

# Análisis del aprovechamiento de infraestructura basada en tecnologías de la información y la comunicación (TIC) de la concesión vial Corredor Perimetral de Oriente Cundinamarca para beneficio de instituciones educativas oficiales ubicadas en su área de influencia

J. C. Galindo González<sup>7,8,\*</sup>, L. E. Londoño Castrillón<sup>9</sup>, J. E. Reyes Rojas<sup>9</sup>, J. L. Consuegra González<sup>7,9</sup>  
DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1993>

## Resumen

El uso habitualmente dado a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), dentro del ambiente de la infraestructura de concesiones viales a nivel mundial se ha enfocado en la adquisición de datos. Por otra parte, brindar una cobertura total de conexión al servicio de internet para las instituciones educativas oficiales (IEO), es una apuesta que debe superar obstáculos y barreras. En este trabajo se realizó un estudio de aplicabilidad del componente de las TIC de un concesionario vial 4G, que tiene dentro de sus quehaceres contractuales la materialización de una red de fibra óptica (FO). Se registró información que permitió caracterizar el área de influencia directa de la concesión vial, que abarca ocho de 116 municipios del departamento de Cundinamarca. En estas poblaciones se georreferenciaron 38 IEO, de las cuales, el 76 % no cuentan con un servicio de internet, el 13 % tiene conexión de internet satelital, el 8 % conexión de internet con cable coaxial + módem y el

---

7 Grupo de Investigación e Innovación en Ingeniería Civil (GINC), Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria del Área Andina, transv. 22 bis # 4-105, sector Callejas, Valledupar 200005, Colombia.

\* [jgalindo22@areandina.edu.co](mailto:jgalindo22@areandina.edu.co)

8 Programa de Especialización en Gerencia de Proyectos, Escuela de ingeniería, Corporación Universitaria Unitec, Bogotá, Colombia.

9 Grupo de Investigación Minero y Ambiental (GIMA), Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, Colombia.

3 % restante datos inalámbricos. El grado de cumplimiento alcanzado para variables analizadas, que se relacionan con localización y la tecnología de FO especificada permitieron establecer la viabilidad de lo propuesto. La infraestructura del concesionario es susceptible de beneficiar 29 IEO, en las que un número de 1043 estudiantes accederían al servicio de internet.

**Palabras clave:** brecha digital, fibra óptica, infraestructura de transportes, internet, tecnologías de la información y la comunicación.

## Introducción

El indicador básico de TIC en hogares del país para el 2018 reportó que alrededor del 65 % de personas con edad mayor o igual a cinco años, utilizó el servicio de internet, llegando al 72,4 % para el caso de las cabeceras urbanas y tan solo la mitad de esta última cifra para el caso de centros poblados y rurales dispersos (DANE, 2018). En cuanto a los índices de economía digital reportados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), Colombia es el país con menor penetración de internet de banda ancha y en América Latina ocupa la posición once entre diecisiete países (Consejo Privado de Competitividad, 2020). La linealidad entre estas cifras y la infraestructura necesaria para llevar el servicio de internet hasta los usuarios, independientemente de su dedicación y ubicación geoespacial en el territorio nacional, reflejan un adeudo del Estado con la población en general, y si trasladamos dicha circunstancia a

las comunidades educativas, entiéndase estudiantes, docentes y personal administrativo, los asentados en las zonas rurales serían los menos favorecidos. Sumado a esto, los acontecimientos de índole sanitaria y las subsecuentes restricciones experimentadas a nivel general desde el 2020, indican que la globalización, si bien es una apuesta bienintencionada que puede trasladarse a los actores de la educación, no siempre resultará en los cuadrantes esperados, pues ese mismo aspecto llevó el sector, así como otros, a desarrollar actividades que migraron durante un tiempo a conexiones remotas, obligadas a contar con medios tecnológicos para navegar en internet (Galindo *et al.*, 2021).

