

<b>Fecha de elaboración:</b> 01.06.2021			
<b>Tipo de documento</b>	TID:	Obra creación:	Proyecto investigación: X
<b>Título:</b> Análisis del aprovechamiento de la infraestructura basada en TIC de una concesión vial para beneficio de comunidades educativas en su área de influencia			
<b>Autor(es):</b> José Carlos Galindo González, Luis Eduardo Londoño Castrillón y Jhon Edison Reyes Rojas			
<b>Tutor(es):</b> Hamilton Fernando Benavides			
<b>Fecha de finalización:</b> 27.05.2021			
<b>Temática:</b> Tecnologías de la información y comunicación (TIC)			
<b>Tipo de investigación:</b> Cuantitativa, descriptiva.			
<b>Resumen:</b> <p>Para lograr una cobertura total del servicio de internet para las instituciones educativas oficiales en todo el territorio nacional se deben superar obstáculos y barreras. Usualmente, dentro del ambiente de la infraestructura de concesiones viales a nivel mundial se ha enfocado el uso de las TIC para la adquisición de datos. En este trabajo se planteó realizar el estudio de aplicabilidad de la infraestructura de las TIC de un concesionario vial de cuarta generación, que tiene dentro de sus quehaceres contractuales la materialización de una red matriz, paralela al corredor vial, de comunicación basada en tecnología de fibra óptica, con el fin de establecer si es susceptible usarla para ampliar la cobertura de internet en las áreas que geo-espacialmente son de su influencia.</p>			
<b>Palabras clave:</b> Aprendizaje en línea, brecha digital, fibra óptica, infraestructura de transportes, internet, red informática, servicio de utilidad pública, tecnología de la información y la comunicación.			
<b>Planteamiento del problema:</b> <p>El indicador básico de TIC en hogares para el año 2018 en el país, reportó que alrededor del 65% de personas con edad mayor o igual a 5 años utilizó el servicio de internet, llegando al 72.4% para el caso de las cabeceras urbanas y tan sólo la mitad de esta última cifra para el caso de centros poblados y rurales dispersos (DANE, 2018). En cuanto al número de suscriptores de banda ancha fija por cada 100 habitantes, Colombia se encuentra en el puesto 7 de 18 respecto a los demás países de Latinoamérica (Consejo Privado de Competitividad, 2019). Estas cifras dictaminan que una fracción de la población que usa el internet no cuentan con el servicio en su hogar. Si se traslada dicha circunstancia a las comunidades educativas, entiéndase: estudiantes, docentes y personal administrativo relacionada con la educación, los habitantes de zonas rurales serían los menos favorecidos.</p> <p>Concomitantemente, el impacto que ha tenido la ejecución de proyectos 4G en el país ha sido reseñado por diversos autores, los cuales han enfocado su análisis en componentes que se derivan directamente de la construcción de la infraestructura vial, como el caso reportado por Castro Rodríguez &amp; Bernal Castro (2020), quienes consideraron renglones de las actividades económicas agrícola, comercial, minero y de inversión.</p> <p>El problema que se plantea abordar en el trabajo considera el análisis de un concesionario vial del país en el que se pueda evaluar diversos aspectos que ayuden a establecer la viabilidad de utilizar el componente de la infraestructura basada en las TIC y construida por este para beneficio de la comunidad educativa en las áreas de influencia, entendiendo</p>			

para este propósito el impacto directo en los beneficiarios por el susceptible aumento de la cobertura del servicio de internet.

**Pregunta:**

¿Puede utilizarse, y en qué medida, el componente basado en TIC de la infraestructura de un concesionario vial para aumentar la cobertura del servicio de internet para las comunidades educativas públicas de poblaciones situadas en su área de influencia?

**Objetivos:**

Evaluar el uso de la infraestructura basada en TIC dispuesta por una concesión vial para beneficio de la población educativa pública situadas en su área de influencia.

**Marco teórico:**

En la contratación estatal, un concesionario se refiere a entregar a un particular (contratista) un bien del Estado para que este preste servicios de estudios, diseños y construcción de una infraestructura, en un principio, y luego la administre y opere durante un período de tiempo, que al cumplirse deberá devolverlo al Estado junto con lo construido [p. 16].

En el país se ha relacionado como la génesis de las concesiones viales la falta de liquidez del Estado y a que se tenía un déficit en la estructuración y gestión de proyectos de este tipo de infraestructura. Sus inicios son en la segunda mitad de la década del 90 (año 1997), naciendo entonces la primera generación de concesiones viales del país (Muñoz Prieto, 2002), la cual presentó muchos problemas, y el gobierno en su afán de corregirlos, creó la segunda generación de concesiones, en la cual se tuvieron solo dos proyectos viales estructurados. Con el fracaso de la segunda generación de concesiones, en la cual de las dos estructuradas tan solo una fue adjudicada y se encuentra activa, y con el fin de mejorar aún más la eficiencia de estas concesiones y las fallas presentadas en las dos anteriores generaciones, el Estado crea la tercera generación de concesiones viales, está robusteciendo aún más la asignación de los riesgos de proyecto, y con el objetivo principal de conectar los puertos con los grandes centros productivos de la Nación (Muñoz Prieto, 2002). Actualmente se encuentra en ejecución la cuarta generación (4G) de concesiones viales, las cuales según 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” [pp. 16-20].

El gobierno nacional buscando el desarrollo del país a nivel tecnológico, utiliza uno muy importante en la infraestructura vial, como lo es la fibra óptica, con el cual puede llevar el internet a zonas donde ha sido imposible llegar en otros tiempos muy cercanos. La creación de internet ha sido sin duda una de las tecnologías informáticas y de comunicación más importante del siglo pasado. Aunque es de reciente creación, hablamos de 1991, cuando se creó el *world wide web*, momento en el que la evolución en velocidad y accesibilidad comenzó a dispararse hasta nuestros días. Con tecnologías como la fibra óptica se aumentó la capacidad de transferencia de datos, llegando a los niveles de velocidad y cubriendo alcance (distancia) que tenemos hoy [pp. 20-21].

En el campo de proyectos viales se han documentado usos muy variados para la tecnología de fibra óptica, sobresaliendo la transmisión de señales para la toma de datos. 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 de fibra óptica 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 reportado el uso para el registro de 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 la infraestructura de líneas férreas (Du et al., 2020; Sasi et al., 2020; Soga et al., 2018). En el campo de los sistemas inteligentes de transporte (ITS, por sus siglas en idioma inglés), Mathew (2020) refiere que son componentes que hacen parte de otros de mayor envergadura, conocidos como sistemas o componentes de otros sistemas de ingeniería (SoS, por sus siglas en inglés). A su vez define que estos sistemas de mayor orden cuentan con las siguientes características: operación, administración y manejo independientes, adaptables a su entorno y aplicables en una distribución geoespacial delimitada [p. 33].

Para realizar la integración inteligente de todos los componentes de un sistema de transporte, una de las herramientas que tiene gran relevancia es la implementación del internet de las cosas (IoT, por sus siglas en idioma inglés). Un caso específico reportado por Pontaque García (2014) en Costa Rica refiere que el operador de una vía instaló una red de fibra óptica con la cual 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, lo que le permite registrar datos ininterrumpidamente [p. 34].

**Método:**

Para el desarrollo de las actividades del proyecto se tuvieron en cuenta diversos aspectos, partiendo del hecho 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 [p. 37].

Teniendo como punto de partida los datos de geolocalización del corredor vial donde ejerce sus actividades el concesionario, se procedió a documentar sus datos característicos, al tiempo que se hizo lo propio para las instituciones educativas, de la cual también se plantearon en registros las coordenadas de ubicación, registro fotográfico y si contaban con servicio de internet, el medio tecnológico usado para la conexión y la cantidad de estudiantes que atienden. Estos datos fueron recopilados entre los meses de agosto de 2020 a marzo de 2021. También se documentaron los datos técnicos de la fibra óptica a utilizar por el concesionario. En el análisis de datos se planteó la estructuración y aplicación de indicadores cuyo cumplimiento dieron cuenta del grado de uso potencial o aprovechamiento de dicha infraestructura. Las variables planteadas se basaron en dos parámetros: la localización (geoespacial) de las instituciones susceptibles de beneficiarse y el otro se relacionó con la solución tecnológica de fibra óptica que debió implementar el concesionario [pp. 38-41].

Se obtuvieron registros de datos oficiales relacionados tanto con las instituciones educativas de carácter público como el nivel de cobertura del servicio de internet, a través del Sistema de Identificación de Sedes Educativas - SISE (DANE, 2020) y el de Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV (DANE, 2018), respectivamente [p. 40].

**Resultados, hallazgos u obra realizada:**

Se caracterizó el área de influencia directa de la concesión vial, en el cual se observó que ocho (8) de ciento dieciséis (116) municipios podrían beneficiarse por esta infraestructura de fibra óptica del concesionario [pp. 43-50].

Las características determinadas de la fibra óptica propuesta e instalada en el corredor fueron: monomodo, de 48 hilos, cantidad de tubos 4, cantidad de hilos por tubo 12), diámetro  $10.4 \pm 0.5$  mm, peso nominal 79 kg/km, ADSS, Span 200 metros [p. 46].

Se georreferenciaron treinta y ocho (38) instituciones educativas oficiales con influencia directa dentro del corredor vial. Se logró evidenciar que el 76 % de estas no cuentan con un servicio de internet y tan solo el 13 % cuentan con una conexión de internet satelital, el 8% con una conexión de internet coaxial + modem y el 3 % por datos inalámbricos [p. 49].

Según la información consultada (DANE, 2019), solo el 26.9% del promedio de los municipios que se encuentran en el área de influencia del corredor concesionado, cuentan con un servicio de internet, siendo Ubaque el municipio con menor acceso al servicio con un 6.3% y La Calera como el mayor porcentaje de acceso al servicio de internet con un 57.2% [p. 49].

Respecto a los indicadores de cumplimiento establecidos para las variables analizadas, relacionadas con localización y tecnología, permitieron indicar que es viable el uso del componente de las TIC para las instituciones oficiales que no cuentan con el servicio [p. 51].

Por otra parte, se tiene que, si se lograra aprovechar la infraestructura en comento, se habilitaría la conexión de veintinueve (29) instituciones educativas, lo cual representaría un beneficio directo para los estudiantes, pasando de esta manera del 64 % (1834 estudiantes) de cobertura a un total de 2877 estudiantes [p. 52].

**Conclusiones:**

Los procedimientos realizados permitieron determinar que la fibra óptica que debe materializar el concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S.A.S. puede utilizarse para beneficio de conexión al servicio de internet de las instituciones educativas oficiales que se ubican en el corredor vial. En el estudio se logró identificar un hecho de interés consistente en que algunas instituciones educativas, a pesar de estar tan cerca de la capital de Colombia, no cuentan con un buen servicio de internet o en ocasiones no lo tienen [p. 53].

Finalmente, el enfoque dado al tema por los autores permite dilucidar desde otra óptica los beneficios que “*per se*” busca obtener la construcción y puesta en servicio de la infraestructura para sistemas de transportes como lo son los proyectos de concesiones viales, al tiempo que se lograría inocular la concesión - bajo este supuesto - del concepto de valor compartido. Así las cosas, es claro que la gerencia de proyectos es objeto de interés pues permitiría el desarrollo indefectible de esta tecnología para tan loable propósito: reducir la brecha de acceso al servicio de internet para instituciones oficiales de educación [p. 54].

**Productos derivados:**

Trabajo final de especialización.

**Análisis del aprovechamiento de la infraestructura basada en TIC de una concesión vial  
para beneficio de comunidades educativas en su área de influencia**

**José Carlos Galindo González**

**Código. 10206026**

**Luis Eduardo Londoño Castrillón**

**Código. 10206083**

**Jhon Edison Reyes Rojas**

**Código. 10206020**

**Corporación Universitaria Unitec**

**Escuela de ingeniería**

**Especialización en Gerencia de Proyectos**

**Bogotá, Distrito Capital**

**27 de mayo de 2021**

**Análisis del aprovechamiento de la infraestructura basada en TIC de una concesión vial  
para beneficio de comunidades educativas en su área de influencia**

**José Carlos Galindo González**

**Código. 10206026**

**Luis Eduardo Londoño Castrillón**

**Código. 10206083**

**Jhon Edison Reyes Rojas**

**Código. 10206020**

**Hamilton Fernando Benavides**

**Director**

**Corporación Universitaria Unitec**

**Escuela de ingeniería**

**Especialización en Gerencia de Proyectos**

**Bogotá, Distrito Capital**

**27 de mayo de 2021**

*A Dios, por sus infinitas bendiciones.  
A mi esposa Leila y mis hijos Letizia y Benjamín.*  
José Carlos Galindo González

*El presente trabajo de grado realizado, lo dedico primero que todo a Dios nuestro señor, quien ha sido siempre mi guía espiritual y me dio los medios para realizarlo, aún en esta época tan dura para mi y que solo él sabe como me ha tocado; y a mi esposa Jacqueline Pineda que siempre me impulsó a realizarlo desde que le mencioné la idea de hacerlo, y quien ha sido mi soporte en todo el tiempo que llevamos casados. Ellos dos han sido mi bastón principal y no puedo dejar de lado a mis dos hijos quienes son la luz de mi vida y por quien siempre lucho en todo lo que hago.*

Luis Eduardo Londoño Castrillón

*Esta investigación la dedico principalmente a mi esposa y a mi hija, quienes han sido la mayor motivación y apoyo para salir adelante, el querer ser cada vez mejor profesional.*

Jhon Edison Reyes Rojas

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a los tutores de Unitec, que estuvieron presentes todo este año brindándonos gran parte de sus conocimientos, en especial, a los de seminario de investigación, Javier Luna y Hamilton Benavides, quienes con su paciencia y conocimiento nos brindaron su apoyo y guía para llevar a feliz término este trabajo.

De forma particular, Luis Eduardo Londoño Castrillón manifiesta sus agradecimientos como siguen: En primer lugar a Dios por entregarme la vida y tener la oportunidad de conocer una mujer maravillosa como mi esposa y quien es madre de mis dos hijos; así mismo, a mis padres, Ana Isabel Castrillón R. y Crispín María Londoño G., por haberme dado la vida y ser los principales promotores de mis sueños, por confiar, creer en mí, además por los consejos, valores y principios que me han inculcado desde niño.

Finalmente, a todos los facilitadores que de una u otra manera hicieron sus aportes en esta investigación, por su tiempo y por la información que de manera desinteresada nos permitieron obtener.



## Tabla de contenido

<b>Planteamiento del problema</b>	11
<b>Justificación</b>	13
<b>Pregunta de investigación</b>	14
<b>Objetivos</b>	15
<b>Objetivo General</b>	15
<b>Objetivo específicos</b>	15
<b>Marco teórico</b>	16
<b>La figura de las concesiones viales</b>	16
<i>Breve reseña de las concesiones viales en el país</i>	16
<i>Aspectos característicos concesiones viales en el país</i>	18
<b>Fibra óptica</b>	22
<i>Definición</i>	22
<i>Descripción y estructura</i>	23
<i>Tipos</i>	24
<i>Velocidad de transmisión de datos</i>	28
<b>Acceso al servicio de internet en el país</b>	29
<i>Cobertura para la población en general</i>	29
<i>Niveles educativos de la población en general</i>	31
<b>Antecedentes investigativos</b>	33
<b>Hipótesis de la investigación</b>	35
<i>Definición de variables</i>	35
<b>Metodología</b>	37
<b>Generalidades</b>	37
<b>Enfoque de la investigación</b>	37
<b>Diseño de la investigación</b>	38

<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>	38
<b>Población</b>	40
<i>Muestra y muestreo</i>	41
<b>Procesamiento y análisis de datos</b>	41
<b>Diagrama proceso</b>	42
<b>Resultados</b>	43
<b>Caracterización concesionario vial</b>	43
<i>Características generales</i>	43
<i>Características técnicas fibra óptica</i>	45
<b>Caracterización de conexión y/o servicio de internet de instituciones educativas públicas en área de influencia concesionario vial</b>	46
<b>Análisis de geolocalización de instituciones susceptibles de beneficiarse</b>	50
<i>Evaluación de variables para validar uso potencial</i>	51
<b>Conclusiones</b>	53
<b>Listado de referencias</b>	55
<b>Anexo A. <i>Hitos históricos de importancia relacionados con el uso de fibra óptica para transmisión de datos y redes de comunicación</i></b>	59
<b>Anexo B. <i>Velocidades de transmisión de datos alcanzados con la evolución tecnológica de la fibra óptica</i></b>	61
<b>Anexo C. <i>Registro de instituciones educativas ubicada área de influencia concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S.A.S</i></b>	62
<b>Anexo D. <i>Formato diligenciado con datos levantados derivados de visita de campo</i></b>	64
<b>Anexo E. <i>Registro fotográfico particular y coordenadas de ubicación instituciones educativas ubicada área de influencia concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S.A.S.</i></b>	68
<b>Anexo F. <i>Registro de instituciones educativas oficiales ubicadas en el área de influencia concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S.A.S. y tecnología o medio de conexión a internet</i></b>	71
<b>Anexo G. <i>Ficha técnica fibra óptica aprobada al concesionario</i></b>	73

**Anexo H. Instituciones oficiales ubicadas en cada municipio de influencia directa del concesionario vial. Datos obtenidos del Sistema de Identificación de Sedes Educativas – SISE, (DANE, 2020)** 75

**Anexo I. Niveles de cobertura servicio de internet en cada municipio de influencia directa del concesionario vial. Datos obtenidos del Censo Nacional de Población y Vivienda – CNPV 2018, (DANE, 2018)** 79

## Tabla de figuras

<b>Tabla 1.</b>	<i>Pago de anticipos y aportes en capital contratista en cada generación de las concesiones viales</i>	17
<b>Tabla 2.</b>	<i>Aspectos característicos de concesiones de primera, segunda, tercera y cuarta generación en el país a octubre de 2020</i>	18
<b>Figura 1.</b>	<i>Esquema fibra óptica</i>	21
<b>Figura 2.</b>	<i>Esquema componentes de la fibra óptica</i>	23
<b>Tabla 3.</b>	<i>Descripción componentes fibra óptica</i>	23
<b>Figura 3.</b>	<i>Diámetros de núcleos en fibras multimodo y monomodo</i>	25
<b>Figura 4.</b>	<i>Fibra monomodo</i>	26
<b>Figura 5.</b>	<i>Fibra multimodo</i>	26
<b>Figura 6.</b>	<i>Núcleos de ambos tipos de fibras</i>	26
<b>Tabla 4.</b>	<i>Generación tecnológica de transmisión de datos inalámbricos</i>	29
<b>Figura 7.</b>	<i>Cobertura servicio de internet y concentración poblacional por departamentos</i>	30
<b>Figura 8.</b>	<i>Distribución de principales niveles educativos por departamentos</i>	31
<b>Figura 9.</b>	<i>Formato de identificación y localización de instituciones educativas corredor vial en estudio</i>	39
<b>Tabla 5.</b>	<i>Ruta acceso y criterios para realizar búsqueda en base datos DANE</i>	40
<b>Figura 10.</b>	<i>Diagrama de proceso metodológico propuesto</i>	42
<b>Tabla 6.</b>	<i>Datos característicos contrato concesión vial</i>	43
<b>Figura 11.</b>	<i>Zona ubicación concesión Corredor Perimetral de Oriente Cundinamarca</i>	44
<b>Figura 12.</b>	<i>Distribución sectores y rutas de concesión Corredor Perimetral de Oriente Cundinamarca</i>	45
<b>Tabla 7.</b>	<i>Datos resumen especificaciones técnicas fibra óptica del contrato concesión vial</i>	46

<b>Figura 13.</b> <i>Distribución instituciones educativas ubicadas dentro de zona de influencia directa corredor vial concesionario</i>	47
<b>Tabla 8.</b> <i>Resumen de instituciones y tecnología o medio de conexión internet</i>	48
<b>Figura 14.</b> <i>Distribución medios de conexión al servicio de internet de instituciones educativas ubicadas dentro de zona de influencia directa corredor vial concesionario</i>	48
<b>Tabla 9.</b> <i>Registro de instituciones educativas oficiales registradas en cada municipio, las ubicadas sobre el corredor vial y las susceptibles de beneficiarse con la solución tecnológica de fibra óptica</i>	49
<b>Tabla 10.</b> <i>Viviendas que cuentan con acceso al servicio de internet</i>	49
<b>Figura 15.</b> <i>Distribución geográfica de instituciones educativas que carecen de conexión de internet y son susceptibles de beneficiarse con la solución tecnológica de fibra óptica del concesionario</i>	50
<b>Tabla 11.</b> <i>Datos identificadores de indicadores propuestos para validar uso propuesto para solución de fibra óptica concesionario</i>	51
<b>Figura 16.</b> <i>Infografía de resumen resultados estudio</i>	52

## **Resumen**

La dificultad en brindar una total cobertura en el territorio nacional de acceso a conexiones remotas entre pares y de estos a fuentes de información mediadas por tecnologías de la información y comunicación (TIC), muestra un escenario en el cual la población estudiantil del país, en especial el de instituciones públicas en niveles primaria y bachillerato, deben superar obstáculos y barreras. En este trabajo se planteó realizar el estudio de aplicabilidad de la infraestructura de TIC de un concesionario vial de cuarta generación, que tiene dentro de sus quehaceres contractuales la materialización de una red matriz, paralela al corredor vial, de comunicación basada en tecnología de fibra óptica, con el fin de establecer si es susceptible usarla para ampliar la cobertura de internet en las áreas que geo-espacialmente son de su influencia. A través de la consulta en diversas bases de datos se obtuvo información cuyo análisis permitió establecer variables, que con especificidades permitieron confeccionar indicadores cuyo grado de cumplimiento dan cuenta del nivel de aprovechamiento de la infraestructura. El planteamiento es una propuesta novel dado que el uso habitual de las TIC dentro del ambiente de la infraestructura de concesiones viales a nivel mundial se ha enfocado en la adquisición de datos.

### **Palabras claves**

Aprendizaje en línea, brecha digital, fibra óptica, infraestructura de transportes, internet, red informática, servicio de utilidad pública, tecnología de la información y la comunicación.

## **Planteamiento del problema**

La información que utiliza gran parte de la comunidad educativa del país coexiste en múltiples repositorios donde se alberga el conocimiento, quienes acceden a esta con ayuda del internet, que visto como herramienta de comunicación permite acceder al recurso en cualquiera que sea la manera en que se encuentre: videos, lecturas, pruebas, noticias, entre otros.

La infraestructura por donde se entrega a los consumidores del país el servicio de navegación viene representando la red matriz cuyo alcance o cobertura resulta de interés nacional aumentarla para volcar la relación que da cuenta que el 50 % de hogares para el año 2018 cuentan con dicho servicio (República de Colombia - Departamento Nacional de Planeación, 2018).

El indicador básico de TIC en hogares para el año 2018 en el país reportó que alrededor del 65% de personas con edad mayor o igual a 5 años utilizó el servicio de internet, llegando al 72.4% para el caso de las cabeceras urbanas y tan sólo la mitad de esta última cifra para el caso de centros poblados y rural dispersos (DANE, 2018). En cuanto al número de suscriptores de banda ancha fija por cada 100 habitantes, Colombia se encuentra en el puesto 7 de 18, respecto a los demás países de Latinoamérica (Consejo Privado de Competitividad, 2019). Estas cifras dictaminan que una fracción de la población que usa el internet no cuentan con el servicio en su hogar. Si se traslada dicha circunstancia a las comunidades educativas, entiéndase: estudiantes, docentes y personal administrativo relacionada con la educación, los habitantes de zonas rurales serían los menos favorecidos.

