

ANÁLISIS DEL ACCESO A INTERNET EN ZONAS RURALES DEL MUNICIPIO
DE MARINILLA PARA EL DESARROLLO DE UNA JORNADA DE ACTIVIDADES
ACADÉMICAS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E
INGENIERÍA DE LA UNAD

IVÁN DARÍO RAMÍREZ CRUZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA - ECBTI
MEDELLÍN
2021

ANÁLISIS DEL ACCESO A INTERNET EN ZONAS RURALES DEL MUNICIPIO
DE MARINILLA PARA EL DESARROLLO DE UNA JORNADA DE ACTIVIDADES
ACADÉMICAS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E
INGENIERÍA DE LA UNAD

IVÁN DARÍO RAMÍREZ CRUZ

Trabajo monográfico
Presentado como requisito para optar por el título
Ingeniero de Telecomunicaciones

Ing. Carlos Eduardo Velásquez Villada, Ph.D.
Director de proyecto

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA - ECBTI
MEDELLÍN
2021

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Ciudad y fecha

DEDICATORIA

La presente monografía es dedicada a mi madre y a mi esposa quienes me acompañaron incondicionalmente en todo mi proceso de formación académica.

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a todos mis amigos y mentores académicos especialmente de la Institución Universitaria Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Asimismo, mi más sincera gratitud al director de proyecto Carlos Eduardo Velásquez Villada por su acompañamiento y asesoría en la presente monografía.

CONTENIDO

pág.

1	INTRODUCCIÓN.....	10
2	OBJETIVO GENERAL.....	12
2.1	Objetivos específicos.....	12
3	INTERNET EN COLOMBIA.....	13
4	LAS COMUNICACIONES SATELITALES.....	16
4.1	ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	17
4.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS COMUNICACIONES SATELITALES.....	19
4.3	REDES VSAT.....	22
5	EDUCACIÓN VIRTUAL.....	25
5.1	EDUCACIÓN A DISTANCIA CON MEDIACIÓN VIRTUAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA.....	25
5.2	ACTIVIDADES ONLINE DE LOS CURSOS ESCUELA ECBTI.....	26
5.3	ACTIVIDADES OFFLINE DE LOS CURSOS ECBTI.....	30
5.4	REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA EL DESARROLLO DE UNA JORNADA DE TRABAJO ACADÉMICO EN LA ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA (ECBTI).....	32
6	ACCESO A INTERNET EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO.....	33
6.1	MARINILLA ANTIOQUIA. EDUCACIÓN Y ACCESO A INTERNET.....	34
7	PLANES DE INTERNET DISPONIBLES EN EL MUNICIPIO DE MARINILLA ANTIOQUIA.....	37
7.1	DISPONIBILIDAD ISP CLARO EN EL MUNICIPIO DE MARINILLA.....	39
7.2	DISPONIBILIDAD IPS DIRECTV PREPAGO EN EL MUNICIPIO DE MARINILLA.....	42
7.3	DISPONIBILIDAD IPS HUGHESNET EN EL MUNICIPIO DE MARINILLA.....	43
8	ALTERNATIVAS DE MEJORA PARA ACCEDER A INTERNET EN LAS ZONAS RURALES DEL MUNICIPIO DE MARINILLA.....	46
8.1	PROPUESTA RED EPON (ETHERNET SOBRE REDES ÓPTICAS PASIVAS).....	47
8.2	PROPUESTA INSTALACIÓN ANTENA REPETIDORA.....	51
8.3	HALLAZGOS Y RESULTADOS.....	57
9	CONCLUSIONES.....	60
10	BIBLIOGRAFÍA.....	62

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Penetración de internet en hogares de Colombia (2018-2020).....	14
Tabla 2: Nomenclatura de las bandas de frecuencias asignadas por la ITU	18
Tabla 3: Comparativo entre órbitas geocéntricas.....	21
Tabla 4: ISPs de internet satelital lideres en América.....	24
Tabla 5: Metas y avances de cobertura educativa en las zonas rurales del departamento de Antioquia.....	33
Tabla 6: Acceso a internet a través de redes fijas y móviles	36
Tabla 7: cobertura ISPs en el municipio de Marinilla	38
Tabla 8: Tarifas proveedores de internet satelital en Colombia	39
Tabla 9: Intensidad de señal Claro en punto de referencia Marinilla	42
Tabla 10: Costo equipos red EPON.....	49
Tabla 11: Características equipos red EPON	50
Tabla 12: Equipos para Antena repetidora	55
Tabla 13: Alternativas exploradas de acceso a internet en zona rural del municipio de Marinilla Antioquia	59

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1: Evolución de las redes móviles	14
Ilustración 2: Trazado de cables submarinos.....	17
Ilustración 3: Espectro electromagnético	18
Ilustración 4: Órbitas satelitales	20
Ilustración 5: Mapa mundial ITU	22
Ilustración 6: Red VSAT topología estrella	23
Ilustración 7: Acceso a campus virtual UNAD.....	27
Ilustración 8: Histórico transmisión de datos BitMeter OS	28
Ilustración 9: Consulta transmisión de datos BitMeter OS	28
Ilustración 10: Histórico transmisión de datos BitMeter OS	29
Ilustración 11: Consulta transmisión de datos BitMeter OS	30
Ilustración 12: Modalidad de estudio componente práctico Ingeniería de Telecomunicaciones UNAD.....	31
Ilustración 13: Mapa de los 22 municipios del oriente Antioqueño.....	34
Ilustración 14: Municipio de Marinilla Antioquia	35
Ilustración 15: Estudiante en clase virtual.....	37
Ilustración 16: Ubicación casa referencia en el municipio de Marinilla Antioquia ...	40
Ilustración 17: Registro de coordenadas página de Claro en tecnología 2G	41
Ilustración 18: Intensidad de la señal Claro tecnología 2G en el punto de referencia casa Marinilla	41
Ilustración 19: Resultado de cobertura DirecTv punto de referencia en el municipio de Marinilla	43
Ilustración 20: Huella del satélite Hispasat 30W-5 en banda Ku.....	44
Ilustración 21: Disponibilidad de transporte Juniper 2.....	45
Ilustración 22: Distancia entre Casa Marinilla y El Peñol	46
Ilustración 23: Distancia entre casa Marinilla y el parque de Marinilla	47
Ilustración 24: Iconos red EPON sobre Google Earth Pro	48
Ilustración 25: Diseño red EPON	48
Ilustración 26: Perfil de elevación Casa Marinilla El Peñol	52
Ilustración 27: Puntos de referencia en perfil de elevación.....	53
Ilustración 28: Línea de vista enlace punto a punto AirLink.....	53
Ilustración 29: Línea de vista enlace punto a punto AirLink.....	54
Ilustración 30: Datos equipos enlace punto a multipunto AirLink.....	55
Ilustración 31: Nivel de potencia antena repetidora	56
Ilustración 32: Casa finca vereda el pozo en Marinilla	57

GLOSARIO

DOMINIO DE INTERNET: Red de identificación que tiene como propósito traducir las direcciones IP de cada nodo activo en la red

EDUCACIÓN A DISTANCIA: Estudios que se realizan de forma no presencial a través de computadores, Tablet o cualquier otro dispositivo con acceso a internet.

INTERNET: Red informática mundial formado por la conexión directa entre computadoras por medio de un protocolo específico.

RED: Conjunto de computadoras conectadas entre sí.

RED MÓVIL: Conjunto de estaciones que cubren un área delimitada o celda encaminando comunicaciones por medio de ondas de radio.

ONDA RADIOELÉCTRICA: Ondas electromagnéticas diseñadas para la radiodifusión.

SATÉLITE: Vehículo espacial colocado en órbita alrededor de la tierra con dispositivos electrónicos para recoger información y retransmitirla.

VIRTUAL: Que se encuentra ubicado en línea o en internet.

RESUMEN

Actualmente la educación virtual ha incrementado su expansión mostrándose como una alternativa para que las ciudades distantes gocen de este modo de enseñanza, razón por la cual es fundamental identificar los recursos necesarios para el desarrollo óptimo de este proceso.

Esta monografía analizará el acceso a internet en las zonas rurales del municipio de Marinilla en el departamento de Antioquia para que los estudiantes y aspirantes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) desarrollen el plan de trabajo académico propuesto en los programas de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI).

Partiendo del objeto de la UNAD de “diseñar e implementar programas académicos con la estrategia pedagógica de la educación a distancia, pertinentes con las necesidades locales, regionales, nacionales e internacionales” (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.), se pretende evaluar las capacidades técnicas del acceso a internet por medio de tecnologías tanto cableadas como inalámbricas para que las poblaciones rurales del municipio de Marinilla del departamento de Antioquia puedan desarrollar una jornada de estudios de educación superior en la UNAD sin necesidad de desplazarse de sus hogares.

Se analizan las diferentes tecnologías de acceso a internet para el desarrollo de los programas propios de la escuela ECBTI de la UNAD consultando material bibliográfico, realizando búsquedas de compañías que brinden servicios de internet en la región y haciendo uso de simulaciones con software disponibles en diferentes plataformas de proveedores.

Como resultado de los análisis realizados, se identificaron deficiencias para acceder a internet en las zonas rurales del municipio de Marinilla, motivo por el cual se requieren mejorar los despliegues de infraestructura para tener acceso a la web y así llevar a feliz término las jornadas académicas en los programas universitarios de la UNAD.

Palabras clave:

EDUCACIÓN A DISTANCIA
INTERNET
PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET (ISP)
FRECUENCIA
POTENCIA

ABSTRACT

Currently, virtual education has increased its expansion in recent times, showing itself as an alternative for distant cities to enjoy this mode of teaching, which is why it is fundamental to identify the necessary resources for the optimal development of this process.

This document will analyze internet access in rural areas of the municipality of Marinilla in the department of Antioquia so that current and potential students of the Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) develop the academic work plan proposed in the programs of the School of Basic Sciences, Technology and Engineering (ECBTI).

Based on the objective of the UNAD to "design and implement academic programs with the pedagogical strategy of distance education, relevant to local, regional, national and international needs" (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.), this work evaluates the technical capabilities of wired and wireless internet access technologies for the development of daily educational activities in higher education at UNAD without leaving their homes at rural areas of the municipality of Marinilla

This document presents an analysis of the different internet access technologies for the development of daily activities of an ECBTI programs of the UNAD by consulting bibliographic material, conducting searches for companies that provide internet services in the region and making use of simulations with software available in different vendor platforms.

As a result of the analyzes carried out, some deficiencies were identified because of the internet service access in the rural areas of the municipality of Marinilla, which is why it is necessary to improve infrastructure deployments to have access to the web and thus bring to a successful conclusion the school hours in the university programs of the UNAD.

Keywords:

DISTANCE EDUCATION
INTERNET
INTERNET SERVICE PROVIDER (ISP)
FREQUENCY
POWER

1 INTRODUCCIÓN

Observando el creciente interés por el aprendizaje virtual y los elementos que se requieren para tener acceso al sistema de formación educativo de la UNAD en su modalidad educación a distancia, se logran identificar claramente tres recursos necesarios para el desarrollo del proceso de aprendizaje de los diferentes programas ofertados por la institución; estos recursos son: fluido eléctrico en el hogar, una computadora, Tablet o Smartphone (teléfono inteligente) y acceso a internet.

Si bien las tecnologías de telecomunicaciones han incrementado su expansión en los últimos años y los proveedores de servicios de internet (ISP) tratan de cubrir la mayor cantidad de área posible, el cubrimiento se ve limitado por las características geográficas y los bajos beneficios económicos de llegar a poblaciones rurales donde no se cuenta con una gran población que demande los servicios de internet.

