metropolises such as Singapore, Barcelona, New York, Shanghai, Beijing, and Seoul to stand out above the rest due to technological advances and the innovation of their processes in solving problems. Many of them are managed daily through Integrated Control Centers (ICC). It is in the ICC where the flow of data and relevant information for the city is collected. This research sought to establish a proposal for implementing an ICC in deploying the smart city model in Bucaramanga. For this, we did a literary review of the Smart City's advances and the ICC's functionality as the operational brain of these cities. Based on this review and based on the Municipal Development Plan, the existing initiatives in the city, and the urban stakeholders involved in them, we identified the components of the information system to structure the ICC of Bucaramanga as a comprehensive multisectoral unit that involves the collaborative work of 9 city entities capable of managing, in real-time or periodically, the capture, storage, and processing of open city data, obtaining the necessary information for decision-making and dissemination for the citizenship.

* Degree Work

¹Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñán. PhD. (C) in Transport and Logistics Engineering. Co-director: Álvaro Viviecas Jaimes. PhD. in Structural Engineering.

Introducción

La población a nivel mundial ha venido en aumento en las últimas décadas, lo que se ha traducido en el desarrollo acelerado de las urbes. Según la ONU para el año 1950 la población mundial era de 2600 millones de personas, en la actualidad se estima que sobrepase los 7700 millones y se proyecta que para el año 2050 sean más de 9000 millones de habitantes. Este incremento en la población ha generado cambios considerables en la manera como se manifiesta el progreso de las sociedades; siendo África y América Latina las regiones en el mundo con más sobrepoblación y las que experimentan más desafíos económicos, ambientales y sociales en su desarrollo (ONU, 2019).

El aumento en la densidad de la población ha traído consigo un cambio en la organización y distribución de los espacios y los recursos dentro de las ciudades. Este cambio ha hecho que las personas opten por agruparse en entornos más inteligentes con mayor autonomía, basados en la optimización de procesos urbanísticos y eficiencia operativa de las metrópolis, adoptando un modelo capaz de regular sus actividades de manera coordinada y sostenible; de allí el concepto de “Ciudad Inteligente”, entendiéndose esta como la ciudad que es capaz de incorporar tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la gestión de sus operaciones, promoviendo el desarrollo económico y social de su población.

Colombia al igual que muchos países de la región está asimilando la idea de adaptar sus urbes al modelo de ciudad inteligente, para lo cual desde septiembre de 2020 ha dispuesto a través del Departamento Nacional de Planeación (DNP) de un documento versión borrador con los lineamientos de política para el desarrollo de ciudades inteligentes con un enfoque integral e

intersectorial que abarque temas como el desarrollo sostenible, las energías renovables, la seguridad ciudadana y la transformación digital, entre otros. Sin embargo, pese a que este documento aún no tiene reconocimiento de ley, ciudades como Bogotá y Medellín han implementado en sus programas de gestión y desarrollo tecnologías ecológico-sostenibles como la adecuación de ciclo rutas, los sistemas de transporte masivo con flota eléctrica, y el plan maestro TIC, con las cuales han recibido el reconocimiento de ciudades inteligentes (Miranda y Madrigal, 2019).

Bucaramanga al igual que muchas ciudades capitales en Colombia, ha tenido un crecimiento de población considerable en los últimos 60 años, debido en gran parte al desplazamiento de personas como consecuencia del conflicto armado y movimientos migratorios. Aunado a esto, es importante resaltar que la ciudad está localizada en una zona de alta amenaza sísmica y que ha sido construida de manera desordenada, provocando graves problemas urbanísticos, sociales y ambientales los cuales podrían ser abordados mediante el enfoque de ciudad inteligente planteado por Cáceres y Gómez (2022) en su “Propuesta conceptual para el desarrollo del proyecto de ciudad inteligente para el municipio de Bucaramanga – SMART BG@”, en la cual se definen los elementos, dimensiones y arquitectura necesarios para la implementación de este modelo en la ciudad, y a partir de este estudio se recomienda para futuras investigaciones la necesidad de articular sectores de la ciudad mediante la implementación de un Centro Integrado de Control (CIC) como un componente esencial para lograr una ciudad inteligente donde se generan las sinergias a partir del análisis de datos.

Por tanto, el CIC en Bucaramanga basado en el modelo Smart City, permitirá operar y supervisar varios servicios y procesos en toda la ciudad de forma integrada, permitiendo el trabajo

colaborativo y participativo de los diferentes actores urbanos de la ciudad quienes se encargarán de recolectar datos a través del uso de las tecnologías de la información y la comunicación. Dichos datos posteriormente serán procesados para convertirse en información objetiva y verídica de divulgación pública, que facilite la toma de decisiones frente a los eventos que puedan resultar del monitoreo, seguimiento y control de la seguridad, la movilidad y el transporte, el manejo ambiental, la gestión del riesgo y la innovación tecnológica.

Pese a la complejidad urbanística de la ciudad de Bucaramanga, esta ya cuenta con iniciativas que promueven el modelo de ciudad inteligente mediante un Centro Integrado de Control de Operación (CICO) que nace en 2021 con la intención de incorporar procesos tecnológicos que ayuden a la gestión y monitoreo de la ciudad, a la fecha solo se encuentra operando bajo el seguimiento y control de las más de 9500 luminarias led con las que cuenta la ciudad, así como la supervisión del sistema de red de fibra óptica que alcanza el 65% de extensión en la ciudad; se estima que el CICO poco a poco integre más servicios y entidades que se sumen a generar eficiencia en la gestión de la ciudad (Pineda, 2020).

Teniendo en cuenta la proyección de la ciudad hacia un arquetipo Smart City, el presente proyecto de investigación tiene como finalidad definir la información necesaria para la estructuración de un Centro Integrado de Control (CIC) en el municipio de Bucaramanga, identificando en primer lugar las iniciativas existentes en la ciudad y las entidades que participan en ellas, así como los componentes del sistema de información que serán piloto en la propuesta para la implementación del CIC en el despliegue del modelo de ciudad inteligente.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Establecer los lineamientos que permitan incorporar un Centro Integrado de Control en Bucaramanga, para el despliegue del modelo de ciudad inteligente.

1.2 Objetivos Específicos

Definir la información necesaria para la estructuración de un Centro Integrado de Control en Bucaramanga de acuerdo con los componentes propuestos para el modelo de ciudad inteligente Smart BG@.

Identificar las iniciativas existentes en el Municipio de Bucaramanga que pueden ser acopladas para servir como piloto de implementación del modelo de ciudad inteligente a través del Centro Integrado de Control.

Determinar los componentes del sistema de información para el despliegue del piloto de implementación del modelo de ciudad inteligente mediante el Centro Integrado de Control.

2. Revisión Bibliográfica

Para la recolección de información sobre el modelo Smart City y los Centros de Control y Gestión existentes en las ciudades inteligentes, se realizó una búsqueda sistemática en la literatura utilizando los motores de búsqueda: Scopus, ProQuest y Google Académico.

Inicialmente se utilizaron las siguientes palabras claves: “Smart City” y “Centro Integrado de Control”. Teniendo en cuenta que los artículos encontrados en su mayoría aparecían en idioma inglés, se optó por usar el operador “OR” discriminando la búsqueda como: “Smart City” OR “ciudades inteligentes” y posteriormente para incluir ambos temas en una sola búsqueda se utilizó el operador “AND” de modo que la búsqueda quedó limitada a: “ciudades inteligentes” AND “Centro Integrado de Control”. Bajo esta premisa utilizando los 3 motores de búsqueda se encontraron más de 150 documentos los cuales se filtraron para reducir la cantidad, teniendo en cuenta criterios como: (1) que no sobrepasaran los 10 años de antigüedad en su publicación; (2) que trataran temas relacionados a iniciativas inteligentes para la gestión de las ciudades; (3) que mencionaran ejemplos de centros de control de ciudades inteligentes; (4) que en ellos se relacionara información de posicionamientos o rankings para ciudades inteligentes y sus componentes y (5) que el tema planteado en sus resúmenes estuviera acorde al tema objeto de estudio de este proyecto en cuanto a originalidad, validez e importancia de la información.

Una vez identificados los documentos que se adaptaban a las necesidades de esta propuesta se procedió a realizar una matriz documental para llevar una mejor organización del material bibliográfico obteniendo al final 43 documentos relevantes para la investigación. Sin embargo como la investigación abarca el estudio de iniciativas existentes en la ciudad de Bucaramanga en

el marco del modelo de ciudad inteligente, se procedió a realizar una búsqueda adicional de información a través de los medios de difusión de la alcaldía de Bucaramanga y de entidades como el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), el acueducto metropolitano de Bucaramanga (amb), la Dirección de Tránsito de Bucaramanga (DTB), la Unidad Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (UMGRD), la empresa de aseo de Bucaramanga (EMAB) y la policía metropolitana de Bucaramanga (MEBUC), de las cuales se obtuvieron 8 documentos de interés enfocados en los planes de desarrollo de la ciudad, los cuales se tuvieron en cuenta para esta investigación..

2.1 Concepto de Smart City o Ciudad inteligente

Existen varios conceptos de ciudad inteligente, según AMETIC y el Foro TIC para la sostenibilidad en su informe Smart Cities 2012, definen a una ciudad inteligente como una ciudad sostenible la cual está en capacidad de ofrecer servicios y prestaciones que eleven la calidad de vida de sus habitantes y que así mismo permita a la ciudad aumentar su competitividad y su capacidad de crecimiento económico (De la Cruz y Guevara, 2015).

Una ciudad inteligente puede considerarse un territorio con una alta capacidad de innovación y aprendizaje, un territorio creativo, con instituciones dispuestas a la investigación y al desarrollo, centros de formación y dotado con infraestructura digital y Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) junto con altos niveles de rendimiento de gestión. Una ciudad puede definirse como Smart o Inteligente si cuenta con un capital social y humano, con buena infraestructura y plataformas de comunicación, desarrollo encaminado hacia la

sostenibilidad y que adicionalmente, la participación ciudadana en el gobierno contribuya a una mejora de la calidad de vida de todos sus habitantes (Fernández, 2017).

Antes del 2015, la UIT: Unión internacional de telecomunicaciones de la ONU, definía que “una ciudad inteligente es una ciudad innovadora que utiliza las tecnologías de la información y la comunicación participativa, para mejorar la calidad de vida de las personas que viven y transitan la ciudad, buscando su desarrollo integral en forma sostenible” (Castiella et al., 2016). Sin embargo, para octubre de 2015 la UNECE (Comité Económico Europeo de las Naciones Unidas) junto con la UIT, redefinen y aprueban la que hasta hoy es considerada la definición más utilizada de ciudad inteligente: “Una Ciudad Inteligente y Sostenible es una ciudad innovadora que aprovecha las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y otros medios para mejorar la calidad de vida, la eficiencia del funcionamiento y los servicios urbanos y la competitividad, al tiempo que se asegura de que responde a las necesidades de las generaciones presentes y futuras en lo que respecta a los aspectos económicos, sociales, medioambientales y culturales” (Zona et al., 2020).

En Colombia desde el año 2019, mediante el “Modelo de madurez de ciudades y territorios inteligentes” desarrollado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), se ha hecho necesario definir el concepto de ciudad inteligente, para lo cual se adopta la siguiente definición: “Una ciudad o territorio es inteligente en la medida que orienta sus acciones hacia la sostenibilidad y la inclusión, y se conecta y se adapta a los retos y expectativas de las personas que lo habitan para garantizar el bienestar común. Además, genera un entorno de colaboración, innovación y comunicación permanente con todos los actores e instituciones que lo

componen, y donde las tecnologías sirven como herramientas que apalancan la transformación social, económica y ambiental” (MinTIC, 2019, p.1).

2.2 Fundamentos de una ciudad inteligente

Desde el año 2016, como resultado de la consultoría hecha por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), aparece el documento “la ruta hacia las Smart Cities”, con el cual se establecen los lineamientos para transformar las ciudades tradicionales de Latinoamérica en ciudades inteligentes en el marco de un modelo realista basado en las necesidades de cada ciudad, en donde se involucran procesos, tecnología y personas, encaminados al desarrollo estratégico y sostenible de las urbes (Bouskela et al., 2016).