Por otra parte, los acontecimientos acaecidos en este año indican que la globalización es una apuesta que se puede trasladar a los actores de la educación, no siempre resultará en los cuadrantes esperados, pues ese mismo aspecto ha llevado al sector de la educación, así como otros, a resguardarse al tiempo que se desarrollaban actividades que de tajo migraron a conexiones remotas mediadas por las TIC. En este mismo sentido Bonal (2009) enunció el efecto de la globalización para estos casos: la tecnología, pues no siempre destruye puestos de trabajo o

no siempre los crea; el aumento del comercio internacional, que no siempre se traduce en crecimiento económico; la descentralización de la gestión pública, que no siempre mejora las condiciones de vida del ciudadano; o la mayor circulación de mercancías culturales, que no se traduce inequívocamente en mejorar el nivel cultural.

El impacto que ha tenido la ejecución de proyectos 4G en el país ha sido reseñado por diversos autores, los cuales han enfocado su análisis en componentes que se derivan directamente de la construcción de la infraestructura vial, como el caso reportado por Castro Rodríguez & Bernal Castro (2020), quienes consideraron renglones de las actividades económicas agrícola, comercial, minero y de inversión.

El problema que se plantea abordar en el trabajo considera el análisis de un concesionario vial del país en el que se pueda evaluar diversos aspectos que ayuden a establecer la viabilidad de utilizar el componente de la infraestructura basada en las TIC y 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 susceptible aumento de la cobertura del servicio de internet.



## Justificación

En la actualidad las comunidades académicas viven una etapa donde han adoptado y naturalizado la comunicación de forma remota con el uso obligado de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Dichos entornos son apreciados como un referente de innovación tecnológica, al tiempo que permiten acercar estudiantes al conocimiento y el relacionamiento entre pares sin ningún condicionamiento. Todo esto con la imperante necesidad de aumentar la cobertura del acceso al servicio de internet de la población del país y para el cual estima el gobierno alcanzar una meta de 11.8 millones de hogares que cuenten con dicho servicio para el año 2023 (República de Colombia - Departamento Nacional de Planeación, 2018).

Al tiempo que esto sucede, se observa que las concesiones viales de cuarta generación (4G) que se desarrollan en el país tienen obligaciones contractuales que, además del desarrollo de la infraestructura para el transporte, tienen un componente basado en las TIC. Y, ¿para que se concibe esto en un proyecto de infraestructura vial?; pues bien, se conciben dispositivos de adquisición de datos (*DAQ* por sus siglas en inglés) para obtener registros de estaciones climatológicas, aforo de vehículos, de transporte de carga, de transporte de pasajeros, monitoreo de parámetros técnicos en puntos críticos (visibilidad o estabilidad de taludes), monitoreo de estaciones de asistencia, entre muchos otros. Y para dicho fin la construcción de redes de fibra óptica en el corredor vial se piensa para atender la intercomunicación con dichos dispositivos. La implementación de esta tecnología para fines como los mencionados ya ha sido reportado como sistemas inteligentes de transporte por Pontaque García (2014). Proyectar entonces que la infraestructura de los concesionarios pueda utilizarse para aumentar la cobertura del servicio de internet en beneficio específico de las comunidades educativas que se ubiquen dentro de su área de influencia puede traer consigo beneficios conexos de gran utilidad.

Lo expuesto se encuentra en concordancia con sendas áreas de desempeño de los autores, lo que al tiempo permite materializar la propuesta para abordar como trabajo de investigación con el estudio a profundidad del problema que se plantea.

### **Pregunta de investigación**

¿Puede utilizarse, y en qué medida, el componente basado en TIC de la infraestructura de un concesionario vial para aumentar la cobertura del servicio de internet para las comunidades educativas públicas de poblaciones situadas en su área de influencia?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el uso de la infraestructura basada en TIC dispuesta por una concesión vial para beneficio de la población educativa pública situadas en su área de influencia.

### **Objetivo específicos**

1. Caracterizar dentro de los componentes basados en TIC que un concesionario vial del país tiene contemplado materializar dentro de sus obligaciones contractuales, los útiles para prestar el servicio de internet.
2. Identificar las poblaciones, y dentro de estas, las comunidades educativas situadas en el área de influencia de un concesionario vial.
3. Definir el nivel de cobertura actual de internet de las comunidades educativas ubicadas en el área de influencia de un concesionario vial.
4. Identificar el uso potencial de la infraestructura relacionada con TIC de un concesionario vial del país para ampliar la cobertura de internet al servicio de las comunidades educativas situadas en su área de influencia.

## **Marco teórico**

### **La figura de las concesiones viales**

En palabras de los autores, un esquema de concesión en la contratación estatal se refiere a entregar a un contratista, conocido como concesionario, un bien del estado para que este preste servicios de estudios, diseños y construcción de una infraestructura, en un principio, y luego la administre y opere durante un período de tiempo, que al cumplirse deberá devolverlo al estado junto con lo construido.

El esquema ha sido aplicado en el país para el desarrollo de proyectos de construcción de edificaciones, sin embargo, ha tenido más auge con los de naturaleza vial. También ha servido para atraer inversión de empresas extranjeras asociadas al servicio de construcción de infraestructura, al tiempo que ha generado desarrollo en la población, asociado a servicios conexos como son: diseño, construcción, administración y operación de la infraestructura vial.

### ***Breve reseña de las concesiones viales en el país***

En Colombia las concesiones viales se dan por la falta de liquidez del estado y a que se tenía un déficit en la estructuración y gestión de proyectos de infraestructura vial. Se tienen registros de sus inicios en la segunda mitad de la década del 90 (año 1997) y se materializan con la participación de capital privado, naciendo entonces la primera generación de concesiones viales del país (Muñoz Prieto, 2002).

Con el fin de corregir algunos problemas presentados en los contratos de la primera generación, como la asignación de los riesgos en las cláusulas contractuales, y buscando hacer más eficientes las concesiones viales, nace la segunda generación de concesiones, en la cual se tuvieron solo dos proyectos viales estructurados.

Con el fracaso de la segunda generación de concesiones, en la cual de las dos estructuradas tan solo una fue adjudicada y se encuentra activa, y con el fin de mejorar aún más la eficiencia de estas concesiones y las fallas presentadas en las dos anteriores generaciones, el estado crea la

tercera generación de concesiones viales, está robusteciendo aún más la asignación de los riesgos de proyecto, y con el objetivo principal de conectar los puertos con los grandes centros productivos de la Nación (Muñoz Prieto, 2002).

Actualmente el estado se encuentra ejecutando la cuarta generación (4G) de concesiones viales, las cuales según 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”. Esto es un indicativo que da cuenta de la evolución derivada de la necesidad y adaptación de los esquemas de contratación de obras de gran envergadura como son las viales. Al tiempo que se reseña esto se muestra en la tabla siguiente una circunstancia atinente al grado de inversión con relación al monto que los concesionarios recibieron en calidad de anticipo para cada generación de concesión

**Tabla 1**

*Pago de anticipos y aportes en capital contratista en cada generación de las concesiones viales*

<b>Generación concesión</b>	<b>Anticipo como forma de pago</b>	<b>Aportes en capital concesionario</b>
Primera	Si	Baja
Segunda	Si	Baja
Tercera	No	Media
Cuarta	No	Alto

*Fuente:* Agencia Nacional de Infraestructura (2020).

En el Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 (República de Colombia - Departamento Nacional de Planeación, 2018), se ha establecido que

“La cuarta generación de concesiones (4G) es el programa de infraestructura vial que le permitirá al país desarrollarse aceleradamente y ser más competitivo para enfrentar los retos del comercio global, generando más empleos y entregando a los colombianos vías de primera calidad al final de esta década. El programa de 4G incluye cerca de 40 proyectos que involucran alrededor de 7.000 km de la red vial nacional, 141 km de túneles y 150 km de viaductos, por un valor de inversión aproximado de \$47 billones”.

### *Aspectos característicos concesiones viales en el país*

A continuación, en la tabla 2, se relacionan los datos identificadores de las concesiones viales suscritas en el país, donde se evidencian seis correspondientes a la primera generación, dos en la segunda, nueve en la tercera y veintinueve en la cuarta generación.

**Tabla 2**

*Aspectos característicos de concesiones de primera, segunda, tercera y cuarta generación en el país a octubre de 2020*

No.	Generación de concesión	Extensión concesionada (kilómetros)	Valor inversión (\$ billones)	Tipo Intervención *	Departamentos vinculados
<b>1. Primera</b>					
1.1	Armenia - Pereira - Manizales	202	1.33	C, M, R, O y MTO	Valle, Quindío, Risaralda y Caldas
1.2	Bogotá (Fontibón) - Faca - Los Alpes	38	0.56	C y R	Cundinamarca
1.3	Cartagena - Barranquilla - Vía al Mar	93	0.58	C, R, O y MTO	Bolívar y Atlántico
1.4	Desarrollo Vial del Oriente de Medellín	173	0.75	C, M y R	Antioquia
1.5	Santa Marta - Riohacha - Paraguachón	285.7	0.12	C, M y R	Magdalena y La Guajira
1.6	Bogotá (Puente el Cortijo) - La Vega - Villeta	81.63	0.93	C, M y R	Cundinamarca
<b>2. Segunda</b>					
2.1	El Vino - Tobía Grande - Puerto Salgar - San Alberto	571.5	-	C, R, O y MTO	Cundinamarca, Tolima, Santander y Cesar
2.2	Malla Vial Valle del Cauca y Cauca	-	-	C, R, O y MTO	Valle y Cauca
<b>3. Tercera</b>					
3.1	Área Metropolitana de Cúcuta y Norte de Santander	104	0.52	C, M y R	Norte de Santander
3.2	Bogotá - Villavicencio	85.6	2.63	C	Cundinamarca y Meta

3.3	Briseño - Tunja - Sogamoso	206	0.55	C y R	Cundinamarca y Boyacá
3.4	Córdoba - Sucre	177	1.48	C y R	Córdoba y Sucre
3.5	Girardot - Ibagué - Cajamarca	145.96	0.97	C y R	Cundinamarca y Tolima
3.6	Ruta Caribe	288	1.4	C y R	Bolívar y Atlántico
3.7	Ruta del Sol - Sector 1	63	2.21	C, O y MTO	Cundinamarca
3.8	Ruta del Sol - Sector 3	465	3.58	C	Cesar, Magdalena y Bolívar
3.9	Transversal de las Américas - Sector 1	714	1.69	C, M y R	Antioquia, Córdoba, Bolívar y Magdalena
<b>4. Cuarta</b>					
4.1	Autopista al Mar 1	181	2.99	C y R	Antioquia
4.2	Autopista al Mar 2	254	3.42	C, M, R, O y MTO	Antioquia
4.3	Autopista al Río Magdalena 2	144	2.31	C, M y R	Antioquia y Santander
4.4	Autopista Conexión Norte	145	1.73	C y M	Antioquia
4.5	Autopista Conexión Pacífico 1	50.1	2.78	C	Antioquia
4.6	Autopista Conexión Pacífico 2	96.5	1.73	C y R	Antioquia
4.7	Autopista Conexión Pacífico 3	146	2.49	C, M y R	Caldas, Risaralda y Valle
4.8	Bucaramanga - Barrancabermeja - Yondó	151.6	3.51	C, M y R	Santander y Antioquia
4.9	Bucaramanga - Pamplona	134.2	1.84	C, M, R, O y MTO	Santander y Norte de Santander
4.10	Cartagena - Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad	146	2.27	C, M y R	Atlántico y Bolívar
4.11	Honda - Puerto Salgar - Girardot	190	1.95	C, M y R	Tolima y Cundinamarca
4.12	Accesos Norte Bogotá	62	1.54	C y M	Cundinamarca
4.13	Ampliación Tercer Carril Doble Calzada Bogotá - Girardot	144.81	5.28	C, M y R	Cundinamarca y Tolima
4.14	Antioquia - Bolívar	495	3.57	C y M	Córdoba, Sucre y Bolívar

4.15	Cambao - Manizales	256	1.5	M y R	Tolima y Risaralda
4.16	Chirajara - Fundadores	86	6.64	C y M	Meta
4.17	GICA	35	2.41	C y R	Tolima
4.18	Malla Vial del Meta	354	4.18	C, M, R, O y MTO	Meta
4.19	Neiva - Girardot	198.35	2.54	C, M y R	Cundinamarca, Tolima y Huila
4.20	Vías del Nus	157	3.25	C y R	Antioquia
4.21	Mulaló - Loboguerrero	32	2.11	C y M	Valle
4.22	Pamplona - Cúcuta	62.6	2.81	C y R	Norte de Santander
4.23	Popayán - Santander de Quilichao	77	2.22	C, M y R	Cauca
4.24	Puerta de Hierro - Palmar de Varela y Carreto - Cruz del Viso	202.56	1.62	C y M	Sucre, Bolívar y Magdalena
4.25	Rumichaca - Pasto	83	3.02	C y M	Nariño
4.26	Santana - Mocoa - Neiva	456	3.87	C, M y R	Huila, Cauca y Putumayo
4.27	Transversal del Sisga	137	1.26	C y R	Cundinamarca, Boyacá y Casanare
4.28	Villavicencio - Yopal	266	4.52	C y M	Meta, Cundinamarca y Casanare
4.29	Perimetral del Oriente de Cundinamarca	152.24	2.19	C, M y R	Cundinamarca

*Fuente:* Agencia Nacional de Infraestructura (2020).

\* *Abreviaturas:* C: Construcción, M: Mejoramiento, R:Rehabilitación, O: Operación y MTO: Mantenimiento.

### **Fibra óptica**

Algunos de los usos conocidos de la fibra óptica a menudo son asociados con dispositivos de común uso en nuestros hogares. Uno de esos es la iluminación de árboles navideños que, de manera especial, se hallan en centros comerciales en época de navidad. Cuando un proveedor de televisión por cable instala el servicio en una vivienda, permite disfrutar de la programación que en la pantalla se presenta. También, a través de esta tecnología se recibe el servicio de un



proveedor de internet (ISP, por sus siglas en idioma inglés), que no puede faltar en las ciudades capitales. Al tiempo que se refiere esto, es posible que pocas personas se tomen la molestia de averiguar por el cable que nos brinda la posibilidad de acercarnos al mundo, a través de las comunicaciones en todas sus manifestaciones.

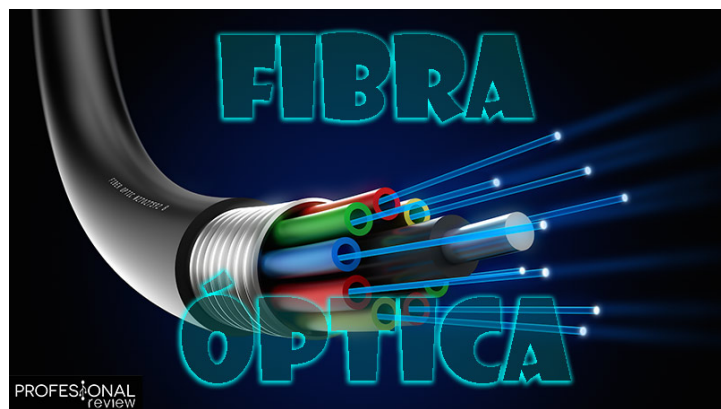
El internet se ha convertido hoy día en un pilar fundamental para el desarrollo de operaciones de muchas empresas y personas, las cuales utilizan esta herramienta tecnológica para realizar su actividad comercial, y así obtener el fruto de sus negocios. Pero no solo se beneficia este gremio, simultáneamente lo hacen las personas del común que utilizan este medio para realizar muchas actividades de su vida cotidiana. Y todo gracias en parte a ese cable plástico llamado fibra óptica que brinda la posibilidad de comunicarse fácil y rápidamente.

En la web podemos encontrar una gran variedad de definiciones acerca de este tema y uno de ellos lo encontramos con el aportado por Castillo (2019). La creación de internet ha sido sin duda una de las tecnologías informáticas y de comunicación más importante del siglo pasado. Aunque es de reciente creación, hablamos de 1991, cuando se creó el *world wide web*, momento en el que la evolución en velocidad y accesibilidad comenzó a dispararse hasta nuestros días. Precisamente gracias a las tecnologías como la fibra óptica, el aumento de capacidad de transferencia de datos ha llegado a los niveles de velocidad y distancia que tenemos hoy.

Una relación de hitos de interés en la historia de esta tecnología se presentan en el Anexo A, en el que se relacionan desde los primeros estudios, que algunos autores referidos por Liu (2019) han fechado en los años setenta.

## Figura 1

*Esquema fibra óptica*



*Fuente:* Castillo (2019).

### ***Definición***

Podríamos encontrar muchas definiciones acerca de esta palabra tan importante hoy día a nivel de tecnología de la comunicación, y un buen aporte lo encontramos a través de un análisis etimológico de estas dos palabras tal como se reseña por Pérez Porto y Merino (2019): Fibra, se deriva del latín fibra, que significa fibra; óptica procede del griego *optikos* fruto de la suma de dos componentes léxicos de dicha lengua, el sustantivo *ops*, que puede traducirse como vista y el sufijo *tikos* que se utiliza para indicar relativo a.

De las civilizaciones de la antigüedad, los egipcios han sido la de mayores avances tecnológicos que se han documentado. Ellos manipulaban y controlaban la luz por medio de espejos en el interior de las pirámides. Debido a este suceso, encontramos expresiones donde se afirma que la fibra óptica es una palabra muy antigua, así como lo señala Rodríguez (2012) quien expone que “resulta interesante porque toma un concepto muy antiguo que es la manipulación de la luz, no es otra cosa más que eso, la manipulación controlada de la luz”.

Se tienen definiciones técnicamente acertadas como la planteada por Castillo (2019) en la que establece la fibra como un medio de transmisión de datos mediante impulsos fotoeléctricos a través de un hilo construido en vidrio transparente u otros materiales plásticos con la misma funcionalidad. Estos hilos pueden llegar a ser casi tan finos como un pelo, y son precisamente el medio de transmisión de la señal. Con estos hilos se lleva información a cualquier lugar donde se tenga toda la infraestructura requerida para tal efecto, y hoy día en Colombia gracias al plan Vive Digital esto ya es posible en gran parte de nuestro territorio. Con el plan se ha logrado la conexión al servicio de banda ancha de 8.8 millones abonados al término del año 2018 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2018).

Básicamente por estos finísimos cables se transfiere una señal luminosa desde un extremo del cable hasta el otro. Esta luz puede ser generada mediante un láser o un LED, y su uso más extendido es el de transportar datos a grandes distancias, ya que este medio tiene un ancho de banda mucho mayor que los cables metálicos, menores pérdidas y a mayores velocidades de transmisión. Un aspecto muy importante que debemos tener en cuenta es que la fibra óptica es inmune a las interferencias electromagnéticas lo cual es algo que, por ejemplo, los cables de pares trenzados sufren en todos los casos y contribuyen a que se necesiten repetidores cada cierta distancia. Debemos saber que la fibra óptica no transporta energía eléctrica, solamente señales de

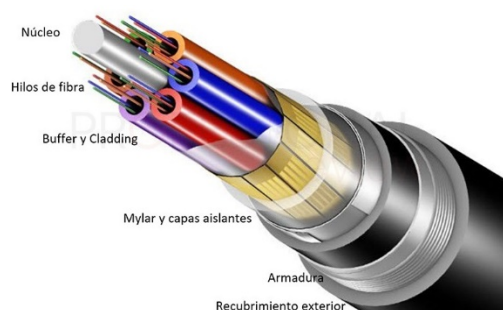
luz. Pero la fibra óptica no solamente se utiliza para la transmisión de datos en redes, sino también para conexiones de audio de alta calidad (Castillo, 2019).

### ***Descripción y estructura***

Se presenta a continuación su estructura y composición física buscando familiarizarnos con el dispositivo. Una característica distintiva del producto es que se adapta al uso en interiores como exteriores.

### **Figura 2**

*Esquema componentes de la fibra óptica*



*Fuente:* Castillo (2019).

### **Tabla 3**

*Descripción componentes fibra óptica*

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
<b>Núcleo</b>	Elemento central de un cable de fibra óptica que no siempre está presente. Su función es simplemente la de proporcionar un refuerzo para evitar la rotura y deformación del cable. Este elemento central que no está disponible en todos los tipos de fibra óptica es un filamento que no conduce la electricidad (propiedad dieléctrica), que ayuda a la consistencia del cable entre otras cosas.
<b>Drenaje de humedad</b>	Elemento cuya función es la de conducir posible cualquier humedad que tenga el cable para que salga a través de él, dejando al resto de los filamentos libres de humedad, es decir, va enrollado en el núcleo. No está presente en todos los cables.
<b>Hilos de fibra</b>	Es el medio por el que se transmite la información. Puede ser de silicio (vidrio) o plástico de extrema calidad (muy procesado). Acá es donde se producen los fenómenos físicos de reflexión y refracción. La pureza de este material es lo que marca la diferencia para saber si es buena para transmitir o no. Una simple impureza

<b>Buffer y Cladding (revestimiento)</b>	<p>puede desviar el haz de luz, haciendo que este se pierda o no llegue a destino. En cuanto al proceso de fabricación, las hebras con diámetro del orden de micrones de ancho se obtienen al exponer tubos de vidrio al calor extremo y por medio del goteo que se producen al derretirse, se obtienen cada una de ellas.</p> <p>Material que recubre de los hilos de fibra óptica. Consiste en un relleno de gel de capa oscura para evitar que los rayos de luz no se salgan de la fibra. A su vez el buffer es el recubrimiento externo que contiene el gel y la fibra.</p>
<b>Cinta de Mylar y capas aislantes</b>	<p>Recubrimiento aislante que recubre todos los buffers de fibra. En función del tipo de construcción tendrá varios elementos, todos ellos de material dieléctrico (no conductor); esta capa de poliéster fina hace muchos años se usaba para transmitir programas a PC, pero en este caso sólo cumple el rol de aislante.</p>
<b>Cinta Antillama Armadura (Hilos sintéticos de Kevlar)</b>	<p>Cobertor que sirve para proteger al cable del calor y las llamas. Ayudan mucho a la consistencia y protección del cable, teniendo en cuenta que el Kevlar es un muy buen ignífugo, además de soportar el estiramiento de sus hilos.</p>
<b>Recubrimiento exterior o vaina</b>	<p>Normalmente de plástico o PVC., el cual provee aislamiento y consistencia al conjunto que tiene en su interior.</p>

---

*Fuente:* Castillo (2019); Rodriguez (2012).

### ***Tipos***

En este entorno tenemos que agrupar las fibras en 2 tipos, debido a la forma en que la luz se transmite por dentro de la fibra, estas a su vez presentan diferencias tanto matemáticas como geométricas, que debemos conocer a fondo; para entender más el tema, nos apoyamos en la explicación que nos da el profesor del departamento de física y matemática del Instituto tecnológico de Buenos Aires. Grosz (2004) indica que, en su forma más simple, una fibra óptica está formada por un núcleo de vidrio con índice de refracción  $n_1$  rodeada por una capa de índice de refracción  $n_2$ , siendo  $n_2$  ligeramente menor a  $n_1$  de modo de aprovechar el fenómeno de reflexión total en la interface entre los dos medios. Estas fibras se denominan “*step-index*” para diferenciarlas de las llamadas “*graded-index*” en las cuales el índice de refracción decrece de forma gradual desde el centro del núcleo hacia la interfase. Dos parámetros importantes que caracterizan a las fibras ópticas son la diferencia relativa de índices de refracción núcleo-capa  $\Delta$  dada por  $\Delta=(n_1-n_2)/n_1$ , y el parámetro llamado  $V$ , dado por  $V=K_0a(n_1^2-n_2^2)^{0.5}$ , donde  $K_0=2\pi/\lambda$ ,  $\lambda$  es la longitud de onda y  $a$  es el radio del núcleo de la fibra.