En Colombia según las cifras presentadas por el MinTIC, el 38% de las personas no usa internet y el 50% de los hogares no lo tiene (MinTIC, 2019). Esta situación está directamente relacionada con la complejidad geográfica del país, la cual impide que las facilidades de la era digital lleguen a todas las regiones. Esto crea un problema para las comunidades que viven en zonas rurales de Antioquia y pretenden iniciar o continuar sus estudios en modalidad virtual debido a que no cuentan con acceso a internet el cual está limitado a las cabeceras municipales o es exclusivo de instituciones educativas, entes gubernamentales, fuerza pública y unidades hospitalarias.

En la presente monografía, se estudia la viabilidad técnica que ofrecen las tecnologías cableadas e inalámbricas y cómo es su desempeño frente a la demanda de recursos virtuales y el rendimiento de los planes ofrecidos por los proveedores de servicios de internet en el departamento de Antioquia.

JUSTIFICACIÓN

Dado el creciente interés por el aprendizaje virtual y la necesidad de asegurar redes de comunicaciones que permitan conexiones a internet de calidad para el desarrollo de los contenidos temáticos de los cursos ofertados por la UNAD en las zonas rurales del municipio de Marinilla en el departamento de Antioquia, donde no se cuenta con tecnologías cableadas como redes telefónicas conmutadas, redes digitales RDSI, ADSL, HFC o fibra óptica, resulta de especial interés conocer y proponer mejoras para acceder a servicios de internet en estas zonas.

La propuesta de monografía surge de la necesidad de ahondar sobre las factibilidades que ofrecen las tecnologías cableadas e inalámbricas para llevar internet a las zonas rurales del municipio de Marinilla en el departamento de Antioquia y cuál es su rendimiento en el desarrollo de los cursos virtuales que ofrece la UNAD en su modalidad de educación a distancia y, de esta manera, incentivar a partir de la conectividad las inscripciones y matrículas de los aspirantes y estudiantes de la UNAD sin necesidad de desplazarse a otros lugares por falta de recursos tecnológicos, promoviendo la formación en educación superior en las zonas rurales del departamento.

Por medio de consultas en material bibliográfico y realizando búsqueda de distribuidores que ofrecen servicios de internet en la región especificando la cobertura, velocidades, planes de datos, costos y evaluando los recursos necesarios que demanda el desarrollo de las actividades propuestas en las guías de actividades y rúbricas de evaluación de los programas de la ECBTI ofertados por la UNAD; se busca proporcionar información útil a la comunidad académica que permita conocer la viabilidad que ofrecen las diferentes tecnologías para acceder a internet en las zonas rurales del departamento de Antioquia como alternativa para cursar sus estudios sin necesidad de desplazarse a las urbes o cabeceras municipales.

Del mismo modo, se pretende presentar un documento con propuestas de mejora para la conectividad que sirva como guía en la elaboración de trabajos futuros con mediciones en campo que permitan conocer el rendimiento técnico de las diferentes tecnologías de acceso a internet para el desarrollo de cursos de la UNAD. Actividad que se planteó con base en la situación actual que se vive en la casa de referencia ubicada en zona rural del municipio de Marinilla y los cambios que trajo consigo la pandemia del Covid-19.

2 OBJETIVO GENERAL

Analizar las alternativas de acceso a internet en las zonas rurales del municipio de Marinilla en el departamento de Antioquia para el desarrollo de una jornada de actividades académicas de los estudiantes de la ECBTI de la UNAD.

2.1 Objetivos específicos

- Detallar las características técnicas de las comunicaciones satelitales como una alternativa de valor para el acceso a internet en zonas rurales del departamento de Antioquia.
- Establecer los requerimientos necesarios para el desarrollo de una jornada de trabajo académico en la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia en su modalidad de educación a distancia con mediación virtual.
- Evaluar las capacidades y planes de internet disponibles en las zonas rurales del municipio de Marinilla ubicado en el oriente antioqueño.
- Proponer alternativas de acceso a internet en las zonas rurales del municipio de Marinilla que permitan mejorar el desarrollo de una jornada académica de la ECBTI de la UNAD en su modalidad de educación a distancia con mediación virtual.

3 INTERNET EN COLOMBIA

Para la sociedad actual el internet ha representado cambios que han logrado simplificar actividades que requerían de un desplazamiento para ser ejecutadas, actividades que van desde lo laboral hasta lo académico y financiero. Es en esta línea donde cobra un valor significativo contar con este recurso a la hora de acceder a innovadoras tendencias académicas que permitan disminuir desigualdades y cerrar brechas entre las poblaciones colombianas.

Las universidades colombianas han jugado un papel fundamental en la implementación de internet en el país dadas sus contribuciones en el desarrollo de infraestructura tecnológica para difundir la red teniendo como pionera la Universidad de los Andes que inició el trámite para asignación de direcciones válidas para el país frente a InterNIC. Una vez asignado el NIC (Network Information Center) de Colombia por parte de InterNIC en el año de 1.991, el dominio de nivel superior punto co (.co) se convirtió en el código que le correspondería al estado para identificarse dentro del directorio de países en la red o internet. Para el año 1.993, un grupo de universidades conformado por la Universidad EAFIT, la Universidad del Valle y de los Andes empezaron a desarrollar de manera local los servicios de internet partiendo de la premisa de lograr un desarrollo tecnológico en Colombia dando paso a la creación de una corporación de derecho privado para administrar las conexiones llamadas Corporación InterRed (Revista de ingeniería, 2006).

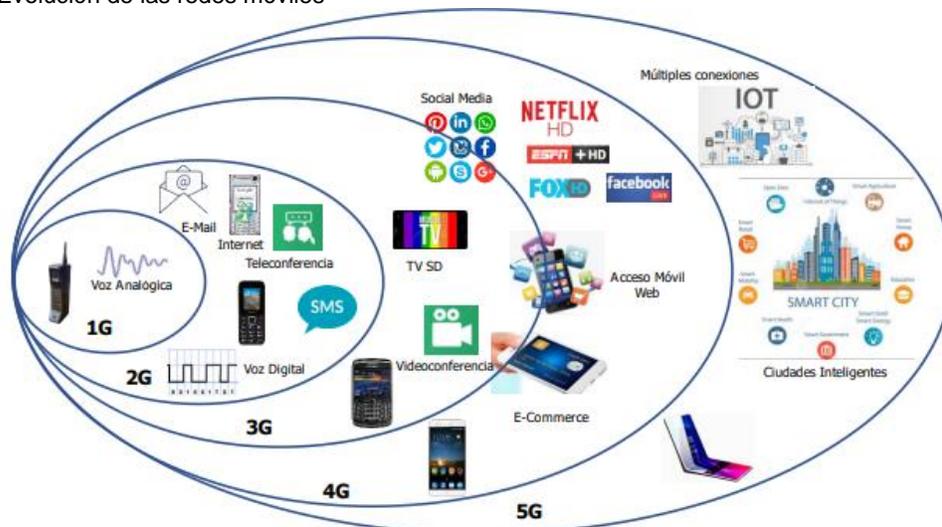
La evolución de las telecomunicaciones en Colombia se ha visto impactada por un constante proceso de modernización cuyo objetivo principal ha sido mejorar los servicios de voz, mensajería y datos. Si bien los desarrollos tecnológicos en materia de redes cableadas como las FTTH (Fiber To The Home) y HFC (Híbrido Fibra Coaxial) han representado un aporte significado en temas de conectividad, son las redes móviles las que lideran el mercado Colombia con una participación de 14 millones de usuarios conectados respecto a 8 millones de usuarios conectados a internet fijo hogar (MinTIC, s.f.). Las redes móviles desde la primera hasta la cuarta generación (LTE) han permitido mejorar la transmisión de datos asegurando mejor calidad, capacidad y seguridad en el acceso a internet y servicios multimedia.

El sistema móvil de cuarta generación LTE (Long Term Evolution) está implementado bajo el modelo IP y la tasa de transferencia de datos; soporta hasta 100 Mbit/s de bajada y 50 Mbit/s de subida. Las bandas de frecuencia de operación de la tecnología LTE va desde los 700 MHz hasta 2.7 GHz y utiliza técnicas de multiplexaje por división de tiempo y división de frecuencia (CRC, 2019).

La evolución de las redes móviles ha brindado la posibilidad de acceder a múltiples conexiones entre diferentes equipos o máquinas, además han permitido acceder a internet consiguiendo obtener información de una amplia cantidad de fuentes de manera rápida y sencilla rompiendo las barreras del aprendizaje.

La ilustración 1 muestra la evolución de las redes móviles en Colombia y los servicios prestados por tipo de tecnología.

Ilustración 1: Evolución de las redes móviles



Fuente: <https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/Documento-Modernizacion-redes-moviles.pdf>

En Colombia, como en América Latina, el acceso a internet ha venido aumentando; sin embargo, el proceso carece de equidad al momento de alcanzar los diferentes grupos de la población. Son muchos los factores que inciden en la oportunidad de contar con acceso a internet, factores que van desde las diferentes tecnologías disponibles en cada localidad hasta los recursos económicos y la formación académica de las mismas.

La tabla 1 muestra los porcentajes de penetración de internet en los hogares colombianos comprendidos entre los años 2018 y 2020.

Tabla 1: Penetración de internet en hogares de Colombia (2018-2020)

País	2018	2019	2020
Colombia	66,68%	71,40%	76,47%

Fuente: <https://test-assets-mujeresrurales.iica.int/storage/articles/August2021/E46q3RLM5Yg8QtgERROt.pdf>

En Colombia el panorama en términos de conexiones a internet no es muy alentador según revelan las cifras publicadas por el ministerio de las TICs (balance correspondiente al primer trimestre de 2020) el cual cita “Colombia cuenta con 14 accesos fijos por cada 100 habitantes en el país, lo que muestra que aún hay mucho por hacer en cuestión de conectividad” (MinTIC, 2020) haciendo especial énfasis sobre las brechas de conexión que se presentan en los lugares más apartados del país.

Para las poblaciones rurales de la República de Colombia, específicamente del oriente Antioqueño, es de vital interés conocer la viabilidad técnica de acceder a servicios de internet ya sea por despliegue de redes cableadas, redes móviles o tecnologías satelitales que ofertan los ISP en la región y de esta manera asegurar conectividad de calidad para educación en modalidad virtual y a distancia. El Ministerio de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MinTIC) tiene la responsabilidad de promover políticas, planes y proyectos que permitan mejorar la infraestructura de las redes cableadas, móviles y satelitales que impactan directamente el bienestar de los usuarios de servicios de telecomunicaciones.

