

Dimensionamiento y Enrutamiento óptimo de Puntos de Acceso en la Red de Estaciones del Metro de Quito como Avance a una Ciudad Inteligente

Optimal Sizing and Routing of Access Points in the Station Network of the Quito Metro as an Advance to a Smart City

¹C. Zapata, ¹J. Rocha, ¹S. Almeida, ¹E. Quito, ¹E. Inga

¹Universidad Politécnica Salesiana,

Recibido: 6/01/2022

Aprobado: 25/02/2022

Abstract—Smart cities today have become an example of advancing technological development, as these greatly improve the quality of life of its inhabitants through the use of intelligent systems and networks. The following document presents the generation, sizing and routing of intelligent communication networks along the stations of the future Quito metro, with the aim of demonstrating the advantage of owning intelligent stations that allow passengers to know exactly where they are Find the unit you want to address and the departure and arrival times of it.

Index Terms— communication, networks, optimization, routing, sizing, smart cities, transport.

I. INTRODUCCIÓN

EL desarrollo y crecimiento de la población en ciudades plantea una serie de preocupaciones sobre la capacidad de este último para hacer frente a los problemas básicos de la creciente población urbana [1]. Uno de estos problemas es el transporte público. Las grandes ciudades en vías de desarrollo deben poseer un eficiente sistema de transporte público que ofrezca a los usuarios tiempos de espera cortos entre las salidas, tiempos de viaje rápidos, puntualidad e información clara [2].

La ciudad de Quito busca a partir de la construcción y utilización del Metro disminuir el tráfico producido por el creciente aumento de vehículos de transporte en horas pico (siete a nueve de la mañana y de seis a ocho de la noche), brindándoles a sus usuarios la mayor comodidad posible y todos los beneficios que puede ofrecer una estación inteligente en la actualidad, aparte, la operación de este requiere una gran cantidad de energía por lo que la gestión de múltiples fuentes

de energía es un tema importante para la planificación y operación [3] de la misma. El sistema de transporte público inteligente es una parte insustituible de la agenda de 'Smart City' [4]. El término de 'Smart City' se lanzó como la "respuesta" a los rápidos desafíos relacionados con la urbanización, en un contexto de desarrollo urbano sostenible [5]. Muchas ciudades y países han formulado objetivos de política con respecto a un cambio del tráfico por carretera a trenes, tranvías y autobuses [6], puesto que representa una opción segura y eficaz para el desarrollo productivo de las mismas y asegurar estándares mínimos de vida [7] para todas las personas. Para que las paradas del metro de Quito brinden la mayor comodidad y beneficios posibles a sus usuarios se busca colocar puntos de acceso a la red de telecomunicación, la cual hoy en día se caracteriza por una alta velocidad de transmisión de información, una gran dinámica de cambios en la estructura, una naturaleza multiservicio de flujos de información y requisitos estrictos para la calidad de los servicios [8], así como también la aplicación de IoT o internet de las cosas, estos son dispositivos mayormente inalámbricos cuya función es realizar la conexión de varios dispositivos entre sí, los cuales proporcionan provisión de comunicaciones, detección, recopilación de datos y análisis de información [9] con el objetivo de que cada persona pueda monitorear desde un dispositivo inteligente, el tiempo y la distancia a la que se encuentra su siguiente parada o a la vez el metro que desee tomar.

El plan de convertir una estación de metro normal en una estación inteligente se hace factible cuando se aplica la tecnología y el estudio correspondiente. Para la colocación de

