

PRESENTACIÓN PROPUESTA

(Utilice o amplíe los espacios sugeridos según convenga – Tamaño Fuente: 12, Interlineado: 1,5)

TESIS DE DOCTORADO:

☐

TESIS DE MAESTRÍA:

☐

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA:

☒

TRABAJO FINAL DE ESPECIALIZACIÓN:

☐

1. **PROPONENTE:** Miguel Ángel Montañez Gómez **CÉDULA:** 1015415505
2. **PROGRAMA:** Maestría En Ingeniería De Sistemas Y Computación
3. **DIRECTOR PROPUESTO:** Luis Fernando Niño Vásquez
DEPARTAMENTO: Departamento de Ing. de Sistemas e Industrial
ASESORES: Ninguno
4. **TÍTULO:** Prototipo de sistema de monitoreo basado en una red inalámbrica de sensores simulada, como apoyo a la planeación de rutas de recolección de Residuo Sólido Urbano.
ÁREA: Sistemas de Información Geográfica, Internet de las cosas
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Computación aplicada
5. **ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN:** *(Indicar los desarrollos previos, circunstancias y condiciones que llevaron a la conclusión de la necesidad y conveniencia del proyecto)*

Desde hace mucho tiempo se ha buscado manejar de manera eficiente del residuo sólido urbano (RSU), de hecho, las primeras normas relacionadas con el tratamiento de RSU se remontan a Atenas hace unos 2400 años, allí se exigió que el vertimiento de Residuos a una distancia mínima de 1 kilómetro de los asentamientos urbanos.

Gracias al desarrollo tecnológico, las labores de disposición y tratamiento de residuos se han ido mejorando a través de una infraestructura compuesta por elementos como contenedores y camiones compactadores, sin embargo, con el transcurrir de los años la labor de recolección de RSU se ha convertido en un desafío debido al rápido aumento en la generación de Residuo que obedece de 3 factores principales: el rápido crecimiento demográfico, la producción industrial y los hábitos de consumo que hacen uso excesivo de material desechable (Karthikeyan, Rani, Sridevi, & Bhuvaneswari, 2018).

Este aumento a dado origen a nuevas problemáticas; en diciembre de 2017 Montevideo, Uruguay, sufrió una crisis ambiental pues se detectaron más de 100 contenedores de residuo incinerados y un desbordamiento de los de contenedores, el cual se atribuyó a un aumento en el volumen del residuo producido, que incremento cerca de un 50% adicional, con respecto al generado un día de normal. El intendente a cargo manifestó que debido a la naturaleza fluctuante de la generación de RSU, era difícil estimar la cantidad de recursos necesarios para mantener la ciudad limpia durante las festividades. (Martinez, 2017) esta problemática se repite en otras ciudades como Chennai, India (Johnson & Dhanalakshmi, 2019)

Algunas técnicas computacionales como algoritmos de optimización de rutas basados en agentes e inspirados en genética y tecnologías de comunicación han mostrado impactos positivos en la optimización de procesos para la recolección y gestión de RSU (Franca, Ribeiro, & Chaves, 2019).

Para comprender mejor lo que implica la gestión de RSU se puede remitir a (Ramdhani, Baihaqi, & Siswanto, 2018); en este artículo se explica la importancia de hacer una administración eficiente del RSU, en esta investigación se intenta minimizar la cantidad de vehículos requeridos para atender las rutas generadas a partir de un modelo matemático abordando el asunto como un problema de asignación de recursos (camiones de recolección).

De manera análoga, el uso de sistemas de información geográfica (GIS, por su sigla en inglés) ha sido aplicado a la optimización de rutas de recolección. Es el caso de los estudios propuestos por (Chaudhary, Nidhi, & Rawal, 2019) y (Jwad & Hasson, 2018), donde se hizo uso de la funcionalidad de análisis de red de ArcGIS¹ para determinar la zonificación y enrutamiento óptimos de los camiones recolectores, en los que se consideran factores como: costo de combustible, distancia, tiempo y número de vehículos. Sin embargo, bajo estos enfoques el problema es observado desde una perspectiva estática, cuando en realidad las variables que afectan la producción de residuos son de naturaleza estocástica.