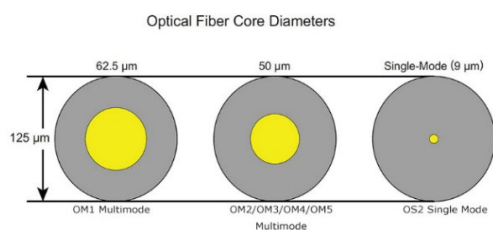
Según el profesor Grosz (2004) este parámetro indica el número de modos que se pueden propagar en la fibra y se puede demostrar que una fibra “*step-index*” permite propagar un solo

modo si  $V < 2.405$ . Las fibras que satisfacen esta condición se llaman “fibras monomodos”; de lo contrario se llaman “fibras multimodo”.

Con esta expresión se obtuvo la evidencia matemática entre las “fibras monomodos” y las “fibras multimodo”, pero geoméricamente esta diferencia la podemos observar, y está dada por el tamaño del núcleo (Figura 3). Según Grosz (2004), para estas últimas, el radio  $a$  es típicamente 25-30  $\mu\text{m}$ , mientras que las fibras monomodo, con diferencias relativas de índice de refracción  $\Delta \pm 0.003$ , tienen radio típicamente menores a 5  $\mu\text{m}$ . Además, las fibras multimodo sufren del fenómeno de “dispersión modal” por el cual diferentes modos “viajan” a diferentes velocidades, conduciendo al ensanchamiento temporal de los pulsos de forma mucho más severa que en el caso de la dispersión cromática. Es por este motivo que no se usan fibras multimodo para sistemas de alta capacidad, restringiéndose su uso a sistemas “cortos” (algunas decenas de kilómetros de alcance).

### Figura 3

*Diámetros de núcleos en fibras multimodo y monomodo*



*Fuente:* Grosz (2004).

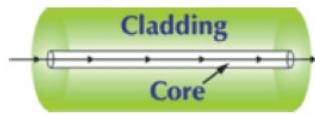
Continuando con los tipos de fibra óptica, veamos las definiciones concretas encontradas acerca de este tema.

**Fibra Monomodo.** Según Sanchez S.(2003)

“posee un núcleo con un diámetro de apenas 9 a 10 micras ( $\mu\text{m}$ ) y un revestimiento de 125  $\mu\text{m}$ . Debido al núcleo tan pequeño, en este tipo de fibras solamente hay un camino para que la luz se propague por el centro del núcleo. Estas fibras suelen tener un índice de refracción tipo escalón, es decir, el núcleo y el revestimiento poseen índices diferentes pero uniformes (1,5 y 1,48, respectivamente), pero en la frontera núcleo-revestimiento se presenta un cambio brusco entre ambos índices”.

### Figura 4

#### Fibra monomodo

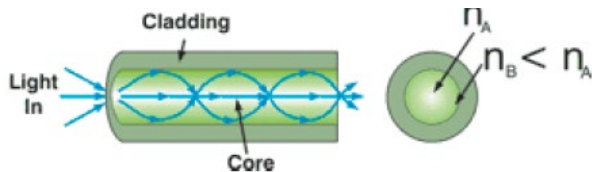


Fuente: Sanchez S. (2003).

**Fibra Multimodo:** Según Sanchez S. (2003) “posee un diámetro de 62,5  $\mu\text{m}$  y un revestimiento de 125  $\mu\text{m}$ . En este tipo de fibra se dice que existen varios caminos para que la luz se propague dentro del núcleo. Estas fibras pueden ser de índice tipo escalón o tipo gradual (aquellas en que el índice de refracción del núcleo no es uniforme como en las de tipo escalón, sino que decrece gradualmente desde el centro hacia el exterior)”.

### Figura 5

#### Fibra multimodo

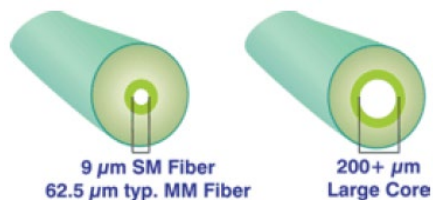


Fuente: Sanchez S. (2003).

El recubrimiento en ambos casos puede tener el diámetro entre 250 a 500  $\mu\text{m}$ .

### Figura 6

#### Núcleos de ambos tipos de fibras



Fuente: Sanchez S. (2003).

Según Castillo (2019) en la fibra monomodo solamente se transmite un haz luminoso por el medio. Este haz será capaz de llegar, en el mejor de los casos hasta una distancia de 400 Km sin el uso de un repetidor, y se utiliza un láser de alta intensidad para generar este haz. Este haz es capaz de transportar hasta 10 Gbit/s por cada fibra. Y en la fibra multimodo en cambio, se puede transmitir varias señales de luz por un mismo cable, que son generadas por LEDs de baja intensidad. Se usa para transmisiones de más corto alcance, siendo además más baratas y fáciles de instalar.

Por todo esto, la diferencia entre la fibra monomodo y la fibra multimodo está en el diámetro del núcleo de la fibra, la fuente de la luz, el ancho de banda, longitud de onda y distancia de recorrido.

La fibra óptica en sí no trabaja sola, ella simplemente es el medio por el cual viajan las señales de luz, el sistema requiere un acoplamiento en sus extremos llamados conectores, estos reciben la señal desde el cable y al ingresar a las placas de red, transforman la luz en código binario (fotodiodos), para que el dispositivo lo pueda interpretar; y finalmente se transforma en una señal (audio y/o video). Estos elementos son muy delicados y requieren protección.

El mercado nos ofrece diferentes tipos de conectores de fibra óptica, algunos de estos se listan a continuación (Castillo, 2019):

- SC: desarrollado por *Nipón Telegraph and Telephone*, su menor costo de fabricación lo ha convertido en el más popular y el que registra mayor uso. Se ajusta rápidamente a presión, es compacto y permite integrar gran densidad de conectores por instrumento. Se utiliza en telefonía y televisión por cable.
- FC: este es otro de los más utilizados y tienen un aspecto similar a un conector de antena coaxial.
- ST: también es similar al anterior con un elemento central de unos 2,5 mm el cual está más expuesto.
- LC: en este caso el conector es cuadrado, aunque se mantiene el elemento central de igual configuración que los dos anteriores.
- FDDI: es un conector de fibra dúplex, es decir, conecta dos cables en lugar de uno.
- MT-RJ: También es un conector dúplex y no se suele utilizar para fibras monomodo.

### *Velocidad de transmisión de datos*

Según Alvarez (2018) la transmisión de datos vía fibra óptica se basa en láseres, y la amplitud que se le da a la banda ancha depende de la potencia y eficiencia de estos láseres. Debido a que los datos viajan a través de diferentes colores de luz, se necesitan más colores en una sola fibra para ampliar la banda ancha, algo que es conocido como multiplexación por división de longitud de onda. La mala noticia que reseña Alvarez (2018) es que cada color necesita su propio láser, por lo que los responsables de este proyecto se dieron a la tarea de meter más colores en un sólo haz de luz. Para esto, los investigadores desarrollaron un nuevo tipo de cable extremadamente fino, de aproximadamente 300 nanómetros de diámetro, lo que hizo que la luz se comprimiera y fuera más brillante.

Según se refiere en el artículo de Alvarez (2018), los resultados de los ensayos conducidos concluyeron que gracias a la intensidad del láser y los materiales del cable, la luz respondió generando nuevos colores, y de manera particular cada color se mostró en forma pura y se transmitía bajo los mismos intervalos de frecuencia a través del pulso del láser. Con esto, lograron que el láser generará los 80 colores requeridos por el sistema, los cuales son necesarios para la transmisión de datos. Finalmente, el experimento explica que en un cable de fibra óptica la información cuenta con 30 núcleos, los cuales transportan el haz de luz de un sitio a otro, logrando una velocidad teórica de 768 Tbps, pero que al realizar el experimento se logró obtener una velocidad real de 661 Tbps, siendo este resultado un valor grandioso, que en el futuro será de gran ayuda a las empresas que viven de este entorno comercial.

De manera complementaria se presenta en el Anexo B las velocidades de transmisión de datos que se han alcanzado con la evolución de la tecnología de fibra óptica, para diferentes configuraciones de sistemas, formatos de modulación y medios tecnológicos disponibles.

Respecto a las tecnologías referidas para la navegación de internet y transmisión de datos por medios inalámbricos que han estado muy ligadas a la evolución de la tecnología de fibra óptica se lista su aparición de estas en el tiempo.



**Tabla 4***Generación tecnológica de transmisión de datos inalámbricos*

<b>Generación tecnología</b>	<b>Década en que se documenta su implementación</b>
1G	1980s
2G	1990
3G	2000
4G	2010
5G	Se espera lanzamiento en 2020

*Fuente: Liu (2019).***Acceso al servicio de internet en el país**

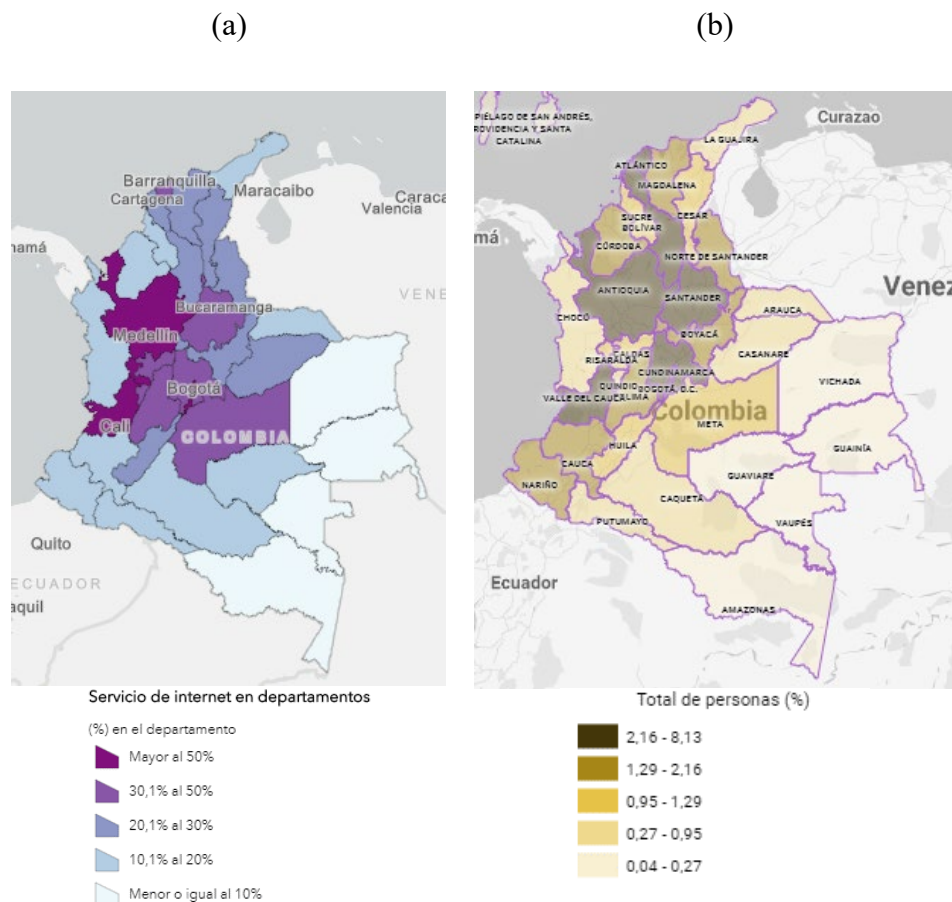
Poder establecer los sectores de la población que hoy cuentan con acceso al servicio de internet es un planteamiento que para este estudio registra dos componentes de interés. Uno de estos se deriva de aquellas limitaciones propias que supone la distribución de los espacios territoriales asociados con la ya tradicional concentración de la población en la zona central del país. El otro componente se deriva de los niveles de formación educativa, es decir, el acceso a la educación de las personas, que para efectos prácticos los subdividiremos en tres niveles principales: primaria, bachillerato y universitario. En estos se concentran los potenciales usuarios de las comunidades educativas que requieren disponer del servicio de internet en el país.

***Cobertura para la población en general***

En las figuras 7(a) y 7(b) se aprecia una correspondencia entre la concentración de población y las coberturas a nivel departamental de servicio de internet. Para el caso del país, es claro señalar que en la zona central se aprecian los mayores niveles para los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Quindío, Risaralda, Santander y Valle del Cauca.

**Figura 7**

*Cobertura servicio de internet y concentración poblacional por departamentos*



*Fuente:* DANE (2019)

Con los porcentajes que reportan las gráficas, que tiene como fuente de información la reportada en el DANE, es procedente indicar que en los departamentos de Antioquia, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca la cobertura es mayor del 50%. En el caso de Caldas, Cundinamarca y Santander se estiman niveles de cobertura del servicio de internet para la población en general entre el 30 al 50 %. Respecto a este último y de manera diferencial, en la costa Caribe se destaca el caso del Atlántico donde se alcanzan niveles de cobertura del servicio de internet similares.

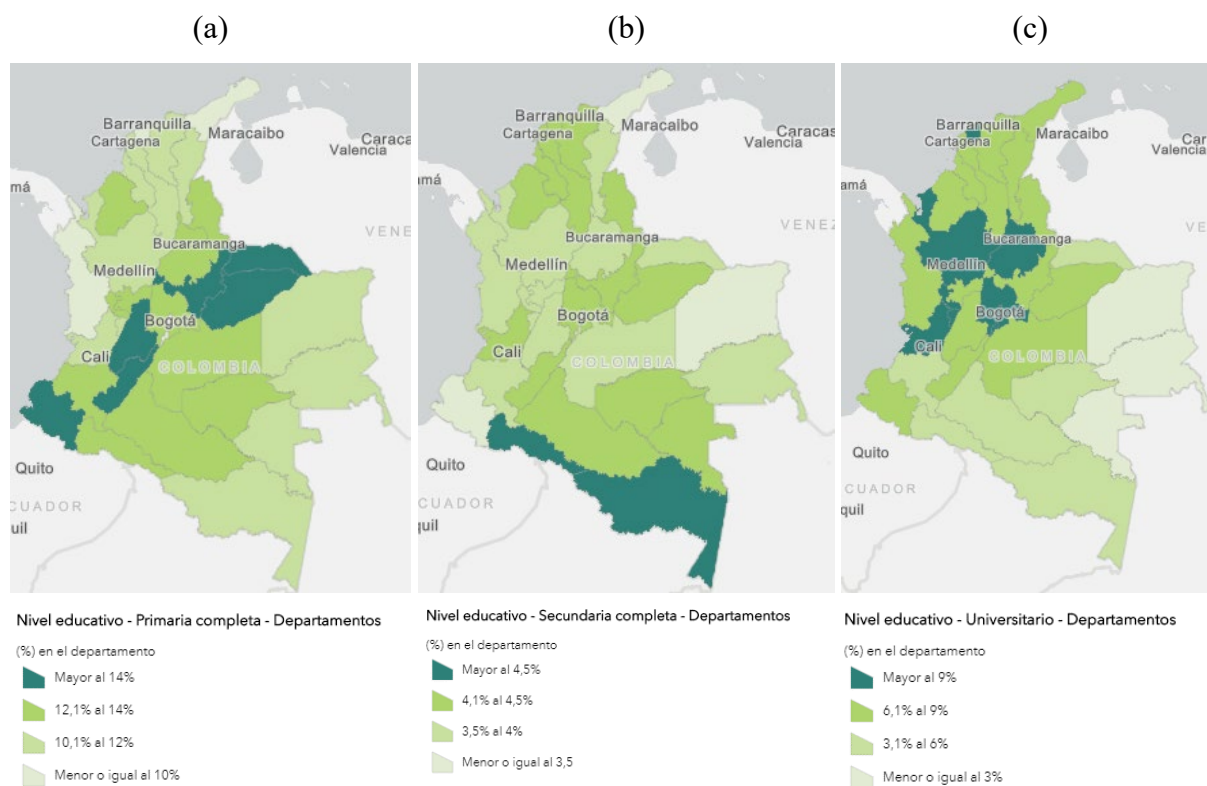
El comparar estos departamentos con los listados en la tabla 2 como vinculados para las concesiones viales del país se destaca una conexión causativa de relevancia para ser abordada desde la metodología que se planteará posteriormente en el trabajo.

### *Niveles educativos de la población en general*

Las figuras que se muestran a continuación retratan la distribución de la población que se registra en el país para los diferentes niveles educativos referidos anteriormente en este documento.

### **Figura 8**

*Distribución de principales niveles educativos por departamentos*



*Fuente:* DANE (2019).

El análisis de los datos mostrados en las figuras 8(a), 8(b) y 8(c) nos lleva a considerar que en el país las personas que cursan estudios en los principales niveles educativos de formación (primaria, secundario y universitario) tiene una distribución disímil, y comparándolas con las analizadas en el apartado anterior, donde se registra mayor concentración de la población guarda relación con las que cursan estudios a nivel universitario.

Así mismo, la población que cursa niveles educativos de primaria y bachillerato se registra mayoritariamente en los departamentos de Amazonas, Arauca, Boyacá, Casanare, Huila, Nariño, Tolima y Putumayo. Esta circunstancia refleja un hecho particular, puesto en esos territorios la

población requiere seguir recibiendo el apoyo y la cobertura de servicios conexos asociados que faciliten la práctica de la enseñanza, sea de forma remota o presencial.

Otra circunstancia específica puede plantearse a través del análisis de la distribución de la población respecto a su nivel educativo. La academia y el acceso al conocimiento requiere más que nunca de herramientas donde las TIC son la principal fuente para abastecer dichos requerimientos, y dentro de estos el internet puede considerarse como el principal.

## Antecedentes investigativos

Algunos planteamientos han reseñado que gobiernos de países en desarrollo, condición similar a Colombia, pueden adoptar decididamente entregar no solo las vías sino también una gran parte de la gestión de servicios propios del Estado (*water supply networks, heating systems, power nets, gas, and telecommunications*) a los privados a través de la figura de concesiones por espacios de hasta 35 años (Călugăreanu, 2019). Sin duda alguna la adopción de estas servirá para abastecer un gran cúmulo de datos para estudios posteriores, incluso como los propuestos en este trabajo.

Como se ha reseñado previamente, es muy variado el uso que se puede dar a la fibra óptica sobre todo para la transmisión de señales útiles para la toma de datos. En el campo de proyectos viales desde hace unos años se han conducido estudios en los que se utilizan 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 de fibra óptica 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 reportado el uso para el registro de presiones en taludes explorados en diversas aplicaciones del campo de la geotecnia (Schenato et al., 2017) y los más recientes recogen varios reportes que señalan su uso para lo propio en la integridad estructural de la infraestructura de líneas férreas (Du et al., 2020; Sasi et al., 2020; Soga et al., 2018).

En el caso de las concesiones viales alguna literatura a nivel mundial reseña que son estructuras objeto de estudio por muchos factores, dentro de los que el aspecto económico es el que mayor cantidad de datos empíricos ha facilitado documentar (Opawole & Jagboro, 2016; Yan et al., 2019).

El asunto referido al aprovechamiento de la fibra óptica como tal, para dar un servicio o valor agregado en los proyectos de infraestructura vial bajo la figura de concesión, ha sido visto con poco interés y las utilidades conexas que se derivan de la materialización de estos proyectos, se han analizado con modelos especializados de simulación de escenarios, con el fin de predecir retribuciones específicamente de orden económicas (utilidades) para los actores directamente involucrados: concesionario y Estado. En tal sentido lo ha referido Yan et al. (2019).

En Ghana se ha documentado otro caso de estudio que guarda relación con lo enunciado, con la particularidad que trata el uso de la infraestructura de telecomunicaciones basada en troncales o redes de fibra para conexión de internet de la comunidad educativa situados en su área de influencia (Okyere et al., 2018).

En el campo de los sistemas inteligentes de transporte (ITS, por sus siglas en idioma inglés), Mathew (2020) refiere que son componentes que hacen parte de otros de mayor envergadura, conocidos como sistemas o componentes de otros sistemas de ingeniería (SoS, por sus siglas en inglés). A su vez define que estos sistemas de mayor orden cuentan con las siguientes características: operación, administración y manejo independientes, adaptables a su entorno y aplicables en una distribución geoespacial delimitada. Y, ¿qué usos plantea que deben darse a los ITS?, pues enuncia cinco usos principales que son:

- Brindar información a viajeros,
- Administrar sistemas de transporte,
- Habilitar sistemas de pagos automatizados,
- Administrar sistemas de transporte público, y
- Realizar la integración inteligente de todos los componentes de un sistema de transporte.

Para esta última característica, una de las herramientas que tiene gran relevancia es la implementación del internet de las cosas (IoT, por sus siglas en idioma inglés).

Un caso específico reportado por Pontaque García (2014) en Costa Rica señala que el operador de la vía instaló una red de fibra óptica con la cual conecta todos los elementos del sistema: cámaras móviles, paneles de mensajería variable, estaciones de conteo de vehículos y su velocidad de circulación, entre otros elementos; permitiéndoles registrar datos ininterrumpidamente.

El planteamiento propuesto por los autores, si bien se ha documentado para otro fin en un país en vía de desarrollo (Okyere et al., 2018), propone un enfoque relativamente novel para

estas latitudes, pues parte del supuesto que se pueda incorporar como beneficio agregado a la cadena de valor de aquellos productos que un proyecto de concesión vial busca generar. En este sentido y habiendo expuesto lo concerniente, se puede afirmar en el presente que la tecnología de la fibra óptica puede ser la ideal para llevar el servicio de internet a lugares en los que jamás ha podido llegar, con la velocidad y nitidez que brinda a los usuarios. No se conoce cómo será la evolución de la tecnología basada en fibra óptica o incluso sí será sustituida por otra más revolucionaria, pero en los actuales momentos es la más apropiada y predilecta por la industria de las telecomunicaciones.

### **Hipótesis de la investigación**

Los niveles de cobertura documentados relacionados con las inversiones que el Estado ha realizado en busca del desarrollo y ampliación de cobertura de internet a nivel nacional para beneficio de diferentes entidades educativas públicas, indican que esta circunstancia no ha sido lo suficientemente beneficiosa, por lo que se estudió si es factible dar un uso conexo, que puede asimilarse, sin profundizar en este ámbito, al planteamiento del valor compartido de compañías privadas (M.E. Porter & M.R. Kramer, 2011), para la infraestructura incluida dentro de un contrato de concesión vial. Lo anterior permitió plantear como hipótesis la siguiente: el componente basado en TIC de la infraestructura de un concesionario vial sirve para aumentar la cobertura del servicio de internet para las comunidades educativas públicas de poblaciones situadas en su área de influencia.

### ***Definición de variables***

Se plantearon dos variables concomitantes independientes de tipo descriptivo, que dieron cuenta de algunos aspectos específicos, observados y atribuibles a los hechos de interés abordados en el estudio, los cuales guardan estrecha relación, tanto para las instituciones educativas como para el concesionario vial.

**Variable de localización.** Al estar ambos ubicados en un espacio territorial afín, es decir, ubicado uno con relación al sitio donde se encuentra el otro, a la vez que esta circunstancia se presenta al mismo tiempo en un periodo determinado.

**Variable tecnológica.** Se relaciona con los requisitos técnicos de referencia establecidos en el contrato de concesión, preceptos bajo los cuales se debe plantear la solución tecnológica

que se adopte para el corredor vial.

Para abordar estos aspectos se planteó y condujo lo descrito en el apartado metodológico del estudio.



## **Metodología**

### **Generalidades**

Para el desarrollo de las actividades del proyecto se tuvieron en cuenta diversos aspectos, partiendo del hecho 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.

Por lo anterior, y como estrategia incorporada en esta metodología, se adoptó como objeto de estudio el concesionario que tiene a su cargo construir y operar el tramo vial conocido como “Corredor Perimetral de Oriente de Cundinamarca”, del cual se exponen sus datos identificadores en el apartado de resultados. El hecho que los autores tuvieron relación con uno de los entes involucrados en la ejecución de dicho proyecto, permitió acceso oportuno a fuentes de información primarias, en este caso, algunos de datos abiertos - bajo el registro de la ANI - y otros de manejo exclusivo del concesionario ejecutor “Perimetral Oriental de Bogotá S.A.S.”.