los puntos de acceso a la red, se debe conocer ciertos parámetros antes, como por ejemplo cuántas personas habrá por estación y cuántas de estas usan un dispositivo inteligente. Datos de este tipo se pueden lograr aplicando métodos como el de pasajeros revertidos, que propone que la proporción de pasajeros de embarque es igual a la proporción de pasajeros que bajan en la misma parada [10] o utilizando el modelo de encadenamiento de viaje que hace dos suposiciones fuertes: (i) cada pasajero se sube a bordo en la estación donde se bajó en el último viaje; y (ii) la parada final diaria de cada pasajero es la misma que su primera parada de embarque del día [11]. Es después de dichos procesos que se puede realizar el dimensionamiento para la instalación de puntos de acceso a la red, ya que permite conocer el radio de cobertura y la capacidad de usuarios que cada punto deberá tener para abastecer a cada uno de los mismos, obteniendo así un control más refinado de todos los dispositivos [12] conectados. Finalmente, el último paso para la generación de la red de comunicación es realizar el estudio de enrutamiento, ya que este permite encontrar rutas de transmisión de datos con eficiencia energética, maximizar la vida útil de la red, mejorar la robustez y la confiabilidad del enrutamiento [13] así como también admitir la fusión de datos y el reenvío de estos.

II. ESTACIONES INTELIGENTES EN EL METRO DE QUITO

En los últimos años, se invirtieron muchos esfuerzos en mejorar la calidad de vida en las ciudades. Estos esfuerzos están fuertemente impulsados por los avances en los campos de las TIC (Tecnologías de la información y la comunicación) e IoT (Internet de las cosas). Por lo tanto, mejorar todos los aspectos de las condiciones de vida y la gestión de las ciudades parece un elemento crucial de las ciudades futuras. Estas ciudades futuras a menudo se denominan ciudades inteligentes [14].

Para que una ciudad se determine como ciudad inteligente debe contar con los pilares de edificios inteligentes, energía inteligente y la movilidad inteligente en conjunto con la aplicación de tecnologías de información y comunicación.

Este desarrollo de las ciudades revela el problema como se indica en [15] por lo cual los usuarios buscan un servicio mejor al que viven acostumbrados y el lograr ofrecer dicho servicio a su vez permite que la ciudad se considere como una ciudad inteligente y continúe su avance hacia un complemento total del sistema.

El sistema de transporte es uno de los principales sistemas intelectuales con el que cuenta una ciudad inteligente. La idea básica de producir un sistema de transporte público inteligente se desarrollará en un sistema ARM utilizando tecnología GPS / GSM [16][17], este sistema inteligente permitirá conocer la ubicación actual del vehículo integrado y el tiempo en el que llegará este vehículo a dicha parada a través de los teléfonos conectados al punto de acceso de cada parada inteligente del metro. El usuario podrá observar dentro de un mapa el trayecto que realiza el vehículo y de igual manera donde se encuentra en el momento para conocer el tiempo que demorará en llegar al embarque de los usuarios que estén visualizando al vehículo, esto se logra a partir de la conexión del GPS instalado en cada vehículo con el de la aplicación dando a conocer al usuario las

especificaciones ya detalladas, además este punto de acceso permitirá la conexión a internet en el intervalo que los usuarios permanezcan en la parada, haciendo uso de puntos de acceso con una capacidad bastante amplia igual que el radio que dichos puntos de acceso deberán manejar.

El factor más importante del sistema inteligente aplicado a las paradas del metro es el ordenar las distancias existentes entre cada una de las paradas inteligentes comenzando por la planificación de los conceptos básicos del tiempo de transporte para facilitar datos del metro a través de la aplicación de información a la que podrán acceder los usuarios desde el punto de acceso instalado en cada parada [18]. Los puntos de acceso son centros de comunicación entre los vehículos y los usuarios, es decir, entre los GPS instalados y la aplicación que genera los datos acerca del vehículo [19]. El metro de Quito es un ejemplo de optimización de espacios y distancias como lo indica [20] para poder generar una ciudad inteligente a partir de la mejora de transportes y tiempos de recorrido en los que un usuario puede llegar a su destino beneficiando así labores de cada uno de ellos aumentando de esta manera la eficiencia de producción que podría generar una ciudad inteligente.