De acuerdo con Bouskela et al (2016), los cuatro elementos básicos que fundamentan el desarrollo de las Smart Cities en la Región se definen como:

Infraestructura de conectividad: Desarrollo de redes de banda ancha, internet de las cosas (IoT), infraestructura de comunicación y transmisión de datos (Fibra óptica)

Sistemas de captación de información: Sensores y dispositivos interconectados que permiten la captura de datos en tiempo real de múltiples aspectos de la ciudad. Los cuáles son transmitidos por las redes a los centros de control y gestión de la ciudad.

Centros integrados de operación y control: Reúne en un mismo lugar la estructura tecnológica e infraestructura física para el procesamiento de datos y divulgación de la información.

Interfaces de comunicación: Son servicios, portales web o aplicativos móviles que permiten enviar y recibir la información tanto de la población como de las organizaciones públicas y privadas que intervienen en el desarrollo de la ciudad inteligente. Información que es procesada en los

centros de control y divulgada por plataformas de datos abiertos, favoreciendo la gestión participativa y la toma de decisiones.

Partiendo de estos lineamientos uno de los principales elementos precursores de desarrollo y sostenibilidad de las ciudades inteligentes son los centros de control y gestión, los cuales están encaminados a ser el núcleo operativo de todas las iniciativas propuestas por las Smart City y su enfoque de desarrollo sostenible basado en tecnologías e innovación.

2.3 Iniciativas existentes en ciudades inteligentes

En el año 2022 la consultora Juniper Research y la empresa de alta tecnología Intel, divulgaron el “Smart City Índice”, un análisis de 50 ciudades inteligentes basado en ocho dimensiones de medición de rendimiento: (1) Innovación de servicios; (2) Inteligencia urbana; (3) Sostenibilidad urbana; (4) Apertura urbana; (5) Integración de infraestructura; (6) Innovación urbana; (7) Colaboración y 8) Gobernanza de las ciudades inteligentes. De este análisis se obtuvieron las 5 ciudades más inteligentes y eficientes de la actualidad en términos de movilidad, seguridad, productividad, salud, gestión del riesgo e innovación tecnológica. Para Juniper Research & Intel (2022), Shanghái, Seúl, Barcelona, Beijing y New York, son las ciudades mejor calificadas en este estudio y resaltan su gestión en la implementación de sistemas inteligentes como los descritos en la Figura 1:

Figura 1

Sistemas de innovación tecnológica implementados por las Smart City



Nota. La figura representa la innovación tecnológica de las ciudades inteligentes en el desarrollo de sistemas para la sostenibilidad. Adaptado de (Tomás y Cegarra, 2016; AMETIC, 2013)

2.4 Centro Integrado de Control (CIC)

Para las ciudades inteligentes se ha convertido en una necesidad afrontar los problemas urbanísticos del siglo XXI, como el transporte y la movilidad, la gestión ambiental, el cambio climático, la seguridad, la gestión del riesgo, entre otros. Para llevar a cabo una buena gestión dentro de las grandes ciudades, se requiere en gran medida de la articulación de entidades en la recolección de datos e implementación de sistemas tecnológicos para el procesamiento de la información. De allí que los centros integrados de control (CIC) son de vital importancia en la planeación, operación y mantenimiento de una ciudad inteligente ya que a través de ellos se gestionan de manera eficiente los recursos y servicios dentro de la ciudad.

El CIC es considerado como el sistema nervioso de una Ciudad Inteligente o Smart City, debido a que reúne en diversas plataformas tecnológicas y digitales la infraestructura física (salas de operación) y tecnológica (hardware y software) de todos los elementos básicos que componen las Smart City, actuando como el cerebro operativo de la ciudad; capaz de integrar y recopilar los datos suministrada por todos los actores urbanos que de manera coordinada se articulan e intervienen en el procesamiento de la información que posteriormente es utilizada para dar solución a las problemáticas propias de la ciudad. (Rey, 2019).

Por tanto, el CIC es capaz de detectar y reaccionar ante los cambios que se produzcan en el entorno de la ciudad, recolectando mediante múltiples medios (sensores, App, sistemas de monitoreo, microprocesadores, cámaras de seguridad, dispositivos IoT, redes sociales, etc.) los datos que a través de internet y de diferentes redes de comunicación alimentan en tiempo real los servidores para que los operadores de control de cada área participativa, analicen y gestionen la información, que les permita tomar decisiones de forma rápida e informada, ofreciendo soluciones eficaces que ayuden a mitigar problemas en la ciudad, a mejorar el entorno urbano y coordinar y gestionar la respuesta oportuna de los entes de control que intervienen en la ciudad (IBM, 2011).

2.4.1 Características de un Centro Integrado de Control

Dentro de las principales características de un Centro Integrado de Control se encuentra la posibilidad de recopilar datos de varias fuentes de información los cuales son analizados en tiempo real gracias al monitoreo constante a través de dispositivos tecnológicos y el uso de herramientas TIC (Rodríguez, 2019). Además, permite establecer un modelo de gobernanza donde participen diferentes entidades públicas y privadas de manera participativa y colaborativa y ofrece una visión concreta y unificada de los equipos multisectoriales que trabajan coordinadamente en las diferentes

áreas inteligentes de la ciudad que finalmente facilitan y aceleran la toma de decisiones (Nexus Integra, 2021).

La existencia de un Centro Integrado de Control implica la diversificación de muchos elementos y entidades dentro de la ciudad, trabajando de manera colaborativa mediante la integración de equipos multidisciplinarios (ver figura 2), los cuales aportan desde sus campos la información relevante para la operación del CIC.

Figura 2

Diversificación de un Centro Integrado de Control



Cada uno de estos centros tienen funciones específicas y están diseñados para cubrir las múltiples necesidades de cada ciudad, por lo que además de estos pueden llegar a coexistir muchos más dentro del Centro Integrado de Control de una ciudad inteligente (PWC, 2018).

2.5 Antecedentes de centros de control a nivel nacional

En el caso de Colombia a partir del año 2006 la alcaldía de Bogotá a través del Plan Maestro de Movilidad (PMM) estableció la creación de un Centro de Gestión del Tránsito (CGT) al cual le

fueron designados la gestión del sistema de movilidad de Bogotá y su área de influencia, la toma de decisiones y divulgación de información con relación a: la accidentalidad, la congestión, el medio ambiente y la percepción ciudadana; mediante la integración de información, conocimiento y procesos que involucran el uso de las TIC (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

Otra ciudad que ha venido implementando centros de control de movilidad en Colombia es Medellín que desde 2004 ha estado centrada en la creación de mecanismos de interacción con los ciudadanos en los ámbitos de movilidad, medio ambiente y seguridad pública. Su sistema inteligente de movilidad hasta la fecha ha generado un ahorro del orden de los US \$20 millones en costos socioeconómicos por disminución de accidentes de tránsito. Adicionalmente desde el 2013 Medellín consolida en un único centro de operaciones el Sistema Integrado de Emergencias y Seguridad (SIES-M) el cual se encuentra integrado por más de 10 agencias gubernamentales en áreas como: seguridad, transporte, salud, gestión del riesgo de desastres, secretaria del medio ambiente y bienestar social (Alcaldía de Medellín, 2012).

Al igual que estas dos ciudades Bucaramanga se encuentra implementando el Centro Integrado de Control y Operaciones (CICO), que permite tener información en tiempo real de la conectividad de la ciudad, luminaria inteligente y zonas wifi.

2.6 Antecedentes de centros de control a nivel nacional

En la actualidad existen casos de centros de gestión y control de información que han sido referentes en ciudades con desarrollo urbanístico sostenible y que hoy se consideran como Smart Cities. Estos centros integrados nacen principalmente de las necesidades de adaptación de cada ciudad en temas como transporte y movilidad, medio ambiente y seguridad, los cuales se relacionan en la Tabla 1.

Tabla 1*Ejemplos de Centros de Control en las Smart Cities*

Abreviatura	Nombre y ciudad
CISEM	Centro integrado de seguridad y emergencias de Madrid
BTMB - CCT	Oficina de gestión del tráfico de Beijing – Centro de control de tráfico
AKOM	Centro de operaciones y coordinación de desastres de Estambul
COR	Centro de operaciones de Rio de Janeiro
LSTCC	Centro de control de tráfico de las calles de Londres.
SIT	Sistema inteligente de transporte de Singapur
CRI CR	Centros regionales de información y coordinación vial de Paris y otras ciudades de Francia
CCTMT	Centro de control de tráfico metropolitano de Tokio
DAC	Centro de reconocimiento de dominios del departamento de policía de Nueva York

El CISEM surge después de los atentados terroristas del 11 de marzo de 2004 en Madrid, incorporando los sistemas de información de la ciudad, mediante la implementación de capas de información en los sistemas ya existentes. Esta unificación de información ha permitido la estandarización de protocolos que mejoran los tiempos de respuesta en la ciudad, disponiendo de información conjunta e integrada en todas sus dependencias (Ayuntamiento de Madrid, 2013).

El CCT del BTMB de Beijing nació en 2008 para monitorear la movilidad y el transporte en la ciudad, contando con 3600 sensores en toda la urbe y 13 departamentos diferentes que controlan el tránsito en tiempo real suministrando recursos para atender emergencias de manera oportuna (Liu & Xu, 2018).

El AKOM por su parte se creó en Estambul para dar solución a la necesidad de monitoreo del tráfico en la ciudad. Este centro de control trabaja de manera eficaz y eficiente en la atención de la accidentalidad vial y actualmente cuenta con una página web que suministra información a

los ciudadanos del estado de las vías, la densidad del tráfico y posibles rutas alternas (Uluggerli, 2021).

El COR de Rio de Janeiro fue creado en el año 2010 después de una fuerte ola invernal que dejó a su paso un número considerable de muertos y heridos, nace como un centro de operaciones ante emergencias y desastres que al día de hoy es considerado uno de los más grandes de Sur América con 2500 cámaras de monitoreo (CISCO, 2017).

El LSTCC fue creado en Londres como respuesta a accidentes, y se centra en la gestión de las vías mediante el monitoreo de 1400 cámaras ubicadas estratégicamente en la ciudad, contando adicionalmente con 140 paneles de mensaje vial que informan en tiempo real a los conductores sobre el estado del tráfico (Bradley, 2017).

El SIT de Singapur fue ganador del premio C40 & Siemens Climate Leadership Awards en 2013 por su gestión tecnológica en la administración de sistemas de monitoreo vial, alertas a conductores y medición de la congestión vial en la ciudad a través de información georreferenciada incorporada en taxis, vehículos particulares y parqueaderos, permitiéndole a la ciudad la automatización de cobros por congestión de acuerdo con la demanda (Wei, 2018).

Los CRI CR de Paris y otras ciudades de Francia, son centros de control que se encargan de gestionar los datos y la información para el centro nacional de información de carreteras (CNIR), que a su vez se encarga de procesarla y divulgarla a través de su pagina web, aplicativo móvil y estaciones de radio, manteniendo a la ciudadanía informada de todo lo que ocurre en la ciudad (Sabino, 2018).

El CCTMT fue Creado en 1974, pertenece al departamento de policía metropolitana de Tokio y es el encargado de recopilar, analizar y transmitir la información del tráfico de la ciudad a

través de 17.000 detectores y radiobalizas de vehículos y peatones, más de 1.000 cámaras de monitoreo de cruces viales cubriendo más de 2.800 kilómetros de calles; esto les ha permitido mantener una gestión de tráfico eficiente y dar respuesta inmediata a los incidentes que surjan debido al flujo vehicular. Además, alerta de hechos de seguridad en toda la zona de influencia, lo que permite a la policía desplegar rápidamente los operativos que permitan atender los eventos de orden público en la ciudad (Institute of Urban Traffic Research, 2015).