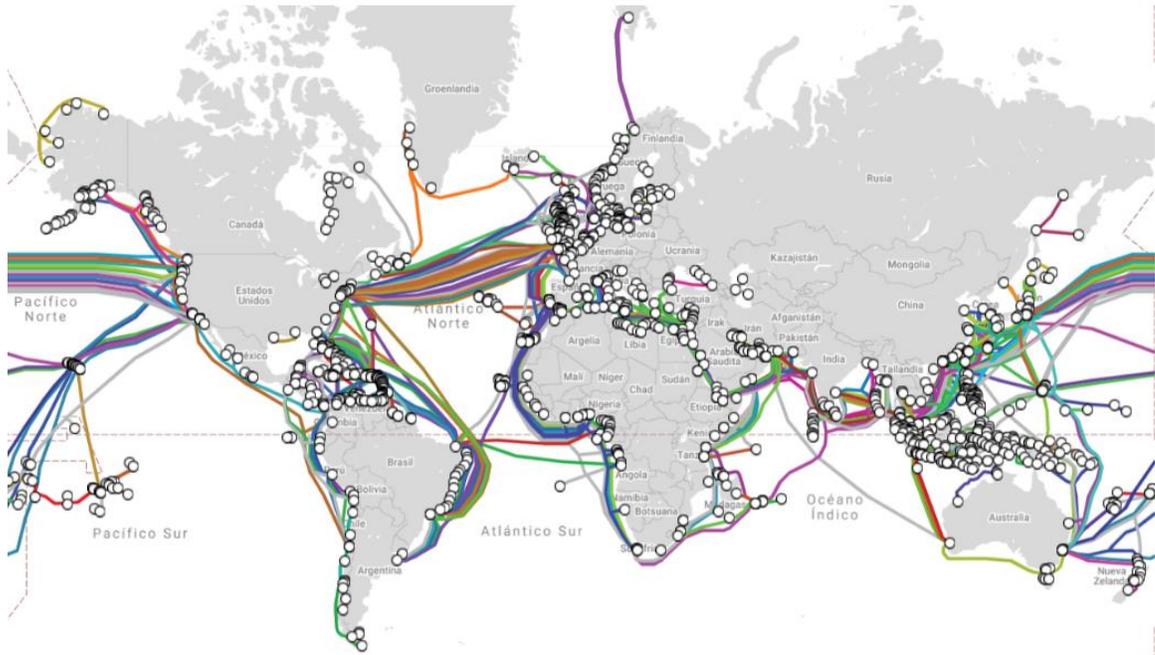
4 LAS COMUNICACIONES SATELITALES

Los actuales medios de comunicaciones han conquistado los océanos, grandes urbes y sitios remotos por medio de tecnologías que van desde gigantescos despliegues de fibra óptica, extensiones de millones de kilómetros de cables, el desarrollo de comunicaciones inalámbricas que han alcanzado avances significativos por medio de la radio difusión, hasta las comunicaciones satelitales, permitiendo conectar al mundo por medio de internet.

Las transmisiones físicas o guiadas se componen principalmente de cables submarinos y terrestres conectados a través de internet en todo el mundo. El par trenzado, cable coaxial y fibra óptica hacen parte de canales que posibilitan la conducción de señales de datos en uno o varios sentidos. En cuanto a posibles casos de afectaciones, los medios de transmisión guiados se pueden llegar a ver alterados por fallas geológicas submarinas como terremotos, redes de barcos pesqueros y animales marinos que rompan o fracturen la fibra óptica impidiendo la continuidad de los servicios de internet teniendo que acudir a comunicaciones satelitales para restaurar el tráfico y la conectividad.

La ilustración 2 muestra el trazado de los cables submarinos que proporcionan la infraestructura física de comunicación para el tráfico mundial de internet. Estas redes de fibra óptica mueven cerca del 99% del tráfico mundial de Internet.

Ilustración 2: Trazado de cables submarinos



Fuente: <https://www.submarinecablemap.com/>

4.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético es parte fundamental de las telecomunicaciones puesto que es utilizado para múltiples servicios basados en la transmisión de ondas electromagnéticas en el espacio. Las bandas de frecuencia en las que se divide el espectro electromagnético son explotadas principalmente para radiocomunicaciones y dependiendo del país está declarado como bien público o privado. En Colombia el espectro electromagnético está constituido como bien público, propiedad de la nación y su administración corresponde al Estado.

La importancia de las bandas de frecuencia en las que se divide el espectro electromagnético reside en la idoneidad para transportar información a cortas y largas distancias, los servicios de radio (AM y FM), la televisión abierta (por aire), la telefónica celular, los sistemas satelitales, las comunicaciones de aeronaves, comunicaciones de buques y hasta las frecuentes actividades que realizan los radioaficionados, son factibles gracias a la asignación de frecuencias que se determinan para estos usos. La concesión y el uso de las bandas de frecuencia del espectro electromagnético es regulado por la ITU y puede variar según el lugar de operación. La ilustración 3 muestra las longitudes de onda del espectro

electromagnético, frecuencias y tipos de servicios que trabajan bajo un ancho de banda determinado.

Ilustración 3: Espectro electromagnético



Fuente: <https://ccars.org.es/saber-mas/campos-electromagneticos>

La ITU elaboró una lista de bandas de radio según la recomendación de la IV Reunión de la CCIR, mantenida en Bucarest en 1.937. La lista fue aprobada por la Conferencia Internacional de Radio de 1.947 en Atlantic City (Estados Unidos) (UIT-R, 2015). La tabla 2 muestra el número de banda, símbolo y rango de frecuencias establecido para bandas de radio.

Tabla 2: Nomenclatura de las bandas de frecuencias asignadas por la ITU

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias
3	ULF	300-3 000 Hz
4	VLF	3-30 kHz
5	LF	30-300 kHz
6	MF	300-3000 kHz
7	HF	3-30 MHz
8	VHF	30-300 MHz

Continuación tabla 2

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias
9	UHF	300-3000 MHz
10	SHF	3-30 GHz
11	EHF	30-300 GHz

Fuente: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-8-201508-I!!PDF-S.pdf

El rango de frecuencias del espectro electromagnético incorpora un concepto de clasificación según la longitud de onda que deriva en ondas de radio, microondas, infrarrojas, visible (ondas de luz), ultravioletas, rayos x y rayos Gamma.

4.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS COMUNICACIONES SATELITALES

El desarrollo de las tecnologías satélites nace de una carrera armamentista por conquistar el espacio en plena guerra fría liderada por Estados Unidos y la entonces Unión Soviética en los años 50. Su evolución ha brindado una amplia gama de servicios en el mundo de las radiocomunicaciones actuales sin tener mayor reconocimiento por parte del público general quien omite su impacto en la industria, los sistemas de posicionamiento global (GPS), la agricultura y la educación.

Los satélites artificiales son fabricados para la radiodifusión de servicios de comunicaciones que incluyen: cobertura de telefonía celular, transferencia de datos, observación de la tierra, navegación y posicionamiento, estudio del espacio por parte de la ciencia y el estudio de fenómenos climáticos. Estos vehículos son puestos en órbita alrededor del planeta por medio de cohetes diseñados específicamente para enviar cargas útiles al espacio exterior y dependiendo la distancia con respecto a la superficie de la tierra en la que operan se pueden clasificar en satélites de órbita baja, órbita media y geoestacionarios. Cada tipo de órbita tiene características propias que influyen en el área de cobertura, factor de retardo, congestión, seguimiento en tierra, potencia, ganancia, efecto doppler, coste de lanzamiento y daños por radiación.

La ilustración 4 muestra las órbitas satelitales y su altura sobre el nivel del mar

Ilustración 4: Órbitas satelitales



Fuente: <https://www.satellitetoday.com/content-collection/2046/>

Las comunicaciones satelitales han representado retos en términos de costos, efectividad, eficiencia operacional y optimización a la hora de transmitir grandes cantidades de datos y desarrollar protocolos idóneos para llevar el tráfico de internet. Lo anterior se ve reflejado en los países que han logrado desarrollar este tipo de tecnologías los cuales cuentan con un amplio recurso intelectual y presupuestal que a nivel socio- económico les permite estar muy bien posicionados en avances tecnológicos.

Las comunicaciones satelitales en cierta forma están limitadas a la disponibilidad y asignación de frecuencias, espaciamiento en las orbitas de operación, diseños y costos asociados a infraestructura y servicios requeridos. El interés de los inversionistas privados en este tipo de tecnologías ha permitido acelerar los desarrollos de las comunicaciones vía satélite. El interés crece mucho más al ver un alto nivel de madurez, rentabilidad y eficiencia en los avances tecnológicos.

Empresas como Starlink, Eutelsat y Embratel han venido incursionando en la industria de las comunicaciones satelitales siendo esta una de las de mayor éxito en el espacio. Eutelsat y Embratel por su parte, han despegado con éxito un cohete Ariane 5 que tiene la particularidad de que podrá ser reprogramado en órbita, permitirá a los clientes de la francesa Eutelsat reconfigurar el satélite en tiempo real y será modulable, tanto en zona de cobertura como en potencia o frecuencia (Semana, 2021).

Las comunicaciones satelitales dentro de su marco de operación deben estar alineadas con los gobiernos y entes regulatorios que fijan normas y políticas conforme a los intereses de cada país. La ubicación espacial de los satélites cumple una serie de recomendaciones internacionales entendiendo que el recurso natural es limitado y el objetivo es operar de manera óptima sin interferir con otros satélites. La separación espacial de los satélites dependerá de la frecuencia de la señal

portadora, potencia de la portadora de transmisión, técnicas de codificación y modulación empleadas, límites aceptables de interferencia, anchos de haz de radiación del lóbulo lateral de la estación terrena y antenas del satélite.

La asignación y regulación de anchos de banda de satélites se reglamenta en cada país, siguiendo las recomendaciones de entidades internacionales como la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) garantes de coordinar y armonizar el uso del espectro electromagnético utilizado en servicios de radiocomunicaciones en las diferentes órbitas de operación (ITU, 2021).

En la tabla 3 se presenta el comparativo entre las órbitas geocéntricas.

Tabla 3: Comparativo entre órbitas geocéntricas

	LEO	MEO	GEO
Tipo de órbita	Circular	Circular	Circular geosíncrona y ecuatorial
Área de cobertura	Total, con constelaciones	Total, con constelaciones	120° en longitud y 80° en latitud, pero no pueden cubrir los polos
Retardo	Muy bajo	100-200 ms	250 ms
Congestión	No	No	Sí
Seguimiento en tierra	Antenas de baja ganancia con patrones hemisféricos u omnidireccionales	Antenas de baja ganancia con patrones hemisféricos u omnidireccionales	Antena fija en Tierra: satélite fijo en un punto del espacio
Potencia y ganancia	Potencia de transmisión baja	Potencia de transmisión baja	Antena de alta ganancia en el satélite
Efecto Doppler	Alto	Medio	No
Coste lanzamiento	Medio (constelaciones)	Medio (constelaciones)	Muy alto
Daño por radiación	No pasan por cinturones de radiación	Sólo durante el lanzamiento	Sólo durante el lanzamiento

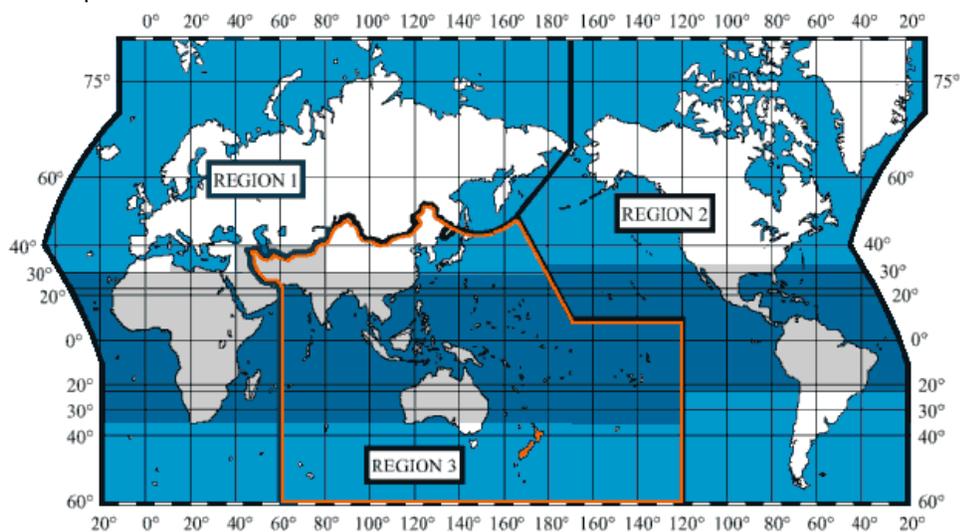
Fuente: Comunicaciones por satélite, 2013

Los satélites son diseñados para cubrir ciertas regiones del planeta con una huella que lleva asociada una intensidad de potencia o PIRE (potencia isotrópica radiada efectiva) sobre la zona de cobertura. El área que cubre un satélite en la tierra

depende de la localización del satélite en su órbita, su frecuencia de portadora y la ganancia de su antena. Para fines de radiocomunicaciones, la ITU ha dividido la tierra por regiones con el propósito de administrar el espectro electromagnético global; cada región tiene asignadas sus propias bandas de frecuencias y los límites superior e inferior de cada una de ellas puede variar dependiendo de los servicios prestados.