El instalar puntos de acceso en cada parada del metro hará más eficiente al servicio de transporte que se les otorgará a los usuarios debido al monitoreo que podrán realizar a las unidades proporcionando información a los usuarios de mantenerse en la estación o buscar un nuevo medio de recorrido hasta su destino.

El desarrollar un sistema de transporte público inteligente es reducir los problemas de tiempo de los usuarios relacionados con el sistema de transporte público.

En Ecuador se cuenta con el suficiente nivel de desarrollo tecnológico para poder realizar este proyecto dentro de Quito y la realización de dicho proyecto permitiría a la ciudad acercarse más a ser una ciudad inteligente abordando desarrollos necesarios para que en general el país pueda desarrollarse y obtener mejores niveles de tecnología y así ir logrando mayores avances en la transformación hacia una ciudad inteligente dentro de los aspectos que aún no se lograrían.

Como se indica en [21] la base para realizar un sistema inteligente es la tecnología, el internet y a su vez los cambios que se deberán realizar en cada uno de los vehículos para poder conectarse de manera adecuada con la red y así tener una buena transmisión de datos, en este caso los datos a conocer son la información ya descrita de cada uno de los vehículos y sus paradas respectivas.

El vehículo a utilizarse dentro de este proyecto, en este caso el metro, deberá estar equipado con un microcontrolador, localizador GPS y GPRS para realizar las comunicaciones pertinentes [22].

La confiabilidad en el transporte público es de gran importancia actualmente, como indica [23] la ayuda que generara el uso de la parada inteligente a los usuarios les permitirá llegar de manera más exacta a sus destinos o incluso tomar rutas alternativas en el caso de observar que el transporte que cuenta con las tecnologías de monitoreo demorara mucho para realizar la ruta que el usuario requiere.

El mejorar el servicio de transporte público, en este caso el metro, permite mejorar algunos parámetros indicados en [24]

los cuales pueden aliviar la congestión del tráfico y permitir la circulación de automóviles de una manera más eficiente.

Para realizar este proyecto se realiza un árbol de agregación como indica [25] el cual servirá para consultar costos y

TABLE I
TABLA DE VARIABLES DE DIMENSIONAMIENTO

Símbolo	Especificación
U	Todos los usuarios
A	Sitios Candidatos posibles (AP's)
δ	Cantidad de elementos
T	Capacidad
R	Cobertura
p	Hace referencia a un sitio candidato.
b	Hace referencia al usuario
F	Cantidad de sitios activos
Q	Cantidad de usuarios con cobertura
W	Enlace existente
H	Conjunto de sitios candidatos
D	Conjunto de usuarios

conexiones necesarias alrededor del sistema de transporte

TABLE II
TABLA DE VARIABLES ENRUTAMIENTO

Símbolo	Especificación
U	Peso o distancia del enlace
A	Sitios Candidatos posibles (AP's)
δ_f	Valor que toma el sitio candidato.
T	Enlace
Q	Conjunto de enlaces
R	Conjunto de nodos
b	Hace referencia al usuario
f	Hace referencia a un sitio candidato.
d	Nodo de origen
c	Nodo de destino
H	Valor existente si hay enlace
$Q_{f,salida}$	Conjunto de enlaces salientes de los sitios candidatos
$Q_{f,entrada}$	Conjunto de enlaces entrantes de los sitios candidatos

inteligente, además de generar una optimización de un número de puntos de acceso iniciales a utilizar logrando con ello una optimización en el número de puntos de acceso que se utilizarán para el desarrollo del proyecto rebajando así costos en equipos y conexión, de igual manera se debe manejar las coberturas que se tendrán para poder abarcar todo el sistema de una manera correcta y que exista problemas en las conexiones inalámbricas entre los sensores de los vehiculos y la aplicación utilizada por los usuarios.

El ofrecer el servicio de transporte del metro de Quito facilita mucho la movilización de la ciudad como se indica en [26] esto ayuda a mantener al usuario satisfecho del servicio que se le está entregando y a su vez permite avanzar en un desarrollo tecnológico para la ciudad.

III. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A. Tabla de Variables

B. Modelo Matemático

Dimensionamiento

$$\min \sum_{p=1}^A F_p \quad (1)$$

$$Q_b = \sum_{p=1}^A W_{p,b} ; \forall b \in D \quad (2)$$

$$\sum_{b=1}^U W_{p,b} \leq T \cdot F_p ; \forall p \in H \quad (3)$$

$$\sum_{b=1}^U Q_b \geq U \cdot R ; \quad (4)$$

$$W_{p,b} \leq \delta_{p,b} F_p ; \forall p \in H, \forall j \in D \quad (5)$$

Enrutamiento

$$\min \sum_{(f,b) \in Q} U_{f,b} H_{f,b} \quad (1)$$

$$\sum_{b|T_{f,b} \in Q_{f,salida}} H_{f,b} - \sum_{j|T_{f,b} \in Q_{f,entrada}} H_{f,b} = \partial_f ; \forall f \in R \quad (2)$$

$$\partial_f = \begin{cases} 1, & \text{si } f == d \\ -1, & \text{si } f == c \\ 0, & \text{si } f \neq d, f \neq c \end{cases}$$

C. Pseudocódigo

1. Inicio algoritmo
2. Declaración

xs=vector con las longitudes de cada usuario.

ys= vector con las latitudes de cada usuario.

xse= vector con las longitudes de cada sitio candidato (AP's).

yse= vector con las latitudes de cada sitio candidato (AP's).

3. Asignación directa

U=obtener longitud del vector de usuarios.

A=obtener longitud del vector de sitios candidatos (AP's)

Z=crear un solo vector con los valores de los vectores de longitud de usuarios y sitios candidatos.

W=crear un solo vector con los valores de los vectores de latitud de usuarios y sitios candidatos.

loc1=crear una matriz con los vectores de W;Z

HH=obtener la longitud del vector Z

4. Proceso

Para (1 hasta HH)

Obtener la distancia de haversine

Fin

Para (1 hasta U+A)

Nodo

Mientras (nodos<U+A+1 & nodos>0)

Medir los metros del árbol

Si la longitud de metros del árbol = 2

Ancho=0.75

Enlace

```

Fin
Fin
Fin
Para (1 hasta U+A)
Dijkstra
  Para (1 hasta la longitud)
    Imprimir enlace
  Fin
  Costo=medir los metros del árbol
Fin

```

5. Visualización

```

Imprimir ("usuarios")
Imprimir ("Sitios candidatos AP's")
Imprimir ("Enlace")
6. Fin algoritmo

```

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Ubicación de Puntos de Acceso (AP)

Los puntos acceso (AP) son dispositivos de red los cuales nos permiten conectar equipos de comunicación inalámbrica que se conecta a un router por un cable Ethernet y proyecta una señal Wi-Fi en un área designada, capaz de conectar dispositivos de comunicación como son los celulares, tabletas, o computadoras portátiles. Al instalar puntos de acceso en toda la extensión de las paradas del metro los usuarios podrán moverse con total libertad gracias a la cobertura que alcanza la estación, sin sufrir interrupciones en el servicio. Conforme se desplazan por la estación sus dispositivos irán conmutando sin complicaciones de un punto al siguiente sin interrumpir la conexión. En este caso la estación del metro brinda el beneficio a los usuarios de cada una de sus 15 estaciones (Quitumbe-El Labrador) como se observa en la Fig.1.