Al considerarse la metodología una estructura sistemática para abordar el cómo de la investigación, con esta se permitió recolectar, ordenar, procesar y analizar la información, la cual fue posteriormente interpretada a partir de los resultados obtenidos, que giraron en torno a establecer el uso potencial de la solución de fibra óptica que debe desarrollar el concesionario, para brindar la posibilidad de conexión al servicio de internet de aquellas instituciones educativas de carácter público, en los niveles de primaria y secundaria, ubicadas en el área de influencia del concesionario. Dicho de otro modo, la metodología otorgó validez y rigor científico a los resultados obtenidos en el proceso de estudio y análisis acerca de esta investigación.

### **Enfoque de la investigación**

El alcance de este trabajo fue descriptivo, pues se obtuvieron datos puntuales y específicos

que dan cuenta de atributos de la población de estudio. También, de carácter exploratorio, ya que el análisis conducido permitió plantear una propuesta novel en algunos aspectos, la cual puede abordarse como objeto de estudios a profundidad para esta u otras aristas del conocimiento o del campo de aplicación de la gerencia de proyectos, bien sea en este o algún otro escenario de características similares (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, 2014).

El enfoque que tuvo el estudio fue mixto, pues se registraron y se les dio tratamiento a los valores numéricos (cifras cuantificables) de datos obtenidos. Se propuso y condujo una técnica de análisis para estos, que al interpretarse denotan cualitativamente algunos aspectos (variables), a través de cuales se logró establecer el grado en que puede usarse la solución tecnológica del concesionario para facilitar el acceso o conexión de internet para una comunidad específica.

### **Diseño de la investigación**

Dado que el objetivo de la investigación fue establecer las características técnicas del componente tecnológico de fibra óptica del concesionario, al tiempo que se hacía lo referido para las instituciones educativas ubicadas en su área de influencia, se planteó un diseño de tipo no experimental descriptivo.

Se optó por el diseño no experimental puesto que era el más adecuado para esta investigación, dado que en este no se manipulan variables deliberadamente, es decir, las características o propiedades de los entes objeto de estudio no se alteraron intencionalmente para ver su efecto sobre otras variables. Además de esto, todos los procedimientos se realizaron en su contexto natural.

Dentro del diseño no experimental también se consideró la del tipo transeccional o transversal, dado que se recolectaron datos en un momento específico, en un tiempo único, por tal razón ayudó a describir las variables mencionadas anteriormente y analizarlas en un tiempo dado (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, 2014).

Por el carácter exploratorio del trabajo, no se consideró proyectar o establecer el costeo requerido para materializar lo analizado en caso que sea viable.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de datos se fijaron diversos tipos de instrumentos y técnicas, las cuales al combinarse permitieron cumplir con los objetivos planteados. Entre estos se llevó a cabo la

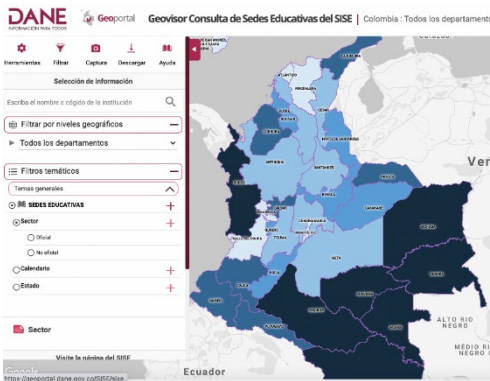
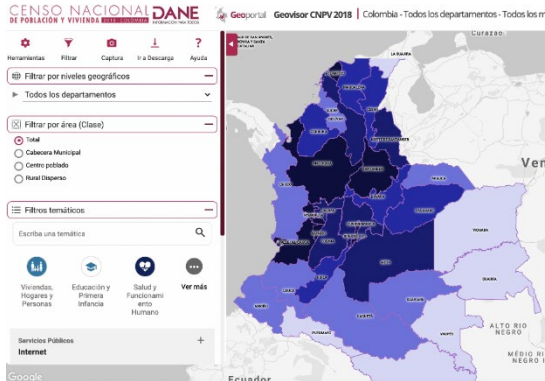


Se tuvo como guía para apoyar en debida manera los procedimientos que se plantearon en el trabajo, la revisión recurrente y sistemática de recursos bibliográficos, disponibles en repositorios institucionales y bases de datos.

Para apoyar la búsqueda de datos oficiales relacionados tanto con el registro de instituciones educativas de carácter publico como el nivel de cobertura del servicio de internet, se utilizaron el Sistema de Identificación de Sedes Educativas - SISE (DANE, 2020) y el de Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV (DANE, 2018), respectivamente. Para estos, se utilizaron los criterios que se listan a continuación.

**Tabla 5**

Ruta acceso y criterios para realizar búsqueda en base datos DANE

	<b>Sistema de Identificación de Sedes Educativas – SISE (DANE, 2020)</b>	<b>Censo Nacional de Población y Vivienda – CNPV 2018 (DANE, 2018)</b>
URL	<a href="https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/consulta-geosise/">https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/consulta-geosise/</a>	<a href="https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/cnpv-2018/">https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/cnpv-2018/</a>
Cantidad filtros y denominación	Dos (2): a y b.	Tres (3): a, b y c
Filtros de búsqueda	a) Nivel geográfico > Departamento > Municipios b) Filtro temático > Sedes educativas > Sector > Oficial	a) Nivel geográfico > Departamento > Municipios b) Filtro por área (Clase) c) Filtro temático > Servicios públicos > Internet
Interfaz aplicativo		

## Población

La investigación se concentró en la zona correspondientes al corredor vial “Perimetral

Oriental de Bogotá S.A.S.” ubicada en el Departamento de Cundinamarca, la cual conecta diversas poblaciones donde están ubicadas las instituciones educativas públicas.

Tanto para el caso del concesionario como las instituciones educativas, al encontrarse previamente estructurada o conformada la población de estudio, es decir, los autores no tienen injerencia alguna en su organización, esta no obedeció a muestra de tipo probabilístico.

### ***Muestra y muestreo***

Se consideraron las instituciones educativas públicas de nivel primaria y bachillerato ubicadas en el área de influencia directa del corredor vial a cargo del concesionario, al tiempo que se registró de cada una los estudiantes que son atendidos. Esto último dado que eran los potenciales beneficiarios de los aspectos tratados en el estudio.

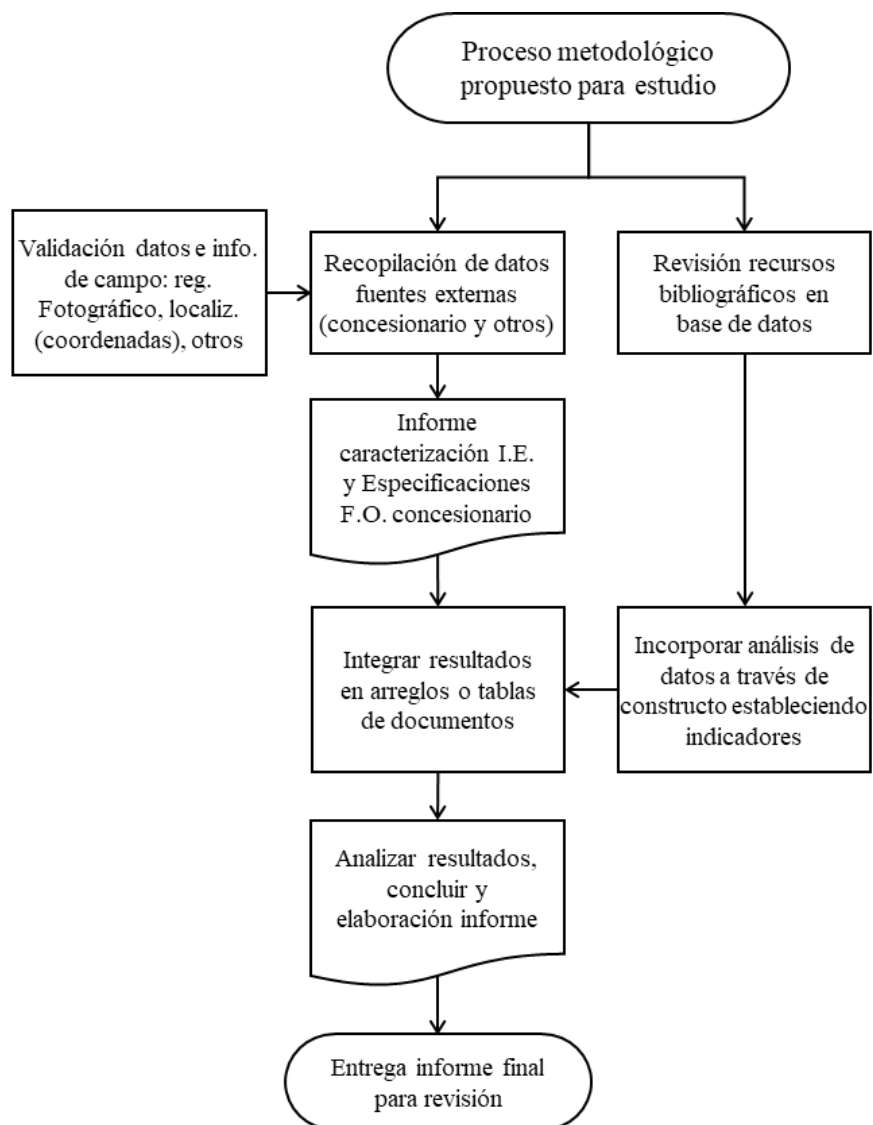
### **Procesamiento y análisis de datos**

Teniendo como punto de partida los datos de geolocalización del corredor vial donde ejerce sus actividades el concesionario, se procedió a documentar sus datos característicos, al tiempo que se hizo lo propio para las instituciones educativas, de la cual también se plantearon en registros las coordenadas de ubicación, registro fotográfico y si contaban con servicio de internet, el medio tecnológico usado para la conexión y la cantidad de estudiantes que atienden. Estos datos fueron recopilados o levantados por los autores entre los meses de agosto de 2020 a marzo de 2021.

Se documentaron los datos técnicos de la fibra óptica a utilizar por el concesionario. A partir de este se planteó un análisis de variables particulares basadas en algunos parámetros tales como: localización (geoespacial) de las instituciones susceptibles de beneficiarse mediante la estructuración y aplicación de indicadores cuyos rangos establecidos den cuenta del grado de uso potencial o aprovechamiento de dicha infraestructura.

### **Diagrama proceso**

De manera general, la figura 10 presenta, debidamente secuenciadas, las actividades que se contemplaron dentro del proceso metodológico abordado.

**Figura 10***Diagrama de proceso metodológico propuesto*

## Resultados

A continuación se registran los principales hallazgos obtenidos del proceso llevado a cabo con la metodología descrita, teniendo en cuenta que una de las principales fuentes de información fue la aportada por el concesionario vial, la base de datos (datos abiertos) de la ANI, del DANE, además de lo registrado y validado en debida forma mediante inspección de campo realizada por los autores.

### Caracterización concesionario vial

El proyecto de concesión se estableció para conectar varios municipios de la zona oriental del departamento de Cundinamarca, con poblaciones en las que tradicionalmente se registra actividades, predominantemente, agropecuaria e industrial.

Dentro de las características de interés para el abordaje del estudio, se muestran las listadas en la tabla 5.

### *Características generales*

Las características de interés para el abordaje del estudio se muestran en la tabla 5.

### Tabla 6

#### *Datos característicos contrato concesión vial*

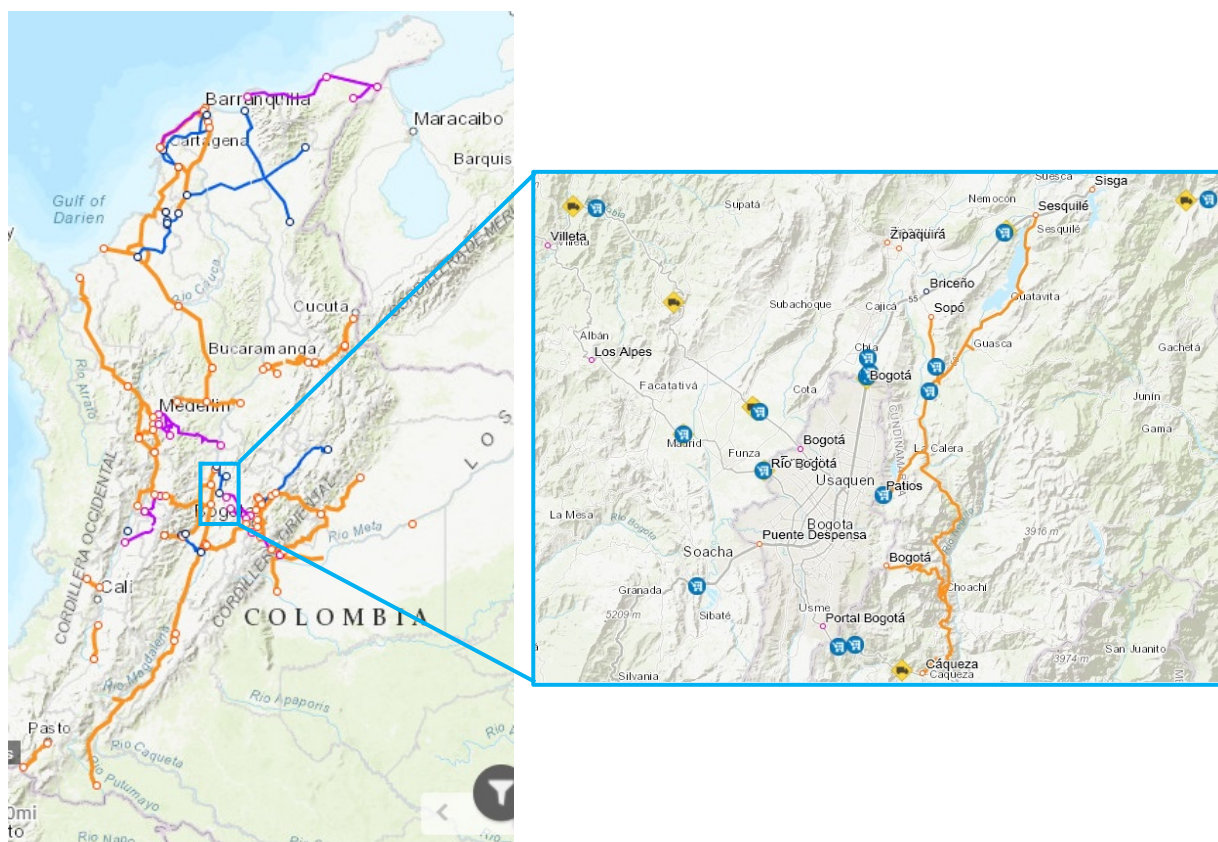
<b>Dato</b>	
Tipo y No. Contrato	Contrato de concesión bajo el esquema APP No. 002 de 2014
Concesionario	Perimetral Oriental de Bogotá S.A.S., Nit. 900761657-8
Concedente	Agencia Nacional de Infraestructura, ANI.
Longitud concesionada (km)	146
Fecha inicio vigencia	31-Dic-2014
Fecha estimado finalización vigencia	Dic-2039
Departamento	Cundinamarca
Municipios	Cáqueza, Choachí, Guasca, Guatavita, La Calera, Sesquilé, Sopó y Ubaque.

*Fuente:* Agencia Nacional de Infraestructura (2020b).

A continuación, se muestra en la figura 11 y de forma general el área de estudio en la que desarrolla sus actividades el concesionario.

**Figura 11**

*Zona ubicación concesión Corredor Perimetral de Oriente Cundinamarca*



*Fuente:* Agencia Nacional de Infraestructura (2020b).

Para especificar la distribución del corredor vial se presenta a continuación la subdivisión de tramos viales y las respectivas rutas que contempla el proyecto, abarcando toda la zona conocida como provincia de oriente e integrando a este proyecto 8 de los 116 municipios con los que cuenta el departamento de Cundinamarca.



**Figura 12**

*Distribución sectores y rutas de concesión Corredor Perimetral de Oriente Cundinamarca*



#### Ruta 5009

- PR0 Alto de Patios o Peaje de Patios
- PR10 La Calera
- PR23+667 Intersección el Salitre
- PR33+800 Intersección Cuatro Esquinas
- PR35 Guasca

#### Ruta 0804

- PR0 Intersección Cuatro Esquinas
- PR10 Guatavita

#### Ruta 0803

- PR10 Guatavita
- PR27+200 Sesquilé

#### Ruta 50CN03

- PR0 Intersección Salitre
- PR10+500 Sopó

#### Ruta 4006A

- PR0 Límites Bogotá
- PR22+600 Choachi
- PR51 Cáqueza

#### Ruta 40CN06

- PR0 La Calera
- PR30+500 Choachi

*Fuente:* Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Nacional de Infraestructura (2020c) y el Instituto Nacional de Vías INVIAS (2020).

### ***Características técnicas fibra óptica***

Como requisito contractual se tiene establecido en el contrato de concesión los aspectos listados en la tabla 7 (Agencia Nacional de Infraestructura, 2014) y los relacionados en el Anexo G.

**Tabla 7**

*Datos resumen especificaciones técnicas fibra óptica del contrato concesión vial*

<b>Aspecto</b>	<b>Desarrollo</b>
Propósito principal	Con objeto de instalar todos los sistemas operacionales dentro de los plazos previstos para ello, el Concesionario deberá implantar un sistema de comunicaciones que cubra las exigencias de este contrato. Para ello, a todo lo largo de la(s) vía(s) deberá implantar un sistema que incluya fibra óptica y sus canalizaciones, a través del cual se integren todos los elementos de los sistemas de control de tráfico (ITS), y que podrá explotar parcialmente previo acuerdo de los términos y condiciones que lo regulen con la ANI. La operación de la fibra óptica se exigirá al comenzar la Etapa de Operación y Mantenimiento. En la Etapa Preoperativa el Concesionario podrá emplear medios alternativos para cumplir con los requerimientos de información solicitados.
Planteamiento técnico general	Concesionario implantará un sistema que incluya fibra óptica y sus canalizaciones necesarias a todo lo largo de la(s) vía(s), el cual deberá enlazar con el Centro de Control Operacional (CCO) y los WEB SERVICES que suben la información a Internet.
Enfoque de la materialización	La fibra óptica se instalará en general en todo el corredor, salvo en aquellos tramos en los que la actuación de obra civil es menor, y por tanto no se justifica el sobre costo de la canalización de fibra óptica.
Parámetros especificadas	Monomodo, de 48 hilos, cantidad de tubos 4 (hilos por tubo: 12 unidades), Diámetro $10.4 \pm 0.5$ mm, Peso nominal 79 kg/km, ADSS, Span 200 m.

*Fuente:* Agencia Nacional de Infraestructura (2014), Anexo G.

### **Caracterización de conexión y/o servicio de internet de instituciones educativas públicas en área de influencia concesionario vial**

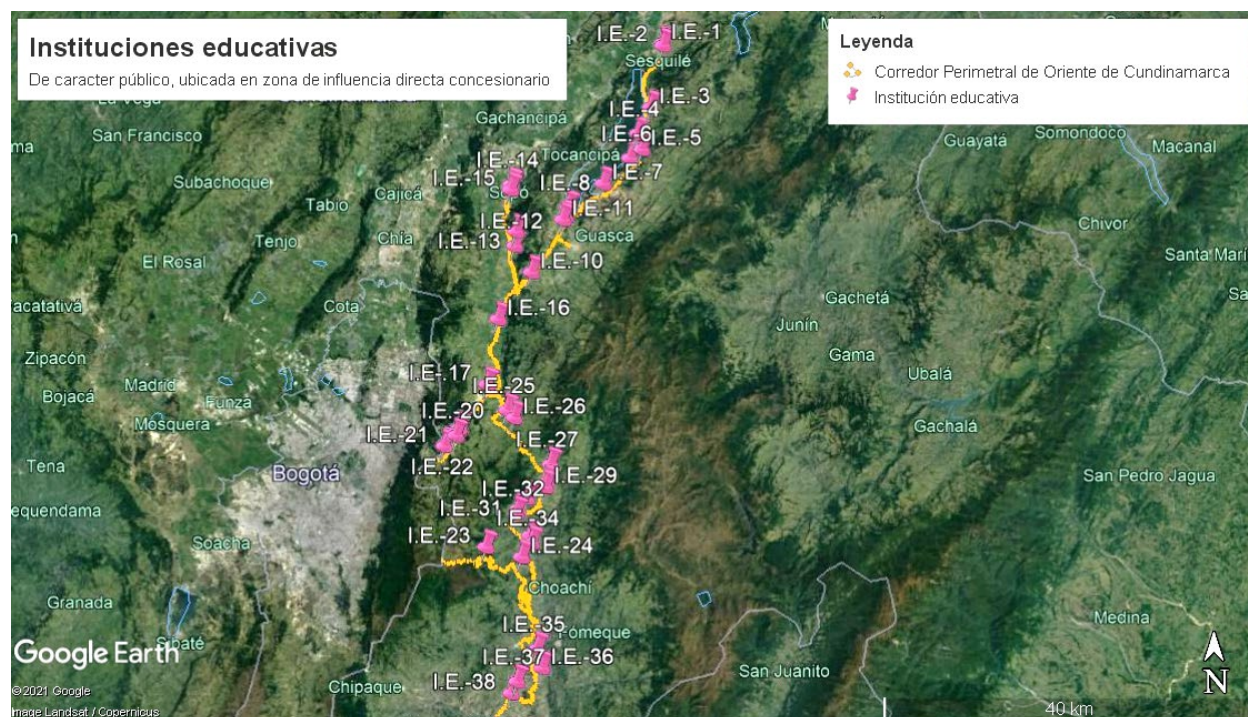
A manera de diagnóstico y habiendo validado la existencia de las instituciones listadas por la información obtenida del concesionario, se muestra en el Anexo E un arreglo que muestra además de datos característicos generales fotografías tomadas por los autores en el proceso del registro e inspección en campo.

Para establecer la distribución geoespacial de las instituciones educativas, utilizando la aplicación Google Earth y con los datos del concesionario, debidamente coleccionados por los autores mediante inspección en campo, la imagen siguiente muestra el mapa en el que se observa

la ubicación de las treinta y ocho (38) instituciones educativas situadas dentro del área de influencia directa del concesionario.

### Figura 13

*Distribución instituciones educativas ubicadas dentro de zona de influencia directa corredor vial concesionario*



*Fuente:* Elaboración propia en aplicación Google Earth, con datos obtenidos de concesionario (Agencia Nacional de Infraestructura, 2014) y otros registrados (Anexo E) y verificadas en campo por autores.

Así mismo, para continuar con lo planteado en la metodología y partiendo de los registros listados en el anexo F, se presenta un arreglo en la tabla 8, que contiene el resumen correspondiente a la existencia o no de medios de conexión al servicio de internet, para las instituciones educativas oficiales identificadas en el corredor vial.

**Tabla 8**

*Resumen de instituciones y tecnología o medio de conexión internet*

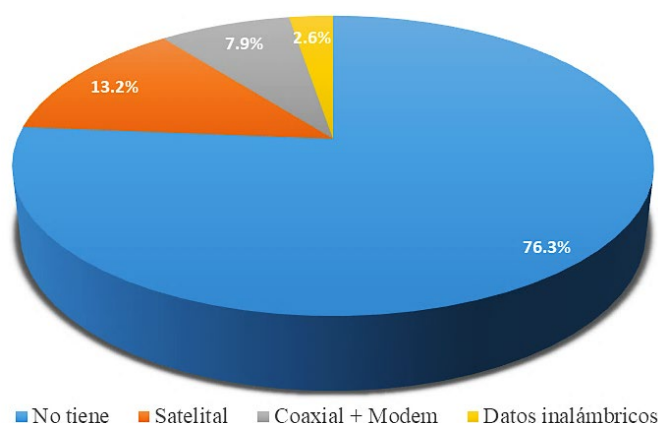
Cantidad instituciones	Cantidad estudiantes	Tecnología conexión / servicio internet			
		No tiene	Satelital	Coaxial + Modem	Datos inalámbricos
38	2877	29	5	3	1

*Fuente:* Elaboración propia con datos obtenidos de concesionario (Agencia Nacional de Infraestructura, 2014), verificadas y otros registrados en campo por autores.