Otros enfoques que analizan el proceso como un problema dinámico han sido estudiados y se han propuesto soluciones, algunas de ellas basadas en Internet de las Cosas (IoT). El término IoT está estrechamente relacionado con los ambientes inteligentes y agentes embebidos que surgieron de la visión de Mark Weiser en 1991, en un documento llamado "The Computer for the 21st Century", donde el autor describe un mundo compuesto por objetos comunes que pueden comunicar sus percepciones e interactuar con otros objetos con cierto grado de autonomía, locomoción y una intervención humana mínima, para mejorar la calidad de vida de múltiples maneras (Ray et al., 2018)

Sin embargo, fue Kevin Ashton quien introdujo el término internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) por primera vez para referirse a la identificación de los productos de la compañía P&G² durante una reunión con los directores de esa empresa en 1999 (Gupta, Mudgal & Mehta, 2016)

Desde su concepción hasta el día de hoy el término IoT se ha ido refinando y redefiniendo como el paradigma resultante de la integración de un conjunto de elementos tecnológicos y técnicas computacionales como: computación ubicua y pervasiva, sensores y sistemas embebidos. Con los que se componen ecosistemas que asocian objetos del mundo real generando una comunicación, un flujo de información y una interacción simbiótica entre ellos. La pieza básica para edificar este ecosistema es la integración de componentes electrónicos a objetos comunes dotándolos de la capacidad de recolectar información de su entorno y

¹ ArcGIS es un conjunto herramientas para la captura, gestión, análisis, modificación, diseño, colaboración e impresión sobre esquemas información geográfica (Balles2601, 2018)

² Compañía estadounidense dedicada a la producción distribución y venta de productos de cuidado personal, alimentos y bebidas.

comunicarse con otros sistemas usando internet (Borgia, 2014), estos objetos tienen una representación virtual que sirve para identificarlos, monitorearlos y controlarlos en el mundo real.

Estudios más recientes han planteado una manera diferente de resolver el problema de recolección de residuos mediante la aplicación de tecnología IoT. Es el caso del estudio realizado en los distritos circundantes a la ciudad de Turín en Italia por (Fadda, Gobbato, Perboli, Rosano, & Tadei, 2018). En este estudio se diseñó e implantó un sensor para medir el nivel de llenado de los contenedores de basura de la ciudad. A diferencia de los enfoques anteriormente descritos, no se propusieron rutas para vaciar los contenedores con frecuencias semanales fijas. En cambio, se propusieron rutas calculadas dinámicamente. Para ello, se programó un modelo matemático de optimización heurística en el que se usaron como entrada datos históricos de los pesos de la carga transportada por los vehículos, las rutas fijas con las que operaba el sistema anteriormente, además de la telemetría de una red inalámbrica de sensores, que permitió saber en tiempo real cuales contenedores tenían una prioridad alta de ser recolectados.

Una solución más completa ha sido planteada por (Bakhshi & Ahmed, 2018), además de incorporar sensores a los contenedores de una manera similar al enfoque anterior, combinan técnicas de análisis de datos y mecanismos de aprendizaje de maquina basados en modelos de regresión, para predecir las rutas de recolección futuras de forma autónoma, las rutas generadas fueron puestas a prueba en un periodo de 10 días en el cual se pudo comprobar una reducción en los tiempos de recolección en un 18% y una mejora en la eficiencia de combustible del 46%.

Al comparar los modelos usados en los estudios realizados y observar los resultados obtenidos, se evidencia que un paradigma de IoT provee algunas ventajas como: (1) versatilidad ante los distintos esquemas de recolección en un ámbito municipal, (2) flexibilidad para adaptarse a los cambios de la generación de residuos y (3) la autonomía de trabajo con mínima intervención humana. Lo cual nos lleva a afirmar que: hacer uso de sistema de información que calcule las rutas de recolección de residuos por demanda, permitirá reducir las distancias recorridas, aumentar el volumen de residuo recolectado y ser más oportunos al momento de atender los contenedores que se llenan para evitar su saturación y hacer que la operación de recolección sea más eficiente.

A partir de esta afirmación se hizo una revisión de algunos aspectos a considerar antes de inclinarse hacia una solución que haga uso de IoT entre ellas la arquitectura de un sensor de bajo costo y una arquitectura de red que se adapta a las condiciones adversas de la terreno objeto de estudio, estas implicaciones técnicas se describen a continuación.

En primera instancia, para la arquitectura del dispositivo que toma las mediciones se ha propuesto principalmente el uso de dos tipos de sensores; el primero un emisor de luz infrarrojo para la detección de materia sólida, el cual fue enunciado por (Pawar, Pise, Walke, & Mohite, 2019). El segundo hace uso de un sensor de ultra sonido que tiene en cuenta el tiempo de respuesta para calcular la distancia a partir de la velocidad

de propagación del sonido 334 (m/s) (Pardini, Rodrigues, Hassan, Kumar, & Furtado, 2019). En este documento el alcance del sistema se amplía integrando también a los ciudadanos como parte de la solución, para lo cual adicional al uso de ultrasonido, los dispositivos están equipados con sensores de celdas de carga, sensores de posicionamiento Global (GPS) y para la comunicación usan módulos para el sistema global de comunicaciones móviles (GSM) y el servicio general de envío de paquetes de radio (GPRS). De acuerdo con el autor, los dispositivos son fácilmente integrables con los servicios de recolección de la municipalidad y asisten de forma eficiente la planeación de la recolección mediante la optimización de rutas. Sin embargo, la integración de módulos y sensores incrementa el costo de producción del dispositivo haciendo que la propuesta no sea económicamente viable.