El DAC fue creado en el 2012 como una iniciativa conjunta del Departamento de policía de New York y la oficina de tecnología e innovación de la ciudad. Su objetivo es recopilar y analizar datos de múltiples fuentes, como cámara de seguridad, sensores radiológicos, lectores de matrículas y redes sociales para ayudar a la policía a detectar y prevenir amenazas de seguridad pública, así como el monitoreo eficiente de la movilidad en la ciudad. Actualmente cuenta con un software propio y un aplicativo móvil llamado DAS (Domain Awareness System) que facilita que los ciudadanos reporten allí cualquier anomalía de seguridad dentro de la ciudad, y al mismo tiempo permite la divulgación de información con la ciudadanía (Levine et al., 2017).

3. Bucaramanga en el despliegue del modelo de ciudad inteligente

Bucaramanga en su perspectiva de crecimiento sostenible se encuentra realizando planes de desarrollo enfocados en la transformación de la ciudad a un modelo de ciudad inteligente que le permita ser equitativa e incluyente, con oportunidades para todos sus habitantes, fomentando el desarrollo empresarial y social, así como el mejoramiento de la infraestructura y las tecnologías de

la información y la comunicación que ayuden a fortalecer el seguimiento, monitoreo y control de la ciudad.

3.1 Análisis del Plan de Desarrollo Municipal (PDM), Bucaramanga (2020-2023)

Bucaramanga se proyecta a ser una de las ciudades con mayor desarrollo en Colombia debido a su crecimiento económico, operativo y social que han hecho de la ciudad un territorio de innovación, de fomento ambiental y participación ciudadana (Prieto y Therán, 2022).

Para el cuatrienio 2020-2023 la Alcaldía de Bucaramanga presentó su plan de desarrollo al que llamo: “Bucaramanga, Ciudad de Oportunidades”, cuyo objetivo era hacer de la ciudad un espacio sostenible donde toda su población se sienta a gusto en temas como: seguridad, infraestructura, comercio, transporte, desarrollo económico y conservación del medio ambiente (Alcaldía de Bucaramanga, 2020).

Este plan de desarrollo municipal (PDM) se enfocó en la puesta en funcionamiento de una ciudad inteligente y participativa que cuente con datos en tiempo real, precisos y georreferenciados que permitan al municipio tomar las mejores decisiones entorno a la localización de infraestructura, equipamiento de espacios, control y gestión de la seguridad, manejo adecuado de la movilidad y el transporte y aprovechamiento de espacios para el disfrute de la comunidad desarrollando actividades recreativas, culturales, lúdicas y deportivas, con el fin de que sus habitantes se sientan seguros, con oportunidades de crecimiento y que esto les ayude a percibir una ciudad con proyección económica en la que se quieran quedar.

La alcaldía de Bucaramanga estableció en su PDM 5 líneas estratégicas y 6 proyectos estratégicos con los que busca cumplir los objetivos y el componente financiero proyectado en el presupuesto de gestión municipal.

3.1.1 Líneas estratégicas del PDM Bucaramanga:

Bucaramanga equitativa e incluyente: busca el desarrollo social a través del bienestar de sus habitantes con educación y salud de calidad, mejorando el acceso a estos servicios, generando oportunidades para superar las brechas sociales.

Bucaramanga sostenible: desarrollo y promoción de una ciudad ambiental eco-sostenible que afronte el cambio climático y permita la gestión oportuna ante el riesgo de desastres.

Bucaramanga productiva y competitiva: con enfoque al desarrollo de las empresas, de los emprendimientos y el comercio de la ciudad, busca la generación de empleo con garantías, el fortalecimiento del turismo y el desarrollo de la innovación y la competitiva tanto de las áreas urbanas como de las áreas rurales.

Bucaramanga ciudad vital: encaminada al fortalecimiento de la seguridad en los espacios públicos de la ciudad, de la movilidad y el transporte. Así como el mejoramiento de las acciones ambientales que hacen parte de la sostenibilidad de la ciudad.

Bucaramanga territorio libre de corrupción: Acceso a la información y participación ciudadana activa, seguridad jurídica e institucional y administración pública moderna e innovadora.

3.1.2 Proyectos estratégicos del PDM de Bucaramanga:

Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR): se busca iniciar con el diseño y la implementación de la PTAR Bucaramanga Metropolitana, con la intención de mejorar las condiciones y el manejo de aguas residuales en la ciudad y la recuperación del Río de Oro.

Bucaramanga, ciudad inteligente y segura: busca definir y desarrollar un sistema de recolección de datos y análisis de información en tiempo real que permita tomar decisiones

oportunas que ayuden a la protección de la ciudadanía y la conservación de espacios libres y seguros.

Nueva movilidad: orientado a mejorar el transporte público de la ciudad y la movilidad, con infraestructura multimodal que integre espacios para el tránsito de vehículos, peatones y bici usuarios.

Espacio público, tejido social: fomenta el bienestar social mediante el aprovechamiento de espacios públicos dentro de la ciudad que permita la concentración de personas para el disfrute del tiempo libre.

Bucaramanga futura: Proyección sostenible de la ciudad a través del diseño y desarrollo de infraestructura, el manejo y conservación del medio ambiente y el enfoque de ciudad inteligente con una perspectiva equitativa para todos sus habitantes.

Progresas Bucaramanga: Es un proyecto de reactivación económica que busca la transformación y el desarrollo del comercio de la ciudad, fortaleciendo a las micro, pequeñas y medianas empresas mediante el aprovechamiento de la tecnología y el fortalecimiento del capital humano.

3.2 Componentes y Actores urbanos para el CIC de Bucaramanga

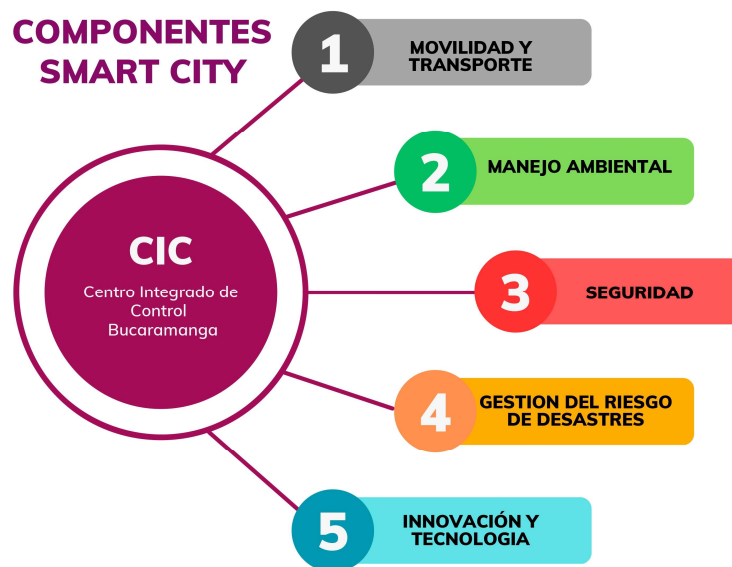
Basado en Cáceres y Gómez (2022) y lo planteado en el “Modelo de Madurez de Ciudades y Territorios Inteligentes para Colombia” (MinTIC, 2019), el enfoque de modelo de ciudad inteligente busca entre otras cosas planear, organizar, estructurar y ejecutar soluciones eficaces y eficientes antes los problemas urbanísticos y sociales de las ciudades que lo adoptan a través del uso idóneo de las tecnologías de la información y la comunicación. Por esta razón, al analizar el PDM de Bucaramanga, se identifica que los principales problemas de la ciudad se enfocan en los

componentes planteados en la Figura 3, en los cuales se focalizan las inversiones económicas y mejoras para el desarrollo sostenible de la ciudad.

Actualmente estos componentes de interés para Bucaramanga, se manejan de manera independiente y descentraliza por entidades públicas y privadas, lo que dificultad el acceso a la información en tiempo real que permita actuar con celeridad ante cualquier problemática de la ciudad. Por lo anterior, es indispensable que la ciudad en el marco del modelo Smart Bga, implemente el CIC como el núcleo de información verídica para una gestión sustentable.

Figura 3

Identificación de componentes para el piloto del CIC en Bucaramanga



Una vez identificados los componentes para el CIC, es importante reconocer que actores urbanos de la ciudad tiene la capacidad operativa de gestionar el flujo de datos para cada uno de ellos:

Al hablar de movilidad y transporte, la ciudad cuenta con la Dirección de Tránsito de Bucaramanga (DTB) como organismo de control y monitoreo de la movilidad y la seguridad vial (Alcaldía de Bucaramanga, 2010). En términos de medio ambiente la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) es la autoridad ambiental a nivel regional, encargada de la gestión y conservación del medio ambiente (CDMB, 2014). Por su parte, entidades como la amb y la ESSA están aportando desde sus campos al desarrollo de estrategias para la protección del agua y la conservación energética, promoviendo el buen uso de estos recursos en la ciudad (DNP, 2017). En cuanto a limpieza, recolección, tratamiento y disposición final de residuos la ciudad cuenta con la EMAB que es la empresa de aseo encargada de prestar estos servicios (AMB, 2019). Desde el punto de vista de seguridad, la Policía Metropolitana de Bucaramanga (MEBUC) es la entidad encargada de velar por la seguridad y convivencia de los habitantes en la ciudad (Alcaldía de Bucaramanga, 2020). Con respecto a la gestión del Riesgo, la ciudad cuenta con una Unidad Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre (UMGRD) que esta articulada directamente con la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) la cual se encarga de llevar a cabo los procesos de: estimación, prevención, reducción, preparación, respuesta y rehabilitación ante el riesgo de desastres (Alcaldía de Bucaramanga, 2013). En cuanto a innovación tecnológica Bucaramanga es una de las ciudades con mejor proyección en el desarrollo de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) según el índice de ciudades y territorios inteligentes 2022 emitido por el Ministerio de tecnologías de la información y comunicaciones de Colombia (MinTIC), ubicándola en la tercera posición del ranking a nivel nacional. (MinTIC, 2022). Por tanto, la oficina asesora TIC de la Alcaldía de Bucaramanga es el

organismo encargado de vigilar, operar y gestionar el desarrollo tecnológico y la innovación TIC en la ciudad (Oficina TIC, 2020).

3.3 Datos e información requerida en la operación del CIC para Bucaramanga

Tomando como referencia los informes de gestión y seguimiento de resultados publicados por los actores urbanos a través de sus páginas web, se identificó la información pertinente para el CIC de Bucaramanga como piloto en el despliegue del modelo de ciudad inteligente. Cabe resaltar, que dichos informes de gestión se divulgan por estas entidades de manera trimestral, semestral o anual lo que dificulta el acceso inmediato a esta información. Para ello, en la Tabla 2, se describe para cada una de estas entidades, la información de relevancia para la ciudad, proponiendo a su vez una periodicidad de esta información con base en su importancia para la solución de problemas dentro de la ciudad a través del CIC de Bucaramanga.