Por su parte y como medio para atender las necesidades de conectividad, en este caso vial, actualmente se tiene en el país el auge de desarrollo de proyectos de esta naturaleza, para los que se adoptaron en su contratación la figura de concesiones, de las que se ejecutan su cuarta generación (4G), las cuales, se-

gún Parra (2014) “surgen como respuesta a los problemas que ha enfrentado el Estado en la contratación de las obras de infraestructura en las últimas dos décadas”. De manera particular, en el clausulado contractual de estas alianzas público-privada (APP) se ha establecido la obligatoriedad de materializar una red troncal de FO paralela al corredor vial, con el fin de realizar la integración inteligente de todos los componentes del sistema de transporte del proyecto, en la que se implementa el internet de las cosas (IoT, por su sigla en inglés). En relación con esto, Pontaque (2014) reportó que en Costa Rica el operador de una vía instaló una red de FO con la que conecta todos los elementos del sistema como son cámaras móviles, paneles de mensajería variable, estaciones de conteo de vehículos y su velocidad de circulación, entre otros elementos, que permiten registrar datos ininterrumpidamente e integran en su operación el concepto de sistemas inteligentes de transporte (ITS, por su sigla en inglés), tal como refirió al respecto Mathew (2020), quien además considera que dichos sistemas son componentes que hacen parte de otros de mayor envergadura, conocidos como sistemas o componentes de otros sistemas de ingeniería (SoS, por su sigla en inglés) (Galindo *et al.*, 2021).

Además, en el campo de los proyectos viales se han documentado usos muy variados para la tecnología de FO, sobresaliendo la transmisión de señales para la toma de datos, dentro de los que algunos estudios reportaron el uso de sensores basados en esta tecnología para monitorear las deformaciones registradas en puentes de grandes luces (Minardo *et al.*, 2012) así como en las capas de concreto lanzado para proyectos de revestimiento de túneles (Soga *et al.*, 2018). También se han implementado para evaluar la capacidad de respuesta de redes de sensores usados en el monitoreo del desempeño de pavimentos con un alto grado de precisión, al tiempo que se registraban las deformaciones en diferentes capas de la estructura de pavimentos asfálticos (Weng *et al.*, 2015). Otros estudios han reseñado el uso para registrar presiones en taludes explorados en diversas aplicaciones del campo de la geotecnia (Schenato *et al.*, 2017) y los más recientes señalaron su uso para lo propio en la integridad estructural de infraestructura de líneas férreas (Du *et al.*, 2020; Sasi *et al.*, 2020; Soga *et al.*, 2018).

El problema abordado en este trabajo consideró analizar un concesionario vial del país, evaluando dos aspectos principales con el fin de establecer la viabilidad de utilizar el componente de la infraestructura basada en las TIC

construida por este, para beneficio de la comunidad educativa en las áreas de influencia, entendiendo para este propósito el impacto directo en los beneficiarios por el aumento de cobertura del servicio de internet.

## Metodología

El trabajo de carácter exploratorio permitió abordar una propuesta novel en cuanto al uso dado a las redes de FO en ambientes de concesiones viales. Tuvo un alcance descriptivo, pues se obtuvieron datos puntuales y específicos que dieron cuenta de atributos de la población de estudio. El enfoque fue mixto, pues se registraron y se les dio tratamiento a los valores numéricos de datos obtenidos al tiempo que se propuso y condujo una técnica de análisis para estos, que al interpretarse denotan cualitativamente algunos aspectos, que constituyen las variables. El diseño fue no experimental pues no se condujeron ensayos o pruebas sobre las muestras. Se trabajaron con muestras de tipo no probabilístico, puesto que los grupos de interés, tanto para el concesionario como para las IEO, ya se encontraban previamente estructurados y los autores no tuvieron injerencia por la forma en que se encontraban estos. Fue de tipo transeccional, puesto que la toma de datos

se realizó en un único momento. Por el carácter exploratorio del trabajo, no se consideró proyectar o establecer el costo requerido para materializar lo analizado en caso de ser viable.