En cuanto a la arquitectura de red, el uso de una topología que usa un esquema de comunicación inalámbrica que implementa en el estándar de la IEEE 802.15.4 haciendo uso de ZigBee y un protocolo de comunicación para transferencia de telemetría por cola de mensajes MQTT fue propuesta en (Karthikeyan, Rani, Sridevi, & Bhuvaneswari, 2018) para abordar el problema de recolección eficiente de residuos, allí se definió la configuración (ubicación) de los contenedores que permitían la cobertura tolerante a la atenuación, sin pérdida de información, para la transferencia de mensajes. La investigación fue concluyente porque determinó que estas condiciones se logran con distancias máximas de 80 metros entre los contenedores. Se realizó una comparación cualitativa entre los protocolos de comunicación HTTP y MQTT para una arquitectura con bajo consumo de ancho de banda y mayor velocidad en la transmisión. Para el cálculo de la ruta óptima se usó la información recolectada como entrada para un algoritmo inspirado en el problema del agente viajero y la formula de Haversine.

A partir de la revisión de literatura y la comparación de tecnologías de transmisión de datos, se pudo determinar que para el volumen de datos que se pretende transmitir, la tolerancia a la latencia y la poca cantidad de mediciones diarias que requiere el sistema, hay un conjunto de redes de baja potencia y amplia cobertura LPWAN que ofrecen buenos resultados para cubrir un área metropolitana con pocas estaciones base, y para las cuales ya existen soluciones como SigFox³ o LoRa⁴ que han comprobado ser eficientes y confiables.

Basados en tres premisas (1) como este tipo de soluciones han sido implementadas exitosamente en otros países, (2) al observar las condiciones favorables de la región y (3) validar la factibilidad técnica de la solución, se determinó que resulta conveniente adaptar dichas soluciones a un contexto local con el propósito de establecer procedimientos que permitan cerrar la brecha de la ineficiencia operativa en el proceso de recolección de RSU, de forma que se pueda dar un paso en la dirección de la transformación de esquemas que hasta el momento han resultado funcionales, pero que dada la tendencia al incremento en la generación de residuos (Marú, Quintero, Beltrán & Hernández, 2018) resultarán insuficientes para satisfacer las necesidades a mediano plazo.

³ Tecnología para transmisión de datos que reduce el consumo de energía, el coste de los dispositivos y es independiente de la infraestructura de telefonía

⁴ Técnica de modulación de espectro expandido diseñada en el objetivo de tener una baja transferencia de datos manteniendo un consumo energético bajo y una alta cobertura.

Por medio de esta propuesta se implementa uno de los servicios que las ciudades inteligentes requieren; el procesamiento inteligente de residuos, que busca generar condiciones de vida sostenibles por medio de la gestión eficiente del residuos, la reducción en el consumo de recursos, la disminución en la generación de desperdicios y aumento de la reutilización.

6. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA:

CAUSAS: Aumento en el volumen de residuos que se genera a causa del rápido crecimiento de la población, la producción industrial y los hábitos de consumo que hacen uso excesivo de material desechable y dificultad en reconocer cuando se llenan los contenedores debido a que no se dispone de ninguna información, para determinar cuáles de los contenedores están llenos y así poder recogerlos.

PROBLEMA: Gestión ineficiente de la recolección de RSU.

CONSECUENCIAS: Saturación y desborde de los depósitos que generan problemas no solo de carácter estético, sino sanitarios como son la dispersión de enfermedades y la proliferación de plagas. Dificultad para separar los residuos aprovechables, lo que entorpece el proceso de reciclaje contribuyendo a la contaminación y generando efectos ambientales negativos que impiden un desarrollo social sostenible y equilibrado con el medio ambiente.

Frente a esta problemática se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo mejorar el esquema de recolección de RSU para atender las necesidades de una región delimitada en una localidad de Bogotá, para lograr una operación más eficiente que reduzca la saturación y el desbordamiento de los contenedores?

Con respecto al alcance del proyecto se debe aclarar que aunque en la definición del problema se definen 2 problemáticas, este proyecto dará solución únicamente al primer problema referente a la carencia de información de generación de residuos, el problema relacionado con la separación de residuos según su tipo no será objeto de este proyecto, aun así se propone como un trabajo futuro y complementario al modelo que será planteado.

7. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS: *(Evaluables)*

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de un sistema de monitoreo de contenedores de RSU, para planificar las rutas de recolección por demanda, usando como insumo información simulada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- OE1: Desarrollar un dispositivo para medir de forma remota el nivel de llenado en un contenedor de Residuo Sólido Urbano.
- OE2: Implementar una red inalámbrica de sensores con tres dispositivos, usando una arquitectura de Internet de las Cosas (IoT).
- OE3: Simular la recolección de información sobre nivel de llenado de los contenedores de basura ubicados en un área seleccionada de Bogotá (en la localidad de Engativá)
- OE4: Implementar una aplicación que permita generar y visualizar las rutas para la recolección y la localización de los contenedores que se deben atender.

8. METODOLOGÍA:

Para la conducción de esta investigación se decidió emplear un método cuantitativo, dado que el problema de la recolección de residuos ha sido descrito de manera aproximada usando un modelo matemático.

Para artefactos lógicos (software) se usará una metodología de trabajo llamada OPEN UP (Eclipse ,2007), la cual está inspirada en una estrategia ágil, que combina los enfoques iterativos e incrementales y los integra de forma transversal con un ciclo de vida estructurado que comprende las fases: concepción, elaboración, construcción y transición, para ello se usan técnicas para desglosar actividades a nivel de proyecto en periodos de meses, el siguiente nivel en iteraciones que duran semanas y micro-incrementos o unidades de trabajo cuantificadas en días.

Para el desarrollo de componentes físicos (hardware) se adoptará una metodología propuesta por (Collins, 2014) para el desarrollo de soluciones: productos o servicios bajo el enfoque IoT. Esta metodología simple, pero racional y completa define 6 fases como se puede apreciar en la figura 1.

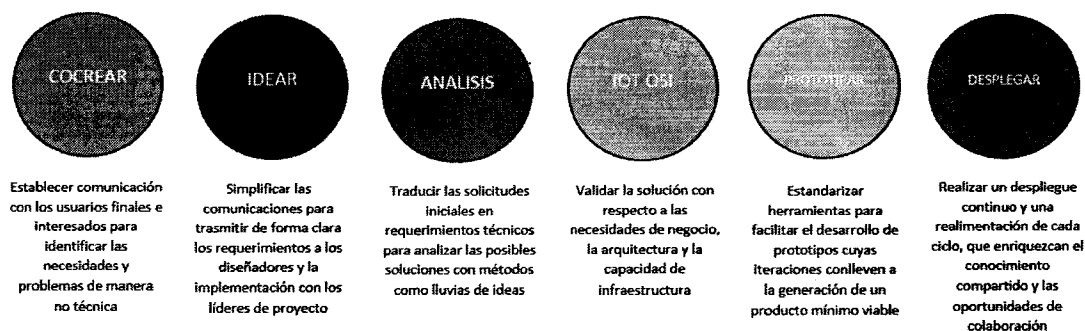


Figura 1: Fases para la construcción de soluciones de IoT, tomada y traducida de (Kranenburg, Goulden, Bassi & Collins, 2014)

De esta metodología se considera especialmente relevante el modelo IoT OSI que se muestra en la Figura 2 porque define los bloques básicos que constituyen el sistema IoT en sus diferentes capas. Teniendo en cuenta estos aspectos, se puede definir una arquitectura consistente con los requerimientos definidos. En el desarrollo del proyecto se abarcarán únicamente las primeras 5 fases de la metodología porque la fase de despliegue no hace parte del alcance de este proyecto.

NODO FINAL (las cosas)	CONECTIVIDAD	CAPA INTERMEDIA	IOT SERVICES	APLICACIONES
Los nodos finales tienen un conjunto diverso de funcionalidades incluyendo la producción de datos, recepción de comandos, proveer servicios para la administración, descubrimiento, persistencia y lógica. Ejemplos: sensor de temperatura, LED, servicios meteorológicos, notificaciones por email, lectores RFID, etc.	El medio de comunicación, inalámbrico o cableado y los protocolos usados para conectar los nodos finales con la capa intermedia. Incluyen la administración de sesiones de red, confiabilidad, seguridad y protocolos de enrutamiento. Ejemplos: TCP/IP, MQTT, IPv6, CoAP, REST, XBee, ZigBee, Zwave, Seriales, Radios, IPoAC, etc.	Capa estandarizada usando lineamientos de conectividad para sincronizar e interoperar con conexión de diferentes fuentes o destinos. Por lo general garantiza la entrega de mensajes y autenticación para servicios de IoT Ejemplos: OpenHub, TheThingsNetwork, ZIPR, Dowse, Ponte, RabbitMQ	Típicamente proporciona la inteligencia para IoT y potencia por medio de procesamiento cuando este no es suficiente en el nodo o en la capa media. Todos los sistemas requieren de administración para nodos finales, capa media, autenticación, IAM, etc. Ejemplos: Persistencia (TempoIQ), automatización (IFTTT)	Interfaces de interacción para usuarios finales (Front-End) que facilitan el uso de servicios IoT, que pueden ser utilizadas para manipulación y administración de nodos finales y que generalmente orquestan todo el sistema. Ejemplos: WigoTs, SmartLiving, Aplicaciones WEB y Mobiles, FreeBoard.