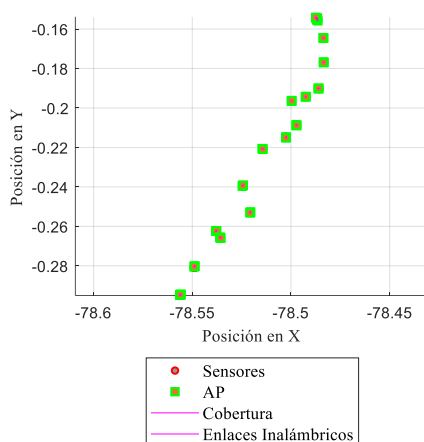


Fig. 1. Localización de todas las estaciones con AP

B. Tipos de estaciones

Tomando en cuenta la cantidad de personas que ingresan a las estaciones y desembarcan en la misma. Se optó por

implementar estaciones principales y secundarias. Las estaciones principales cuentan con un mayor número de usuarios donde se incrementa el número de AP como se observa en la Fig.2 donde se localiza parada Quitumbe. Con respecto a la estación secundaria que conforma la mayor parte del sistema público con una menor cantidad de usuarios y AP como se observa en la Fig.3 de la parada Universidad Central.

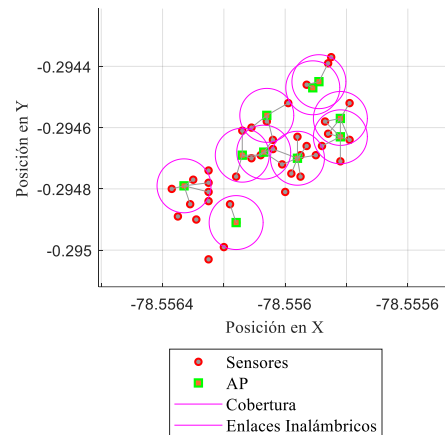


Fig. 2. Estación Principal (Quitumbe).

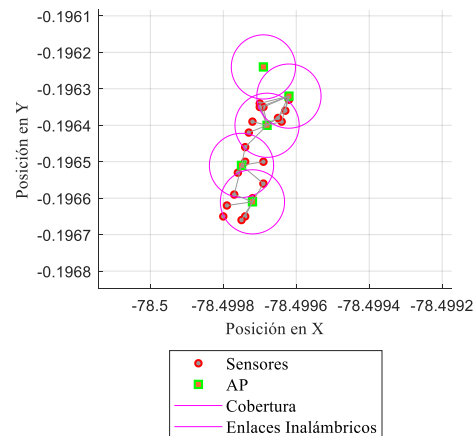


Fig. 3. Estación Secundaria (Universidad Central).

C. Enrutamiento

El enrutamiento es la forma de buscar un conjunto de nodos, conectados entre sí por medio de enlaces de comunicación, los cuales pueden enviar información de un nodo a otro. En cada una de las estaciones se realiza el enrutamiento como se observa en la Fig.4. Tomando como ejemplo la estación principal (Quitumbe), se define un conjunto enlaces existentes de la Fig.5, donde se creó un grafo que representa la tipología de la red. De la misma estación podemos observar el flujo que se obtiene en la Fig.6.