Tabla 2

Datos e información que pueden suministrar las entidades de Bucaramanga para la implementación del CIC

Entidad	Datos e información que pueden suministrar	Periodicidad
DTB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rutas alternas en caso de accidentes de tránsito. ▪ Estado actual de las vías (infraestructura) ▪ Embotellamientos viales (intercepciones saturadas) ▪ Información del pico y placa ▪ Tasas de accidentalidad ▪ Cierres viales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diario ▪ mensual ▪ Diario ▪ Semanal ▪ Mensual ▪ Diario
CDMB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoreo ambiental: datos de sismógrafos, pluviómetros y sensores de polución y ruido. ▪ Índices de contaminación del aire ▪ Planes de manejo ambiental ▪ Licencias y permisos ambientales ▪ Áreas protegidas y parque naturales ▪ Programas de educación ambiental ▪ Proyectos y programas ecológicos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diario ▪ Diario ▪ Mensual ▪ Mensual ▪ Diario ▪ Mensual ▪ Semanal

Entidad	Datos e información que pueden suministrar	Periodicidad
EMAB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Puntos de reciclaje en la ciudad ▪ Cronograma y rutas de recolección de basuras ▪ Brigadas de aseo y limpieza ▪ Disposición inteligente de residuos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diario ▪ Semanal ▪ Diario ▪ Diario
amb	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo de agua en la ciudad ▪ Calidad del agua ▪ Cuencas hidrográficas ▪ Monitoreo de embalses ▪ PTAP Y PTAR ▪ Emergencias sanitarias ▪ Fecha de mantenimientos preventivos ▪ Estado de la red de acueducto y alcantarillado ▪ Rehabilitación de redes de acueducto y alcantarillado. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mensual ▪ Diario ▪ Mensual ▪ Diario ▪ Quincenal ▪ Diario ▪ Semanal ▪ Mensual ▪ Semanal
ESSA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo energético en la ciudad ▪ Energías limpias ▪ Luminarias inteligentes ▪ Estado de la infraestructura eléctrica de la ciudad ▪ Fecha de mantenimientos periódico ▪ Cortes del suministro de energía 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diario ▪ Mensual ▪ Diario ▪ Diario ▪ Semanal ▪ Diario
MEBUC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoreo y seguridad ▪ Tasas de delincuencia en la ciudad ▪ Índice de homicidios ▪ Alertas ante hechos de desorden público ▪ Ubicación del CAI más cercano ▪ Despliegue de cuadrantes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diario ▪ Mensual ▪ Mensual ▪ Diario ▪ Diario ▪ Diario
UMGRD	<p>Peligros por deslizamientos traslacionales y rotacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Información del estado del suelo y la erosión ▪ Monitoreo de Niveles de caudales en ríos y quebradas ▪ Monitoreo sísmico ▪ Obras de mitigación del riesgo de desastres ▪ Protocolos ante riesgos y amenazas 	<p>Diario</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diario ▪ Diario ▪ Diario ▪ Mensual ▪ Quincenal
AMB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plan integral de desarrollo metropolitano ▪ Programación para la ejecución de obras ▪ Gestión del suelo en el área metropolitana ▪ Planes de Ordenamiento Territorial (POT) ▪ Localización de espacios libres, parque y zonas verdes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mensual ▪ Mensual ▪ Mensual ▪ Mensual ▪ Diario
Oficina TIC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Puntos vive digital ▪ Zonas wifi gratis 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diario ▪ Diario

Entidad	Datos e información que pueden suministrar	Periodicidad
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ViveLab ▪ Herramientas TIC ▪ Programas de capacitación 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diario ▪ Mensual ▪ Mensual

4. Iniciativas existentes en Bucaramanga

En virtud del convenio firmado por la Alcaldía de Bucaramanga, la Banca de Desarrollo Territorial y Findeter a finales del 2020 como una estrategia al plan de Ciudad Inteligente, se creó el Centro Integrado de Control de Operaciones (CICO) cuyo objetivo es disminuir el consumo de energía, reducir las emisiones de CO2 y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, a través del monitoreo de la infraestructura de fibra óptica de la ciudad, zonas WIFI y un sistema de alumbrado público georreferenciado con más 9950 luminarias LED, la idea es a futuro incorporar tecnologías que permitan a los bumangueses conocer en tiempo real diversos aspectos de la ciudad (Pineda, 2020).

En este sentido, Bucaramanga se proyecta ser una de las ciudades piloto en la aplicación del modelo “Ciudades Emergentes y Sostenibles” orientado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y apoyado en Colombia por Findeter (BID, 2016).

4.1 La seguridad en Bucaramanga

El plan integral de seguridad y convivencia ciudadana (PISCC) para una Bucaramanga segura 2020-2023, plantea estrategias para reducir la violencia y aumentar la seguridad de la ciudad, entre ellas: disminuir las tasas de homicidios, parar el microtráfico, reducir el hacinamiento carcelario, bajar la violencia en contra de la mujer, aumentar la tasa de esclarecimientos, fortalecer los organismos de seguridad y justicia, y tal vez la más importante, reducir la percepción de

inseguridad de todos sus habitantes. Esto incluye inversión estratégica en tecnología, infraestructura, movilidad, equipamiento de oficinas y bienestar laboral (Alcaldía de Bucaramanga, 2020). La idea de implementar estas medidas es construir un mecanismo de trabajo multidisciplinario y participativo, donde los organismos de control como la policía, el ejército y la ciudadanía aporten información para frenar los actos delictivos de la ciudad.

La Policía Metropolitana de Bucaramanga (MEBUC), cuenta con un centro de monitoreo con 808 cámaras de seguridad, encargadas de monitorear y vigilar los “puntos calientes” de la ciudad, que son las zonas donde más se concentra el crimen (comunales norte y el Centro de la ciudad). Sin embargo, para mejorar la seguridad en Bucaramanga, el PISCC plantea la inversión de 6.400 millones de pesos en tecnología para la convivencia y la seguridad ciudadana en proyectos como el cambio de la luminaria pública a LED y adicionalmente contempla destinar más de 2000 millones de pesos en el fortalecimiento y la dotación de equipos especiales y tecnología en el nuevo modelo de vigilancia y control para la ciudad (Alcaldía de Bucaramanga, 2020).

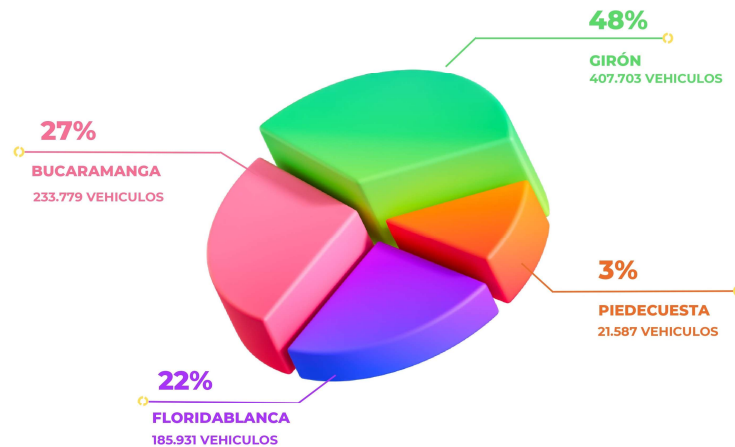
4.2 Movilidad y transporte en Bucaramanga

El Área Metropolitana de Bucaramanga cuenta con 1.132.339 habitantes de los cuales 1.069.709 viven en la zona urbana de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta y el restante en zonas rurales (AMB, 2023). La preocupación de movilidad de la ciudad se enfoca en el crecimiento exponencial de la población del área metropolitana y del aumento del parque automotor (Figura 4), que colapsa las vías de acceso a Bucaramanga al ser esta el epicentro económico y comercial del área metropolitana.

Figura 4

Parque automotor del AMB a diciembre de 2022.

**PARQUE AUTOMOTOR ÁREA METROPOLITANA
DE BUCARAMANGA A DICIEMBRE DE 2022**



Nota. Adaptado de las cifras reportadas por la Dirección de Tránsito de Bucaramanga (DTB, 2023).

Según el Plan Integral de Desarrollo Metropolitano 2016-2026 del AMB, los principales problemas de movilidad de la ciudad derivan de la mala infraestructura vial, la evasión de las normas de tránsito, el crecimiento del parque automotor y el transporte informal (piratería).

El Plan Maestro de Movilidad 2010-2030 de Bucaramanga, propone reducir los problemas de movilidad y congestión vial mediante inversión en el uso de las TIC para lograr un sistema de movilidad inteligente para la ciudad, que incentive el uso del transporte masivo STM Metrolínea, el cambio de semaforización de un modelo estático a uno dinámico, la inversión en el mejoramiento de la infraestructura vial y la utilización de medios de transporte no motorizados como las bicicletas, para lo cual busca reforzar la red de ciclorrutas de la ciudad (Alcaldía de Bucaramanga, 2010).

4.3 Gestión ante el riesgo de desastres en Bucaramanga

De acuerdo al Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre (PMGRD) de Bucaramanga (2013), y con base en los criterios de la UMGRD y la CDMB, el reto más grande

de la ciudad en términos de atención al riesgo de desastres se concentra en priorizar la atención a los tres riesgos que más se manifiestan en Bucaramanga y que mantiene encendidas las alarmas:

Riesgo sísmico: debido al asentamiento de la ciudad sobre un abanico geológico, donde se localizan y convergen las placas tectónicas de la cordillera oriental.

Riesgo por erosión y remoción en masa: producto de la topografía abrupta que junto con las aguas de escorrentía desintegran y descomponen el suelo.

Riesgo por inundaciones: el Río de Oro y las quebradas la Picha, la Rosita, la Joya y la Iglesia, suelen represarse en tiempos de lluvias y ocasionar desbordamientos y avalanchas, afectando barrios y asentamientos cercanos a los meandros de estas fuentes hídricas.

Actualmente la UMGRD de Bucaramanga trabaja de manera articulada con la CDMB para el monitoreo, seguimiento y acción ante los eventos catastróficos que se puedan presentar en la ciudad. La CDMB cuenta con un sistema de acelerógrafos que monitorean constantemente la actividad sísmica de la ciudad y se alimenta también de la información del Servicio Geológico Colombiano (SGC), se apoyan en registro de imágenes satelitales y modelamiento SIG para llevar un seguimiento al crecimiento del urbanismo sobre todo en áreas de riesgo como laderas y cercanías a ríos o quebradas y a su vez llevan a cabo el monitoreo y registro de precipitaciones y control del crecimiento en el caudal de los afluentes de la ciudad; todo esto con el fin de mitigar el riesgo de desastres y poder establecer en coordinación con el UMGRD los protocolos de atención y prevención de emergencias (Alcaldía de Bucaramanga, 2013).

4.4 Manejo ambiental en Bucaramanga

La CDMB es la autoridad ambiental del departamento de Santander que protege, regula y administra los recursos naturales y renovables. A través de ella se realiza la gestión del manejo

ambiental de la ciudad de Bucaramanga por medio de planes, políticas, programas y proyectos dirigidos a la conservación y protección del medio ambiente desde múltiples perspectivas atendiendo las directrices expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

El Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR) 2015-2031 publicado por la CDMB en 2014, contiene los lineamientos de carácter ambiental para todos los actores del Sistema Nacional Ambiental (SINA) de la región, buscando la integración y participación de todos ellos, en la gestión y conservación del medio ambiente. Entidades como la Empresa de Aseo de Bucaramanga (EMAB), el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), y la Unidad Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (UMGRD) están trabajando de manera articulada en la elaboración de proyectos que aporten a la sostenibilidad de la ciudad como lo son las obras de mitigación de riesgo, los planes de saneamiento básico, la conservación y protección del agua, la disposición de residuos, el cuidado de las reservas forestales y parques naturales.

Desde la subdirección Ambiental Metropolitana de Bucaramanga se vienen desarrollando programas ambientales de gran importancia para la sostenibilidad, conservación y preservación de los recursos naturales, entre ellos encontramos el sistema de vigilancia y control del aire SVCA Tipo III, el cual entro en operación en octubre de 2018, constituido por 5 estaciones que monitorean el material particulado PM10 y PM2.5, Óxidos de Nitrógeno y Ozono. Adicionalmente permite la captura de datos meteorológicos para llevar un registro climático. Otro de los avances de la ciudad en materia medio ambiental es la implementación y puesta en funcionamiento del “Punto Limpio Metropolitano”, el cual tiene como finalidad recibir los residuos posconsumo y hacer un aprovechamiento eficiente de ellos mediante el reciclaje y la economía circular, evitando así que

lleguen al relleno sanitario de la ciudad (el carrasco) que se encuentra en su etapa de colapso por represamiento de basuras (AMB, 2019)

4.5 Innovación tecnológica y TIC en Bucaramanga

A la fecha se encuentra en gestión el plan estratégico de tecnologías de la información (PETI) de Bucaramanga 2020-2023, el cual tiene como metas el desarrollo e implementación de un sistema para la adquisición, análisis, procesamiento y visualización de información de la red de alumbrado público inteligente en la ciudad y la puesta en marcha de un centro de control y gestión que asegure la interoperabilidad, integración y análisis de la información (Oficina TIC, 2020).

Otro de los objetivos del PETI es el fortalecimiento y expansión de la red de fibra óptica de la ciudad que permita generar espacios con acceso a internet gratuito WIFI en sectores estratégicos de la ciudad para el disfrute de habitantes y visitantes.

Actualmente, Bucaramanga cuenta con acceso a internet gratuito en más de 10 parques de la ciudad y a su vez dispone de ocho Puntos Vive Digital-PVD y un ViveLab ubicados en diferentes zonas de la ciudad, los cuales se encuentran dotados de tecnologías e infraestructura TIC que promueven la capacitación de los ciudadanos en herramientas informáticas y apropiación de conocimiento mediante la cultura digital.