Figura 2: Definición de las capas para el modelo de IoT OSI, tomada y traducida de (Kranenburg, Goulden, Bassi & Collins, 2014)

9. ACTIVIDADES A DESARROLLAR:

OE1: Desarrollar un dispositivo para medir de forma remota el nivel de llenado en un contenedor de basura.
(Fase de Análisis Soluciones IoT)

A1-OE1: Seleccionar una arquitectura de bajo consumo para el nodo de medición.

A2-OE1: Programar y Configurar del dispositivo de medición.

A3-OE1: Calibrar las mediciones y validar la transmisión de datos.

OE2: Implementar una red inalámbrica de sensores con tres dispositivos, usando una arquitectura de Internet de las Cosas (IoT). (Fase IOT OSI y Prototipado Soluciones IoT)

A1-OE2: Diseñar la arquitectura de una red LP-WAN

A2-OE2: Programar y configurar el Gateway.

A3-OE2: Comunicar los nodos de medición y el Gateway.

A4-OE2: Comunicar el Gateway y el servicio web.

OE3: Simular la recolección de información sobre nivel de llenado de los contenedores de basura ubicados en un área seleccionada de Bogotá (en la localidad de Engativá)

(Fases de elaboración y construcción Open UP)

A1-OE3: Usar un modelo matemático existente que describa la generación de Residuo Sólido Urbano.

A3-OE3: Implementar el modelo matemático para simular la generación de Residuo Sólido Urbano en una zona reducida (Engativa) incluidas las posiciones de los contenedores y los niveles de llenado.

A4-OE3: Mostrar los datos simulados a través de una representación gráfica (mapa)

OE4: Implementar una aplicación que permita generar y visualizar las rutas para la recolección y la localización de los contenedores que se deben atender.

(Fases de elaboración y construcción Open UP)

A1-OE4: Configurar la interfaz de cálculo de rutas.

A2-OE4: Implementar un servicio web que use la información simulada y la información de la flota de vehículos, para consumir una interfaz de aplicación que calcule las rutas.

A3-OE4: Enlazar la interfaz con el servicio web y validar su funcionamiento.

A4-OE4: Crear una aplicación móvil que consuma un promovedor de mapas para mostrar las rutas generadas.

A5-OE4: Crear los servicios web para atender las peticiones requeridas por la aplicación móvil.

A6-OE4: Configurar un servidor virtual y desplegar en el los servicios web lógicos que gestionen y resuelvan las peticiones que requiere la aplicación móvil.

A1-OG1: Escribir el informe del desarrollo del proyecto.

10. CRONOGRAMA:

Para el desarrollo de las actividades propuestas y siguiendo las fases de la metodología planteada, se dispondrá de un tiempo de 16 semanas entre febrero y mayo de 2020, de manera que dichas actividades estarán distribuidas en ese periodo y se ejecutaran de acuerdo con el siguiente cronograma:

Nombre Actividad	Fecha Inicio	Duración en Días	Fecha Fin
A1-OE1	03-feb	3	05-feb
A2-OE1	06-feb	4	11-feb
A3-OE1	12-feb	5	18-feb
A1-OE2	19-feb	3	21-feb
A2-OE2	24-feb	4	27-feb
A3-OE2	02-mar	3	04-may
A4-OE2	05-mar	3	09-mar
A1-OE3	10-mar	3	12-mar
A2-OE3	13-mar	4	18-mar
A3-OE3	19-mar	2	20-mar
A4-OE3	24-mar	3	26-mar
A1-OE4	30-mar	2	31-mar
A2-OE4	01-abr	3	03-abr
A3-OE4	13-abr	3	15-abr
A4-OE4	16-abr	4	21-abr
A5-OE4	22-abr	3	24-abr
A6-OE4	27-abr	3	29-abr
A1-OG1	03-feb	5	08-may
total Días		60	