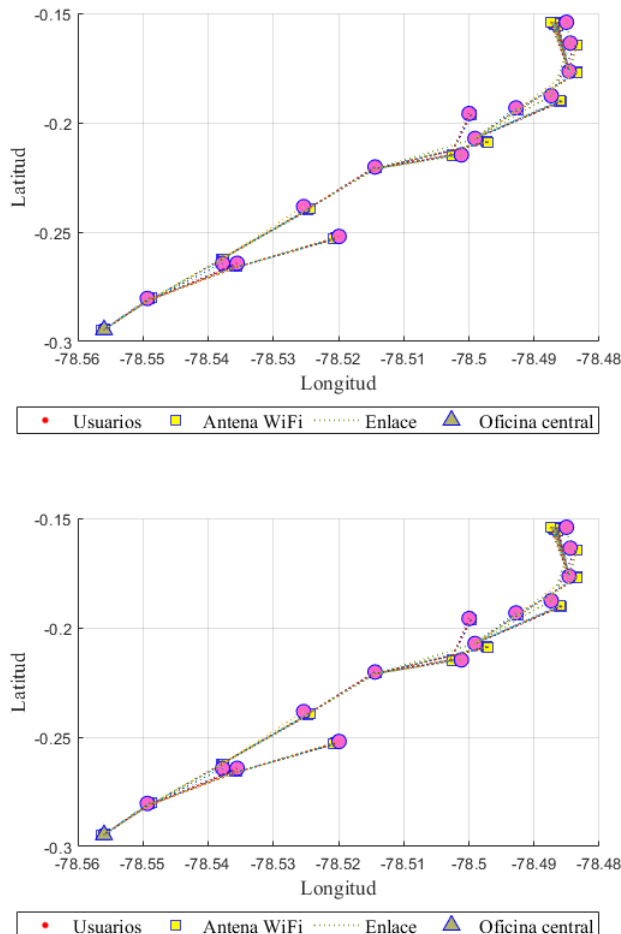


Fig. 4. Enrutamiento de cada una de las estaciones del sistema de transporte.

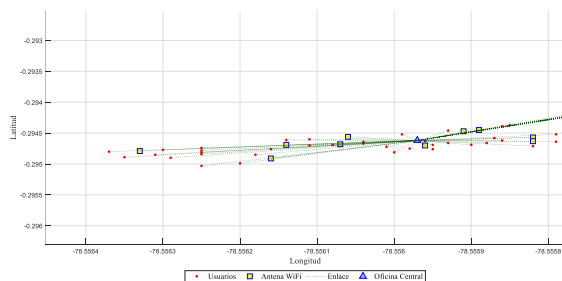


Fig. 5. Estación Principal (Quitumbe), enlaces existentes.

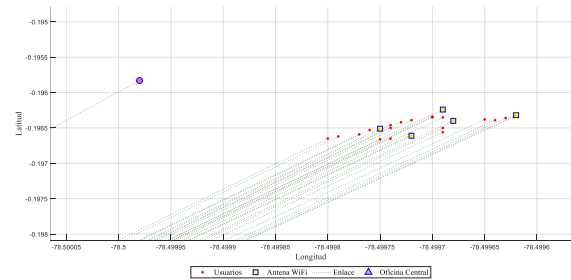


Fig. 6. Estación Secundaria (Universidad Central), flujos.

V. CONCLUSIONES

Para el dimensionamiento de puntos posibles de conexión en las estaciones del metro, se toma datos importantes como el radio y porcentaje de cobertura que deseamos, así como también dependerá el número de usuarios que tendremos en cada punto de conexión. Al desarrollar el enrutamiento podemos observar cada ruta de enlace que se genera, claro está que el programa elegirá automáticamente la más rápida y de menor costo posible.

Un buen enrutamiento en la red nos garantiza un óptimo servicio para que el usuario tenga una adecuada conectividad en cada una de las estaciones del sistema de transporte. Esto nos permitirá mejorar la calidad de vida en cada persona que aborde el Metro de Quito, además de ofrecer y satisfacer por completo el servicio de la comunicación y conexión a internet.

Llegar al objetivo de transformar la ciudad de Quito en una Smart City conlleva una serie de cambios que involucran la creación y mejoramiento de sistemas que hoy en día se han vuelto básicos, tal como las redes eléctricas y de telecomunicación. Cada pequeño avance (como en este caso la creación de estaciones inteligentes) significa subir un escalón más para cumplir el objetivo de ser una ciudad inteligente que presta servicios de calidad a todos sus habitantes.