Se presenta en la siguiente figura la distribución porcentual de instituciones en el área de influencia, observando si tienen conexión al servicio de internet y la solución tecnológica que utilizan para tal fin.

**Figura 14**

*Distribución medios de conexión al servicio de internet de instituciones educativas ubicadas dentro de zona de influencia directa corredor vial concesionario*



De lo planteado, se tiene que del total de instituciones (38), solo nueve (9) - que representan el 24 % - utilizan algún medio de conexión al servicio de internet, siendo el de mayor uso la conexión satelital y el de menor la conexión por medio de datos móviles. Esto indica que las veintinueve (29) instituciones restantes, alrededor del 76 %, no cuentan con servicio de internet, circunstancia que condujo a que fueran objeto de los análisis subsiguientes.

Los datos relacionados con la cantidad de instituciones educativas oficiales ubicadas dentro de los territorios de los municipios donde se registró el paso del corredor vial, se obtuvieron de los observados en el SISE (DANE, 2020), ordenadas en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Registro de instituciones educativas oficiales registradas en cada municipio, las ubicadas sobre el corredor vial y las susceptibles de beneficiarse con la solución tecnológica de fibra óptica*

<b>Municipio</b>	<b>Cantidad instituciones educativas de carácter público registradas en todo el municipio Ver relación Anexo H</b>	<b>Cantidad instituciones del municipio ubicadas en el corredor vial Ver relación Anexo E</b>	<b>Cantidad de instituciones del municipio susceptibles de beneficiarse Ver relación Anexo F</b>
Cáqueza	34	-	-
Choachí	32	2	2
Guasca	18	4	3
Guatavita	14	3	2
La Calera	32	17	13
Sesquilé	14	4	2
Sopó	11	4	3
Ubaque	22	4	4
<b>Total</b>	<b>177</b>	<b>38</b>	<b>29</b>

*Fuente:* Elaboración propia con datos del Sistema de Identificación de Sedes Educativas - SISE, (DANE, 2020) y del Concesionario del Corredor Perimetral de Oriente Cundinamarca, (Agencia Nacional de Infraestructura, 2014).

Según datos consultados en base de datos poblacionales (DANE, 2019), listado en la tabla 10, el resultado guarda relación y se ajusta, en orden de magnitud, al porcentaje promedio obtenido (26.9 %), considerando las poblaciones en general de los municipios y en estas las que cuentan con cobertura del servicio de internet.

**Tabla 10**

*Viviendas que cuentan con acceso al servicio de internet*

<b>Municipio</b>	<b>Porcentaje</b>
Cáqueza	17.0
Choachí	15.4
Guasca	22.8
Guatavita	15.4
La Calera	57.2
Sesquilé	15.2
Sopó	56.1
Ubaque	6.3
<b>Promedio municipios*</b>	<b>26.9</b>



\* *Nota:* En el cómputo no se considera el registro de Cáqueza puesto que no tiene instituciones en el corredor vial.

*Fuente:* DANE (2019).

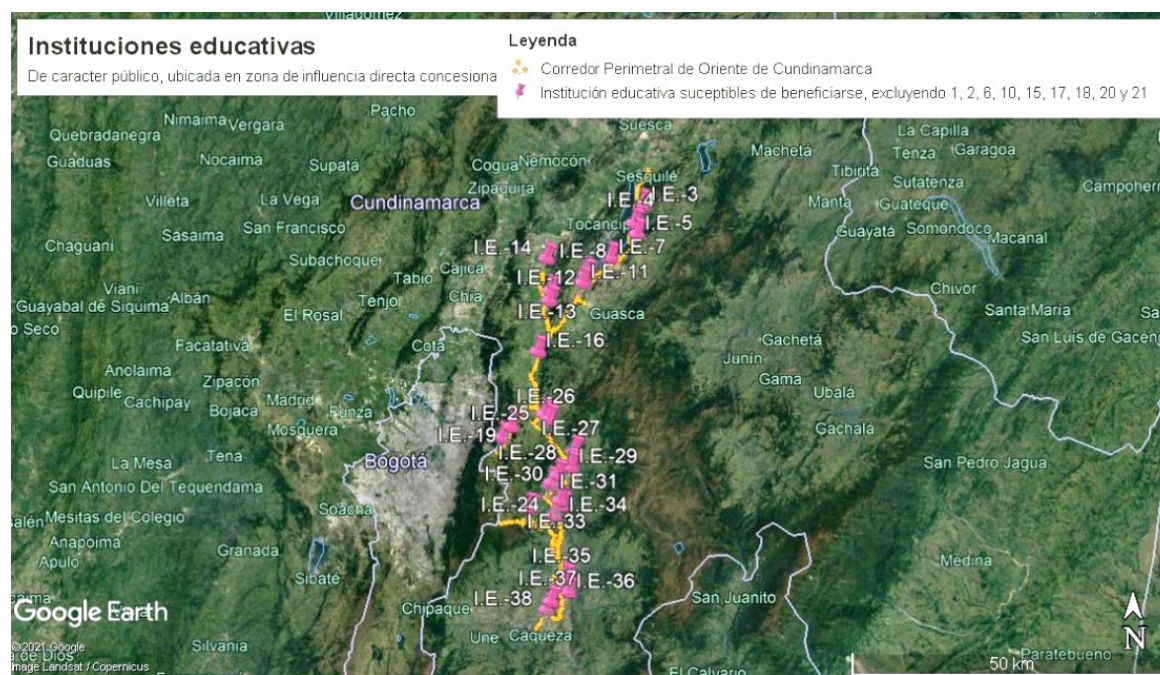
### **Análisis de geolocalización de instituciones susceptibles de beneficiarse**

Dada la limitación que tiene el concesionario derivada de su quehacer contractual, que lo circunscribe específicamente a materializar la red de fibra óptica por dónde circula el corredor vial que debe intervenir, entonces, esto constituyó una frontera o límite definido. Por esta razón, se adoptó este criterio direccionado para validar el requisito de localización geográfica.

En la figura 15 se muestran las instituciones que geo-espacialmente se encuentran distribuidas y aplican al criterio considerado en el estudio. En esta se aprecian las instituciones susceptibles de beneficiarse, dentro de las cuales no se consideran para beneficio las siguientes listadas en el Anexo F: 1, 2, 6, 10, 15, 17, 18, 20 y 21; puesto que ya cuentan con alguna solución tecnológica para la conexión al servicio de internet.

### **Figura 15**

*Distribución geográfica de instituciones educativas que carecen de conexión de internet y son susceptibles de beneficiarse con la solución tecnológica de fibra óptica del concesionario*



*Fuente:* Elaboración propia en aplicación Google Earth con datos validados por autores.

### ***Evaluación de variables para validar uso potencial***

Para proceder a establecer los indicadores que ayudan a tener noción del uso potencial de la infraestructura, se han definido dos. Uno trata lo relacionado con la localización de cada institución, y el otro lo concerniente a la cantidad de instituciones que se pueden beneficiar por la solución tecnológica de fibra óptica del concesionario. Lo anterior bajo el entendido que la capacidad especificada, pueda cubrir los requerimientos de servicio (ancho de banda) requerido por estas.

**Tabla 11**

*Datos identificadores de indicadores propuestos para validar uso propuesto para solución de fibra óptica concesionario*

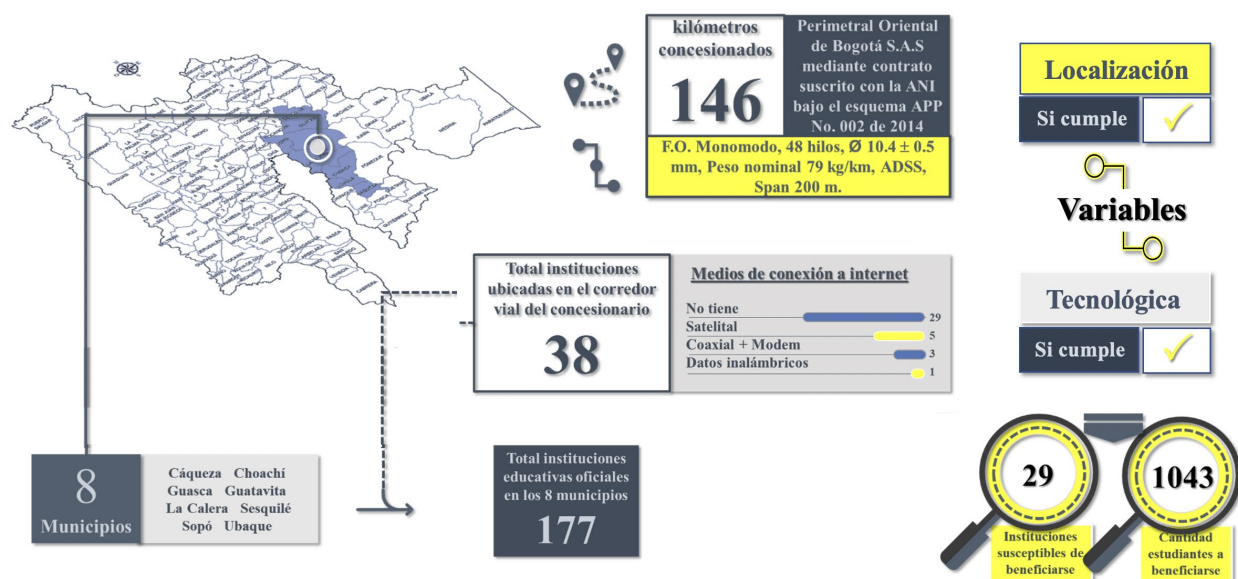
<b>Dato</b>	<b>Indicador 1</b>	<b>Indicador 2</b>
Identificador	VL: Variable localización	VT: Variable tecnológica
Aspecto que evalúa	Localización e instituciones educativas que requieren de conexión a servicio de internet.	Permite la conexión con miras a derivar filamentos a partir de la red matriz principal o troncal especificada.
Determinado por	Distancia ubicación cercana a corredor vial concesionario.	Especificación y ficha técnica fibra óptica 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 permite: se acepta el uso  No se permite según lo establecida en parámetros técnicos de la ficha técnica: se rechaza el uso
Prueba de valor	Si / No.	Si / No.
Supuestos	No se considera 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 fibra óptica.
Cumplimiento o Valores alcanzados del presente estudio	Si cumple	Si cumple

De manera complementaria, se tiene que el hecho de habilitar la conexión de las veintinueve (29) instituciones, representaría un beneficio directo, consistente en aumentar en 1043 la cifra de estudiantes de las escuelas que no cuentan con servicio en la actualidad, pasando de esta manera del 64 % (1834 estudiantes) de cobertura a un total de 2877 estudiantes (Anexo F), es decir, se lograrían beneficiar al 100 % de estos.

Como apoyo a la presentación de los principales hallazgos obtenidos con los tópicos abordados en este estudio, se presenta una gráfica que resume algunos de estos.

**Figura 16**

*Infografía de resumen resultados estudio*





## Conclusiones

Los procedimientos realizados permitieron determinar que la fibra óptica que debe materializar el concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S.A.S. puede utilizarse para beneficio de conexión al servicio de internet de las instituciones educativas oficiales que se ubican en el corredor vial.

Se observó que la infraestructura implementada por el Estado para garantizar el servicio de internet a las instituciones educativas públicas aún está en pañales. En el estudio se logró identificar un hecho de interés consistente en que algunas instituciones educativas, a pesar de estar tan cerca de la capital de Colombia, no cuentan con un buen servicio de internet o en ocasiones no lo tienen. Puesto esto de presente, los concesionarios viales podrían ser un aliado de gran importancia para expandir la cobertura del servicio de internet a nivel nacional, ya que según datos de la ANI, tan solo con las concesiones de cuarta generación se cubren casi 4500 kilómetros de vías a nivel nacional y algunas de ellas deben contar, dentro de su infraestructura, la instalación de fibra óptica casi en la totalidad de su longitud; caso similar al del concesionario considerado en el estudio, en el que se tiene la instalación de una fibra óptica de mínimo 48 hilos.

El proyecto de las vías 4G además de ser muy ambicioso, y si realmente es bien manejado, traerá a nuestro país un excelente desarrollo en muchos ámbitos económicos, y especialmente a la parte de educación ya que acercará a todos estos sitios con el mundo a través del internet. Por esto, podemos concluir que la infraestructura realizada en el concesionario vial, basado en las TIC si trae mayor desarrollo a cualquier población por donde esta cubra su trayecto, mejorando muchos aspectos que antes de existir, estaban muy atrasados. Esto representa un gran aporte en la construcción de país dado que se podrá contar con mayor cobertura de educación, acarreado que este sea un país más informado y con mayores posibilidades de desarrollo tanto económico, laboral, social, cultural y en general en todos los ámbitos.

Futuras líneas de investigación pueden plantearse para abordar el desarrollo de alternativas de conexión y sus respectivas valoraciones y análisis que permitan establecer criterios y metodologías para su selección. Así mismo, integrar la adquisición de datos para propósitos

distintos al sistema de transporte, bien pudiendo ser para sistemas de vigilancia y seguridad ciudadana. En el mismo sentido, se pueden proponer la integración en el clausulado de futuros contratos, de naturaleza similar al estudiado, para que se incorpore la obligatoriedad de realizar la conexión de fibra óptica para brindar servicio e internet a las instituciones educativas oficiales ubicadas en su área de influencia.

Finalmente, el enfoque dado al tema por los autores permite dilucidar desde otra óptica los beneficios que “*per se*” busca obtener la construcción y puesta en servicio de la infraestructura para sistemas de transportes como lo son los proyectos de concesiones viales, al tiempo que se lograría inocular la concesión - bajo este supuesto - del concepto de valor compartido, tal como lo refirió en su momento M.E. Porter & M.R. Kramer (2011). Así las cosas, es claro que la gerencia de proyectos es objeto de interés pues permitiría el desarrollo indefectible de esta tecnología para tan loable propósito: reducir la brecha de acceso al servicio de internet para instituciones oficiales de educación.

### Listado de referencias

- Agencia Nacional de Infraestructura. (2014). *Contrato de Concesión bajo el esquema APP 002 de 2014* (p. 126).
- Agencia Nacional de Infraestructura. (2020a). *Carreteras*. <https://www.ani.gov.co/>  
<https://www.ani.gov.co/carreteras-0>
- Agencia Nacional de Infraestructura. (2020b). *Datos Abiertos Agencia Nacional de Infraestructura*. <https://www.ani.gov.co/>. <https://www.ani.gov.co/basic-page/indices-de-transparencia-21793>
- Agencia Nacional de Infraestructura. (2020c). *Mapas Agencia Nacional de Infraestructura*. <https://animapas.maps.arcgis.com/>  
<https://animapas.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8782c0e22b3140f293fdce88d7ab8fcb>
- Alvarez, R. (2018). 661 Tbps en un sólo hilo de fibra óptica! Tenemos nuevo récord de velocidad para transmisión de datos. *Xataka.Com*.
- Călugăreanu, I. (2019). Particularities of public-private partnership in the social field of the republic of Moldova. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, 13(1), 411–420. <https://doi.org/10.2478/picbe-2019-0036>
- Castillo, J. A. (2019). *Fibra óptica: qué es, para qué se usa y cómo funciona*. <https://www.profesionalreview.com/>  
<https://www.profesionalreview.com/2019/02/15/fibra-optica-que-es/#:~:text=Qué es la fibra óptica Como ya adelantamos%2C,u otros materiales plásticos con la misma funcionalidad.>
- DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. DANE, Publicacion Para Todos.
- DANE. (2019). Geoportál DANE - Geovisor Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. In *Censo Nacional de Población y Vivienda*. <https://geoportál.dane.gov.co/>
- DANE. (2020). *Geoportál DANE - Geovisor Consulta de Sedes Educativas del SISE*. <https://Geoportál.Dane.Gov.Co/Geovisores/Sociedad/Consulta->

- Geosise/?Lt=4.456007353293281&lg=-73.2781601239999&z=6.  
<http://sise.dane.gov.co:38080/SISE/sise>
- Du, C., Dutta, S., Kurup, P., Yu, T., & 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>
- Grosz, D. F. (2017). Sistemas de Comunicacion por fibra óptica de alta capacidad. *Anales Academia Nacional de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales*, 56, 151–165.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Libro Metodología de la Investigación 6ta edición SAMPIERI (PDF) | Metodologiaecs. In *Book*.
- Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2020). *Mapas de Carreteras INVIAS*.  
<https://Hermes.Invias.Gov.Co>. <https://hermes.invias.gov.co/carreteras/>
- Liu, X. (2019). Evolution of Fiber-Optic Transmission and Networking toward the 5G Era. In *iScience*. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2019.11.026>
- M.E. Porter, & M.R. Kramer. (2011). Creating Shared Value. *Harvard Business Review*.
- Mathew, E. (2020). Swarm intelligence for intelligent transport systems: opportunities and challenges. In *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., & 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>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2018). *Evaluación de los programas del plan vive digital para la gente financiados con recursos del fondo de tecnologías de la información y las comunicaciones (FONTIC)*.  
[https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-5193\\_recurso\\_2.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-5193_recurso_2.pdf)
- Muñoz Prieto, W. (2002). Concesiones viales en Colombia. Historia y desarrollo. *Tecnura*, 10(1), 18–26. <https://doi.org/10.14483/22487638.5883>
- Okyere, D. K., Poku-Boansi, M., & Adarkwa, K. K. (2018). Connecting the dots: The nexus between transport and telecommunication in Ghana. *Telecommunications Policy*, 42(10), 836–844. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.07.008>
- Opawole, A., & Jagboro, G. O. (2016). Factors influencing the scope of private party's obligations in concession-based PPP projects in Nigeria. *Structural Survey*, 34(3), 297–314.

<https://doi.org/10.1108/SS-01-2016-0003>

- Parra, D. (2014). Las concesiones de cuarta generación (4G) y su impacto sobre el crecimiento económico. In *Septiembre 2014 - Recuadros del Informe sobre Inflación - Recuadro 3*.  
[https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/isi\\_sep\\_2014\\_reacuadro3.pdf](https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/isi_sep_2014_reacuadro3.pdf)
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2019). *DEFINICIÓN DE FIBRA ÓPTICA*.  
[Https://Definicion.De/](https://Definicion.De/). <https://definicion.de/fibra-optica/>
- 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>
- República de Colombia - Departamento Nacional de Planeación. (2018). Plan nacional de desarrollo 2018-2022: pacto por la equidad. *Departamento Nacional de Planeación*.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rodriguez, A. (2012). *Obtenido de Fibra óptica, qué es y cómo funciona*.  
<Https://Www.Fibraopticahoy.Com/Fibra-Optica-Que-Es-y-Como-Funciona/>.  
<https://www.fibraopticahoy.com/fibra-optica-que-es-y-como-funciona/>
- Sanchez S, J. A. (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., & Swathi, J. (2020). A review on structural health monitoring of railroad track structures using fiber optic sensors. *Materials Today: Proceedings*.  
<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., & 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., & García, J. A. (2018). Fiber-Optic Underground Sensor Networks. In *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., & Zhang, C. C. (2015). Experimental investigation of pavement behavior after embankment widening using a fiber optic sensor

network. *Structural Health Monitoring*. <https://doi.org/10.1177/1475921714548935>

Yan, X., Chong, H.-Y., Zhou, J., & Li, Q. (2019). Concession model for fair distribution of benefits and risks in build-operate-transfer road projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(3), 265–275. <https://doi.org/10.3846/jcem.2019.8649>

## Anexo A

### *Hitos históricos de importancia relacionados con el uso de fibra óptica para transmisión de datos y redes de comunicación*

#### **HISTORICAL ASPECTS—OVERVIEW OF FIBER-OPTIC TRANSMISSION AND NETWORKING**

Fiber-optical communications benefited from many groundbreaking scientific advances in the field of optics, photonics, electronics, and digital signal processing (DSP) (Agrell et al., 2016; Kaminow et al., 2013; Winzer et al., 2018). The following list highlights some of the relevant breakthroughs and events (Hecht, 2004):

**1880:** Alexander Graham Bell invented Photophone

**1948:** Claude Shannon formulated the Shannon Limit of a communication channel (Shannon, 1948)

**1957:** Charles Townes and Arthur Schawlow outlined principles of laser operation (Schawlow and Townes, 1958)

**1966:** Charles Kao concluded that the fundamental limit on glass transparency is below 20 decibels per kilometer, which would be practical for communications. Hockham calculated that clad fibers should not radiate much light. They prepared a paper proposing fiber-optic communications (Kao and Hockham, 1966)

**1970:** First continuous-wave room-temperature semiconductor lasers made in early May by Zhores Alferov's group at the Ioffe Physical Institute in Leningrad (now St. Petersburg) and on June 1 by Mort Panish and Izuo Hayashi at Bell Labs

**1987:** David Payne's group reported making the first erbium-doped optical fiber amplifier at the University of Southampton. Emmanuel Desurvire and Randy Giles developed a model to predict the behavior of erbium optical amplifier at Bell Labs (Mears et al., 1987; Giles and Desurvire, 1991)

**1988:** Linn Mollenauer of Bell Labs demonstrated soliton transmission through 4,000 km of single-mode fiber

**1993:** Andrew Chraplyvy et al. at Bell Labs transmitted at 10 Gb/s on each of eight wavelengths through 280 km of dispersion-managed fiber (Chraplyvy et al., 1993)

**1996:** Commercial wavelength-division multiplexing (WDM) systems were introduced

**2002:** Differential phase-shift keying (DPSK) was first demonstrated for 40 Gb/s long-haul (4,000 km) transmission by Bell Labs (Xu et al., 2004; Gnauck et al., 2002)

**2002:** Nonlinearity compensation in fiber transmission was introduced for phase-modulated signals by Bell Labs (Liu et al., 2002)

**2003:** Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON) was standardized by the Telecommunication Standardization Sector of the International Telecommunication Union (ITU-T)

2004: DSP-based coherent optical detection concept was introduced by Michael Taylor of University College London (Taylor, 2004)

2009: Superchannel concept was introduced and experimentally demonstrated at 1.2 Tb/s by Bell Labs (Chandrasekhar et al., 2009)

2010: Rene Essiambre et al. at Bell Labs studied the Shannon Limit for nonlinear fiber-optical transmission (Essiambre et al., 2010)

2010: 10-Gigabit-capable Passive Optical Networks (XG-PON) were standardized by ITU-T

2011: Peter Winzer et al. at Bell Labs researched spatial multiplexing for optical transport capacity scaling (Winzer, 2011)

2012: Flexible-grid WDM was standardized by ITU-T (Recommendation ITU-T G.694.1, 2012)

2016: Low-loss low-nonlinearity optical fibers were specified by ITU-T (Zong et al., 2016)

2018: Low-loss M×N colorless-directionless-contentionless (CDC) wavelength-selective switch (WSS) was developed by Lumentum (Colbourne et al., 2018)

2019: Super-C-band transmission with 6-THz optical bandwidth was demonstrated by Huawei Technologies (Huawei's ON2.0, 2019)

*Fuente:* Liu (2019).