La ilustración 5 muestra las tres regiones definidas por la ITU. Las áreas sombreadas corresponden a las zonas tropicales definidas en el reglamento.

Ilustración 5: Mapa mundial ITU



Fuente: <https://www.iarums-r2.org/ituregionssp.html>

4.3 REDES VSAT

Los avances tecnológicos y la creciente demanda de servicios de internet en el mundo han motivado el crecimiento y expansión de los ISPs de internet satelital enfocando sus esfuerzos en llegar a poblaciones no cubiertas por tecnologías convencionales, principalmente zonas rurales remotas y poblaciones apartadas de los cascos urbanos. Las redes VSAT (Very Small Aperture Terminal, Terminal de muy Pequeña Apertura) permiten enlazar puntos remotos a través de satélites comerciales que operan en la órbita geostacionaria brindando aplicaciones de transmisión de datos, telefonía, televisión corporativa, interconexión de redes locales, aplicaciones de vídeo con integración de voz y/o datos.

Gracias a la evolución que han tenido las redes VSAT desde la primera hasta la tercera generación donde se estandariza su arquitectura, mejora el acceso y optimizan esquemas de administración de redes; se ha logrado obtener una

implementación modernizada que hace más eficiente el ancho de banda e integra los sistemas en operaciones de redes combinadas a un menor costo.

La tecnología VSAT proporciona una alternativa de acceso a redes de comunicaciones en zonas rurales que no cuentan con tecnologías convencionales cableadas o de radio. Por medio de la instalación de los dispositivos VSAT, se pueden recibir y transmitir señales brindando flexibilidad a los usuarios gracias a los tamaños de las antenas ubicadas en las estaciones terrestres.

Las configuraciones típicas de las redes VSAT son redes en estrella y redes en malla. Las redes en estrella pueden ser tanto unidireccionales como bidireccionales pasando por un HUB o concentrador que funciona como un puente entre varios dispositivos. Las redes en malla, por el contrario, solo establecen enlaces directos entre dos VSATs, es por esto que en la actualidad las redes más usadas en tecnologías VSAT son estrella bidireccional.

La ilustración 6 muestra una red VSAT en topología estrella.

Ilustración 6: Red VSAT topología estrella



Fuente: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-S.2278-2013-PDF-E.pdf

Los elementos primordiales que componen una red VSAT son:

HUB: Es una estación más de la red con la característica que es más grande y generalmente está situado en la sede central de la empresa que usa la red. Este elemento de la red es el de mayor costo por lo que generalmente se tiene la posibilidad de adquirirlo propio o alquilarlo con una empresa prestadora de este tipo de servicios.

Segmento espacial: En el segmento espacial las redes VSAT usan bandas específicas para cada aplicación en particular, utiliza un canal compartido que requiere de alguna técnica o protocolo de acceso al medio (FDMA, TDMA, etc.) y es el único punto de la red que no puede ser manipulado por un instalador de una red VSAT. La manipulación del segmento espacial debe contratarse con empresas o consorcios proveedores de capacidad espacial.

Estaciones terrenas: se componen de una unidad interior y una unidad exterior. La unidad interior es la interfaz entre el VSAT y el terminal de usuario o LAN. La unidad exterior es la interfaz entre el satélite y VSAT (Teltelemática, s.f.).

Las redes VSAT y las telecomunicaciones en general ayudan a las poblaciones remotas a mantener las escuelas, centros de aprendizaje, centros de salud y a la comunidad en general actualizados y capacitados, por medio de la navegación web y correos electrónicos accediendo a conectividad fácil y confiable dejando de lado la constante amenaza de la migración en busca de mejores oportunidades.

Un exitoso caso del uso de las redes VSAT en Latinoamérica se evidencia en el proyecto liderado por Sencinet en Perú donde unos 200.000 estudiantes peruanos tendrán internet disponible en sus establecimientos educativos gracias a la instalación de antenas VSAT en 1.303 escuelas en zonas de difícil acceso asegurando conectividad a través de satélites que operan en las bandas Ku y Ka; el proyecto iniciará en el año 2.022 (Diariorizonte, 2021).

Las comunicaciones satelitales han logrado alcanzar gran importancia en el mundo de las telecomunicaciones gracias a los inversionistas privados y la amplia gama de usos y aplicaciones. Hoy en día, empresas como Starlink, liderada por su fundador Elon Musk, ofrece servicios de internet satelital con velocidades entre 50 y 150 Mbps, y prometen llegar a los 300 Mbps por medio de una red de satélites que están 60 veces más cerca de la tierra que los satélites tradicionales disminuyendo la latencia en los radioenlaces (infobae, 2021).

Actualmente en el continente americano se cuenta con dos reconocidos ISPs de internet satelital, Viasat y HughesNet, que han liderado el mercado por su trayectoria y cobertura. La tabla 4 describe los ISPs líderes en América con sus planes de datos, velocidad y costos en dólares americanos.

Tabla 4: ISPs de internet satelital líderes en América

Proveedor	Viasat	HughesNet
Datos	15-300 GB/mes	10-50 GB/mes
Velocidad	100 Mbps	25 Mbps
Costo (USD)	\$30.00-\$150.00/mes	\$59.99-\$149.00/mes

Fuente: <https://www.satelliteinternet.com/>

5 EDUCACIÓN VIRTUAL

La evolución de las tecnologías de la información y las comunicaciones en conjunto con los desarrollos de plataformas académicas han permitido cambiar el contexto de la educación tradicional presencial a una alternativa a distancia y virtual que pretende llegar a una población con necesidades específicas. La integración de las TICs en los nuevos modelos de formación brindan una perspectiva pedagógica enmarcada en la innovación y autonomía del aprendizaje, donde es fundamental contar con conocimientos básicos de herramientas informáticas y de comunicación como: correo electrónico, chats, procesadores de texto, software para presentaciones, navegadores de internet y otros sistemas y herramientas tecnológicas necesarias para la formación virtual.

Para un desarrollo formativo exitoso, las IES (Instituciones de Educación Superior) deben tener plataformas lo suficientemente robustas para el seguimiento de las actividades, comunicación con los estudiantes, retroalimentación y evaluación de contenidos previstos en cada programa. La interacción profesor alumno, con la ayuda de medios tecnológicos, permite un aprendizaje autónomo donde los profesores se involucran más como facilitadores flexibilizando el proceso de formación independientemente de donde se encuentre el profesor/a y el estudiante. (Buenaño et. al., 2020).

5.1 EDUCACIÓN A DISTANCIA CON MEDIACIÓN VIRTUAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

Desde su puesta en marcha en abril de 1.982, la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) se ha caracterizado por su compromiso con las comunidades y poblaciones que no han tenido acceso a una capacitación técnica, permitiendo de esta forma la generación de espacios laborales y la formación para la participación ciudadana (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.).

La UNAD cuenta con un listado de escuelas asociadas a los programas ofertados los cuales se dividen en: Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios - ECACEN, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI, Escuela de Ciencias de la Educación - ECEDU, Escuela de Ciencias de la Salud – ECISA, Escuela de Ciencias Jurídicas y Políticas – ECJP (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.). Los programas tecnológicos, profesionales, especializaciones y maestrías contienen temáticas acordes a las necesidades del mundo actual con una clara misión de contribuir a la sociedad.

El uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones como requisito indispensable en el desarrollo de actividades y estrategias de aprendizaje, conlleva a que los estudiantes y aspirantes a los programas académicos requieran de acceso a una computadora, tablet o smartphone con internet para desarrollar los contenidos temáticos de los programas sin contratiempos. Asimismo, se debe considerar la disponibilidad de tiempo e identificar claramente que contenidos didácticos se pueden estudiar y desarrollar offline y cuales online.

5.2 ACTIVIDADES ONLINE DE LOS CURSOS ESCUELA ECBTI

Los programas académicos correspondientes a la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería básicamente se clasifican en dos tipos de cursos los cuales son obligatorios y electivos; estos a su vez se tipifican en teóricos, teórico-práctico (Metodológico) y práctico. Los cursos, dentro de sus syllabus de presentación, trazan una metodología de estudio que permite identificar que actividades se deben desarrollar online y cuales offline para obtener los resultados de aprendizaje esperados.

La implementación de las TIC en la UNAD como apoyo en el proceso educativo, se soporta por medio de ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) incorporando de esta manera innovaciones tecnopedagógicas en la estructura de los cursos. La UNAD, en su página oficial, especifica cómo los contenidos temáticos de los programas están alineados con los estándares internacionales los cuales contemplan actividades interactivas con acompañamiento de tutores, acceso a biblioteca virtual y bases de datos, herramientas en línea para el desarrollo de actividades colaborativas, grupos de discusión, noticias, evaluaciones y exámenes finales. Adicionalmente, se tiene acceso a reportes automatizados, notas, calificaciones, trámites administrativos y soporte técnico (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.).

Dentro de las principales actividades realizadas online acorde a los syllabus de los cursos se encuentran: el ingreso a la plataforma virtual, correo en campus virtual, sesiones de chat en Skype, Microsoft Teams, sesiones de conferencia en línea o webconference, acceso a repositorios en la nube como Google Drive, Dropbox, Skydrive, acceso a foros de discusión, acceso a contenidos y referentes bibliográficos para descarga de documentos.

Para conocer el ancho de banda que se requiere en el desarrollo de una jornada de trabajo académico en la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia en su modalidad de educación a distancia con mediación virtual, se realizaron mediciones con la aplicación BitMeter OS versión 0.7.6; aplicación gratuita que permite medir y controlar el flujo de ancho de banda de una conexión a internet, tanto de subida como de bajada de forma gráfica (BitMeter OS, 2019). Los datos son recolectados

en tiempo real y los usa para generar estadísticas de las velocidades de transferencia.

Las mediciones se realizaron con un plan de internet banda ancha (HFC) de 30 Megas contratado con el proveedor Tigo-UNE en la ciudad de Medellín. Las primeras mediciones corresponden a una video conferencia utilizando la aplicación Microsoft Teams en el horario comprendido entre las 14:00 y las 16:00 con 7 participantes conexión Wifi. Las actividades realizadas para la muestra fueron:

- Ingreso a la aplicación BitMeter OS.
- Ingreso al correo institucional.
- Ingreso a la página de la UNAD.
- Ingreso al campus virtual.
- Ingreso a Microsoft Teams.
- Participación por chat y audio en la video conferencia.
- Encendido de cámara y compartir pantalla.

Ilustración 7: Acceso a campus virtual UNAD

Acceder a Campus Virtual

Usuario

Se ha enviado un mensaje de correo electrónico a **idr***rez**@unadvirtual.edu.co** con un código de acceso, con ese código o desde su correo electrónico podrá ingresar a la plataforma.