Tabla 1: Cronograma de actividades

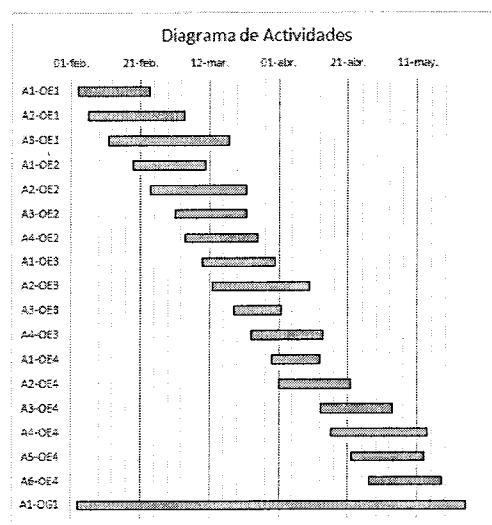


Figura 3: desglose de actividades contra duración

11. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Al-Masri, E., Diabate, I., Jain, R., Lam, M. H. L., & Nathala, S. R. (2018). A Serverless IoT Architecture for Smart Waste Management Systems. *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Industrial Internet, ICII 2018*, 179–180. <https://doi.org/10.1109/ICII.2018.00034>
- Bakhshi, T., & Ahmed, M. (2018). IoT-Enabled Smart City Waste Management using Machine Learning Analytics. *ICECE 2018 - 2018 2nd International Conference on Energy Conservation and Efficiency, Proceedings*, 66–71. <https://doi.org/10.1109/ECE.2018.8554985>
- Borgia, E. (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54, 1–31. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008>
- Chin, J., Callaghan, V., & Allouch, S. Ben. (2019). The Internet-of-Things: Reflections on the past, present and future from a user-centered and smart environment perspective. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 11(1), 45–69. <https://doi.org/10.3233/AIS-180506>
- Dargie, W., & Poellabauer, C. (2010). *Fundamentals of Wireless Sensor Networks*. <https://doi.org/10.1002/9780470666388>
- Chaudhary, S., Nidhi, C., & Rawal, N. R. (2019). Gis-based model for optimal collection and transportation system for solid waste in allahabad city. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 814, 45–65. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1501-5_5
- Eclipse (2007). Introduction to OpenUP. Eclipse Modelling Framework Composer <http://www.utm.mx/~caff/doc/OpenUPWeb/index.htm>
- Fadda, E., Gobbato, L., Perboli, G., Rosano, M., & Tadei, R. (2018). Waste collection in urban areas: A case study. *Interfaces*, 48(4), 307–322. <https://doi.org/10.1287/inte.2018.0943>
- Fernandez, Roberto & Ordieres-Meré, Joaquín & Ascacibar, Francisco Javier & González-Marcos, Ana & Alba-Elías, Fernando & Lostado-Lorza, R. & Pernía-Espinoza, Alpha. (2009). *Redes Inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica*. ISBN: 978-84-692-3007-7
- Franca, L. S., Ribeiro, G. M., & Chaves, G. de L. D. (2019). The planning of selective collection in a real-life vehicle routing problem: A case in Rio de Janeiro. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101488. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101488>
- Franca, L. S., Ribeiro, G. M., & Chaves, G. de L. D. (2019). The planning of selective collection in a real-life vehicle routing problem: A case in Rio de Janeiro. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101488. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101488>
- Gupta, S., Mudgal, N., Mehta, R. (2016). Analytical study of IoT as emerging need of the modern era. *2014 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACom 2016*. 233-235 ISBN 978-938054419-9
- García, S., Larios, D. F., Barbancho, J., Personal, E., Mora-Merchán, J. M., & León, C. (2019). Heterogeneous LoRa-Based Wireless Multimedia Sensor Network Multiprocessor Platform for Environmental Monitoring. *Sensors*, 19(16), 3446. <https://doi.org/10.3390/s19163446>
- Introduction to OpenUP. (2007). Eclipse Modelling Framework Composer <http://www.utm.mx/~caff/doc/OpenUPWeb/index.htm>
- Jwad, Z. A., & Hasson, S. T. (2018). An Optimization Approach for Waste Collection Routes Based on GIS in Hillah-Iraq. *ICOASE 2018 - International Conference on Advanced Science and Engineering*, 60–63. <https://doi.org/10.1109/ICOASE.2018.8548889>
- Johnson, M., & Dhanalakshmi, R. (2019). Predictive analysis based efficient routing of smart garbage bins for effective waste management. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(3), 5733–5739. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B2600.098319>
- Karthikeyan, S., Rani, G. S., Sridevi, M., & Bhuvaneswari, P. T. V. (2018). IoT enabled waste management system using ZigBee network. *RTEICT 2017 - 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information and Communication Technology, Proceedings*, 2018-Janua, 2182–2187. <https://doi.org/10.1109/RTEICT.2017.8256987>
- Kranenburg, R., Goulden, L., Roeck, D., Bassi, A., Collins, T., (2014) *amethodologyforbuildingtheinternetofthings* disponible en linea: <https://productize.be/wp-content/uploads/2015/01/amethodologyforbuildingtheinternetofthings1-141127194112-conversion-gate01.pdf>
- Letchford, A. N., & Salazar-González, J.-J. (2019). The Capacitated Vehicle Routing Problem: Stronger bounds in pseudo-polynomial time. *European Journal of Operational Research*, 272(1), 24–31. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2018.06.002>