## Anexo B

*Velocidades de transmisión de datos alcanzados con la evolución tecnológica de la fibra óptica*

Year:	1980	1990	2000	2010	2020
<b>Channel rate</b>	2.5 Gb/s	10 Gb/s	40 Gb/s	100 Gb/s	200/400 Gb/s
<b>Modulation format (typical)</b>	OOK (NRZ)	OOK (RZ)	DPSK DQPSK	PDM-QPSK	PDM-nQAM, CS, PAM4, DMT
<b>System features (newly added)</b>	Single-span, Single-channel	Multi-span with EDFAs, WDM	DWDM, Raman, ROADMs	1:N WSS, CDC-ROADMs	Flexible-grid WDM, M:N WSS, Super-C EDFA
<b>System capacity (typical)</b>	2.5 Gb/s (single channel)	400 Gb/s (40 WDM channel)	1.6 Tb/s (40 WDM channel)	8 Tb/s (80 DWDM channel)	16~32 Tb/s (Fixed-grid or flex- grid channels)
<b>System reach (typical)</b>	100 km (single span)	1000 km	1000 km @40G 3000 km @10G	4000 km @100G	2000(1000) km @200(400)G
<b>Enabling technologies</b>	Directly modulated laser	High-speed modulation, HD- FEC	Differential phase-shift- keying	Coherent detection with oDSP, SD-FEC	100Gbaud-class OE device and advanced oDSP

*Fuente:* Liu (2019).

### Anexo C

*Registro de instituciones educativas ubicada área de influencia concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S.A.S*

No.	Municipio	Cantidad estudiantes	Nombre Institución
1	Sesquilé	450 Estudiantes	IED Carlos Abondano Gonzalez Sede A
2	Sesquilé	406 Estudiantes	IED Carlos Abondano Gonzalez Sede B Simón Bolívar
3	Sesquilé	144 Estudiantes	IED Mendez Rozo Sede San Jose
4	Sesquilé	23 Estudiantes	IED Mendez Rozo Sede Chaleche
5	Guatavita	78 Estudiantes	Escuela Sede Manuela Beltran Chaleche
6	Guatavita	280 Estudiantes	Colegio PIO XII
7	Guatavita	22 Estudiantes	Cruce Escolar -Escuela Jose Acevedo y Gómez
8	Guasca	11 Estudiantes	Cruce Escolar -Escuela Santuario
9	Guasca	13 Estudiantes	Escuela Providencia Santa Lucia
10	Guasca	458 Estudiantes	IED El Carmen Sede Salitre
11	Guasca	14 Estudiantes	IED El Carmen Sede Santa Isabel
12	Sopó	90 Estudiantes	IED Departamental técnica La Violeta Sede Meusa.
13	Sopó	50 Estudiantes	Liceo Campestre Divino Niño
14	Sopó	23 Estudiantes	Jardin Infantil El Chuscal
15	Sopó	66 estudiantes	Felix Samaniego
16	La Calera	55 Estudiantes	Cruce Escolar- Escuela La Aurora Sede San Cayetano
17	La Calera	580 Estudiantes	Colegio Cooperativo Pablo VI
18	La Calera	800 Estudiantes	Colegio La Colina
19	La Calera	460 Estudiantes	IED El Salitre
20	La Calera	600 Estudiantes	Colegio Tilatá
21	La Calera	272 Estudiantes	Colegio Ekiraya
22	La Calera	60 Estudiantes	Colegio Castillo y Peldaños
23	Choachí	9 Estudiantes	Agua Dulce
24	Choachí	30 Estudiantes	El Pulpito
25	La Calera	19 Estudiantes	Escuela El Volcán
26	La Calera	11 Estudiantes	Escuela Jerusalén
27	La Calera	11 Estudiantes	Escuela Treinta y Seis
28	La Calera	Sin Información	Escuela Sagrado Corazón
29	La Calera	40 Estudiantes	Escuela Tunjaque
30	La Calera	16 Estudiantes	Escuela Junia Alta
31	La Calera	16 Estudiantes	Escuela Potrerogrande

32	La Calera	9 Estudiantes	Escuela Yerbabuena
33	La Calera	280 Estudiantes	Colegio El Hato
34	La Calera	6 Estudiantes	Escuela Quiuza
35	Ubaque	35 Estudiantes	Escuela Rural San Agustín
36	Ubaque	18 Estudiantes	Escuela Rural Ganco
37	Ubaque	52 Estudiantes	Escuela Rural Girón de Moyas
38	Ubaque	52 Estudiantes	Escuela Rural El Resguardo

*Fuente:* Agencia Nacional de Infraestructura (2014).

## Anexo D

Formato diligenciado con datos levantados derivados de visita de campo

Formato No. 01	Identificación y localización de instituciones educativas sobre el corredor vial en estudio	Fecha de jornada de campo: Diciembre 12/20
-------------------	---	---

Consecutivo	Municipio	Colegio o Institución de educación	Coordenadas registradas		Registro fotográfico (identificar en orden según imagen tomada con equipo móvil)
			Norte	Este	
1	Sesquile'	IED Carlos Abundano Gonzales Sede A.	5°2'52.01"	73°47'50.09"	IMG - 20201212 - W A0090 y A0091
2	Sesquile'	IED Carlos Abundano Gonzales Sede B	5°2'44.76"	73°47'47.33"	IMG - 20201212 - W A0092 y A0093.
		Simón Bolívar			
3	Sesquile'	IED Nendez Rozo sede San José	4°59'9.07"	73°48'31.25"	IMG - 20201212 - W A0094 y A0095
4	Sesquile'	IED Nendez Rozo sede Chaleche	4°57'38.36"	73°49'15.48"	IMG - 20201212 - W A0096 y A0097
5	Guatavita.	Escuela Sede Manuela Beltrán	4°56'44.33"	73°49'1.66"	IMG - 20201212 - W A0101 y A0102.
		Chaleche			
6	Guatavita.	Colegio Pío XII	4°56'12.99"	73°49'42.76"	IMG - 20201212 - W A0103 y A0104.
7	Guatavita.	Cruce escolar, Escuela Jose'	4°54'45.42"	73°51'15.21"	IMG - 20201212 - W A0105 y A0106.
		Acevedo y Gomez			
8	Gvasca.	Cruce Escolar Escuela Santuario	4°53'23.28"	73°53'16.97"	IMG - 20201212 - W A0110 y A0111
9	Gvasca	Escuela Providencia Santa Lucia.	4°52'49.88"	73°53'27.18"	IMG - 20201212 - W A0120 y A0121.
10	Gvasca.	IED El Carmen sede Salitre	4°49'38.45"	73°55'25.46"	IMG - 20201212 - W A0125 y A0128
11	Gvasca.	IED El Carmen sede Santa Isabel	4°52'40.45"	73°53'35.75"	IMG - 20201212 - W A0135 y A0138.

Elaborado por:

Numero de documento:

Por Eduardo Pineda  
CC.98531443

Formato No.	Identificación y localización de instituciones educativas sobre el corredor vial en estudio	Fecha de jornada de campo:
01		Diciembre 13/20

Consecutivo	Municipio	Colegio o Institución de educación	Coordenadas registradas		Registro fotográfico (identificar en orden según imagen tomada con equipo móvil)
			Norte	Este	
12	Sopó	ZED Departamental técnica La violeta sede Hevsa	4°51'10.91"	73°56'23.53"	IMG - 20201212 - W A0139 y A0140.
13	Sopó	Liceo Campesino Divino Niño	4°52'0.13"	73°56'18.84"	IMG - 20201212 - W A0145 y A0146
14	Sopó	Jardín Infantil El chuscal	4°54'42.50"	73°56'36.24"	IMG - 20201212 - W A0148 y A0151
15	Sopó	Felix Samaniego	4°54'25.24"	73°56'37.48"	IMG - 20201212 - W A0155 y A0158.
16	Calera.	Cruce escolar Escuela LA AVUSA sede San Cayetano	4°46'56.65"	73°57'21.16"	IMG - 20201212 - W
17	Calera.	Colegio Cooperativo Pablo VI	4°43'10.42"	73°57'59.90"	IMG - 20201212 - W A0165 y A0167.
18	Patios	Colegio La Colina	4°40'47.26"	73°59'35.23"	IMG - 20201212 - W A0163 y A0169.
19	Patios	ED EL Salitre	4°40'39.05"	73°59'36.62"	IMG - 20201212 - W A0170 y A0171
20	Patios	Colegio Tilata	4°40'14.22"	73°59'48.30"	IMG - 20201212 - W A0175 y A0178
21	Patios	Colegio Ekiraya	4°39'36.96"	74°0'29.40"	IMG - 20201212 - W A0180 y A0181
22	Patios	Colegio Castillo y Peidaras	4°39'43.66"	74°0'24.55"	IMG - 20201212 - W A-0182 y A0184
23	choachi	Agua Dulce	4°33'47.63"	73°58'4.75"	IMG - 20201212 - W A0185 y A0188

Elaborado por:  
Numero de documento:

*Enrique Eduardo Rodríguez*  
CC-98531448






Formato No. 01	Identificación y localización de instituciones educativas sobre el corredor vial en estudio	Fecha de jornada de campo: 12-01-2020
-------------------	---	--

Consecutivo	Municipio	Colegio o Institución de educación	Coordenadas registradas		Registro fotográfico (identificar en orden según imagen tomada con equipo móvil)
			Norte	Este	
25	La Calera.	Escuela El Volcán	4°41'40.61"	73°56'50.75"	202012120002 202012120003
26	La Calera.	Escuela Jerusalén	4°41'14.85"	73°56'26.08"	202012120003 202012120004
27	La Calera.	Escuela Treinta u Seis.	4°38'34.04"	73°54'20.18"	202012120005 202012120006
28	La Calera.	Escuela Sagrado Corazón.	4°37'33.40"	73°54'33.22"	202012120007 202012120008.
29	La Calera	Escuela Toujaque.	4°37'15.30"	73°54'37.69"	202012120009 202012120010.
30	La Calera	Escuela Junia Alta.	4°36'35.79"	73°55'42.37"	202012120011 202012120012.
31	La Calera	Escuela Patrocinio Grande.	4°35'58.28"	73°56'14.30"	202012120013 202012120014
32	La Calera	Escuela Verbabuena.	4°35'44.28"	73°56'18.61"	202012120015 202012120016.
33	La Calera	Colegio El Hato.	4°34'27.48"	73°55'32.12"	202012120017 202012120018.
34	La Calera	Escuela Quieta.	4°34'2.08"	73°55'26.64"	202012120019. 202012120020.
35	Ubaque.	Escuela Rural San Agustín.	4°27'55.07"	73°55'7.54"	202012120021 202012120022.
36	Ubaque	Escuela Rural Sanco.	4°26'48.48"	73°54'50.38"	202012120023 202012120024
37	Ubaque	Escuela Rural Arroyo de Maques.	4°26'1.68"	73°56'17.34"	202012120025 202012120026.
38.	Ubaque	Escuela Rural El Resguardo.	4°25'21.12"	73°56'38.03"	202012120027 202012120028.

Elaborado por:  
Numero de documento:

Jhon Edison Reyok.  
80769.774  


### Anexo E

*Registro fotográfico particular y coordenadas de ubicación instituciones educativas ubicada área de influencia concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S.A.S.*

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		
3	Sesquilé	IED Méndez Rozo Sede San José	4°59'9.07"N	73°48'31.25"O		
4	Sesquilé	IED Mendez Rozo Sede Chaleche	4°57'38.36"N	73°49'15.48"O		
5	Guatavita	Escuela Sede Manuela Beltrán Chaleche	4°56'44.33"N	73°49'1.66"O		
6	Guatavita	Colegio PIO XII	4°56'12.99"N	73°49'42.76"O		
7	Guatavita	Cruce Escolar - Escuela José Acevedo y Gómez	4°54'45.42"N	73°51'15.21"O		
8	Guasca	Cruce Escolar - Escuela Santuario	4°53'23.28"N	73°53'16.97"O		
9	Guasca	Escuela Providencia Santa Lucia	4°52'49.88"N	73°53'27.18"O		
10	Guasca	IED El Carmen Sede Salitre	4°49'38.45"N	73°55'25.46"O		
11	Guasca	IED El Carmen Sede Santa Isabel	4°52'40.45"N	73°53'35.75"O		



12	Sopó	IED Departamental técnica La Violeta Sede Meusa.	4°51'10.91"N	73°56'23.53"O	
13	Sopó	Liceo Campestre Divino Niño	4°52'0.13"N	73°56'18.84"O	
14	Sopó	Jardín Infantil El Chuscal	4°54'42.50"N	73°56'36.24"O	
15	Sopó	Felix Samaniego	4°54'25.24"N	73°56'37.48"O	
16	La Calera	Cruce Escolar-Escuela La Aurora Sede San Cayetano	4°46'56.65"N	73°57'21.16"O	
17	La Calera	Colegio Cooperativo Pablo VI	4°43'10.42"N	73°57'59.90"O	
18	La Calera	Colegio La Colina	4°40'41.26"N	73°59'35.28"O	
19	La Calera	IED El Salitre	4°40'39.05"N	73°59'36.62"O	
20	La Calera	Colegio Tilatá	4°40'14.22"N	73°59'48.30"O	
21	La Calera	Colegio Ekiraya	4°39'36.96"N	74° 0'29.40"O	
22	La Calera	Colegio Castillo y Peldaños	4°39'43.66"N	74° 0'24.55"O	
23	Choachí	Agua Dulce	4°33'47.63"N	73°58'4.75"O	
24	Choachí	El Pulpito	4°33'12.63"N	73°56'0.90"O	
25	La Calera	Escuela El Volcán	4°41'40.61"N	73°56'50.75"O	

26	La Calera	Escuela Jerusalén	4°41'14.85"N	73°56'26.08"O		
27	La Calera	Escuela Treinta y Seis	4°38'34.04"N	73°54'20.18"O		
28	La Calera	Escuela Sagrado Corazón	4°37'33.40"N	73°54'33.22"O		
29	La Calera	Escuela Tunjaque	4°37'15.30"N	73°54'37.69"O		
30	La Calera	Escuela Junia Alta	4°36'35.79"N	73°55'42.37"O		
31	La Calera	Escuela Potrero grande	4°35'58.28"N	73°56'14.30"O		
32	La Calera	Escuela Yerbabuena	4°35'44.28"N	73°56'18.61"O		
33	La Calera	Colegio El Hato	4°34'27.48"N	73°55'32.12"O		
34	La Calera	Escuela Quiuza	4°34'2.08"N	73°55'26.64"O		
35	Ubaque	Escuela Rural San Agustín	4°27'55.07"N	73°55'7.54"O		
36	Ubaque	Escuela Rural Ganco	4°26'48.48"N	73°54'50.38"O		
37	Ubaque	Escuela Rural Girón de Moyas	4°26'1.68"N	73°56'17.34"O		
38	Ubaque	Escuela Rural El Resguardo	4°25'21.12"N	73°56'38.03"O		

*Fuente:* Elaboración propia con datos obtenidos de concesionario (Agencia Nacional de Infraestructura, 2014) y otros validados y verificadas en campo por autores.

### Anexo F

*Registro de instituciones educativas oficiales ubicadas en el área de influencia concesionario Perimetral Oriental de Bogotá S.A.S. y tecnología o medio de conexión a internet*

No.	Municipio	Cantidad estudiantes	Tecnología conexión / servicio internet			
			No tiene	Satelital	Coaxial + Modem	Datos inalámbricos
1	Sesquilé	450		✓		
2	Sesquilé	406		✓		
3	Sesquilé	144	✓			
4	Sesquilé	23	✓			
5	Guatavita	78	✓			
6	Guatavita	280		✓		
7	Guatavita	22	✓			
8	Guasca	11	✓			
9	Guasca	13	✓			
10	Guasca	458				✓
11	Guasca	14	✓			
12	Sopó	90	✓			
13	Sopó	50	✓			
14	Sopó	23	✓			
15	Sopó	66			✓	
16	La Calera	55	✓			
17	La Calera	580			✓	
18	La Calera	800		✓		
19	La Calera	460	✓			
20	La Calera	600		✓		
21	La Calera	272			✓	
22	La Calera	60	✓			
23	Choachí	9	✓			
24	Choachí	30	✓			
25	La Calera	19	✓			
26	La Calera	11	✓			
27	La Calera	11	✓			
28	La Calera	Sin información	✓			
29	La Calera	40	✓			
30	La Calera	16	✓			
31	La Calera	16	✓			
32	La Calera	9	✓			
33	La Calera	280	✓			
34	La Calera	6	✓			
35	Ubaque	35	✓			

36	Ubaque	18	✓			
37	Ubaque	52	✓			
38	Ubaque	52	✓			
<b>Totales</b>		<b>2877</b>	<b>29</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

*Fuente:* Elaboración propia con datos obtenidos de concesionario (Agencia Nacional de Infraestructura, 2014) y otros registrados, validados y verificadas en campo por autores.

# Anexo G

## Ficha técnica fibra óptica aprobada al concesionario



Spec. No. : L8GG-15-000139-04  
 Issued date : May. 16, 2016  
 Page : 2 OF 8

Tender No. :	Spec. No. : L8GG-15-000139-04				
User / Customer :	Page No. : 1 of 8				
Tender Title :					
Bidder : LS Cable & System Ltd.					
Document Title :					
<h3>Specification</h3> <p>For</p> <p>Fiber Optic Cable                  Loose Tube / Dry Cored                  All-Dielectric / Self-Supporting                  (Span 100m &amp; 200m)</p>					
04	May. 16, 2016	Added 200F cable	Lee, Mansu	Jun, Youngho	Lee, Yulhyung
03	Mar. 15, 2016	Cable design optimized for spans 100 & 200m	Lee, Mansu	Jun, Youngho	Lee, Yulhyung
02	Jan. 14, 2016	Added lengthening table for various spans and sag	Lee, Mansu	Jun, Youngho	Lee, Yulhyung
01	Aug. 28, 2015	G.885C.D fiber type was added	Kim, Sangbuh	Jun, Youngho	Lee, Yulhyung
00	Apr. 28, 2015	Original issue	Kim, Sangbuh	Jun, Youngho	Lee, Yulhyung
Rev. No.	Date	Descriptions	Prepared By	Reviewed By	Approved By



### 1. SCOPE

#### 1.1 Application

This specification covers the general requirements of all dielectric self-supporting cable for aerial application.

#### 1.2 Cable description

Color coded fibers in jelly filled loose tubes. The tubes and fillers (if necessary) are SZ-stranded and laid up around a dielectric central strength member, dry blocked, taped, sheathed outer jacket. Peripheral strength elements are laid under outer jacket.

### 2. OPTICAL FIBER

The optical, geometrical, mechanical and environmental performance of the optical fiber shall be in accordance with Table 1 and Table 2 below.

Table 1. Performance of the single mode fiber (ITU-T G. 652 D)

Items	Units	Specification
Attenuation coefficient	dB/km	≤ 0.36 at 1.310nm ≤ 0.35 at 1.383nm ≤ 0.22 at 1.550nm
Chromatic dispersion	ps/nm.km	≤ 3.5 at 1.285nm ~ 1.330nm ≤ 18 at 1.550nm
Zero dispersion wavelength	nm	1,300 ~ 1,322
Zero dispersion slope	ps/nm <sup>2</sup> .km	≤ 0.092
Cable PMD (PMD <sub>c</sub> )	ps/√km	≤ 0.2 (20 section link)
Cut-off wavelength (l.c.c. cabled fiber)	nm	≤ 1,260
Attenuation vs. Bending (30mm radius x 100turns)	dB	≤ 0.1 at 1.625nm
Mode field diameter	μm	9.2 ± 0.4 at 1.310nm 10.4 ± 1.0 at 1.550nm
Core-clad concentricity error	μm	≤ 0.6
Cladding diameter	μm	125 ± 1.0
Cladding non-circularity	%	≤ 1.0
Coating diameter	μm	245 ± 10
Proof test	Gpa	≥ 0.69

Copyright©2016 LS Cable & System All Right Reserved.  
 No part of this document may be reproduced without written authorization.



Spec. No. : L8GG-15-000139-04  
 Issued date : May. 16, 2016  
 Page : 3 OF 8

Table 2. Performance of the single mode fiber (ITU-T G. 655 C/D)

ITEMS	UNITS	SPECIFICATION
Attenuation	dB/km	≤ 0.24 at 1,550nm ≤ 0.26 at 1,625nm
Chromatic Dispersion	ps/nm.km	2.0 ~ 8.0 at 1,530 ~ 1,565nm 4.5 ~ 11.2 at 1,565 ~ 1,625nm
Dispersion Slope at 1,550nm	ps/nm <sup>2</sup> .km	≤ 0.09
Cable PMD (PMD <sub>c</sub> )	ps/√km	≤ 0.1 (20 section link)
Cut-off Wavelength (l.c.c. Cabled fiber)	nm	≤ 1,450
Attenuation vs. Bending (30mm radius x 100turns)	dB	≤ 0.1 at 1,625nm
Mode Field Diameter	μm	9.6 ± 0.5 at 1,550nm
Core/Cladding Concentricity Error	μm	≤ 0.6
Cladding Diameter	μm	125 ± 1
Cladding Non-circularity	%	≤ 1
Coating Diameter	μm	245 ± 10
Proof Test Level	Gpa	≥ 0.69

### 3. CABLE CONSTRUCTION

The construction of the cable shall be in accordance with Table 3 below.

Table 3. Construction of the cable

Items	Description
No. of Fibers	6 12 24 36 48 60 72 96 144 288
No. of Fibers per Tube	6 12
No. of Tubes	1 2 4 3 4 5 6 8 12 24
No. of Fillers	4 3 1 2 1 0 0 0 0 0 0
Loose Buffer Tube	PBT (Polybutylene Terephthalate) Nom. 2.0 mm Nom. 2.3 mm
Filling Compound in Loose Buffer Tube	Thixotropic Jelly Compound
Filler (if necessary)	Polyethylene or polypropylene rod
Central Strength Member	FRP with PE coating if necessary
Water Blocking Material	Water blocking yarn around central strength member
Core Wrapping Tape	Water blocking tape
Peripheral Strength Element	Aramid yarns
Ripcord	2 ripcords
Outer Jacket	Material: Black PE Thickness: Nom. 1.5 ~ 1.7 mm

Copyright©2016 LS Cable & System All Right Reserved.  
 No part of this document may be reproduced without written authorization.



Spec. No. : L8GG-15-000139-04  
 Issued date : May. 16, 2016  
 Page : 4 OF 8

### 4. FIBER AND LOOSE BUFFER TUBE IDENTIFICATION

The color code of loose buffer tubes and individual fibers within each loose buffer tube shall be in accordance with Table 4 and Table 5 below.

Table 4. Color code of the individual fibers

No. of Fibers	Color	No. of Fibers	Color
1	Blue	7	Red
2	Orange	8	Black
3	Green	9	Yellow
4	Brown	10	Violet
5	Gray	11	Pink
6	White	12	Aqua

Table 5. Color code of the individual loose tubes

No. of Tubes	Color	No. of Tubes	Color
1	Blue	13	Blue/BK stripe
2	Orange	14	Orange/BK stripe
3	Green	15	Green/BK stripe
4	Brown	16	Brown/BK stripe
5	Slate	17	Slate/BK stripe
6	White	18	White/BK stripe
7	Red	19	Red/BK stripe
8	Black	20	Black/W/H stripe
9	Yellow	21	Yellow/BK stripe
10	Violet	22	Violet/BK stripe
11	Pink	23	Pink/BK stripe
12	Aqua	24	Aqua/BK stripe

### 5. PHYSICAL/MECHANICAL/ENVIRONMENTAL PERFORMANCE AND TESTS

The mechanical and environmental performance of the cable shall be in accordance with Table 6 below. Unless otherwise specified, all attenuation measurements required in this section shall be performed at 1,550nm.

Table 6. The mechanical and environmental performance of the cable

Items	Test method and acceptance criteria
Tensile strength	• Test method: IEC 60794-1-21 Method E1 • MAT(Maximum Allowable Tension) in Table 8 for 1 hour • Acceptance criteria - Fiber strain: ≤ 0.33% during the test - Attenuation increase: ≤ 0.10 dB

Copyright©2016 LS Cable & System All Right Reserved.  
 No part of this document may be reproduced without written authorization.