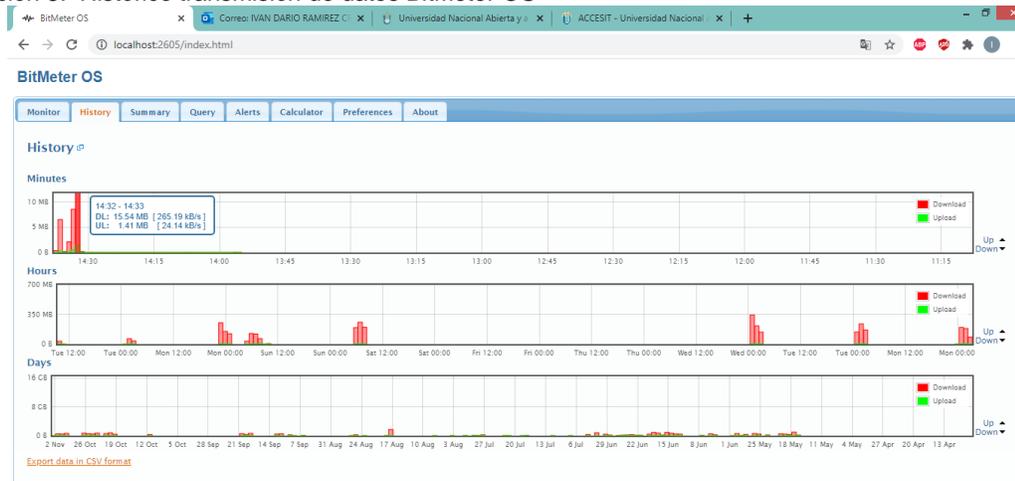
Ingrese su código de acceso

Entrar

Importante: El envío y recepción del correo puede tardar algunos momentos (hasta 2 minutos en condiciones normales), y es posible que su proveedor de correo lo haya enrutado a la bandeja de correo no deseado (SPAM), en caso de que le esté sucediendo esto, le

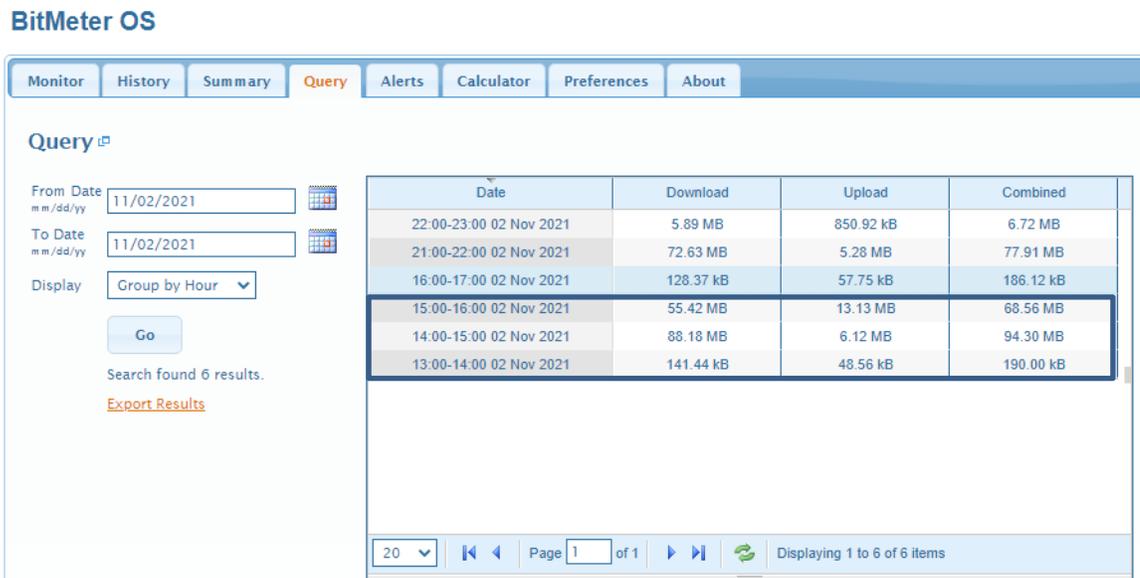
Fuente: <https://campus0d.unad.edu.co/campus/>

Ilustración 8: Histórico transmisión de datos BitMeter OS



Fuente: <https://codebox.net/pages/bitmeters>

Ilustración 9: Consulta transmisión de datos BitMeter OS



Fuente: <https://codebox.net/pages/bitmeters>

Los resultados de las mediciones arrojaron velocidades de transmisión de descarga entre los 88,18 MB y 141,44 KB, evidenciándose la mayor cantidad de transferencia de datos en el periodo comprendido entre las 14:00 y 15:00 (hora en que se realizó el ingreso a la video conferencia). Para las velocidades de transmisión de carga, el mayor consumo se evidenció en el periodo de tiempo comprendido entre las 15:00

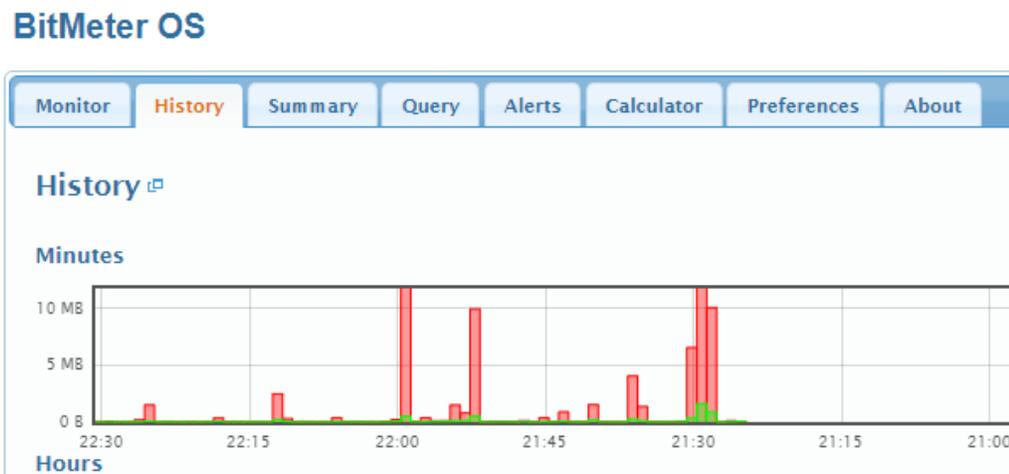
y 16:00. Periodo de tiempo en el cual se encendió cámara y compartió pantalla (13,13 MB).

Las mediciones realizadas perfectamente podrían aproximarse a un encuentro sincrónico o un CIPAS, encuentros diseñados para brindar los apoyos académicos necesarios en el afianzamiento de las intencionales formativas de los cursos.

La segunda medición corresponde al ingreso al campus virtual en el horario comprendido entre las 21:30 y las 22:30 conexión Wifi. Las actividades realizadas para la muestra fueron:

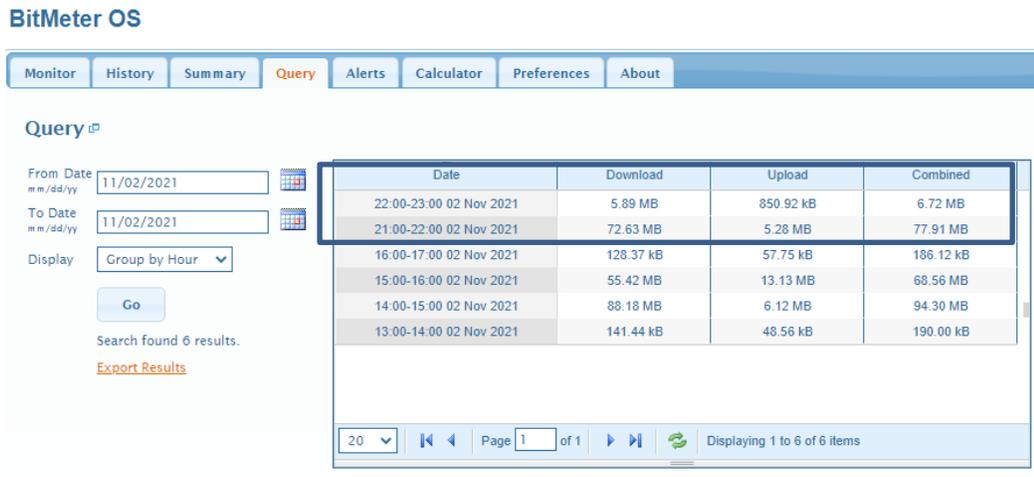
- Ingreso a la aplicación BitMeter OS.
- Ingreso al correo institucional.
- Ingreso a la página de la UNAD.
- Ingreso al campus virtual.
- Ingreso a un programa académico.
- Navegación en el aula.
- Descarga de archivos de los foros.
- Ingreso a la E-biblioteca.

Ilustración 10: Histórico transmisión de datos BitMeter OS



Fuente: <https://codebox.net/pages/bitmeteros>

Ilustración 11: Consulta transmisión de datos BitMeter OS



Fuente: <https://codebox.net/pages/bitmeteros>

Los resultados de la aplicación en la consulta del tiempo de evaluación muestran una velocidad de transmisión de descarga máxima de 72,63 MB y una máxima de carga de 5,28 MB. En el seguimiento del comportamiento histórico de los gráficos por minuto, se observa que el mayor tráfico de datos se presenta al momento de ingresar al aula virtual donde se requiere inicialmente acceder al correo para consultar el mensaje de acceso a la plataforma que contiene el código de verificación.

Es importante mencionar que el promedio de tiempo que permanece un estudiante en el campus virtual depende de la cantidad de créditos matriculados, actividades académicas en curso y participación en los foros de discusión. Actividades como lectura de material, construcción de trabajos y otras dinámicas se realizan fuera de línea.

5.3 ACTIVIDADES OFFLINE DE LOS CURSOS ECBTI

Actividades como lecturas en libros impresos, lectura de prensa, la radio, la televisión, lecturas en memorias portátiles, aplicaciones como office 365 al cual se tiene licencia habilitada por ser estudiante matriculado de la UNAD y uso de software de simulación, son algunas de las actividades offline que hacen parte de la estrategia de aprendizaje de la Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Un factor fundamental en la metodología de estudio de la universidad se centra en “contenidos didácticos con estándares internacionales que opcionalmente pueden descargarse en formato html y pdf para su tratamiento offline o sin conexión a Internet” (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.). De igual manera, la universidad dentro de su

plan de formación pone a disposición 65 centros regionales en todo el país con una infraestructura tecnológica idónea para el acompañamiento y desarrollo de actividades según las necesidades de los estudiantes.

La UNAD también ha desarrollado dentro de su plan de solidaridad extendido “Campus OFF”, plataforma que permite visualizar y revisar las actividades y recursos de los programas académicos, a fin de ofrecer soluciones en beneficio del proceso formativo de aquellos estudiantes que no cuentan con conexión estable a internet (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.).

La gestión del componente práctico es parte fundamental de la ECBTI; este tiene como propósito posibilitar una mirada crítica y determinar fortalezas y debilidades frente a escenarios prácticos para planificar eficazmente el desarrollo de los laboratorios, entendidos como una vivencia compartida y contextualizada del aprendizaje acorde a la hoja de ruta de la escuela (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.). Los laboratorios pueden ser desarrollados de modo offline por medio de software de simulación, de forma remota, conectándose remotamente a los recursos disponibles única y exclusivamente en los servidores y equipos de la universidad y de manera presencial asistiendo a los centros regionales y sedes administrativas.

La ilustración 12 muestra la composición del componente práctico de los cursos metodológicos del programa ingeniería de telecomunicaciones.

Ilustración 12: Modalidad de estudio componente práctico Ingeniería de Telecomunicaciones UNAD



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=8YDCJv8sGqY>

5.4 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA EL DESARROLLO DE UNA JORNADA DE TRABAJO ACADÉMICO EN LA ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA (ECBTI)

Para tener acceso al sistema de formación educativo de la UNAD en su modalidad de educación a distancia, se logran identificar claramente tres recursos necesarios para el desarrollo de los cursos pertenecientes a los programas de la universidad, estos recursos son: fluido eléctrico en el hogar, una computadora, tablet o Smartphone y acceso a internet. Igualmente, los estudiantes deben contar con conocimientos previos de navegación en la web y manejo de herramientas ofimáticas para facilitar la interacción en el campus virtual.

Los programas académicos recomiendan un total de horas de estudio individual que los estudiantes administran ya sea ingresando a la E-biblioteca, foros, noticias o chats propios de la universidad o haciendo uso de otras fuentes que permitan elaborar las actividades propuestas en las guías y rubricas de evaluación. El dominio de los temas y dedicación que se inviertan en la elaboración de las actividades está directamente relacionada con los resultados que se puedan llegar a obtener en las notas finales de cada curso.