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

*Inspección de campo.* Se efectuó una visita al corredor vial con el fin de documentar y tomar registro fotográfico de las IEO ubicadas sobre el tramo, para su posterior validación y contraste con los datos aportados por el concesionario. En la inspección de campo se levantaron los datos de ubicación (coordenadas geográficas) con ayuda de dispositivos móviles de conexión. Esta información se depositó en un formato en el que también se presentó el registro fotográfico tomado de cada IEO. En la figura 1 se presenta, a manera de ejemplo, el instrumento referido diligenciado para dos de las escuelas registradas en la visita de campo.

En la diligencia también se documentó si las IEO contaban con servicio de internet, el medio tecnológico usado para la conexión y la cantidad de estudiantes que eran atendidos presencialmente en condiciones normales. Los datos fueron recopilados entre agosto del 2020 y marzo del 2021.



No.	Municipio	Nombre Institución	Coordenadas registradas		Registro fotográfico
1	Sesquilé	IED Carlos Abondano González Sede A	5° 2'52.01"N	73°47'50.09"O	
2	Sesquilé	IED Carlos Abondano González Sede B Simón Bolívar	5° 2'44.76"N	73°47'47.33"O	

Figura 1. Formato digitalizado de identificación y localización IEO en corredor vial  
Fuente: elaboración propia.

*Consulta a bases de datos.* Se obtuvieron registros de datos oficiales relacionados tanto con las instituciones educativas de carácter público como el nivel de cobertura del servicio de internet. Para instituciones educativas se empleó el sistema de identificación de sedes educativas (SISE) (DANE, 2020), en el que se parametrizaron en el portal de información dos filtros de búsqueda: a) nivel geográfico > departamento > municipios y b) filtro temático > sedes educativas > sector > oficial. Para el caso de cobertura del servicio de internet se consultó el repositorio del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) (DANE, 2019), los filtros de búsqueda aplicados fueron tres: a) nivel geográfico > departamento > municipios, b) filtro por área (clase) y c) filtro temático > servicios públicos > internet.

*Otras fuentes de información.* Se tuvieron en cuenta otros aspectos, partiendo del hecho de que la escogencia

del concesionario para el cual se debió recabar y recopilar la información, no obedecía únicamente a la posibilidad de obtener datos de campo, sino también aquellos registros documentales, los cuales incluso eran de carácter reservado, por ser el contrato de concesión una alianza entre el Estado y un particular. Del concesionario seleccionado para estudio también se obtuvieron los datos técnicos de la FO a utilizar.

### Validación del uso propuesto de FO para beneficio de IEO

Se propuso el análisis de dos aspectos (variables) con el fin de validar el uso potencial o aprovechamiento de la FO. Las variables planteadas fueron: localización (geoespacial) de IEO susceptibles de beneficiarse y la solución tecnológica de FO implementada por el concesionario. Los aspectos determinantes y parámetros de las variables se listan en la tabla 1.

**Tabla 1. Parámetros de variables**

Dato	Variable 1	Variable 2
Identificador	VL: variable localización	VT: variable tecnológica
Aspecto que evalúa	Localización de IEO que requieren de conexión a servicio de internet	Permite la conexión con miras a derivar filamentos a partir de la red matriz principal o troncal especificada
Determinado por	Ubicación sobre el corredor vial concesionario	Especificación y ficha técnica FO concesionario
Validación	Si se encuentra sobre el corredor vial: se acepta el uso No se encuentra sobre el corredor vial: se rechaza el uso	Si los parámetros establecidos en la ficha técnica lo permiten: se acepta el uso No se permite según lo establecido en parámetros técnicos de la ficha técnica: se rechaza el uso
Prueba de valor	Sí/no	Sí/no
Supuestos	No se consideran elevaciones ni cambios de dirección por condiciones topográficas del terreno.	No se consideran costos asociados a la solución de conexión (uso de dispositivos) necesarios para la conexión usando FO

Fuente: elaboración propia.