Items	Test method and acceptance criteria
Crush resistance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Test method: IEC 60794-1-21 Method E3</li> <li>Applied load: 1,000 N/100 mm for 10 minutes</li> <li>No. of points: 1 point</li> <li>Acceptance criteria</li> <li>Attenuation increment: <math>\leq 0.1</math> dB during the test</li> </ul>
Impact resistance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Test method: IEC 60794-21 Method E4</li> <li>Impact energy: 5J</li> <li>No. of impact per point: 1 time</li> <li>No. of impact points: 3 points (300mm interval)</li> <li>Acceptance criteria</li> <li>Attenuation increment: <math>\leq 0.1</math> dB</li> </ul>
Cable bend	<ul style="list-style-type: none"> <li>Test method: IEC 60794-1-21 Method E1.1 A</li> <li>Bending radius (mandrel): 20D (D = cable diameter)</li> <li>No. of turns: 4 turns (wrapped and unwrapped)</li> <li>No. of flexing cycles: 10 cycles</li> <li>Acceptance criteria</li> <li>Attenuation increment: <math>\leq 0.1</math> dB</li> </ul>
Cable twist test	<ul style="list-style-type: none"> <li>Test method: IEC 60794-1-21 Method E7</li> <li>Cable length under test: 2m</li> <li>No. of twist cycles: 10 cycles</li> <li>Twist angle: <math>\pm 180^\circ</math></li> <li>Acceptance criteria</li> <li>Attenuation increment: <math>\leq 0.1</math> dB</li> </ul>
Water penetration	<ul style="list-style-type: none"> <li>Test method: IEC 60794-1-21 Method FSB</li> <li>Length of specimen: 3m</li> <li>Height of pressure head: 1m</li> <li>Test time: 24 hours</li> <li>Acceptance criteria</li> <li>No leakage through the open cable end</li> </ul>
Cable temperature cycling	<ul style="list-style-type: none"> <li>Test method: IEC 60794-1-22 Method F1</li> <li>Temperature cycling schedule</li> <li><math>-23^\circ\text{C} \rightarrow -40^\circ\text{C} \rightarrow 70^\circ\text{C}</math></li> <li>Soak time at each temperature: 24 hours</li> <li>No. of cycles: 2</li> <li>Acceptance criteria</li> <li>Attenuation increment: <math>\leq 0.1</math> dB/km</li> </ul>

6. SAG/TENSION PERFORMANCE

Table 7. Max. Operating Condition

Items	Value
Operating temperature (°C)	-1
Wind load (kg/mm <sup>2</sup> )	48.3 (= 100 km/h)
Ice thickness (mm)	No ice
Minimum installation sag (%)	1.5%      2.0%
Minimum installation span (m)	120 m      200 m

Copyright©2016 LS Cable & System. All Right Reserved.  
 No part of this document may be reproduced without written authorization.

7.2.5 Circumference battens or wood-fiber board shall be secured with bands to protect the cable during normal handling and shipping.

7.3 Cable reel

7.3.1 Details given below shall be distinctly marked with a weather proof materials on both outer sides of the reel flange:

- 1) Purchaser's name
  - 2) Cable type and fiber counts
  - 3) Length of cable in meters
  - 4) Gross weight in kilograms
  - 5) Reel number
  - 6) Name of the manufacturer
  - 7) Year of manufacture
  - 8) Arrow showing the direction the drum shall be rolled
- \* Other shipping mark is also available upon request.

7.3.2 The cable shall be shipped on reels designed to prevent damage to the cable during shipment and installation.

7.3.3 The arbor holes provided in the reels shall be at least 75 mm and at most 110 mm in diameter.

8. SAFETY

8.1 ROHS directive

All cables and any associated packing and labeling materials shall meet RoHS (Restriction of the Use of certain Hazardous Substances) regulations as appropriate.

8.2 ISPM 15 directive

All wooden packing materials shall meet ISPM (International Standards for Phytosanitary Measures) regulations as appropriate.

Copyright©2016 LS Cable & System. All Right Reserved.  
 No part of this document may be reproduced without written authorization.

Table 8. Sag-Tension Table

Span	Fiber	Maximum Operation Tension			Maximum Allowable Tension		
		Span (m)	Sag (%)	Tension (kgf)	Vertical Sag (m)	Horizontal Sag (m)	Tension (kgf)
S120M	6-12	24	1.2%	54	0.7	4.8	198
	36-48	60	1.3%	76	0.7	4.7	217
	72	120	1.5%	89	0.8	4.7	230
	96	120	1.5%	116	0.9	4.4	273
	144	120	1.5%	185	1.0	4.1	362
S200M	288	200	1.5%	247	1.1	3.7	423
	6-12	24	2.0%	84	1.3	8.9	394
	36-48	60	2.0%	98	1.4	8.8	328
	72	200	2.0%	111	1.5	8.8	340
	96	200	2.0%	149	1.7	8.5	398
	144	200	2.0%	235	2.0	8.1	519
	288	200	2.0%	314	2.5	7.4	601

\*Actual values for configuration may deviate from the calculated values given in the table above.

7. PACKING AND MARKING

7.1 Cable marking

The jacket shall be marked with white characters at intervals of one meter with the following information. Other marking is also available if requested by customer.

- 1) Cable type and fiber counts
- 2) Manufacturer's name
- 3) Year of manufacture
- 4) Length marking
- 5) Customer name

Ex.) For a single mode 48-fiber cable, Span 200m  
 0000m ADSS S-200M SM48C LS Cable & System 2016 0001m ...

7.2 Cable packing

7.2.1 Standard length of the cable shall be 4,000m. Other cable length is also available if requested by customer.

7.2.2 Each length of the cable shall be wound on a separate wooden reel.

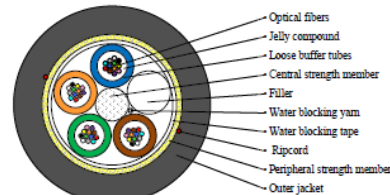
7.2.3 Both ends of the cable shall be sealed with suitable plastic caps to prevent the entry of moisture during shipping, handling and storage.

7.2.4 The cable ends shall be securely fastened to the reel to prevent the cable from becoming loose in transit or during placing operations.

Copyright©2016 LS Cable & System. All Right Reserved.  
 No part of this document may be reproduced without written authorization.

< Cross-sectional drawing of cable >

Example of cable drawing (48 fibers cable, S-120m & S-200m)



\*The drawing appearing on this page may be subject to change or modification without any prior notice.\*

Span Type	No. of Fibers	Cable diameter (mm)	Approx. Cable Nominal weight (kg/km)	Minimum Bending Radius (mm)	
				Under load	No load
S-120M	6-24	9.4 ± 0.5	64	190	95
	36-60	10.2 ± 0.5	76	200	100
	72	10.8 ± 0.5	89	220	110
	96	12.3 ± 0.5	116	250	125
	144	15.6 ± 0.5	184	310	155
	288	18.3 ± 0.5	247	370	185
S-200M	6-24	9.6 ± 0.5	67	190	95
	36-60	10.4 ± 0.5	79	210	105
	72	10.8 ± 0.5	89	220	110
	96	12.4 ± 0.5	119	250	125
	144	15.7 ± 0.5	187	310	155
	288	18.4 ± 0.5	251	370	185

\* Actual values for cable weight and diameter may deviate from the calculated values given in the table above.

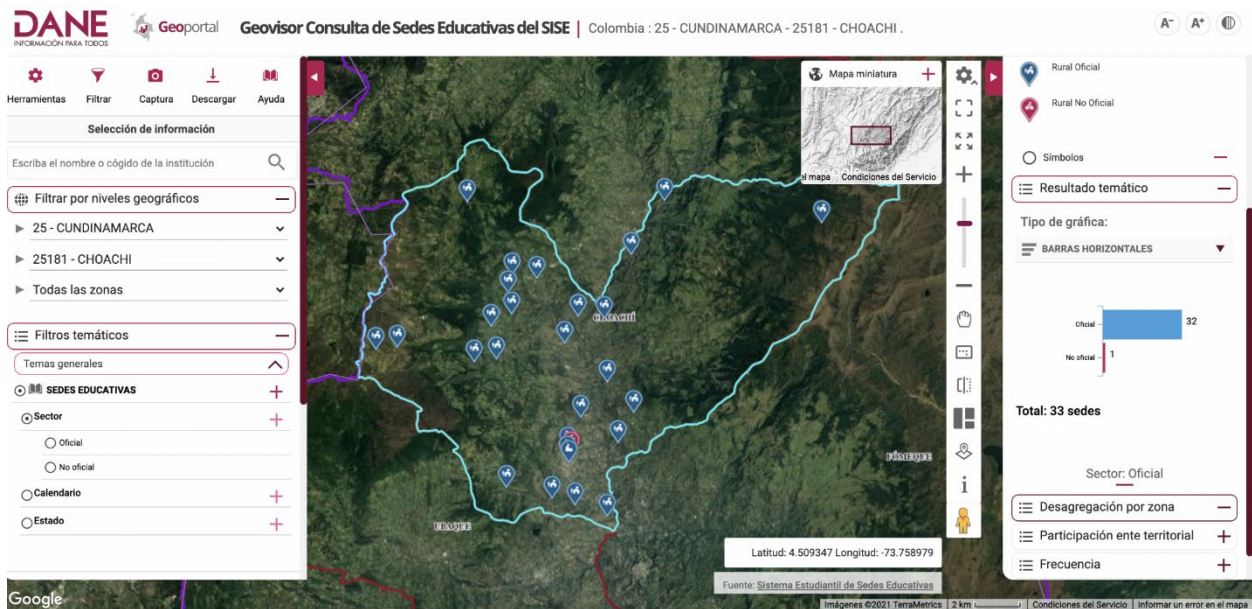
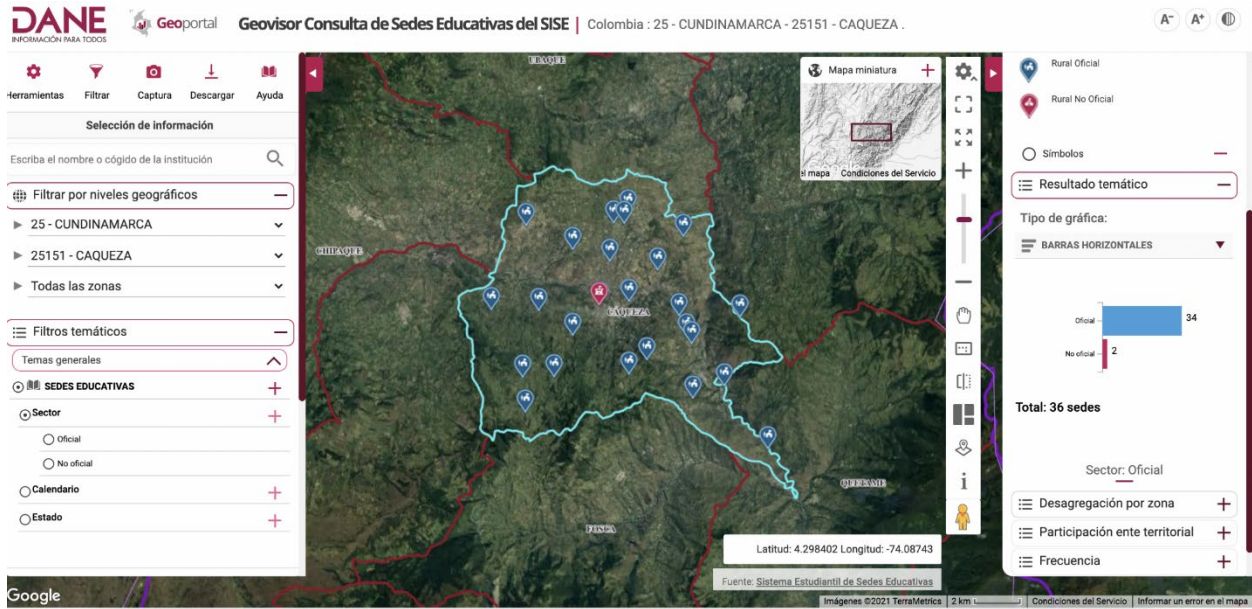
= End of Specification =

Copyright©2016 LS Cable & System. All Right Reserved.  
 No part of this document may be reproduced without written authorization.

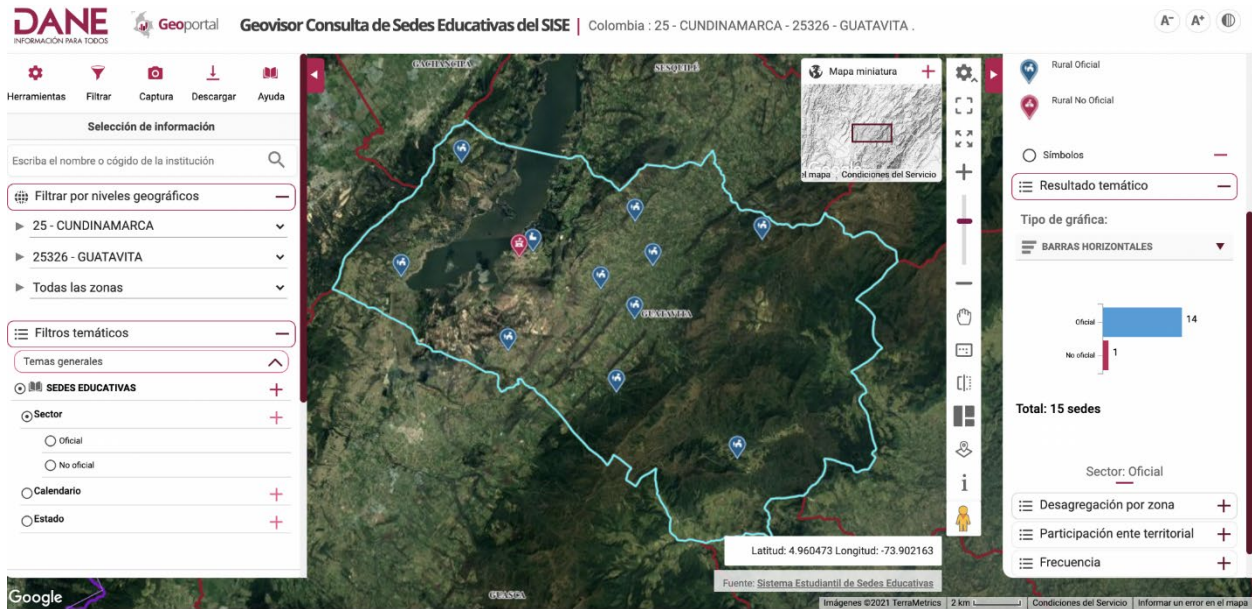
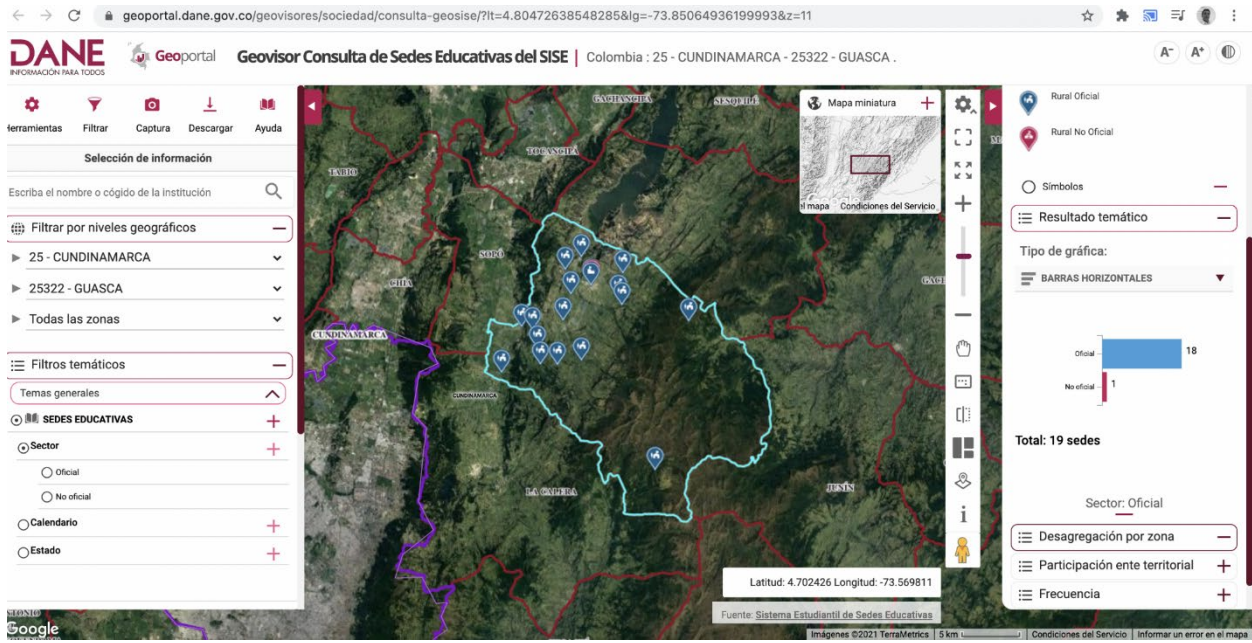
Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura (2014).

## Anexo H

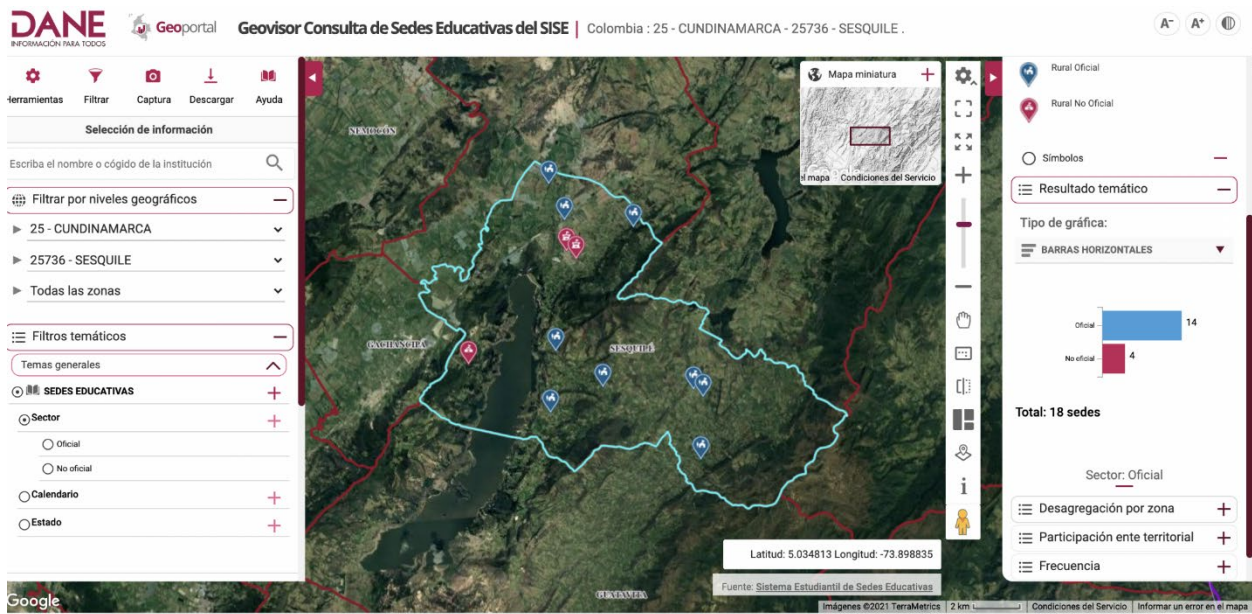
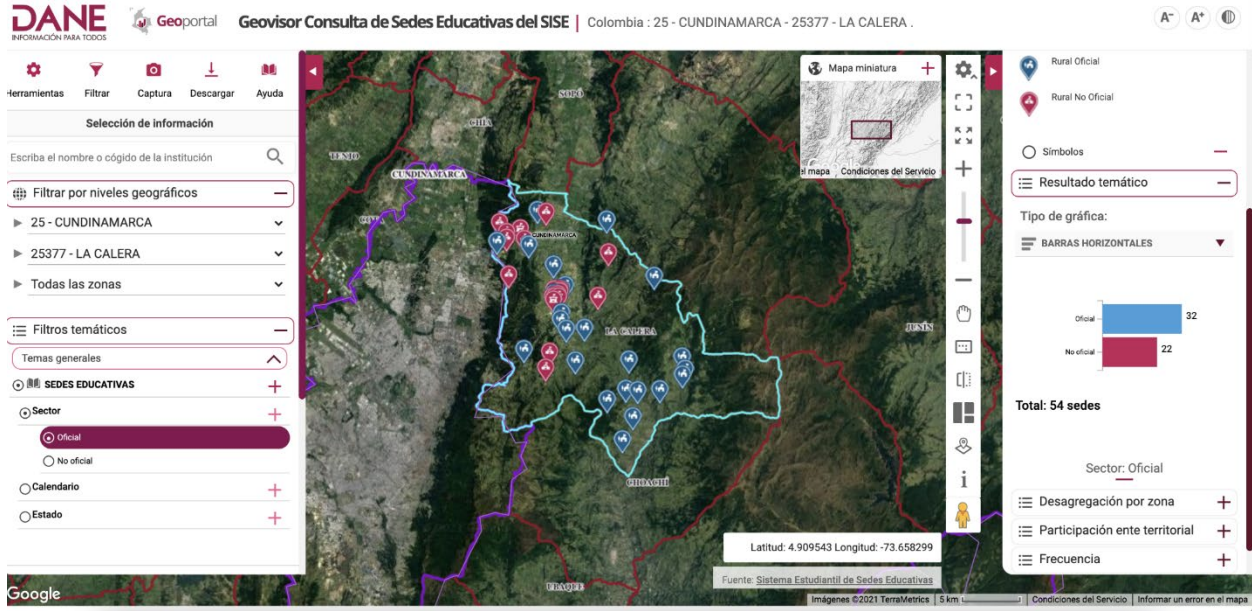
*Instituciones oficiales ubicadas en cada municipio de influencia directa del concesionario vial.  
 Datos obtenidos del Sistema de Identificación de Sedes Educativas – SISE, (DANE, 2020)*