Estudios probabilísticos han determinado que el 91,6% de los estudiantes de la UNAD cuenta con conexión a internet en su casa (Martínez, 2018), insumo fundamental en el desarrollo de los programas académicos de la ECBTI y, más aun considerando el tipo de estudiantes matriculados en la UNAD quienes dedican parte importante de su tiempo a obligaciones laborales y familiares que no le permiten asistir a la universidad para recibir clases de manera presencial.

Dispositivos con acceso a la web, credenciales de ingreso al campus virtual, correo electrónico de la UNAD, conocimientos de herramientas ofimáticas y conexión a internet son los requerimientos necesarios para desarrollar actividades de la ECBTI. El tiempo de permanencia en el campus virtual, así como el ancho de banda consumido dependerán del tipo de actividades que el estudiante desarrolle y la forma en la que esté interactuando por otros medios como los acompañamientos sincrónicos por Skype y video conferencias.

6 ACCESO A INTERNET EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO

El departamento de Antioquia, como todos los departamentos de Colombia, en cabeza de sus gobiernos locales trabaja en busca de un desarrollo socioeconómico que permita mejorar la calidad de vida de las personas haciendo de las poblaciones un lugar idóneo que cumpla con todas las condiciones necesarias para pertenecer a sus sociedades aportando activamente a la economía. Los informes de gestoría y el seguimiento de indicadores en el departamento de Antioquia, acordes a los planes y estrategias de desarrollo con enfoque territorial, permiten armonizar esfuerzos que conllevan a mejorar los resultados según las metas planteadas en los periodos de tiempo proyectados.

Uno de los sectores de mayor interés en crecimiento y desarrollo es la educación, un sector fundamental en la ruta hacia el progreso de las sociedades. Las metas y avances de cobertura educativa en zonas rurales del departamento de Antioquia se presentan en la tabla 5.

Tabla 5: Metas y avances de cobertura educativa en las zonas rurales del departamento de Antioquia.

Nombre del indicador	Unidad de medida	Meta 2023	Meta 2020	Logro 2020	% De avance meta 2023
Tasa de cobertura neta rural	Porcentaje	79,3%	77,8%	75,3%	24,2%

Fuente: <https://plandesarrollo.antioquia.gov.co/archivo/informe-gestion-2020-min.pdf>

El Departamento Administrativo de Planeación dentro de sus divisiones territoriales ubica el oriente antioqueño como una de las 9 subregiones del departamento de Antioquia conformada por 22 municipios (Gobernación de Antioquia, 2006).

La ilustración 13 muestra las divisiones territoriales de los 22 municipios del oriente antioqueño.

Ilustración 13: Mapa de los 22 municipios del oriente Antioqueño



Fuente: <https://orientese.co/presentan-mapa-interactivo-del-oriente-antioqueno/>

6.1 MARINILLA ANTIOQUIA. EDUCACIÓN Y ACCESO A INTERNET

El municipio de Marinilla Antioquia se encuentra ubicado a 2.123 metros de altitud, cuenta con una superficie de 116 Km^2 (Municipios de Colombia, 2021), y un clima cálido y templado con precipitaciones significativas incluso durante el mes más seco del año. Las administraciones locales en Marinilla han realizado grandes esfuerzos por llevar educación de calidad a las instituciones educativas públicas y privadas ubicadas en zonas rurales y urbanas.

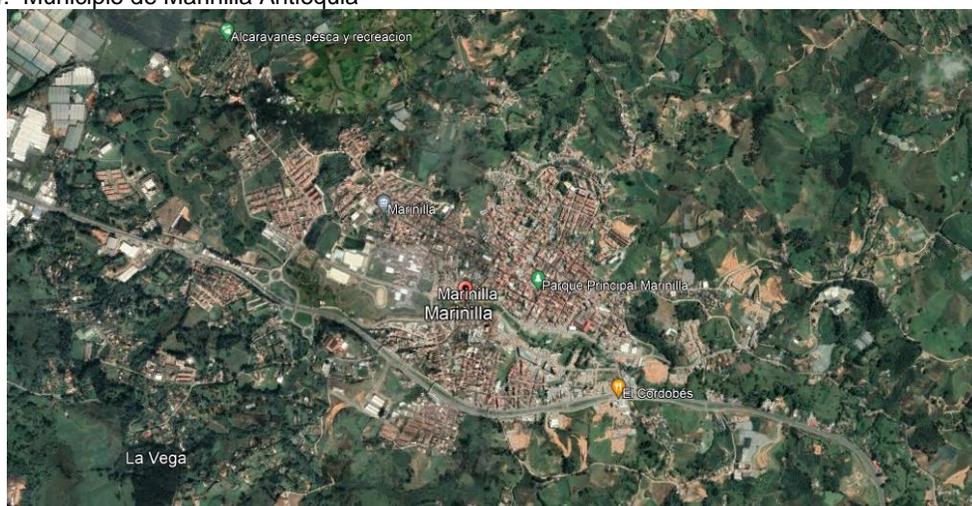
El municipio de Marinilla presentó el 9 de septiembre de 2021 el primer colegio digital rural, proyecto liderado por la Universidad Católica del Norte, el Ministerio de las TIC y la administración municipal de Marinilla. Como resultado de esta alianza, el Centro Educativo Rural Obispo Emilio Botero González de la vereda Las Mercedes se convirtió en el primer centro digital de Antioquia (MiOriente, 2021). En miras al futuro, y con el plan educativo implementado por la administración municipal de Marinilla donde se acomete mejorar la infraestructura educativa y la

ampliación de las capacidades de varias sedes educativas rurales con una hoja de ruta enfocada en alcanzar una mejor educación al año 2027 (DiariOriente, 2017), es de vital interés entrelazar los planes educativos del municipio con una alternativa de acceso a la educación superior donde se involucren las TICs y el aprendizaje e-learning.

La UNAD cuenta con 3.308 estudiantes matriculados en la zona occidente (Información brindada por la Escuela Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería-ECBTI, 2021) y el municipio de Marinilla cuenta con más de 30 instituciones educativas del sector oficial y privado que representan un gran potencial de estudiantes con oportunidades de acceso a la educación superior a distancia, si se garantizan las condiciones mínimas de conectividad y conocimientos de navegación en la web.

La ilustración 14 muestra el municipio de Marinilla Antioquia.

Ilustración 14: Municipio de Marinilla Antioquia



Fuente: Google Earth Pro, 2021

La conectividad en la subregión oriental del departamento de Antioquia se ve limitada por la baja disponibilidad de infraestructura, difícil topografía, reducida cantidad de habitantes y los escasos recursos económicos de las poblaciones. Es a esto que se debe la concentración de conexiones a internet en las cabeceras municipales por medio de tecnologías cableadas como redes telefónicas conmutadas, redes digitales RDSI, ADSL, HFC o fibra óptica y tecnologías inalámbricas ofertadas por los proveedores de internet móvil dejando una brecha importante con los centros rurales poblados dispersos y las zonas rurales de la subregión. En el año 2018 el DANE presentó las cifras de conexiones a internet en

cabeceras municipales y centros rurales poblados los cuales tenían una composición de 61,1% y 16,2% respectivamente (DANE, 2019).

Dentro de las estadísticas más relevantes del sector de las telecomunicaciones puestas a disposición por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones MinTIC, se encuentra el histórico de acceso a internet a través de redes fijas y móviles hasta el año 2016 por departamento y municipio. Para el municipio de Marinilla la información se relaciona en la tabla 6.

Tabla 6: Acceso a internet a través de redes fijas y móviles

Municipio	Total suscriptores	Penetración de internet	Periodo de corte
Marinilla	6.144	11,50%	2015-2T

Fuente: <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-36359.html>

El departamento de Antioquia se caracteriza por sus extensas zonas rurales y variada topografía. Los municipios de la región se ubican a diferentes alturas lo que conlleva a un clima multivariado que los pobladores aprovechan para la agricultura; fuente primordial de ingresos económicos de muchas familias cuyo sustento se ve limitado a la venta de sus cosechas. Además, dependiendo de la ubicación de los municipios y su nivel económico, las juventudes cuentan con una serie de privilegios en términos de acceso a las TICs y formación académica.

Los centros poblados remotos tienden a carecer de interacción con plataformas digitales, lo que disminuye las capacidades de los estudiantes en un grado alarmante. Los territorios alejados que no cuentan con tecnologías cableadas ni móviles como la 4G, están siendo limitados al no contar con un intercambio de datos efectivo ni acceso a internet. La alfabetización digital, implementación de zonas de acceso gratuito (programa puntos Wifi), uso de tecnologías satelitales y disponibilidad de equipos para acceder a la web, se vuelven herramientas fundamentales para cerrar las brechas digitales y subir los indicadores de acceso a la educación media.

7 PLANES DE INTERNET DISPONIBLES EN EL MUNICIPIO DE MARINILLA ANTIOQUIA

La pandemia generada por el Covid-19 representó una excelente oportunidad para realizar actividades desde casa haciendo uso de internet. El teletrabajo, educación a distancia y asistencia médica a distancia (telemedicina) fueron quizá algunas de las actividades más relevantes que se desarrollaron por un largo periodo de tiempo desde los hogares colombianos como medida preventiva para no contagiarse de la enfermedad.

Uno de los sectores que más demandó recursos tecnológicos y de infraestructura fue la educación, un sector que no estaba preparado para brindar las condiciones óptimas para dar continuidad a las clases en modalidad virtual. Esta situación dejó al descubierto la brecha digital que tiene actualmente el país en lo que a acceso a internet y dominio de las TICs se refiere. La ilustración 15 muestra un estudiante tratando de conectarse a internet para recibir clases desde un árbol.

Ilustración 15: Estudiante en clase virtual.



Fuente: <https://www.razon.com.mx/virales/estudiante-suba-a-un-arbol-para-tener-internet-y-tomar-clases-en-linea-videos/>

En este escenario fue necesario acudir a la asesoría de universidades que contaban con una amplia experiencia en educación a distancia para desarrollar planes de acción que permitieran dar continuidad a los cronogramas de estudio sin presentar mayores retrasos. La UNAD fue una de las universidades que menor impacto presentó gracias a la madurez de sus plataformas y recursos para impartir clases en modalidad a distancia.

La nueva modalidad de estudios que se planteó en su momento para todos los estudiantes del departamento de Antioquia (modalidad de clases virtuales) despertó el interés por conocer los planes y efectividad del internet que se ofertaba en las diferentes regiones para suplir la necesidad. Las localidades ubicadas en las cabeceras municipales y centros poblados no sufrieron mayores afectaciones posterior a las decisiones tomadas por las instituciones educativas; sin embargo, las poblaciones rurales y centros poblados apartados se vieron bastante afectados dadas las limitaciones para contar con conectividad desde sus hogares.

Para el municipio de Marinilla, se logran identificar 3 ISPs que ofertan servicios de televisión satelital, internet satelital e internet inalámbrico en las diferentes subregiones, siendo estas las alternativas más viables técnicamente para llegar a poblaciones rurales que no cuentan con ofertas de internet convencional (ADSL, HFC). La tabla 7 muestra los ISPs con cobertura en el municipio de Marinilla.

Tabla 7: cobertura ISPs en el municipio de Marinilla

ISP	Marinilla
Claro	T.V. satelital, internet inalámbrico
DirectTv Prepago	T.V. satelital, internet inalámbrico
HughesNet	Internet satelital

Fuente: El autor

Nota: la cobertura de internet inalámbrico de los proveedores Claro y DirecTv están supeditados a la infraestructura de redes móviles disponibles en la región.