- Louati, A., Son, L. H., & Chabchoub, H. (2018, May 30). Smart routing for municipal solid waste collection: a heuristic approach. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, pp. 1–20. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0778-3>
- Longhi, S., Marzioni, D., Alidori, E., Di Buo, G., Prist, M., Grisostomi, M., & Pirro, M. (2012). Solid Waste Management Architecture Using Wireless Sensor Network Technology. 2012 5th International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS), 1–5. <https://doi.org/10.1109/NTMS.2012.6208764>
- Marú, A., Quintero, A., Beltrán, C., & Hernández, H. (2018). Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos – 2017. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf
- Martínez D. (2017) Refuerzan limpieza para evitar desborde de los contenedores. El País Uruguay, Recolección De Residuos. <https://www.elpais.com.uy/informacion/refuerzan-limpieza-evitar-desborde-contenedores.html>
- Nguyen-Trong, K., Nguyen-Thi-Ngoc, A., Nguyen-Ngoc, D., & Dinh-Thi-Hai, V. (2017). Optimization of municipal solid waste transportation by integrating GIS analysis, equation-based, and agent-based model. *Waste Management*, 59, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.048>
- Pardini, K., Rodrigues, J. J. P. C., Hassan, S. A., Kumar, N., & Furtado, V. (2019). Smart Waste Bin: A New Approach for Waste Management in Large Urban Centers. *IEEE Vehicular Technology Conference*, 2018-Augus, 1–8. <https://doi.org/10.1109/VTCFall.2018.8690984>
- Orrego Cardozo, J. P., Ospina Toro, D., & Toro Ocampo, E. M. (2016). Solución al Problema de Ruteo de Vehículos con Capacidad Limitada (CVRP) usando una técnica metaheurística. *Scientia et Technica*, 21(3), 225. <https://doi.org/10.22517/23447214.9013>
- Pawar, S. S., Pise, S., Walke, K., & Mohite, R. (2019). Smart Garbage Monitoring System Using AVR Microcontroller. *Proceedings - 2018 4th International Conference on Computing, Communication Control and Automation, ICCUBEA 2018*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICCUBEA.2018.8697585>
- Ramdhani, M. N., Baihaqi, I., & Siswanto, N. (2018). Optimization of municipal waste collection scheduling and routing using vehicle assignment problem (case study of Surabaya city waste collection). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 337(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/337/1/012013>
- Ray, S., Tapadar, S., Chatterjee, S. K., Karlose, R., Saha, S., & Saha, H. N. (2018). Optimizing routine collection efficiency in IoT based garbage collection monitoring systems. 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference, CCWC 2018, 2018-Janua, 84–90. <https://doi.org/10.1109/CCWC.2018.8301629>
- Riaño-Contreras, N., Velasquez-Melo, W., & Mendez-Giraldo, G. A. (2017). Dynamics of the Recycling Sector and the Generation of Waste in Bogotá. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66963-2_22
- Suarez B. C (2018). Consejo de Bogota [Online]. disponible: <http://concejodebogota.gov.co/bogota-produce-6-300-toneladas-de-basura-al-dia/cbogota/2018-09-03/134429.php>
- Savsar, M., Aboelfotoh, A., & Embaireeg, D. (2019). A GIS-based methodology for solving the capacitated vehicle routing problem with time windows: a real-life scenario. *International Journal of Applied Management Science*, 11(2), 124. <https://doi.org/10.1504/ijams.2019.098827>
- Talha, M., Upadhyay, A., Shamim, R., & Beg, M. S. (2018). A cloud integrated wireless garbage management system for smart cities. *IMPACT 2017 - International Conference on Multimedia, Signal Processing and Communication Technologies*, 175–179. <https://doi.org/10.1109/MSPCT.2017.8363999>
- Verdouw, C. N., Beulens, A. J. M., & van der Vorst, J. G. A. J. (2013). Virtualisation of floricultural supply chains: A review from an internet of things perspective. *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 160–175. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.09.006>
- Zhong, R. Y., Lan, S., Xu, C., Dai, Q., & Huang, G. Q. (2016). Visualization of RFID-enabled shopfloor logistics Big Data in Cloud Manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(1–4), 5–16. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7702-1>

12. RECURSOS FÍSICOS: (Especificar la disponibilidad y adjuntar carta de compromiso de la dependencia o empresa cuando sea necesario).