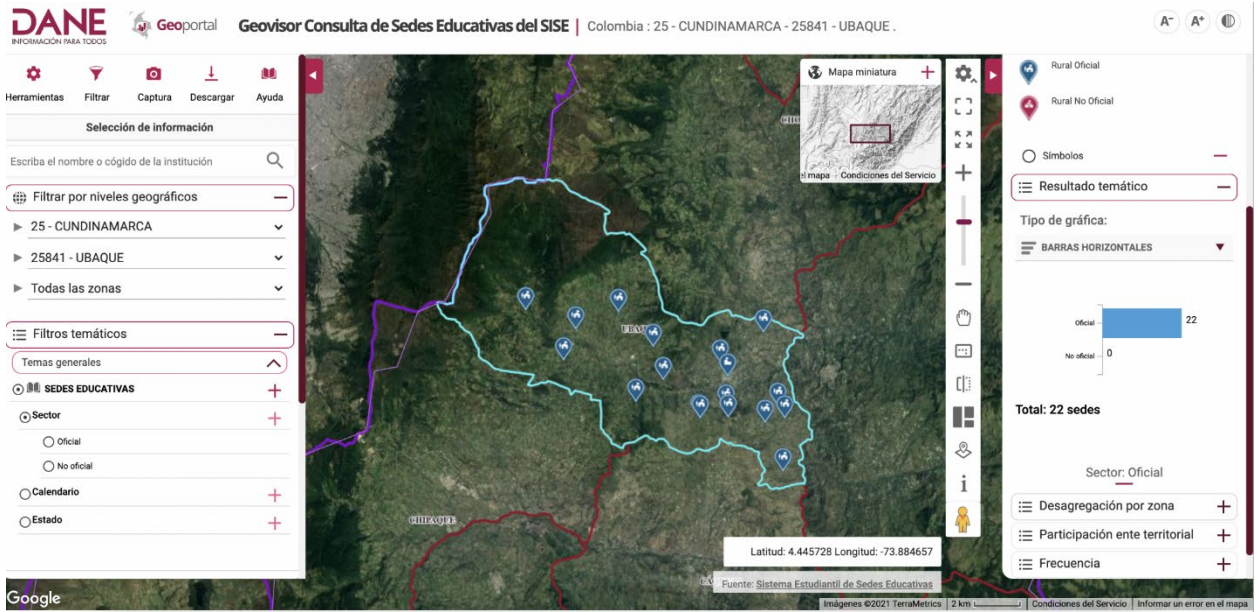
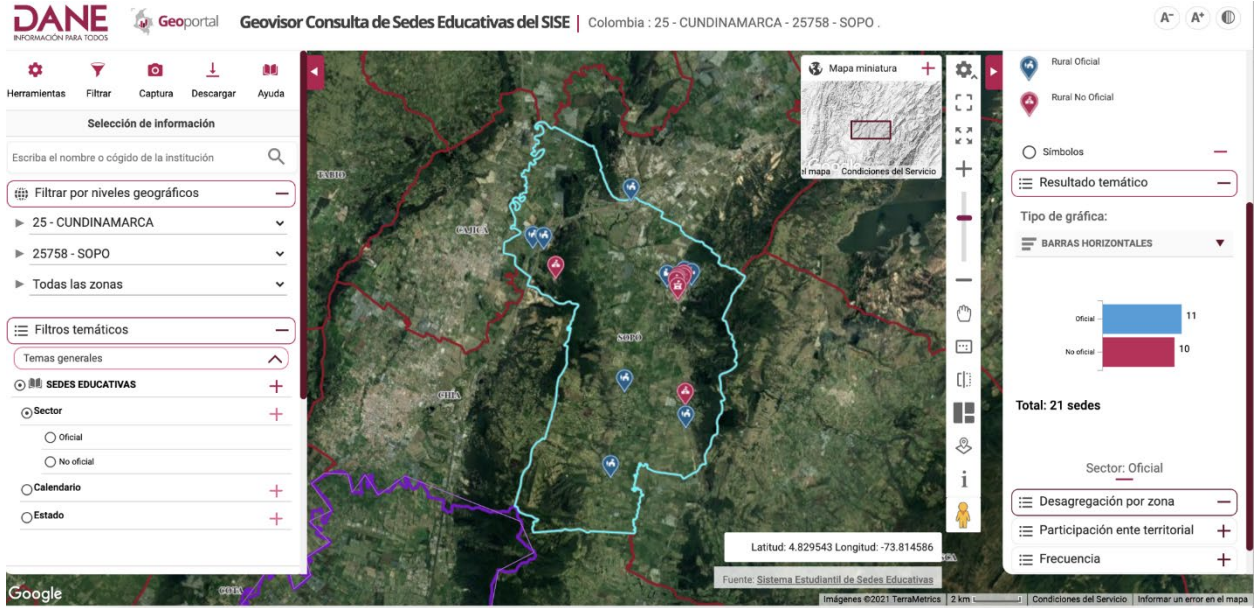








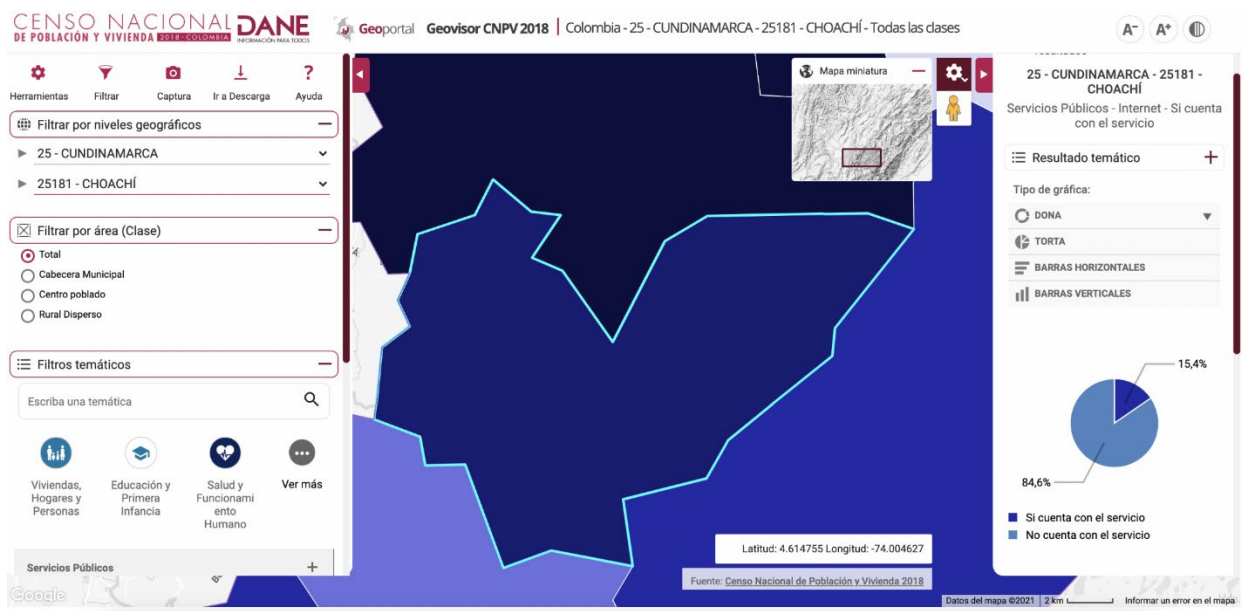
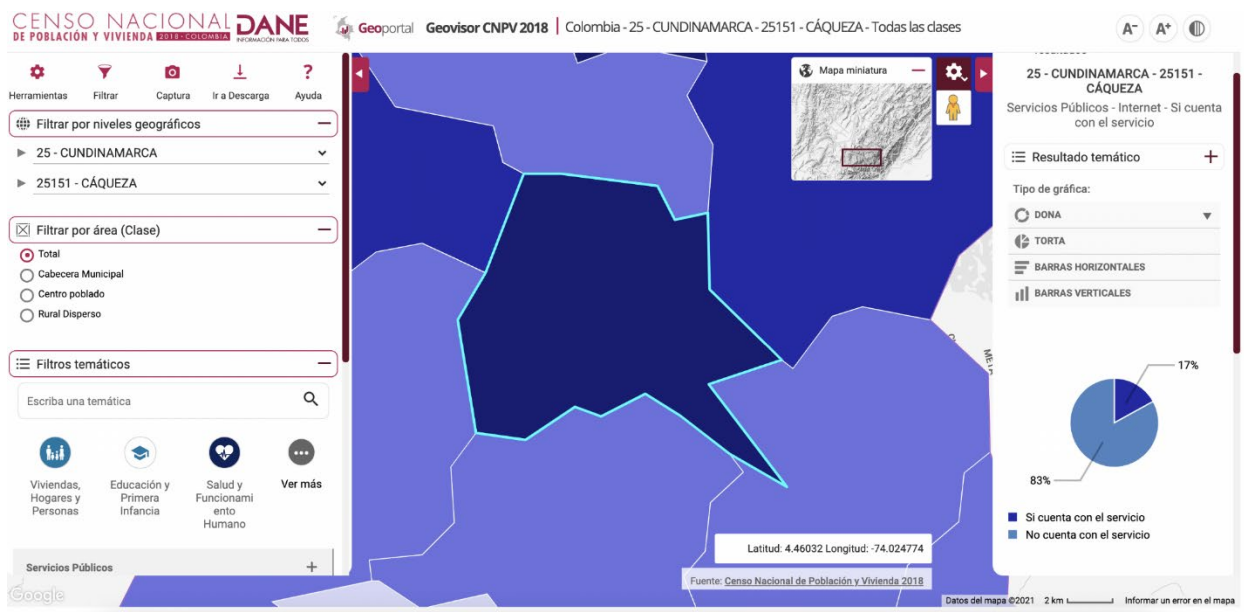


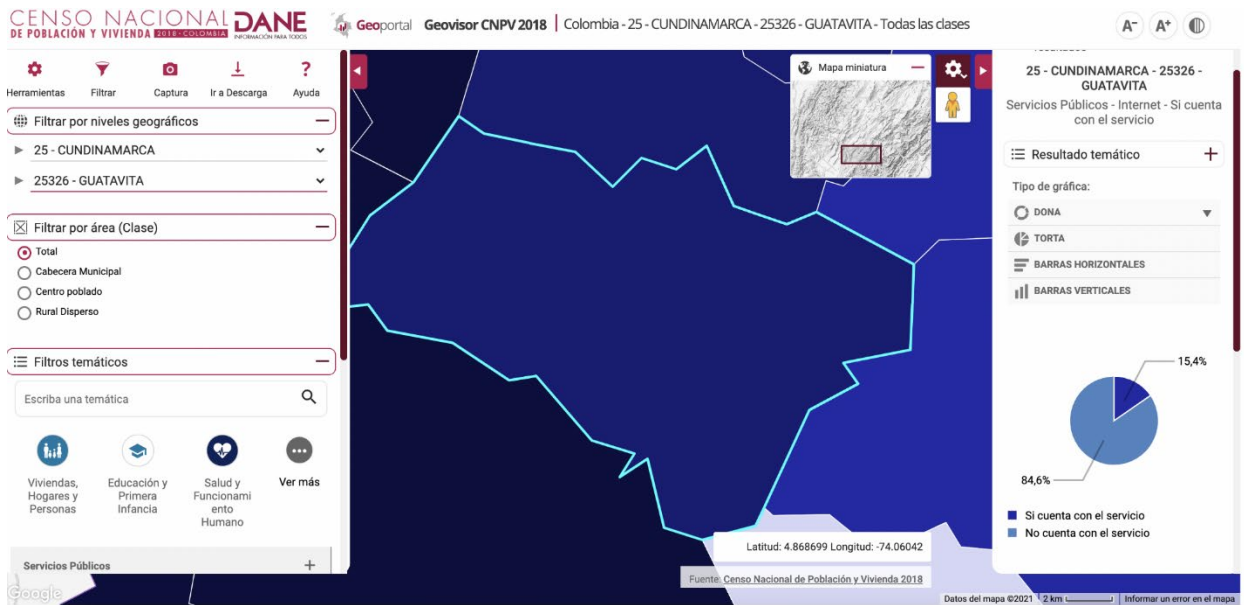
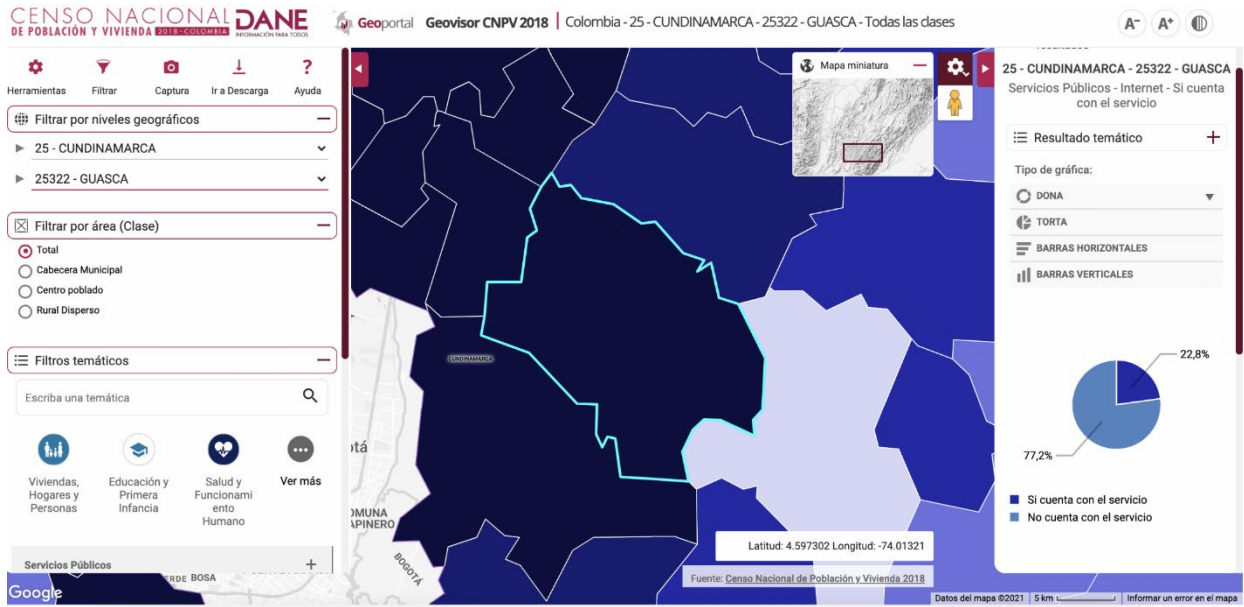


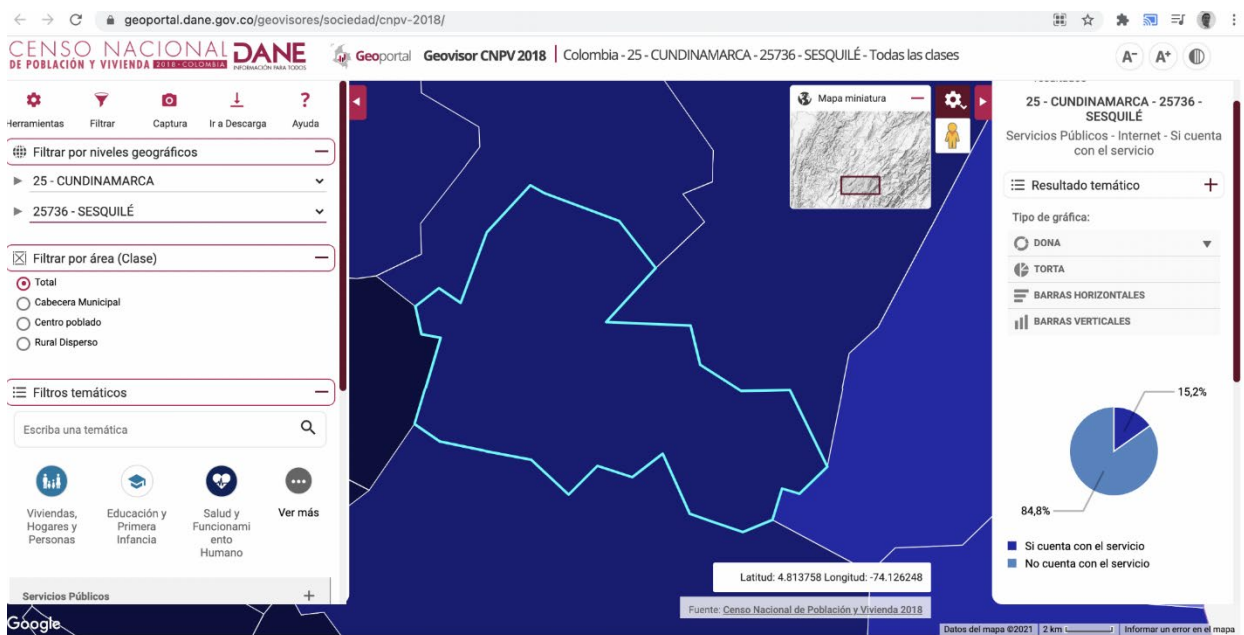
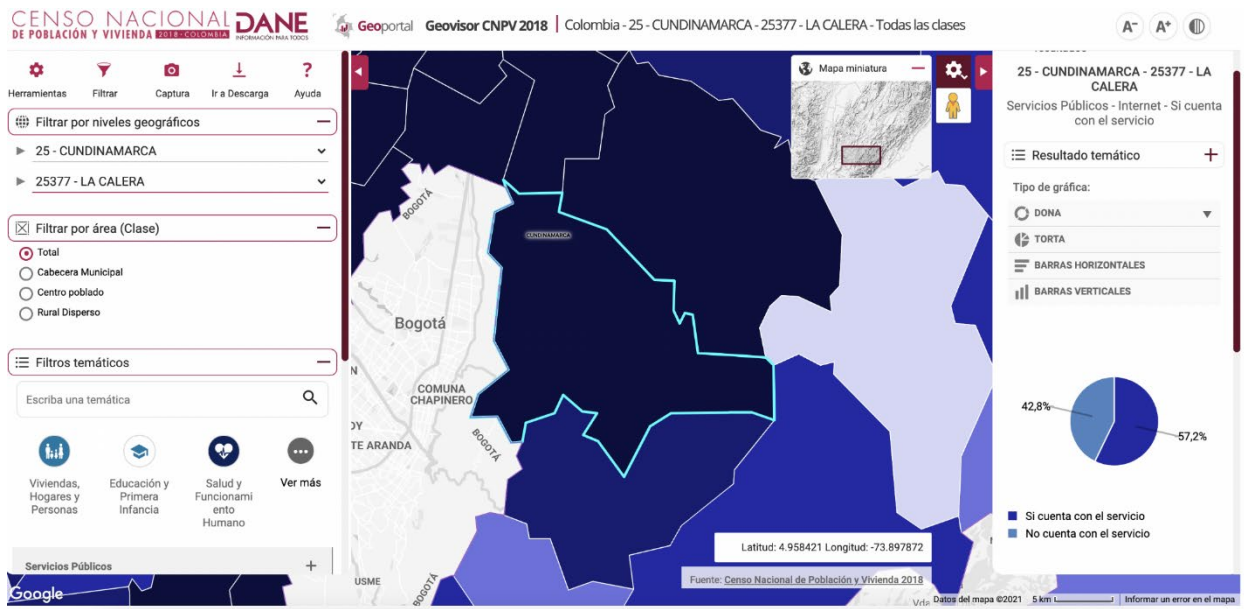


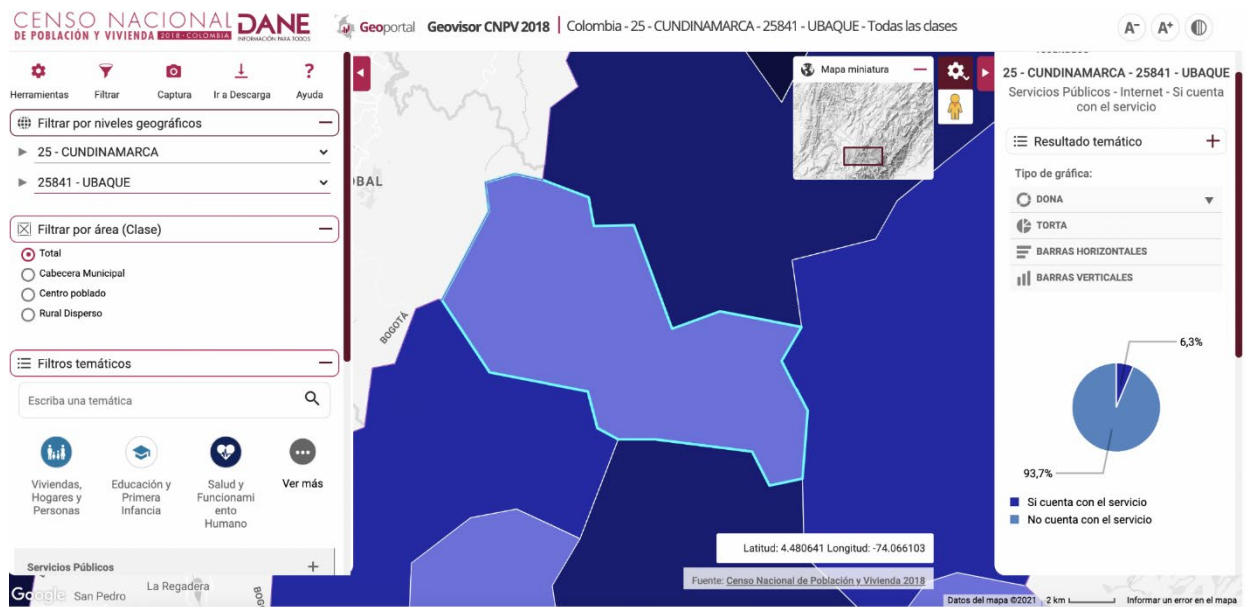
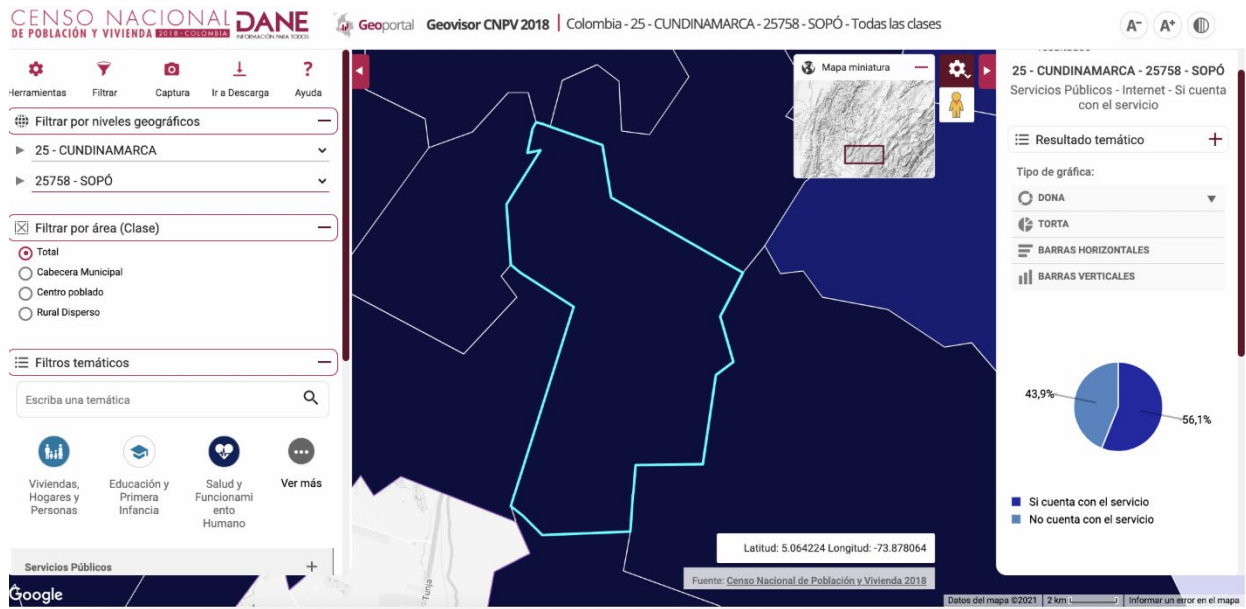
## Anexo I

*Niveles de cobertura servicio de internet en cada municipio de influencia directa del concesionario vial. Datos obtenidos del Censo Nacional de Población y Vivienda – CNPV 2018, (DANE, 2018)*










Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada Análisis del aprovechamiento de la infraestructura basada en TIC de una concesión vial para beneficio de comunidades educativas en su área de influencia, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.



José Carlos Galindo González  
CC. 77194941



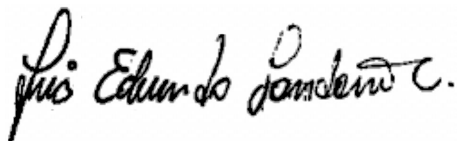
Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada Análisis del aprovechamiento de la infraestructura basada en TIC de una concesión vial para beneficio de comunidades educativas en su área de influencia, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.



Luis Eduardo Londoño Castrillón  
CC. 98531448



Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada Análisis del aprovechamiento de la infraestructura basada en TIC de una concesión vial para beneficio de comunidades educativas en su área de influencia, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.



Jhon Edison Reyes Rojas  
CC. 80764774