La tabla 8 muestra las características de los planes de internet ofertados por los ISPs HughesNet, Claro y DirecTv prepago. Cabe mencionar que los planes de internet ofertados por los ISPs Claro y DirecTv Prepago están basadas en tecnologías de acceso inalámbrico soportadas por redes móviles, mientras que el acceso a internet del proveedor HughesNet es 100% satelital.

Tabla 8: Tarifas proveedores de internet satelital en Colombia

Proveedor	HughesNet	Claro	DirectTv Prepago
Datos	10-30 GB/mes	90-140 GB/mes	4-6 GB/mes
Estrato	1-6	1-6	1-6
Costo (COP)	\$159.000- \$392.700/mes	\$129.900- \$164.900/mes	\$72.900-\$98.900

Fuente: El autor

7.1 DISPONIBILIDAD ISP CLARO EN EL MUNICIPIO DE MARINILLA

Con el propósito de conocer la disponibilidad y calidad de los planes ofertados por los ISPs anteriormente mencionados, se plantea tomar un punto de referencia en una zona rural del municipio de Marinilla para hacer las respectivas pruebas y propuestas de mejora.

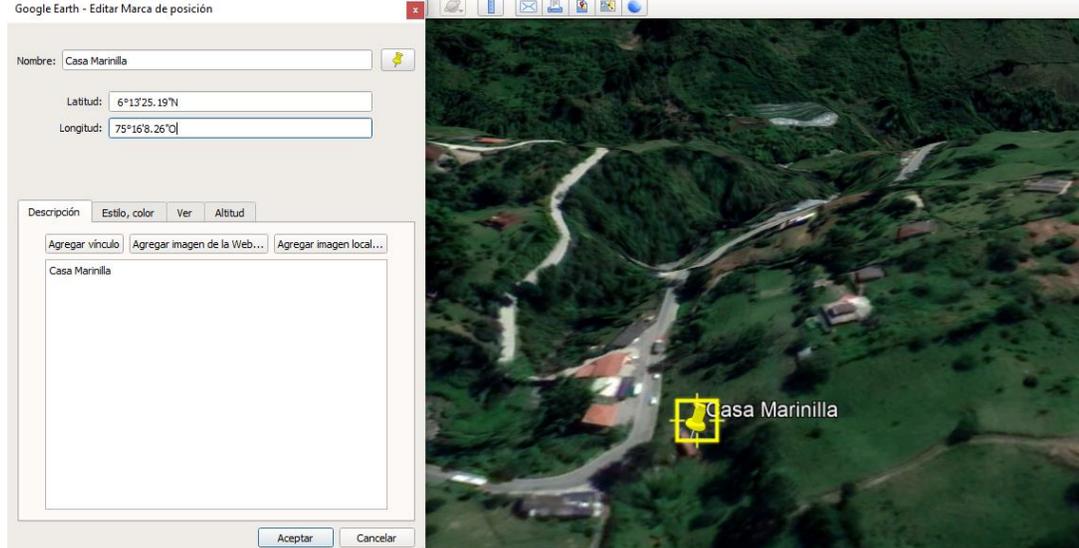
En la casa referencia ubicada en la vereda el pozo actualmente no se ofertan servicios de internet por medio de tecnologías convencionales, por lo que se evalúan las alternativas de redes móviles y satelitales (medios de transmisión no guiados) como opción de acceder a conectividad.

Marca de posición Google Earth Pro Casa Marinilla.

Latitud: 6°13'25.19"N

Longitud: 75°16'8.26"O

Ilustración 16: Ubicación casa referencia en el municipio de Marinia Antioquia



Fuente: Google Earth Pro, 2021

El ISP Claro cuenta con una página web que permite verificar la cobertura de sus redes móviles en cada una de las tecnologías de operación (2G, 3G y 4G) con solo ingresar el punto de referencia ya sea en coordenadas o nombre del municipio. Gracias al programa Google Earth Pro, se logró identificar la ubicación del punto de referencia con exactitud para ingresar los datos en la página de consulta de Claro.

Las ilustraciones 17 y 18 muestran el registro de coordenadas e intensidad de la señal en el punto de referencia de las redes móviles del IPS Claro.

La tabla 9 muestra los resultados de la intensidad de la señal de las redes móviles del ISP claro en tecnología 2G, 3G y 4G para el punto de referencia ingresado.

Tabla 9: Intensidad de señal Claro en punto de referencia Marinilla

Tecnología	Potencia (dBm)	Cobertura
2G	-30dBm a -80dBm	Con cobertura
3G	-81dBm a -90dBm	Con cobertura
4G LTE	-102dBm a -115dBm	Sin cobertura

Fuente: El autor

El indicador de fuerza de la señal recibida (RSSI por las siglas del inglés Received Signal Strength Indicator) permite conocer la fuerza de la señal, incluyendo la interferencia y la señal de otras torres cercanas (norfipc.com, sf). Para el caso de cobertura de Claro en el punto de referencia, las señales más cercanas a cero son las de mejor calidad, por lo que podemos concluir que la red en 2G y 3G van a brindar buena y regular señal respectivamente. Para la tecnología 4G LTE (-102dBm a -115dBm) la señal es débil.

7.2 DISPONIBILIDAD IPS DIRECTV PREPAGO EN EL MUNICIPIO DE MARINILLA

Al igual que el ISP Claro, DirecTv en su página oficial cuenta con la opción de consultar la cobertura de sus servicios de internet ingresando la dirección de residencia o localizando la ubicación en el mapa.

Ingresando el punto de referencia objeto de estudio en la página de consulta de cobertura de DirecTv, se logró obtener el resultado de la búsqueda el cual se muestra en la ilustración 19.

Ilustración 19: Resultado de cobertura DirecTV punto de referencia en el municipio de Marinilla



Fuente: <https://www.directv.com.co/Cobertura/Seguridad/Georef/Index>

7.3 DISPONIBILIDAD IPS HUGHESNET EN EL MUNICIPIO DE MARINILLA

HughesNet presta servicios de internet satelital con cobertura en más de 1,000 municipios de Colombia incluyendo el departamento de Antioquia sirviéndose con el más reciente y alto estándar de la industria, Banda Ka, utilizando un satélite geoestacionario y antenas receptoras de menor tamaño. El municipio objeto de estudio se encuentran dentro de la cobertura del ISP HughesNet como una gran alternativa al acceso a internet en las zonas más apartadas abriendo un mundo de posibilidades académicas en todos los niveles formativos.

Una vez asegurada la prestación de servicios de internet satelital dentro de la cobertura del ISP HughesNet Colombia y su banda de transmisión de los satélites utilizados (banda Ka), se presentan una serie de ventajas a la hora de obtener los niveles de señal adecuados y por ende la calidad de internet esperado (banda ancha) en el municipio de Marinilla. “En las frecuencias más altas, como las que se encuentran alrededor de 12 GHz (banda Ku) o 20 GHz (banda Ka), los haces se centran en zonas más pequeñas para contrarrestar una mayor atenuación de la señal causada por la atmósfera” (Unión Internacional de las Telecomunicaciones, s.f.). Asimismo, el tamaño de las antenas a utilizar en las estaciones terrestres se reduce facilitando su instalación, apuntamiento y todo lo relacionado con mantenimientos correctivos.

En la actualidad, páginas web como Satbeams permiten obtener información de los satélites que orbitan la tierra y sus huellas de cobertura. También brinda información

adicional como el nivel del PIRE, bandas de operación y recomendación del tamaño de la antena receptora para un punto específico.

La ilustración 20 muestra la huella, nivel del PIRE y recomendación del tamaño de la antena receptora para el satélite Hispasat 30W-5 operando en banda Ku ubicando el punto de referencia en Marinilla.

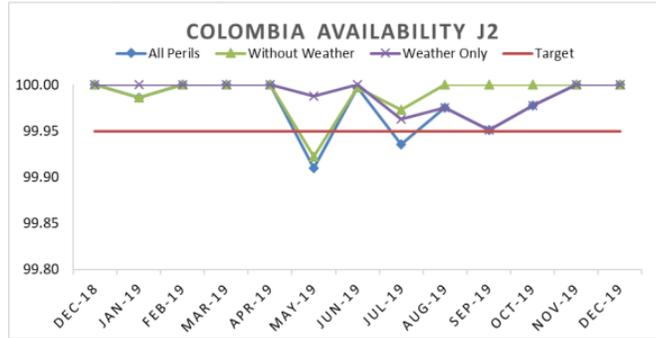
Ilustración 20: Huella del satélite Hispasat 30W-5 en banda Ku



Fuente: <https://satbeams.com/footprints?beam=6523>

Al tener cobertura en el municipio de Marinilla, el ISP HughesNet Colombia está asegurando que cuenta con la potencia irradiada efectiva isotrópica (EIRP) suficiente para tener una señal portadora que pueda ser tratada y amplificada en los transpondedores de los satélites de manera que el radioenlace sea efectivo. Asimismo, han de considerarse las pérdidas que se presentan en los radioenlaces satelitales como lo son la atenuación en el espacio libre y la atenuación por lluvia. La ilustración 21 muestra el porcentaje de disponibilidad del transpondedor Juniper 2 año 2019.

Ilustración 21: Disponibilidad de transporte Juniper 2.



Fuente: <https://www.hughes.com/about>

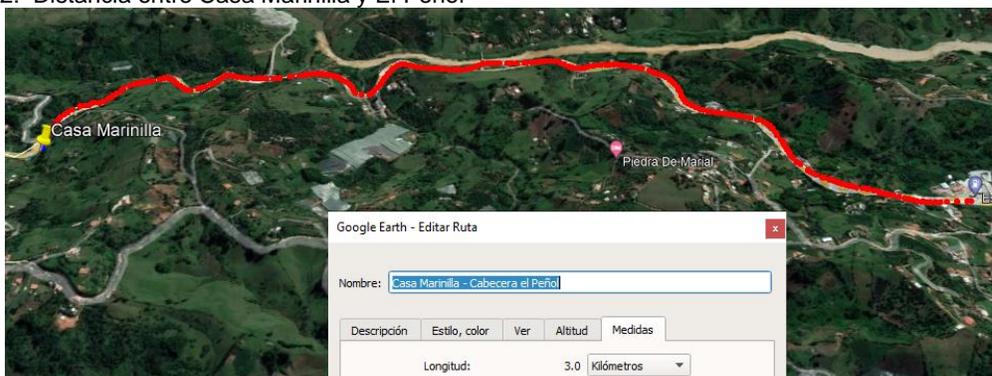
8 ALTERNATIVAS DE MEJORA PARA ACCEDER A INTERNET EN LAS ZONAS RURALES DEL MUNICIPIO DE MARINILLA

Una vez identificada la necesidad de acceder a una conectividad más estable y rápida en el punto de referencia (casa en Marinilla), se proponen alternativas de diseño y despliegue de infraestructura a un alto nivel con el fin de presentar un potencial caso de negocio que proporcione servicios de calidad en las zonas rurales del municipio de Marinilla.

La primera verificación que se realiza es identificar las distancias del punto de referencia con las cabeceras municipales donde ya se cuenta con ISPs disponibles para el despliegue de infraestructura de cada una de las propuestas. La validación se realizó con el programa Google Earth Pro, botón agregar ruta entre el punto de referencia y los parques del Municipio de Marinilla y El Peñol.

Ruta 1. Casa Marinilla - cabecera el Peñol. La ilustración 22 muestra la distancia en kilómetros entre el punto de referencia y la entrada a la cabecera del municipio de El Peñol (3 kilómetros de distancia).