REFERENCES

- [1] Rama Krishna Reddy KummithaJ, 2019. "Smart cities and entrepreneurship: An agenda for future research". Newcastle Business School, Northumbria University, Newcastle, UK.
- [2] Hrelja, R, Jamil, K, Pettersson, F, 2019. "¿Cómo crear sistemas de transporte público? Una revisión sistemática de problemas críticos y enfoques para abordar". Science Direct.
- [3] Kampeerawart, W, Koseki, T, 2017. "A strategy for utilization of regenerative energy in urban railways system by application of smart train scheduling and wayside energy". Energy Procedia, Volume 138.
- [4] F., Ren, F., Yuen, K. F., Guo, Y., Zhao, C., & Guo, D. (2019). The spatial coupling effect between urban public transport and commercial complexes: A network centrality perspective. Sustainable Cities and Society, 50, 101645.
- [5] K. Anastasiadou, S. Vougias. "Smart or sustainably smart urban road networks?The most important commercial street in Thessaloniki as a case study". Transport Policy, Volume 82, Pages 18-25.
- [6] Kenyon, S., Lyons, G., 2003. The value of integrated multimodal traveller information and its potential contribution to modal change. Transp. Res. Part F 6 (1), 1–21.

- [7] Shahrokni, H., Arman, L., Lazarevic, D., Nilsson, A., Brandt, N., 2015. "Implementing smart urban metabolism in the stockholm royal seaport". *J. Ind. Ecol.* 19 (5), 917–929.
- [8] Ilgor Kotenko, Sergey Ageev, 2019. "Hierarchical fuzzy situational networks for online decision-making: Application to telecommunication systems". *Knowledge-Based Systems*, Volume 185.
- [9] Ikram Ud Din, Mohsen Guizani, Joel J.P.C. Rodrigues, Suhaidi Hassan, Valery, V., Korotaev. "Machine learning in the Internet of Things: Designed techniques for smart cities". *Future Generation Computer Systems* Volume 100, November 2019, Pages 826–843.
- [10] Hou, Y., He, M., & Zhang, S. (2012). Origin-destination matrix estimation method based on bus smart card records. *Journal of Transport Information and Safety*, 30, 109–114. Ibarra-Rojas, O. J., Delgado, F., Giesen, R., & Muñoz, J. C. (2015). Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. *Transportation Research Part B: Methodological*, 77, 38–75.
- [11] Barry, J., Freimer, R., & Slavin, H. (2009). Use of entry-only automatic fare collection data to estimate linked transit trips in New York City. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2112, 53–61.
- [12] Henrique Moura, Alisson R. Alves, Jonas R.A. Borges, Daniel F. Macedo, Marcos A. M. Vieira, 2019. "Ethanol: A Software-Defined Wireless Networking architecture for IEEE 802.11 networks". *Computer Communications* Volume 149, January 2020, Pages 176–188.
- [13] Y. U. Xiu-wu, Y. U. Hao, Liu Yong, and Xiao Ren-rong, 2019. "A clustering routing algorithm based on wolf pack algorithm for heterogeneous wireless sensor networks". *Computer Networks*, Volume 167, 11 February 2020, 106994.
- [14] S. Gautama, "Smart Mobility," no. September, pp. 16–19, 2018.
- [15] C. Sungur, "Smart Bus Station-Passenger Information System," *2015 2nd Int. Conf. Inf. Sci. Control Eng.*, pp. 921–925, 2015.
- [16] R. Rathod, "SMART ASSISTANCE FOR PUBLIC," *IEEE*, pp. 3–7, 2017.
- [17] M. Ghareeb, A. Ghamlous, H. Hamdan, A. Bazzi, and S. Abdul-nabi, "Smart Bus : A Tracking System for School Buses," 2017.
- [18] V. Janoš and M. K. Ĺž, "Smart Urban Transport," no. 1, pp. 1–5, 2018
- [19] P. Kong and S. Member, "With Interdependent Communication and Power Networks in Smart Grid," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 10, no. 1, pp. 74–83, 2019.
- [20] I. Makarova, K. Shubenkova, V. Mavrin, and A. Katunin, "Development of Sustainable Transport in Smart Cities," 2017
- [21] D. Vakula and B. Raviteja, "Smart Public Transport for Smart Cities," *2017 Int. Conf. Intell. Sustain. Syst.*, no. Iciss, pp. 805–810, 2017
- [22] M. Kamal, M. Atif, H. Mujahid, T. Shanableh, and A. Al Nabulsi, "IoT Based Smart Bus Stops," *2019 3rd Int. Conf. Smart Grid Smart Cities*, pp. 6–9, 2019
- [23] A. J. Kadam, V. Patil, K. Kaith, and M. D. Patil, "Developing a Smart Bus for Smart City using IOT Technology," *2018 Second Int. Conf. Electron. Commun. Aersp. Technol.*, no. Iceca, pp. 1138–1143, 2018.
- [24] P. Zhou, S. Member, Y. Zheng, and S. Member, "How Long to Wait ? Predicting Bus Arrival Time With Mobile Phone Based Participatory Sensing," vol. 13, no. 6, pp. 1228–1241, 2014.
- [25] B. Yin and X. Wei, "Communication-Efficient Data Aggregation Tree Construction for Complex Queries in IoT Applications," *IEEE Internet Things J.*, vol. 6, no. 2, pp. 3352–3363, 2019.
- [26] S. Sharad, B. S. P., and A. N. V., "The Smart Bus for a Smart City - A real-time implementation," *2016 IEEE Int. Conf. Adv. Networks Telecommun. Syst.*, pp. 1–6.