## Resultados y discusión

En el 2014 el Concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S. A. S. suscribió con la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) un contrato bajo la figura de concesión vial 4G para construir, mejorar y mantener, hasta diciembre del 2039, los 146 km del corredor perimetral de oriente de Cundinamarca, que conecta ocho de los 116 municipios en que se subdivide el territorio, siendo estos: Cáqueza, Choachí, Guasca, Guatavita, La Calera, Sesquilé, Sopó y Ubaque.

Dentro de los quehaceres contractuales del concesionario se identificó el relacionado con la FO, cuya especificación

técnica se resume en que es de tipo Monomodo, de 48 hilos, con cuatro tubos, cada uno con doce hilos, diámetro nominal de 10,4 +/- 0,5 mm, peso nominal 79 k/km, que soporte Span o tendidos de 200 m. El trabajo adelantado por el concesionario se aprecia en las imágenes de la figura 2.

Respecto a las fibras de tipo monomodo, las fuentes consultadas (DeCusatis y Sher DeCusatis, 2006; Grosz, 2017; Liu, 2019; Sánchez, 2003) refieren que es de mejor desempeño para tendidos largos, por lo que pueden funcionar hasta 400 km sin requerir equipos repetidores o amplificadores de señal, al tiempo que pueden soportar



Figura 2. Instalación de redes FO del Concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S. A. S., 2021  
Fuente: registro y elaboración propia.

ancho de bandas para transmisión de datos del orden de hasta 10 Gbit/s por cada fibra.

En los ocho municipios precitados se registran 177 IEO, de las cuales 38 están específicamente ubicadas sobre el corredor vial, y de las cuales 29 no cuentan con acceso al servicio de internet, cinco lo tienen a través de conexión satelital, tres mediante cable coaxial y módem, y una tiene conexión con datos inalámbricos.

El análisis conducido tanto para la variable de localización como para la tecnológica, se cumplen, lo que indica que las 29 IEO son susceptibles de beneficiarse. Al relacionar la cantidad de estudiantes atendidos por cada IEO se encontró que pueden beneficiarse directamente 1043 estudiantes, por tanto, se aumentaría la cobertura del servicio de internet para la población de estos municipios. La figura 4 resume los hallazgos enunciados.

## Conclusiones

Se determinó que algunas instituciones educativas oficiales, aunque se encuentran localizadas cerca de la capital del país no cuentan con servicio de internet. Este fue el caso de 29 de las 38 IEO identificadas que se ubican en el corredor vial a cargo del Concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S. A. S. El análisis conducido dio cuenta del cumplimiento de las variables de geolocalización y tecnología de FO construida por el concesionario para conexión a internet de las 29 IEO. Por tanto, dicha infraestructura puede utilizarse para beneficiar 1043 estudiantes, con lo que se alcanzaría el 100% de cobertura del servicio de internet para la población estudiantil que atiende las IEO.

Con la novel propuesta analizada en esta investigación también se alcanzaría el beneficio conexo derivado de incorporar en la operación regular de la concesión vial el concepto de valor comparti-