La oficina Asesora TIC entre sus planes de acción y proyectos futuros plantea la implementación de un sistema de datos abiertos para la ciudad (Open Data) que facilite el acceso a la información de la ciudad que ha de ser de dominio público basado en el enfoque de ciudad inteligente que se tiene proyectado para Bucaramanga.

Después de analizar la ciudad a través de cada uno de los componentes: seguridad, movilidad y transporte, gestión del riesgo, manejo ambiental e innovación tecnológica, se

identifican en Bucaramanga las siguientes iniciativas tecnológicas dentro del marco de modelo de ciudad inteligente:

- CICO (centro integrado de control y operaciones)
- Monitoreo de la red de fibra óptica de la ciudad al 65%.
- Iluminación inteligente con más de 9950 luminarias LED georreferenciadas
- Centro de monitoreo del MEBUC con 808 cámaras de seguridad
- Acelerógrafos y pluviómetros de la CDMB para el monitoreo sísmico y de precipitaciones
- Sistema de vigilancia y control del aire SVCA tipo III desde el 2018.
- Implementación de un “punto limpio metropolitano” para el aprovechamiento de residuos dentro de la ciudad
- Acceso a internet gratuito en más de 10 parques de la ciudad con ocho Puntos Vive Digital-PVD y un ViveLab

5. Propuesta para la estructuración de un CIC en Bucaramanga

Con base en la información recolectada en esta investigación, se identificaron los 5 componentes de la ciudad que articulados podrían ser el piloto en la estructuración e implementación del Centro Integrado de control para Bucaramanga; la seguridad, el medio ambiente, la gestión del riesgo, la innovación tecnológica y la movilidad y el transporte son los elementos que representan la mayor atención en la gestión pública de la ciudad a miras del despliegue de ciudad inteligente “Smart Bga”.

Estos elementos a su vez cuentan con oficinas o entes públicos y privados que están a cargo de su direccionamiento, los cuales ya se precisaron como actores urbanos con base en la revisión de los planes de desarrollo y gestión de Bucaramanga. Entre ellos se encuentran la oficina de asesoría TIC, CDMB, AMB, EMAB, ESSA, amb, DTB, UMGRD y MEBUC.

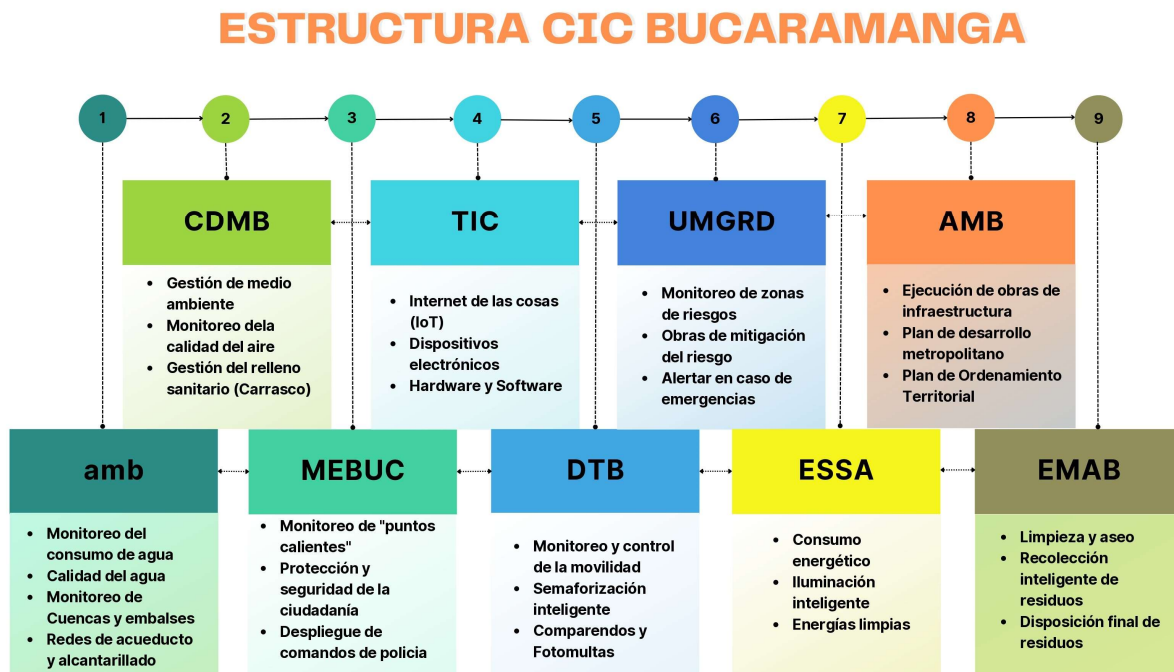
Teniendo en cuenta que Bucaramanga ya ha iniciado con la puesta en funcionamiento del CICO, en donde hasta el momento solo se lleva monitoreo de las redes de fibra óptica y la iluminación inteligente de la ciudad, se propone que para un correcto funcionamiento y aprovechamiento de estas instalaciones, se articulen a ella las entidades descritas anteriormente las cuales se encargaran de gestionar los datos de cada una de sus dependencias, compartiéndolos con las demás entidades como un trabajo colaborativo a fin de obtener un mejor análisis y procesamiento de la información referente a la ciudad, que permita desde el Centro Integrado de Control, establecer los mecanismos de atención y solución de problemas.

La idea de esta unificación de entornos es permitirles no solo a las entidades compartir dicha información para la toma de decisiones, si no facilitarle a la ciudadanía los canales de divulgación de la misma, como un mecanismo de Open Data, que les permita acceder a ella de forma gratuita y aportar al sistema más información de manera participativa.

Partiendo de lo anterior, en la figura 5 se establece una propuesta inicial de estructuración del Centro Integrado de Control para Bucaramanga el cual busca la concepción de un entorno cooperativo con jerarquía en línea de todas las entidades de la ciudad que participen.

Figura 5

Estructura para el CIC de Bucaramanga



6. Componentes para el sistema de información del CIC de Bucaramanga

A la hora de definir los componentes de un sistema de información para un Centro Integrado de Control, lo primero a analizar es el diseño de los espacios operativos, con los cuales se podrá dimensionar el hardware y software requerido para su implementación. Para ello, se ha de tener en cuenta ciertas normativas de reconocimiento internacional que aportan al diseño y puesta en marcha de un CIC:

- Norma ISO 11064-7:2006. Establece la optimización de las salas de control mediante un diseño ergonómico, en donde se debe tener en cuenta la distribución del espacio de trabajo (salas de operación y monitoreo), los factores ambientales (iluminación, temperatura, aire, acústica) y las necesidades del operador (equipos y tecnología) (ISO, 2006).

- Norma ISO 9241-9:2000. Enfocada en regular la calidad de la ergonomía y usabilidad tanto de hardware como de software en trabajos de oficina con exposición a pantallas de visualización de datos (ISO, 2000).
- TIA 942:2005. Establece la infraestructura de soporte para un Data Center, compuesta por cuatro subsistemas: telecomunicaciones, arquitectura, sistema eléctrico y sistema mecánico (TIA, 2005).

Las anteriores normas internacionales ayudan a fomentar espacios de trabajo, garantizando el buen funcionamiento de las instalaciones físicas como el buen desempeño de las personas que trabajan en ellas. Sin embargo, para efectos de esta propuesta solo se toman como referencia ya que el objeto de esta investigación no es establecer dichos espacios de trabajo, si no definir los componentes del sistema de información para la puesta en marcha del piloto del CIC.

Una vez definidos los espacios operativos, el sistema de información para el funcionamiento del CIC debe contemplar como mínimo los componentes de la Figura 6:

Dispositivos de Recolección de datos: Sensores, microprocesadores y dispositivos IoT.

Red de comunicaciones: Son los medios, tecnologías y protocolos para la transferencia de datos a través de internet (Fibra óptica).

Servidor Data Center: Encargado del almacenamiento en bases de datos, distribución y suministro de información.

Bases de datos: Almacenamiento físico (Disco duro) y digital (Cloud) de los datos y la información.

Hardware: Computadores, monitores, videowalls, altavoces y elementos de comunicación.

Software: Programas para la tabulación y el procesamiento de los datos que suministran la información al CIC.

Medios de divulgación de información: Páginas web, redes sociales, app y medios de comunicación como radio y televisión.

Figura 6

Componentes para el sistema de información CIC Bucaramanga

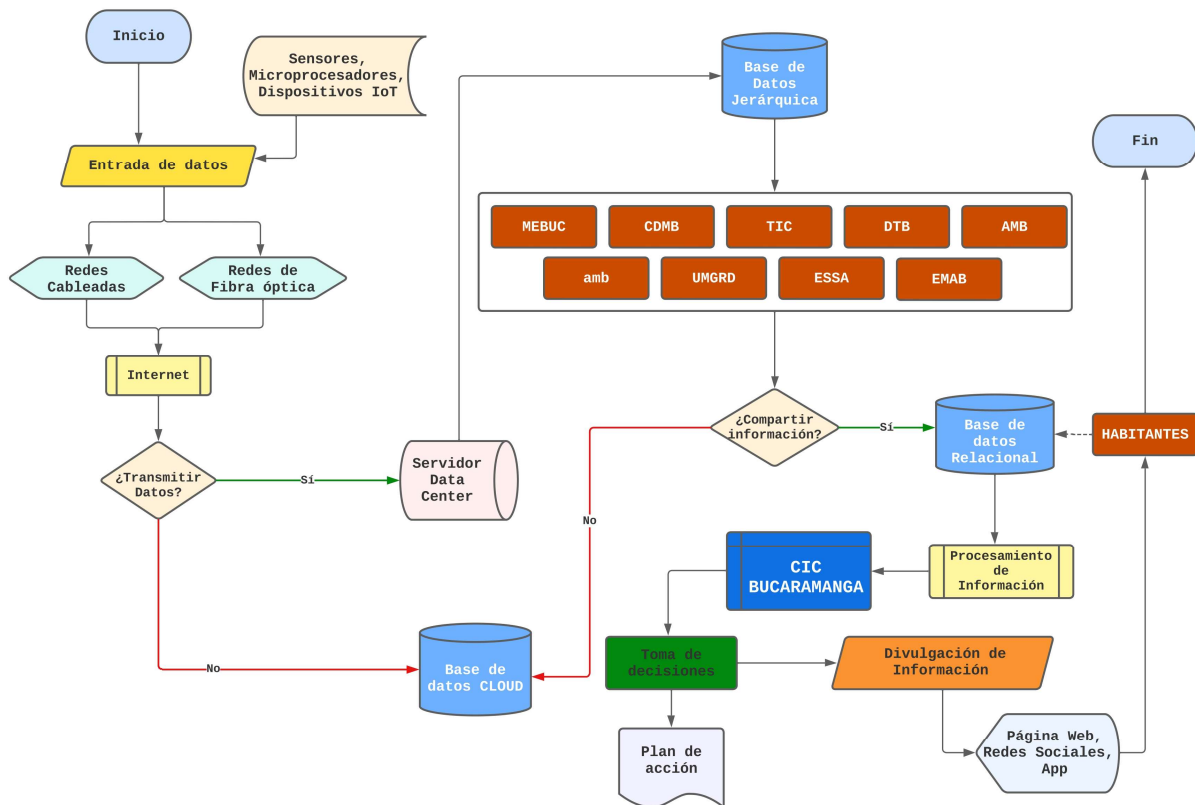


Nota. La figura representa los componentes mínimos de un sistema de información de acuerdo con MTC (2016).

Así mismo, como se observa en la figura 7, los datos de entrada al sistema de información son recogidos a través de dispositivos electrónicos que los transmiten a la red a través de internet hasta llegar al servidor Data Center que los almacena y distribuye a cada una de las bases de datos jerárquicas de los actores urbanos que operan en el CIC.

Figura 7

Sistema de Información para el CIC Bucaramanga



Nota. La figura representa el diagrama de flujo de los datos y la información en el sistema de información propuesto para el CIC de Bucaramanga.