Para el desarrollo de este trabajo es necesario disponer de:

Recursos Humanos

480 horas de trabajo ingeniero de sistemas
64 horas de asesorías y correcciones director de proyecto

Recursos Computacionales

1 computador personal
1 servidor virtual (aplicación y base de datos)
1 servicio de api para consumo de mapas.
1 medio magnético para la extracción de Respaldos de seguridad DD (1 TB)

Componentes electrónicos

1 tarjeta para desarrollo Raspberry PI 3B
1 módulo para transmisión de datos SX1278 Ra-02
2 tarjetas de desarrollo SX1278 TTGO para Arduino UNO LoRa ATMEGA328P – 433mhz
2 tarjetas de desarrollo Adafruit Feather M0 ATSAMD21G18 Rfm96 Lora Radio - 915mhz
2 sensores de ultra sonido HC-SR04
3 baterías de 5V
1 gateway LoRa Dragino OLG02 - 915Mhz

Licencias de software

Sistema Operativo Windows 8
Sistema Operativo Raspbian
Compilador Java (maquina virtual)
Spring Boot 2.0 – Spring Framework 5
Angular-CLI
Node JS
Android Studio
Quantum GIS QGIS
PostGis- Postgres
Arduino IDE
Cuenta de usuario “the things Network”

13. COSTOS DEL TRABAJO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN:

La siguiente tabla muestra el resumen de costos globales del proyecto con unidades en pesos colombianos

Rubro	Costo
Recurso Humano	\$24.640.000,00
Recurso computacionales	\$3.300.000,00
Componentes electrónicos	\$1.180.000,00
Licencias de Software	\$700.000,00
Papelería e imprevistos	\$300.000,00
Total	\$30.120.000,00

Tabla 2: descripción de costos globales del proyecto

En las siguiente tablas se hace un desglose y se cuantifica de manera detallada el costo de cada uno de los recursos que se van a usar.

Recurso computacionales	Costo	Columna1
1 computador personal	\$2.750.000,00	Estudiante
Alquiler 1 servidor virtual (4 meses)	\$250.000,00	Estudiante
1 servicio de api para consumo de mapas (4 meses)	\$120.000,00	Estudiante
1 medio magnético para la extracción de Respaldos de seguridad DD (1 TB)	\$180.000,00	Estudiante
Total	\$3.300.000,00	

Tabla 3: descripción, costo y financiación de recursos Computacionales.

Componentes electrónicos	Costo	Financiador
1 tarjeta para desarrollo Raspberry PI 3B	\$287.000,00	Estudiante
1 módulo para transmisión de datos SX 1278 Ra-02	\$45.000,00	Estudiante
2 tarjetas de desarrollo SX1278 TTGO para Arduino UNO LoRa ATMEGA328P	\$120.000,00	Estudiante
2 tarjetas de desarrollo Adafruit Feather M0 ATSAMD21G18 Rfm96 LoRa Radio - 915 mhz	\$233.000,00	Estudiante
2 sensores de ultra sonido HC-SR04	\$15.000,00	Estudiante
3 baterías de 5V	\$45.000,00	Estudiante
1 Gateway LoRa Dragino OLG02 a 915Mhz	\$435.000,00	Estudiante
Total	\$1.180.000,00	-----

Tabla 4: descripción, costo y financiación de Componentes Electrónicos.

Licencias de Software	Costo	Financiador
Sistema Operativo Windows 8	\$700.000,00	Estudiante
Sistema Operativo Raspbian	\$0,00	NA
Compilador Java (maquina virtual)	\$0,00	NA
Spring Boot 2.0 – Spring Framework 5	\$0,00	NA
Angular-CLI	\$0,00	NA
Node JS	\$0,00	NA
Android Studio	\$0,00	NA
Quantum GIS QGIS	\$0,00	NA
PostGis- IDE	\$0,00	NA
Arduino Studio	\$0,00	NA
Cuenta de usuario "the things Network"	\$0,00	NA
Total	\$700.000,00	-----

Tabla 5: descripción, costo y financiación de Licencias de software.

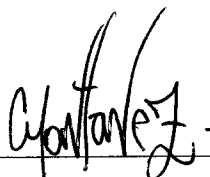
Recurso Humano	Costo	Financiador
Estudiante (100h/mes)	\$19.200.000,00	Estudiante
Director (16h/mes)	\$5.440.000,00	UNAL
Total	\$24.640.000,00	

Tabla 6: descripción, costo y financiación de recurso Humano.

14. COMENTARIO CON VISTO BUENO DEL DIRECTOR: *(calificar los siguientes aspectos: organización, pertinencia, relevancia y originalidad).*

En este trabajo se propone el desarrollo de un sistema de monitoreo de contenedores de residuos sólidos urbanos para planificar las rutas de recolección por demanda, usando como insumo información simulada. Considero que el problema tiene una complejidad desde el punto de vista científico y tecnológico para ser abordado como trabajo final de Maestría.

15. FIRMA DEL PROPONENTE



Miguel Ángel Montañez Gómez

16. FIRMA DEL DIRECTOR (ASESORES)



Luis Fernando Niño Vásquez

17. FECHA

Esta propuesta se firma a los 9 días del mes de DIC de 2019