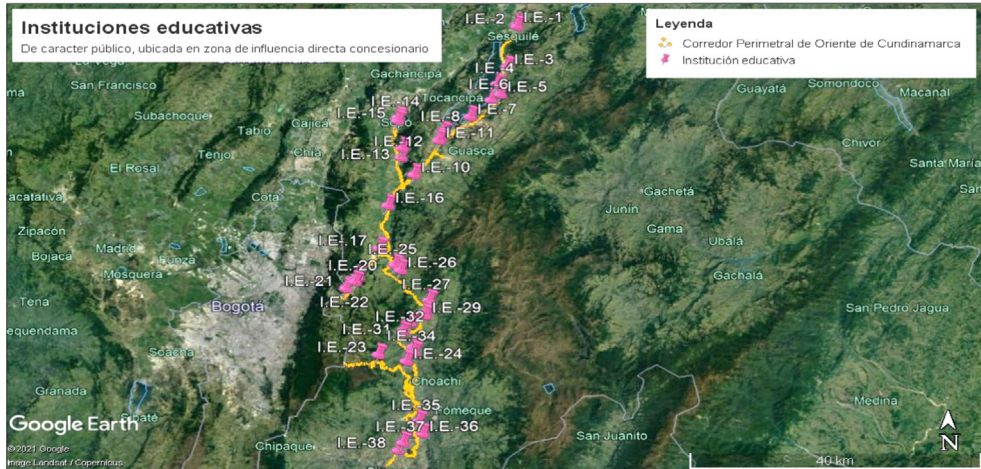


Figura 3. Esquema con ubicación IEO en zona de influencia directa corredor vial concesionario  
Fuente: elaboración propia en aplicación Google Earth, con datos obtenidos de concesionario (ANI, 2014) y otros verificados en campo por autores.

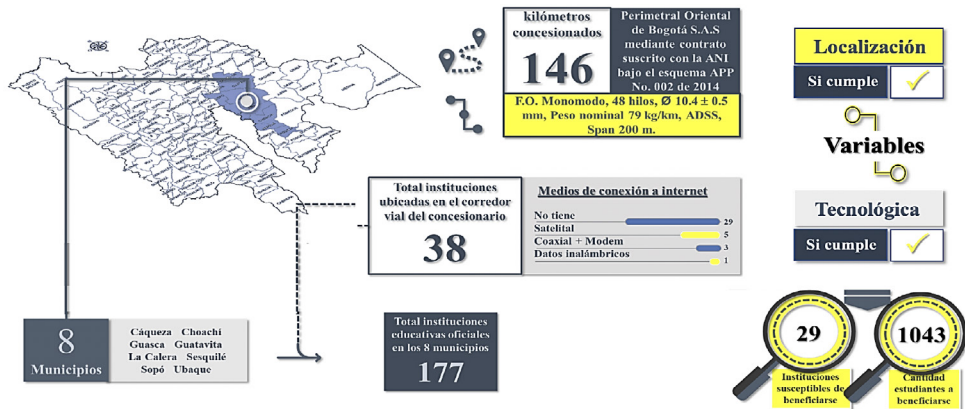


Figura 4. Infografía de resumen resultados estudio  
Fuente: elaboración propia.



do, tal como lo refirieron en su momento Porter y Kramer (2011), que bien puede sumarse a los casos de éxito conocidos en el país, entre estos, los de Alpina, Cafam, Corona y Pavco.

Futuras líneas de investigación pueden plantearse con el fin de explorar los mecanismos que permitan integrar la adquisición de datos con el uso de la FO, en conjunto con la implementación de IoT en contratos de concesiones viales para propósitos distintos al sistema de transporte, bien pudiendo ser para sistemas de vigilancia y seguridad de la ciudadanía en general. También, proponer la incorporación al clausulado de futuros contratos, de naturaleza similar al estudiado, la obligatoriedad de realizar la conexión de fibra óptica para brindar servicio de internet a las IEO ubicadas en su área de influencia.

## Agradecimientos

Esta investigación fue realizada gracias al apoyo brindado por el personal adscrito y los recursos ofrecidos por el programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de la Corporación Universitaria Unitec.

## Referencias

Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2014). Contrato de Concesión bajo el esquema APP 002 de 2014 (p. 126).