Posteriormente desde allí cada unidad procesa sus datos en tiempo real, los clasifica, tabula y almacena en la base de datos relacional desde donde son compartidos a todas las entidades que hacen parte del CIC, las cuales se encargan de extraer y procesar la información para cada uno de los componentes de interés de la ciudad (seguridad, ambiente, gestión del riesgo, Movilidad y Tic). Una vez obtenida esta información es analizada por el grupo multisectorial del CIC para la toma

de decisiones y la puesta en marcha de los planes de acción que den solución a las problemáticas de la ciudad.

De igual forma el CIC se encargara de clasificar, ordenar y distribuir la información que será de dominio público la cual será compartida y divulgada a la ciudadanía a través de canales de comunicación como pagina web, redes sociales o aplicativos móviles. Cabe resaltar que durante este proceso los habitantes también pueden aportar al sistema de información a través de canales como la línea 123 de la policía, y los buzones de PQR de cada una de las entidades que se articulan en el CIC.

También, se espera que la actualización de datos por parte de las entidades que participan en el CIC ocurra de acuerdo a la periodicidad establecida en la tabla 2, de manera que la información emitida sea verídica y confiable.

La información que requiera confidencialidad por parte de los entes gubernamentales o que viole la Ley 1581 de 2012 (protección de datos personales), o el principio de hábeas data no será compartida por el CIC a través de sus canales de divulgación y será almacenada en la base de datos Cloud como un respaldo o backup.

7. Conclusiones

Para estructurar el CIC de Bucaramanga, se tomaron a consideración los componentes de la ciudad como la movilidad, el medio ambiente, la gestión del riesgo, la seguridad y las TIC, los cuales se identificaron a través del análisis del plan de desarrollo de la ciudad y de las iniciativas existentes en el marco del despliegue del modelo de ciudad inteligente.

Se identificaron además los actores urbanos que se relacionan operativamente con dichos componentes, reconociéndose así 9 entidades de carácter público y privado con las cuales se propuso la estructura para el CIC de Bucaramanga mediante un modelo de jerarquía en línea, donde cada entidad es autónoma en el procesamiento de sus datos, pero al mismo tiempo trabajan de manera colaborativa en el análisis y procesamiento de la información entre departamentos a manera de consultas a través de una base de datos relacional. Esto permite obtener información verídica y confiable que facilita la toma de decisiones a través del CIC.

Bucaramanga ya cuenta con iniciativas hacia un modelo Smart City, entre ellas encontramos la implementación del Centro integrado de control y operaciones (CICO) el cual fue creado en el 2021 como estrategia tecnológica enfocada en la gestión de recursos como el sistema de iluminación inteligente con luminarias LED y control de las redes de conexión de fibra óptica de la ciudad; de acuerdo a los planes de gestión de la ciudad, se estima que en el próximo cuatrienio se realicen inversiones en tecnología para la adhesión al CICO de dispositivos IoT, sensores, microprocesadores y sistemas de información geográficos (SIG) que permitan gestionar de manera eficaz y eficiente los procesos urbanos y productivos de la ciudad, haciendo de Bucaramanga una ciudad de progreso y sostenibilidad.

Para la implementación del CIC de Bucaramanga se propuso como piloto un sistema de información que incorpora elementos tecnológicos como: dispositivos de recolección de datos, redes de comunicación, servidor Data Center, bases de datos, hardware, software y medios de divulgación de información, los cuales se tuvieron en cuenta en la elaboración del diagrama de flujo (Figura 7) en el cual se observa como ocurre la transmisión de datos, el almacenamiento, análisis y procesamiento de la información que es gestionada por cada una de las entidades

incorporadas en el CIC las cuales se encargan de clasificar la información para posteriormente ponerla a disposición de la ciudadanía como datos abiertos (Open Data) en tiempo real y de manera periódica a través de canales de comunicación como paginas web o aplicaciones móviles.

8. Recomendaciones a Futuro

Cabe la posibilidad de que a futuro el CICO existente en Bucaramanga crezca y permita la adhesión de más tecnología, por lo que se hace necesario tener en cuenta algunas que son implementadas por las Smart City y que pueden llegar a contribuir de manera positiva al desarrollo y sostenibilidad de la ciudad:

8.1 Semaforización Inteligente

Partiendo de que Bucaramanga esta extendiendo su red de fibra óptica y que esto permitirá conectar de manera simultanea dispositivos a la red de datos de la ciudad , se espera la transición de su sistema de semaforización estático a uno dinámico e inteligente que integre dispositivos IoT, cámaras de vigilancia, microprocesadores, sensores de movimiento y algoritmos, capaces de detectar en tiempo real la presencia o ausencia de vehículos en las intercepciones, lo que le permitirá coordinar a través de un centro de control el flujo vehicular, reduciendo tiempos muertos para conductores y peatones (Molina et al., 2016).

8.2 Recolección inteligente de residuos

Debido a que Bucaramanga ya se encuentra desarrollando planes ambientales para la reutilización y aprovechamiento de residuos como el punto limpio metropolitano, es de suma importancia para la ciudad la implementación de alternativas eficientes para la gestión integral de

residuos sólidos , mediante el uso de contenedores inteligentes soterrados (sistemas de almacenamiento de residuos bajo tierra), capaces de registrar el volumen de llenado y la concentración de gases por descomposición en tiempo real, permitiendo a las empresas de aseo generar las rutas de recolección de manera óptima, reduciendo tiempos en el transporte de los residuos y por ende sus costos (Iglesias, 2020).

8.3 Botones de pánico para el fortalecimiento de la seguridad

En favor de mejorar la seguridad de la ciudad, la MEBUC debería incorporar a su centro de monitoreo , botones de pánico físicos que permitan alertar a esta entidad cuando una persona o grupo de personas se encuentren en peligro. Su funcionamiento es simple, son dispositivos IoT en forma de timbre, enlazados a los servidores del sistema de monitoreo de la ciudad y ubicados estratégicamente en las zonas con mayor índice de peligro como el centro de la ciudad y las comunas norte; una vez activados emiten una señal de alerta al operador de control quien a su vez gestiona los cuadrantes para atender la situación (Majumdar et al., 2014).

8.4 Sistemas de divulgación de información a través de las Tics

Se hace necesario que existan canales de comunicación directos con las entidades públicas y privadas de la ciudad, esto facilitará a futuro los tramites administrativos con estas organizaciones y permitirá obtener respuesta a peticiones, quejas y reclamos de una manera ágil y sencilla.

Bucaramanga debe articular sus Puntos Vive Digital con entidades como el SENA, la UIS y otras universidades para el desarrollo de páginas web y aplicativos móviles como canales de divulgación y correspondencia entre la ciudadanía y las organizaciones mediante la apropiación de TIC a través del CIC como cerebro operativo de la ciudad en su despliegue de “Smart Bga”.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de Bucaramanga. (2010). Plan Maestro de Movilidad 2010-2023.
- Alcaldía de Bucaramanga. (2013). Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre, PMGRD Bucaramanga.
- Alcaldía de Bucaramanga. (2020). Plan de Desarrollo 2020-2023: Bucaramanga Ciudad de Oportunidades. <https://www.bucaramanga.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/Primer-Documento-PDM-Final.pdf>
- Alcaldía de Bucaramanga. (2020). Plan Integral de Seguridad y Convivencia Ciudadana para una Bucaramanga segura 2020-2023. <https://www.asocapitales.co/nueva/wp-content/uploads/2021/03/PISCC%20Bucaramanga%202020%20-%202023.pdf>
- Alcaldía de Medellín. (2012). SIES-M Sistema Integrado de Emergencias y Seguridad Medellín. <https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-seguridad/siesm/>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2019). Resultados del estudio de Revisión y actualización del Plan Maestro de Movilidad de Bogotá. *Secretaría Distrital de Movilidad*. <https://www.movilidadbogota.gov.co/web/plan-maestro-movilidad>
- AMB. (2016). Plan Integral de Desarrollo Metropolitano 2016-2026. <https://www.amb.gov.co/plan-integral-de-desarrollo-metropolitano-2016-2026/>
- AMB. (2019). Programas Ambientales: Punto Limpio Metropolitano. <https://www.amb.gov.co/programas-ambientales/>
- AMB. (2019). Programas Ambientales: Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire. <https://www.amb.gov.co/programas-ambientales/>
- AMETIC. (2013). Foro TIC para la Sostenibilidad: SMART CITIES 2012.

- Ayuntamiento de Madrid. (2013). Centro Integrado de Seguridad y Emergencias de Madrid (CISEM).
- BID. (2016). INICIATIVAS CIUDADES INTELIGENTES Y SOSTENIBLES (ICES).
- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C., Facchina, M. (2016). La ruta hacia las Smart Cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente. *Banco Interamericano de Desarrollo* (BID).
- Bradley, J. (2017). Understanding and Managing congestión – Transport for London.
- Cáceres, L.M., Gómez, J.M. (2022). Propuesta conceptual para el desarrollo del proyecto de ciudad inteligente para el municipio de Bucaramanga – SMART BG@. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- Castiella, L., Palacio, C., & Rueda, M. (2016). La importancia de un modelo de planificación estratégica para el desarrollo de ciudades inteligentes. *Researchgate.Net, May*.
- CDMB. (2014). Plan de Gestión Ambiental Regional 2015-2031.
- CISCO. (2014). El Centro de Operaciones de Río basado en IdT mejora la seguridad, la circulación del tránsito y las funcionalidades de respuesta ante emergencias.
- De la Cruz, Z., Guevara, O. A. (2015). LA GESTIÓN URBANA EN LAS CIUDADES INTELIGENTES. *Revista de divulgación científica Procesos Urbanos, 1* (2), pp. 73-83. <https://doi.org/10.21892/2422085x.85>
- DNP. (2017). ATLAS DE LA AGLOMERACIÓN DE BUCARAMANGA.
- DNP. (2020). DOCUMENTO DE LINEAMIENTOS DE POLÍTICA DE CIUDADES INTELIGENTES (Versión Borrador).
- DTB. (2023). Parque automotor del Área Metropolitana de Bucaramanga a diciembre 31 año 2022.

- Fernández, D. S. (2017). Factores de desarrollo de las ciudades inteligentes. *Revista Universitaria de Geografía*, 26 (1), pp. 135-152.
- IBM. (2011). Centro de Operaciones Inteligentes de IBM para las Ciudades Inteligentes. *Soluciones para la Industria de IBM*.
- Iglesias, L. P. (2020). Bogotá Ciudad Inteligente: Propuesta de un modelo de gestión inteligente para la recolección y control de residuos mediante el uso de las TIC's fomentando la participación extranjera. (Tesis de pregrado). Fundación universitaria del Área Andina, Bogotá, Colombia.
- Institute of Urban Traffic Research. (2015). ITS developed by Japanese Police.
- ISO. (2000). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 9: Requirements for non-keyboard input devices. doi:<https://doi.org/10.3403/02478696>
- ISO. (2006). Ergonomic design of control centres - Part 7: Principles for the evaluation of control centres. doi: <https://doi.org/10.3403/30067472u>
- Juniper Research & Intel. (2022). SMART CITY INDEX. <https://juniperresearch.com/press/worlds-no-1-smart-city-for-2022-shanghai>
- Levine, E. S., Tisch, J., Tasso, A., Joya, M. (2017). The New York City Police Department's Domain Awareness System. doi: <http://dx.doi.org/10.1287/inte.2016.0860>
- Liu, T., Xu, M. (2018). Integrated Multilevel Measures for the Transformation to a Transit Metropolis: The Successful and Unsuccessful Practices in Beijing. *Advances in Transport Policy and Planning*, 1, pp. 1-34. doi: 10.1016/bs.atpp.2018.07.007
- Majumdar, N., Bhargava, P., Shirin, R. K. (2014). Emergency panic button using microcontrollers. *International Journal of Computer Applications*, 99 (9), pp. 1-3. doi:10.5120/17398-7955