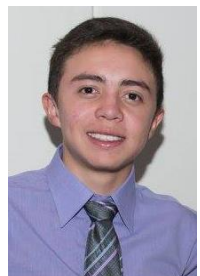
César Antonio Zapata Ayala, nació en Quito - Ecuador el 30 de enero de 1999. Actualmente estudiante de la carrera de Ingeniería en Electricidad de la Universidad Politécnica Salesiana. Su educación básica la realizó en la escuela fiscal Rosario Gonzales de Murillo y el bachillerato en el Colegio Técnico Salesiano Don Bosco-casa Kennedy, obteniendo el título de Bachiller Técnico en Instalaciones, Equipos y Máquinas eléctricas. czapataa@est.ups.edu.ec



Joseph Alexander Rocha Alomoto, nació en Quito, Ecuador en 1998. Actualmente es estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana en la Carrera de Ingeniería en Electricidad. La educación básica la realizó en la escuela José Enrique Rodo y la educación secundaria la realizó en el Colegio Técnico Salesiano Don Bosco-casa Kennedy, obteniendo el título de Bachiller Técnico en Instalaciones, Equipos y Máquinas eléctricas. jrochaa@est.ups.edu.ec



César Steven Almeida Jiménez, nació en Quito - Ecuador el 8 de diciembre de 1996. Actualmente estudiante de la carrera Ingeniería en Electricidad de la Universidad Politécnica Salesiana. La educación básica la realizó en la escuela Numa Pompilio Llona y la educación secundaria la realizó en el Colegio Técnico Salesiano Don Bosco-casa Kennedy, obteniendo el título de Bachiller Técnico en Instalaciones, Equipos y Máquinas eléctricas. calmeidaj@est.ups.edu.ec



Estiven Israel Quito Flores, nació en Quito - Ecuador el 23 de febrero de 1998. Actualmente es estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana en la Carrera de Ingeniería en Electricidad. La educación básica la realizó en la escuela Pensionado Tarqui y los estudios de bachillerato en el colegio Unidad Educativa Villavicencio Ponce, obteniendo el título de bachiller técnico en contabilidad. equitofl@est.ups.edu.ec



Esteban Mauricio Inga Ortega (Y'1976-M'08). En el año 2001 se graduó de Ingeniero Electrónico en la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca. En el año 2008 recibió su Maestría en Educación y Desarrollo Social por la Universidad Tecnológica Equinoccial, a inicio del año 2017 recibe su grado de Magíster en Ingeniería por la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín – Colombia. En noviembre de 2017 obtiene su grado de PhD de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín – Colombia con mención de honor Magna Cum Laude. Es coordinador del grupo de investigaciones en redes eléctricas inteligentes de la Universidad Politécnica Salesiana. einga@ups.edu.ec