Consejo Privado de Competitividad. (2020). Informe Nacional de Competitividad Colombia 2020-2021. <https://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2020-2021/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019). Geoport DANE-Geovisor Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. Censo Nacional de Población y Vivienda. <https://geoport.dane.gov.co/%0Ageovisores/sociedad/cnpv-2018/%0A>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). Geoport DANE-Geovisor Consulta de Sedes Educativas del SISE. <https://geoport.dane.gov.co/geovisores/sociedad/consulta-geosise/?Lt=4.456007353293281&lg=-73.2781601239999&z=6>. <https://geoport.dane.gov.co/%0Ageovisores/sociedad/consulta-geosise/%0A>

DeCusatis, C. M. y Sher DeCusatis, C. J. (2006). Fiber Optic Communication Standards. *Fiber Optic Essentials* (pp. 149-164). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012208431-7/50007-2>

Du, C., Dutta, S., Kurup, P., Yu, T. y Wang, X. (2020). A review of railway infrastructure monitoring using fiber optic sensors. *Sensors and Actuators A: Physical*, 303, 111728. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.111728>

- Galindo González, J. C., Londoño Castrillón, L. E. y Reyes Rojas, J. E. (2021). *Análisis del aprovechamiento de la infraestructura basada en TIC de una concesión vial para beneficio de comunidades educativas en su área de influencia*. Corporación Universitaria Unitec.
- Grosz, D. F. (2017). Sistemas de comunicación por fibra óptica de alta capacidad. *Anales Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 56, 151-165.
- Liu, X. (2019). Evolution of Fiber-Optic Transmission and Networking toward the 5G Era. *iScience*, 22, 489-506. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2019.11.026>
- Mathew, E. (2020). Swarm intelligence for intelligent transport systems: opportunities and challenges. *Swarm Intelligence for Resource Management in Internet of Things* (pp. 131-145). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818287-1.00013-9>
- Minardo, A., Bernini, R., Amato, L. y Zeni, L. (2012). Bridge monitoring using brillouin fiber-optic sensors. *IEEE Sensors Journal*, 12(1), 145-150. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2011.2141985>
- Parra, D. (2014). Las concesiones de cuarta generación (4G) y su impacto sobre el crecimiento económico. Recuadros del Informe sobre Inflación-Recuadro 3. [https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/isi\\_sep\\_2014\\_recuadro3.pdf](https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/isi_sep_2014_recuadro3.pdf)
- Pontaque García, P. (2014). Sistemas inteligentes de transporte: ¿por qué no? *Intelligent Transportation Systems: Why Not? Infraestructura Vial*, 16(27), 44-46. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/download/14562/13827>
- Porter, M. E. y Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. *Harvard Business Review*. <https://www.communitylivingbc.ca/wp-content/uploads/2018/05/Creating-Shared-Value.pdf>
- Sánchez, J. (2003). Plantamiento del proyecto de montaje e instalación de la red de telecomunicaciones en fibra óptica. Sena Regional Antioquia.
- Sasi, D., Philip, S., David, R., y Swathi, J. (2020). A review on structural health monitoring of railroad track structures using fiber optic sensors. *Materials Today: Proceedings*, 33(Part 7), 3787-3793. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.217>
- Schenato, L., Palmieri, L., Camporese, M., Bersan, S., Cola, S., Pasuto, A., Galtarossa, A., Salandin, P. y Simonini, P. (2017). Distributed optical fibre sensing for early detection of shallow landslides triggering. *Scientific Reports*, 7(1), 14686. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12610-1>
- Soga, K., Kechavarzi, C., Pelecanos, L., de Battista, N., Williamson, M., Gue, C. Y., Di Murro, V., Elshafie, M., Monzón-Hernández Sr., D., Bustos, E. y García, J. A. (2018). Fiber-optic underground sensor networks. *Underground Sensing* (pp. 287-356). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803139-1.00006-0>
- Weng, X., Zhu, H. H., Chen, J., Liang, D., Shi, B. y Zhang, C. C. (2015). Experimental investigation of pavement behavior after embankment widening using a fiber optic sensor network. *Structural Health Monitoring*, 14(Iss. 1). <https://doi.org/10.1177/1475921714548935>