- MinTIC. (2019). Modelo de Madurez de Ciudades y Territorios Inteligentes para Colombia.
- MinTIC. (2022). INDICE DE CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES.
- Miranda, V., Madrigal, L. A. (2019). EXPERIENCIAS Y CASOS DE ESTUDIO DE CIUDADES INTELIGENTES SUSTENTABLES.
- Molina, A., Zamora, S., Remess, M., Lagunes, E. (2016). Los semáforos inteligentes en la logística urbana sustentable”, *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 3 (9), pp. 26-33.
- MTC. (2016). Plan Maestro sobre nuevas tendencias y desarrollo de infraestructura TIC que promuevan la construcción de ciudades inteligentes.
- Nexus Integra. (2021). Centro de operaciones para Smart City. <https://nexusintegra.io/es/centro-operaciones-smart-city/>
- Oficina TIC. (2020). Plan Estratégico de Tecnologías de Información - PETI 2020-2023.
- ONU. (2019). El fuerte crecimiento poblacional supondrá un reto para lograr un desarrollo sostenible. *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales*. <https://www.un.org/es/desa/commission-on-population-and-development52>
- Pineda, J. L. (2020). Avalan más de \$5 mil millones para el Plan Ciudad Inteligente en Bucaramanga. *Vanguardia Liberal*. <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/avalan-mas-de-5-mil-millones-para-el-plan-ciudad-inteligente-en-bucaramanga-DE3215544>
- Prieto, N. C. , Therán, C. E. (2022). Desarrollo urbano de la ciudad de Bucaramanga en su proyección a Smart City. *Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro*, 16 (16), pp. 74–89. doi: <https://doi.org/10.22463/24221783.3487>

- PWC. (2018). Ludhiana Smart City Integrated Command and Control Centre along with SMART Components. *Detailed Project Report*.
- Rey, D. M. (2019). USO DE SERVICIOS CLOUD PARA MIGRACIÓN DE CIUDADES TRADICIONALES A CIUDADES INTELIGENTES. (Tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, A. (2019). EL CENTRO DE CONTROL: CEREBRO Y OJOS DE LA DIRECCIÓN. *Grupo de trabajo “Centros de Control”, 1 (1)*, pp. 1-7.
- Sabino. A. B. (2018). Gestión del tráfico en Río de Janeiro y Bogotá: Respuesta a accidentes, integración entre actores y comunicación con la sociedad en el Centro de Operações do Rio (COR) y en el Centro de Gestión de Tránsito (CGT). (Tesis de maestría). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- TIA. (2005). Estándar de infraestructura de telecomunicaciones para centros de datos TIA-942.
- Tomás, M., Cegarra, B. (2013). Actores y modelos de gobernanza en las Smart Cities. *Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 6 (2), pp. 47-62.
- Ulugergerli, F. G. (2021). Afet Tedarik Zinciri Yönetimi: Nitel Bir Araştırma. doi: 10.32569/resilience.817225
- Wei, T. Q. (2018). Tapping tech for smoother traffic. *Singapore Intelligent Transport Systems*.
- Zona, A. T., Fajardo, C. H., Aguilar, C. M. (2020). Propuesta De Un Marco General Para El Despliegue De Ciudades Inteligentes Apoyado En El Desarrollo IoT En Colombia. *Revista Ibérica de Sistemas e tecnologías de Informação*, E(28), pp. 894-907.

Apéndices

Apéndice A. Matriz Documental

“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO INTEGRADO DE CONTROL EN EL DESPLIEGUE DEL MODELO DE CIUDAD INTELIGENTE EN BUCARAMANGA”							
Nº	NOMBRE DEL ARTÍCULO	AÑO	AUTORES	TEMA	TIPO DE DOCUMENTO	PAIS	ISSN / ISBN / DOI
1	El fuerte crecimiento poblacional supondrá un reto para lograr un desarrollo sostenible	2019	Departamento de Asuntos Económicos y Sociales ONU	Aumento de la población en las ciudades, proyección de crecimiento poblacional a 2050.	Publicación Web	EE.UU	-
2	DOCUMENTO DE LINEAMIENTOS DE POLÍTICA DE CIUDADES INTELIGENTES	2020	Departamento Nacional de Planeación	Lineamientos para la implementación de ciudades inteligentes en Colombia	Documento DNP Versión Borrador	Colombia	-
3	EXPERIENCIAS Y CASOS DE ESTUDIO DE CIUDADES INTELIGENTES SUSTENTABLES	2019	V. Miranda, L. A. Madrigal	Análisis de Ciudades inteligentes a nivel internacional como Copenhague, Ámsterdam, Barcelona, París, etc. Y de América Latina como Santiago de Cali, Bogotá y Medellín.	Artículo Científico UAEM	México	ISBN UNAM Obra completa: 978-607-30-2621-5
4	“Propuesta conceptual para el desarrollo del proyecto de ciudad inteligente para el municipio de Bucaramanga – SMART BG@”	2022	L.M. Cáceres, J.M. Gómez	Presenta una propuesta de los principales elementos conceptuales necesarios para implementar el modelo de Ciudad Inteligente en la ciudad de Bucaramanga.	Artículo de Investigación	Colombia	doi: https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/10034
5	Avalan más de \$5 mil millones para el Plan Ciudad Inteligente en Bucaramanga.	2020	J. L. Pineda	Noticia sobre la implementación de un Centro Integrado de Control y Operaciones (CICO) en Bucaramanga. Panorama actual de esa iniciativa en la ciudad.	Reporte de Periódico, Vanguardia Liberal	Colombia	-
6	LA GESTIÓN URBANA EN LAS CIUDADES INTELIGENTES	2015	Z. de la Cruz, O. A. Guevara	Revisión de Investigaciones que involucran la gestión urbana dentro de las ciudades inteligentes	Artículo de Revista	Colombia	doi: https://doi.org/10.21892/2422085X.85
7	Factores de desarrollo de las ciudades inteligentes	2017	D. S. Fernández	Define cuáles son los factores de la creación y funcionamiento de las ciudades inteligentes y si son o no necesarios para el desarrollo.	Artículo de Revista	Argentina	ISSN:0326-8373.
8	La importancia de un modelo de planificación estratégica para el desarrollo de ciudades inteligentes	2016	L. Castiella, C. Palacio, M. Rueda	En trabajo repasa los principios fundamentales y el modelo de desarrollo de ciudades inteligentes que se propone para Argentina	Artículo Científico Universidad de San Andrés	Argentina	-
9	Propuesta De Un Marco General Para El Despliegue De Ciudades Inteligentes Apoyado En El Desarrollo IoT En Colombia	2020	A. T. Zona, C. H. Fajardo, C. M. Aguilar	Este artículo desarrolla un marco de trabajo enfocado en las ciudades inteligentes con implementación del internet de las cosas IoT que puede aportar para la implementación de las Smart City en Colombia	Artículo de Revista	Colombia	-

“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO INTEGRADO DE CONTROL EN EL DESPLIEGUE DEL MODELO DE CIUDAD INTELIGENTE EN BUCARAMANGA”							
Nº	NOMBRE DEL ARTÍCULO	AÑO	AUTORES	TEMA	TIPO DE DOCUMENTO	PAIS	ISSN / ISBN / DOI
10	Modelo de Madurez de Ciudades y Territorios Inteligentes para Colombia	2019	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC)	Describe un Modelo de Madurez para ciudades y territorios en Colombia, generando una estructura de evaluación para las ciudades contemplando indicadores, capacidades y percepción.	Documento del MinTIC	Colombia	-
11	La ruta hacia las Smart Cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente	2016	M. Bouskela, M. Casseb, S. Bassi, C. De Luca, M. Facchina	Libro con un enfoque general de ciudades inteligentes, contempla el estudio de las necesidades y problemáticas de las ciudades para generar un arquetipo propio para cada una de ellas basado en las recomendaciones del BID	Libro del BID	EE.UU	IDB-MG-454
12	SMART CITY INDEX	2022	J. Research, and Intel	Es un ranking de clasificación y posicionamiento de Ciudades inteligentes en el mundo con base a criterios como la innovación tecnológica, el desarrollo, la sostenibilidad y el bienestar civil.	Documento de Consultoría	EE.UU	-
13	Actores y modelos de gobernanza en las Smart Cities	2016	M. Tomás, B. Cegarra	En este trabajo se analizan los actores y modelos de gobernanza que promueven las Smart Cities. Los conceptos de sostenibilidad, eficiencia y participación son el núcleo del paradigma de ciudad inteligente	Artículo de Revista	España	ISSN: 2014-27144
14	Foro TIC para la Sostenibilidad: SMART CITIES 2012	2013	AMETIC	Es un libro de la Asociación Multisectorial de Empresas de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Electrónica, que realiza un estudio de las ciudades inteligentes contemplando todos los componentes de desarrollo y realizando una evaluación y seguimiento a los casos de éxito de estas ciudades en España	Informe	España	-
15	USO DE SERVICIOS CLOUD PARA MIGRACIÓN DE CIUDADES TRADICIONALES A CIUDADES INTELIGENTES	2019	D. M. Rey	Realiza un análisis de las necesidades que tiene las ciudades para su despliegue a Smart City, contemplando el usos de tecnología CLOUD, que disminuya costos en la ejecución de procesos dentro de las urbes	Tesis Pregrado, Universidad Piloto de Colombia	Colombia	-
16	Centro de Operaciones Inteligentes de IBM para las Ciudades Inteligentes	2011	IBM	Describe como se debe componer un Centro de Operaciones inteligente para las Smart City	Artículo de Revisión	EE.UU	GVS03027-LASP-00
17	EL CENTRO DE CONTROL: CEREBRO Y OJOS DE LA DIRECCIÓN	2019	A. Rodríguez	Describe al Centro de control como el eje primordial de las Smart City ya que a través de él se genera todo el análisis de datos y procesamiento de la información que es de interés para la toma de decisiones dentro de las ciudades.	Artículo de Revista	España	ISBN: 978-84-9052-244-8

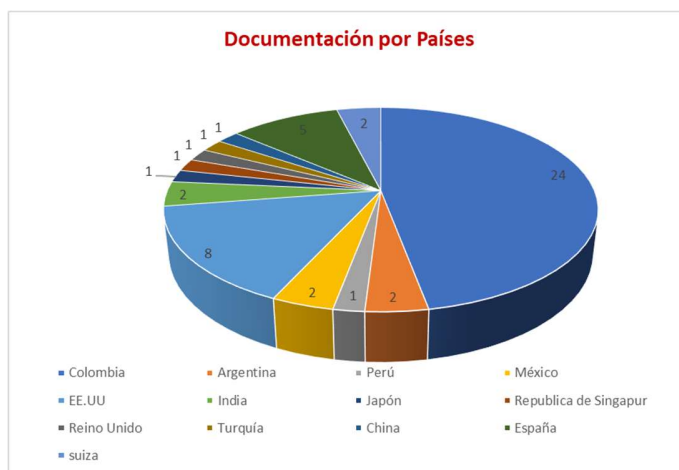
“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO INTEGRADO DE CONTROL EN EL DESPLIEGUE DEL MODELO DE CIUDAD INTELIGENTE EN BUCARAMANGA”							
Nº	NOMBRE DEL ARTÍCULO	AÑO	AUTORES	TEMA	TIPO DE DOCUMENTO	PAIS	ISSN / ISBN / DOI
18	Centro de operaciones para Smart City	2021	Nexus Integra	Describe la estructura para un centro de operaciones y sus funciones	Publicación Web	España	-
19	Ludhiana Smart City Integrated Command and Control Centre along with SMART Components	2018	PWC	Libro que describe como se debe implementar un centro de control de operaciones para una ciudad como Ludhiana en donde se contempla la diversificación de los actores que participan en el y la gestión multidisciplinaria de todos los actores.	Informe	India	-
20	Resultados del estudio de Revisión y actualización del Plan Maestro de Movilidad de Bogotá	2019	Alcaldía Mayor de Bogotá	Hace un análisis detallado del Plan de Movilidad de Bogotá y la importancia que tiene para el desarrollo de la ciudad.	Documento de Consultoría	Colombia	-
21	SIES-M Sistema Integrado de Emergencias y Seguridad Medellín	2012	Alcaldía de Medellín	Documento que describe como es el funcionamiento del Sistema Integrado de Emergencias y Seguridad de Medellín, las entidades que lo componen y sus funciones.	Documento Presentación	Colombia	-
22	Centro Integrado de Seguridad y Emergencias de Madrid (CISEM)	2013	Ayuntamiento de Madrid	Es un folleto informativo que describe la composición y estructura del CISEM y las actividades que allí se realizan.	Folleto Informativo	España	-
23	Integrated Multilevel Measures for the Transformation to a Transit Metropolis: The Successful and Unsuccessful Practices in Beijing	2018	T. Liu, M. Xu	Describe como es el funcionamiento del centro de control de tráfico en la ciudad de Beijing	Artículo de Revista	China	doi: 10.1016/bs.atpp.2018.07.007
24	Afet Tedarik Zinciri Yönetimi: Nitel Bir Araştırma	2021	F. G. Ulugergerli	Describe como funciona el AKOM, Centro de operaciones y coordinación de desastres de Estambul.	Artículo de Investigación	Turquía	doi: 10.32569/resilience.817225
25	El Centro de Operaciones de Río basado en IdT mejora la seguridad, la circulación del tránsito y las funcionalidades de respuesta ante emergencias,	2014	CISCO	Describe los objetivos, estrategias y funcionamiento del Centro de control de Río de Janeiro (COR)	Artículo de Revisión	EE.UU	-
26	Understanding and Managing congestión	2017	J. Bradley	Funciones del centro de control de tráfico de las calles de Londres (LSTCC)	Artículo de Revisión	Reino Unido	-
27	Tapping tech for smoother traffic	2018	T. Q. Wei	Describe como ocurren los procesos en el sistema de movilidad inteligente de Singapur	Artículo de investigación	Republica de Singapur	-
28	Gestión del tráfico en Río de Janeiro y Bogotá: Respuesta a accidentes, integración entre actores y comunicación con la sociedad en el Centro de Operações do Rio (COR) y en el Centro	2018	A. B. Sabino	Información sobre varios centros de control en el mundo que son referente de las Smart City	Tesis de Maestría	Colombia	ISSN 2538-9491.

“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO INTEGRADO DE CONTROL EN EL DESPLIEGUE DEL MODELO DE CIUDAD INTELIGENTE EN BUCARAMANGA”							
Nº	NOMBRE DEL ARTÍCULO	AÑO	AUTORES	TEMA	TIPO DE DOCUMENTO	PAIS	ISSN / ISBN / DOI
	de Gestión de Tránsito (CGT)						
29	ITS developed by Japanese Police	2015	Institute of Urban Traffic Research	Operaciones de control de tráfico que realiza la policía de Tokio	Artículo de Investigación	Japón	ISBN4-924905-39-9
30	The New York City Police Department's Domain Awareness System	2017	E. S. Levine, J. Tisch, A. Tasso, M. Joya	Describe las operaciones de la policía de New York, a través del DAS, como su sistema inteligente de gestión en el procesamiento de datos.	Artículo de Revisión	EE.UU	doi: http://dx.doi.org/10.1287/inte.2016.0860
31	Desarrollo urbano de la ciudad de Bucaramanga en su proyección a Smart City	2022	N. C. Prieto, C. E. Therán	Identifica los principios básicos en los que se fundamenta el desarrollo urbano en su proyección a Smart City, a partir de una revisión de literatura y planes de desarrollo, para el establecimiento de los aspectos, que aportan a un modelo de territorio inteligente en Bucaramanga	Artículo de Revista	Colombia	doi: https://doi.org/10.22463/24221783.3487
32	Plan de Desarrollo 2020-2023: Bucaramanga Ciudad de Oportunidades	2020	Alcaldía de Bucaramanga	Aporta los lineamientos del plan de desarrollo para la ciudad de Bucaramanga en el cuatrienio 2020-2023	Documento Alcaldía de Bucaramanga	Colombia	-
33	Plan Maestro de Movilidad 2010-2023	2010	Alcaldía de Bucaramanga	Aporta los lineamientos del plan maestro de movilidad para Bucaramanga 2010-2030	Documento Alcaldía de Bucaramanga	Colombia	-
34	Plan de Gestión Ambiental Regional 2015-2031	2014	CDMB	Describe el plan de acción de la CDMB y su aporte a la conservación del medio ambiente en el periodo 2015-2031	Documento CDMB	Colombia	-
35	ATLAS DE LA AGLOMERACIÓN DE BUCARAMANGA	2017	Departamento Nacional de Planeación DNP	Revisión general de aspectos de la ciudad de Bucaramanga como la movilidad, la seguridad, la educación, el medio ambiente y el uso eficiente de recursos.	Documento DNP	Colombia	ISBN4-924905-39-9
36	Programas Ambientales: Punto Limpio Metropolitano	2019	AMB	Página Web en donde se encuentran la información del Punto Limpio Metropolitano, como recurso dispuesto a la comunidad para incentivar el reciclaje en la ciudad.	Publicación Web	Colombia	-
37	Plan Integral de Seguridad y Convivencia Ciudadana para una Bucaramanga segura 2020-2023	2020	Alcaldía de Bucaramanga	Se establecen los lineamientos para la puesta en funcionamiento del plan integral de seguridad y convivencia ciudadana para la ciudad de Bucaramanga para el periodo 2020-2023	Documento Alcaldía de Bucaramanga	Colombia	-
38	Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre, PMGRD Bucaramanga	2013	Alcaldía de Bucaramanga	Contiene la información sobre los planes de mitigación ante el riesgo de desastres de la ciudad de Bucaramanga en temas como inundaciones, deslizamientos y sismos.	Documento Alcaldía de Bucaramanga	Colombia	-

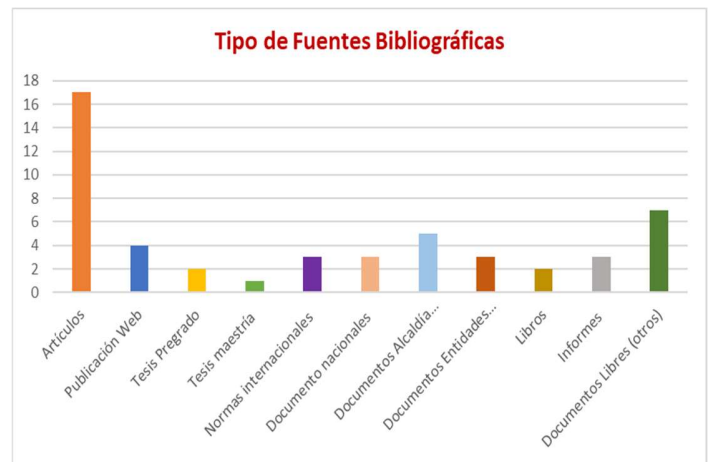
“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO INTEGRADO DE CONTROL EN EL DESPLIEGUE DEL MODELO DE CIUDAD INTELIGENTE EN BUCARAMANGA”							
Nº	NOMBRE DEL ARTÍCULO	AÑO	AUTORES	TEMA	TIPO DE DOCUMENTO	PAIS	ISSN / ISBN / DOI
39	INDICE DE CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES	2022	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC)	Es un ranking de las ciudades de la ciudad en donde se evalúa su gestión en el despliegue del modelo de ciudad inteligente, ubicando a Bucaramanga como la tercera ciudad mas eficiente y productiva.	Documento MinTIC	Colombia	-
40	Plan Estratégico de Tecnologías de Información - PETI 2020-2023	2020	Oficina TIC, Bucaramanga	Describe la ruta a seguir para desarrollar en Bucaramanga un modelo Smart Bga con el uso de las TIC y proyecta una gran inversión en tecnología para el desarrollo de nuevas iniciativas.	Documento Alcaldía de Bucaramanga	Colombia	-
41	INICIATIVAS CIUDADES INTELIGENTES Y SOSTENIBLES (ICES)	2016	BID	Es una guía metodológica que el BID dispone para el desarrollo de ciudades inteligentes.	Documento BID	EE.UU	-
42	Plan Integral de Desarrollo Metropolitano 2016-2026	2016	AMB	Contiene los lineamientos del plan integral de desarrollo para los municipios de Girón, Floridablanca, Piedecuesta y Bucaramanga	Documento AMB	Colombia	-
43	Parque automotor del Área Metropolitana de Bucaramanga a diciembre 31 año 2022	2023	DTB	Cifras reciente del parque automotor del área metropolitana de Bucaramanga, siendo Girón el municipio con mayor numero de vehículos matriculados	Documento DTB	Colombia	-
44	Programas Ambientales: Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire	2019	AMB	Describe los planes ambientales enfocados en el monitoreo y control del aire de la ciudad.	Publicación Web	Colombia	-
45	Ergonomic design of control centres — Part 7: Principles for the evaluation of control centres	2006	ISO	Es una norma de ergonomía que se aplica para los centros de control, en donde se tiene en cuenta que los espacios estén bien distribuidos y que los trabajadores cuenten los elementos necesarios para una buena labor.	Norma ISO	Suiza	doi: https://doi.org/10.3403/30067472u
46	Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 9	2000	ISO	Es la norma que define las especificaciones ergonómicas de las salas de monitoreo y trabajos de oficina donde se requiera el uso de pantallas.	Norma ISO	Suiza	doi: https://doi.org/10.3403/02478696
47	Estándar de infraestructura de telecomunicaciones para centros de datos TIA-942.	2005	TIA	Es una norma internacional que establece la infraestructura de telecomunicaciones necesaria para los centros de datos	Norma TIA	EE.UU	-
48	Plan Maestro sobre nuevas tendencias y desarrollo de infraestructura TIC que promuevan la construcción de ciudades inteligentes	2016	MTC	Es un documento emitido por el ministerio de las telecomunicaciones de Perú que describe como debe ser el funcionamiento de una ciudad inteligente, las tecnologías que se deben aplicar y habla sobre los centros de control y todas las	Informe	Perú	-

“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO INTEGRADO DE CONTROL EN EL DESPLIEGUE DEL MODELO DE CIUDAD INTELIGENTE EN BUCARAMANGA”							
Nº	NOMBRE DEL ARTÍCULO	AÑO	AUTORES	TEMA	TIPO DE DOCUMENTO	PAIS	ISSN / ISBN / DOI
				funciones que estos realizan en la gestión y procesamiento de datos.			
49	Los semáforos inteligentes en la logística urbana sustentable	2016	A. Molina, S. Zamora, M. Remess, E. Lagunes	Semaforización inteligente para un desarrollo de movilidad optimo en las ciudades, pasando del modelo estático al modelo dinámico incorporando TIC	Articulo de Revista	México	ISSN-2410-3454
50	Bogotá Ciudad Inteligente: Propuesta de un modelo de gestión inteligente para la recolección y control de residuos mediante el uso de las TICs fomentando la participación extranjera	2020	L. P. Iglesias	Explica la importancia de los modelos inteligentes para la recolección de residuos enfocándose en los contenedores soterrados como la mejor opción para llevar a cabo esta gestión ambiental.	Tesis pregrado, Fundación Universitaria del Área Andina	Colombia	-
51	Emergency panic button using microcontrollers. International Journal of Computer Applications	2014	N. Majumdar, P. Bhargava, R. K. Shirin	Describe la funcionalidad de los botones de pánico y como estos ayudan a reducir la inseguridad en una ciudad, mientras que permite el actuar oportuno de las entidades a cargo de la seguridad como la Policía.	Articulo de Revista	India	doi: 10.5120/17398-7955

Documentación por Países	
País	Nº
Colombia	24
Argentina	2
Perú	1
México	2
EE.UU	8
India	2
Japón	1
Republica de Singapur	1
Reino Unido	1
Turquía	1
China	1
España	5
Suiza	2



Tipo de Fuentes Bibliográficas	
Tipo Fuentes	Nº
Artículos	17
Publicación Web	4
Tesis Pregrado	2
Tesis maestría	1
Normas internacionales	3
Documento nacionales	3
Documentos Alcaldía Bucaramanga	5
Documentos Entidades Bucaramanga	3
Libros	2
Informes	3
Documentos Libres (otros)	8



Documentos por Regiones	
Región	Nº
América Latina	5
Norte América (EE.UU)	8
Europa	8
Asia	6