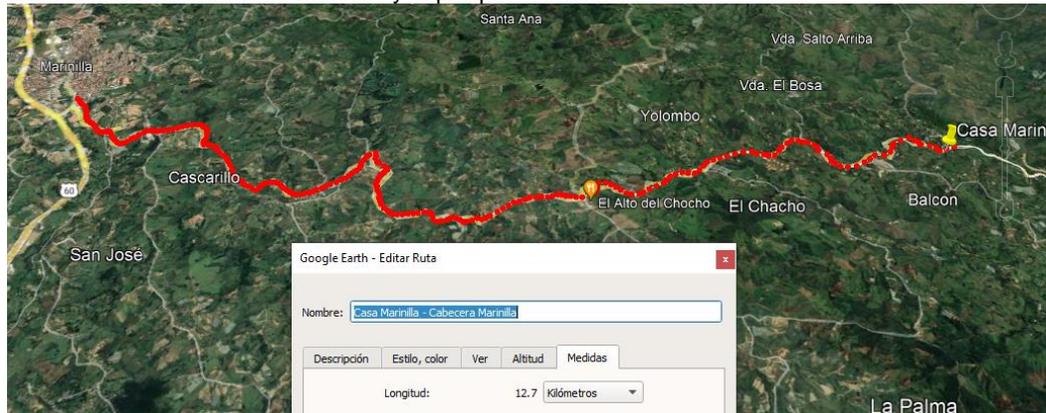
Ilustración 22: Distancia entre Casa Marinilla y El Peñol



Fuente: Google Earth Pro, 2021

Ruta 2. Casa Marinilla – cabecera Marinilla. La ilustración 23 muestra la distancia en kilómetros entre el punto de referencia y el parque de Marinilla (12.7 kilómetros de distancia).

Ilustración 23: Distancia entre casa Marinilla y el parque de Marinilla



Fuente: Google Earth Pro, 2021

8.1 PROPUESTA RED EPON (ETHERNET SOBRE REDES ÓPTICAS PASIVAS)

Como una primera alternativa de mejora se propone el despliegue de una red óptica EPON para 8 abonados ubicados en las cercanías del estadero la Cabaña partiendo de la cabecera del municipio del Peñol dada la distancia hasta el punto de referencia (3 kilómetros). Se propone una red EPON por sus características técnicas como la velocidad de transmisión simétrica de 1.2Gbps (estándar IEEE 802.3ah) que proporciona esta tecnología y el número de usuarios que admite la red la cual puede variar normalmente entre 32, 16, 64 y 128 ONUs (Unidad de Red Óptica). Del mismo modo, se tuvo presente la relación de división que impacta directamente los costos de los módulos transceptores ópticos y la distancia de transmisión.

Para asegurar la viabilidad de la propuesta se realizó el conteo de los postes de servicio público existentes como alternativa de soporte para el despliegue de la fibra (aéreo) y ubicación de los dispositivos pasivos. Se asume que en la cabecera del Peñol se cuenta con el ISP que proporciona los servicios de conectividad y el enrutador para la conexión del OLT. La ilustración 24 muestra los iconos utilizados para representar los dispositivos activos y postes que se identificaron con el programa Google Earth Pro modo Street View.

Ilustración 24: Iconos red EPON sobre Google Earth Pro

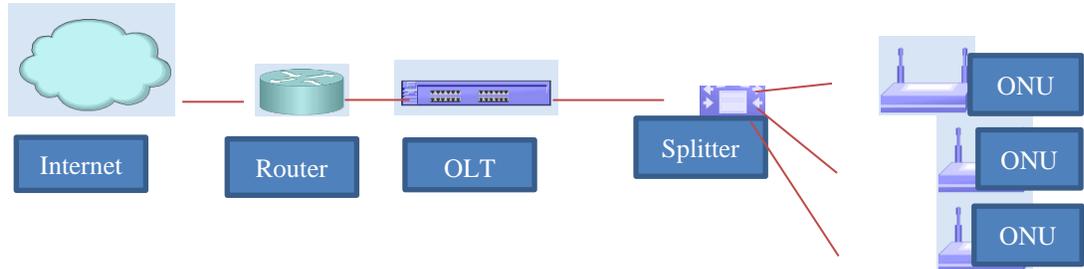


Fuente: Google Earth Pro, 2021

Una vez definida la ruta se procede a modelar el diseño a un alto nivel permitiendo identificar los elementos que conformarán la red EPON.

La ilustración 25 muestra el diseño de la red EPON propuesta.

Ilustración 25: Diseño red EPON



Fuente: El autor

La tabla 10 muestra los equipos seleccionados para la propuesta con sus respectivas características técnicas y costos. El diseño no incluye los costos de mano de obra de instalación ni alquiler de los postes.

Tabla 10: Costo equipos red EPON

Equipo	Características técnicas	Precio en COP
OLT (Terminal de Línea Óptica)	C DATAFD1002S. Soporta 2 EPON PON – 128 ONU	\$1.245.000
Módulo SFP (transceiver fibra óptica) EPON PX20++	Conector: SC/UPC Velocidad de transmisión de datos: 1.25 Gbps Distancia: 20Km Longitud de onda: TX: 1490 nm RX: 1310 nm Potencia 7dBm	\$599.414
Fibra monomodo	Carrete de 2 km de Fibra Óptica Aérea Mini Figura 8 G.657A1 tipo Drop, Monomodo de 2 Hilos, Color Negro	\$530.000
Splitter 1:8	UFiber Splitter (Divisor Óptico) PLC 1 x 8, con conectores SC/APC	\$95.000
ONU (Unidad de Red Óptica)	ONU Dual EPON/GPON. Soporta EPON PX20 / GPON Class B+ Sensibilidad de recepción óptica: $\leq -28\text{dBm}$ Distancia de 20 Km	\$105.000

Fuente: El autor

Nota: Costos de referencia tomados de AliExpress los cuales pueden variar con la TRM

Una vez definidos los elementos pasivos y activos a utilizar en el montaje, se procede a realizar el cálculo de pérdidas y ganancias según los estándares de potencia entregados por cada elemento. Se plantean valores de pérdidas típicas para no entrar en detalles de marcas y referencias puntuales. La tabla 11 muestra las potencias características de cada elemento que compone el diseño.

Tabla 11: Características equipos red EPON

Equipo	Características – potencia
OLT (Terminal de Línea Óptica)	C DATAFD1002S. Soporta 2 EPON PON – 128 ONU 7dBm
Módulo SFP (transceiver fibra óptica) EPON PX20++	
Fibra monomodo	-0.3dB por Km
Splitter 1:8	Atenuación de 9.02dB
Pérdidas por conector	-0.6dB por conector
ONU (Unidad de Red Óptica)	módulos clase B+ opera entre -8dBm a -28dBm

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=0e-a0H2njll>

Cálculo de pérdidas y ganancias de potencia:

$$(\text{potencia de inicio}) - (C) - (F) - (1:8 \text{ Splitter}) - (F) - (C) \quad (1)$$

$$\text{Modulo (SFP)} - (\text{Conector}) - (3 \text{ Km} * \text{Fibra}) - (\text{Splitter } 1:8) - (\text{Conector ONU}) \quad (2)$$

$$7\text{dB} - 6\text{dB} - (3 * -0.3\text{dB}) - 9.02\text{dB} - 6\text{dB} \quad (3)$$

Para 3 Kilómetros la potencia en la ONU será de: -14.92dB

Teniendo en cuenta que la ONU opera con señales entre los -8dBm a -28dBm (Clase B+) se garantiza la correcta operación de los servicios de internet en los rangos de velocidad provistos en la tecnología EPON.

Costos:

$$\text{OLT} + \text{módulo SFP} + \text{fibra monomodo (2 carretes de dos kilómetros)} \\ + \text{Splitter } 1:8 + (8 \text{ ONUs}) \quad (4)$$

$$\$1.245.000 + \$599.414 + 1.060.000 + \$95.000 + \$840.000 \quad (5)$$

$$\$3.839.414$$

La propuesta planteada es bastante viable dado que el diseño de la red es escalable para conectar más usuarios hasta alcanzar el límite permitido de 128 ONUs. Una vez se encuentre el punto de equilibrio con el potencial de usuarios de la vereda el pozo y sus alrededores se hará más factible y rentable la implementación de la red. Esta tecnología permitiría alcanzar un nivel de conectividad de alta velocidad que no solo mejoraría las condiciones para estudiar a distancia sino también para integrar tecnologías de monitoreo e instrumentación remota (IoT) en el campo de la agricultura y ganadería.

A nivel de mantenimientos tanto preventivo como correctivos, se esboza un diseño con 1 Km de fibra redundante para posibles afectaciones en el trayecto. Los mantenimientos preventivos de la red están dirigidos a actualizaciones de software e inspecciones de elementos pasivos como terminales y Splitter.

8.2 PROPUESTA INSTALACIÓN ANTENA REPETIDORA

La propuesta de instalación de antena repetidora surge de la identificación de las condiciones geográficas que presenta el punto de referencia en el municipio de Marinilla y los bajos niveles de potencia en redes móviles que suministra el ISP Claro actualmente en la zona. Para modelar la propuesta, al igual que en el punto anterior, se seleccionó la cabecera del municipio del Peñol como punto de emisión de señal dada la cercanía a la casa en la vereda el pozo (3 Km).

Paso a seguir, identificar si existe línea de vista entre la cabecera del Peñol y el punto de referencia. Para conocer este dato, se usó Google Earth Pro agregando una nueva ruta y mostrando el perfil de elevación. La ilustración 26 muestra el perfil de elevación entre el punto de referencia en Marinilla y la cabecera del Peñol.

Ilustración 26: Perfil de elevación Casa Marinilla El Peñol



Fuente: Google Earth Pro, 2021

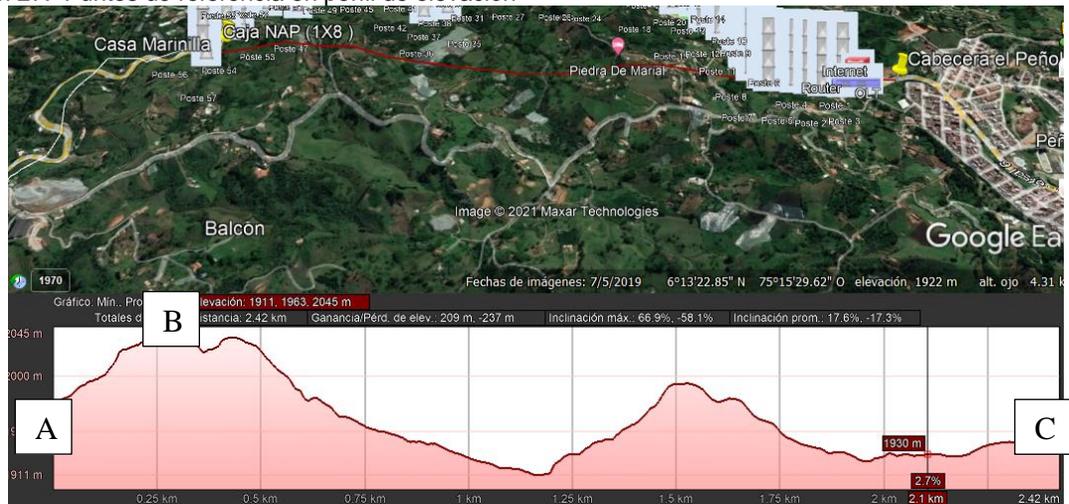
El perfil de elevación indica claramente que no se tiene línea de vista entre el Peñol y el punto de referencia en la vereda el pozo, por lo que se propone instalar la repetidora en el punto más alto del trayecto y ubicar la antena del Peñol en una torre de altura considerable para asegurar una zona de Fresnel aceptable en el radio enlace. La ilustración 27 muestra los puntos de referencia considerados para la instalación de la repetidora.

A= Punto de referencia casa en la vereda el pozo en marinilla.

B= Punto más alto del trayecto.

C= Cabecera el Peñol.

Ilustración 27: Puntos de referencia en perfil de elevación



Fuente: Google Earth Pro, 2021

Distancias sobre el perfil de elevación:

Distancia punto A - B = $D1=283\text{m}$

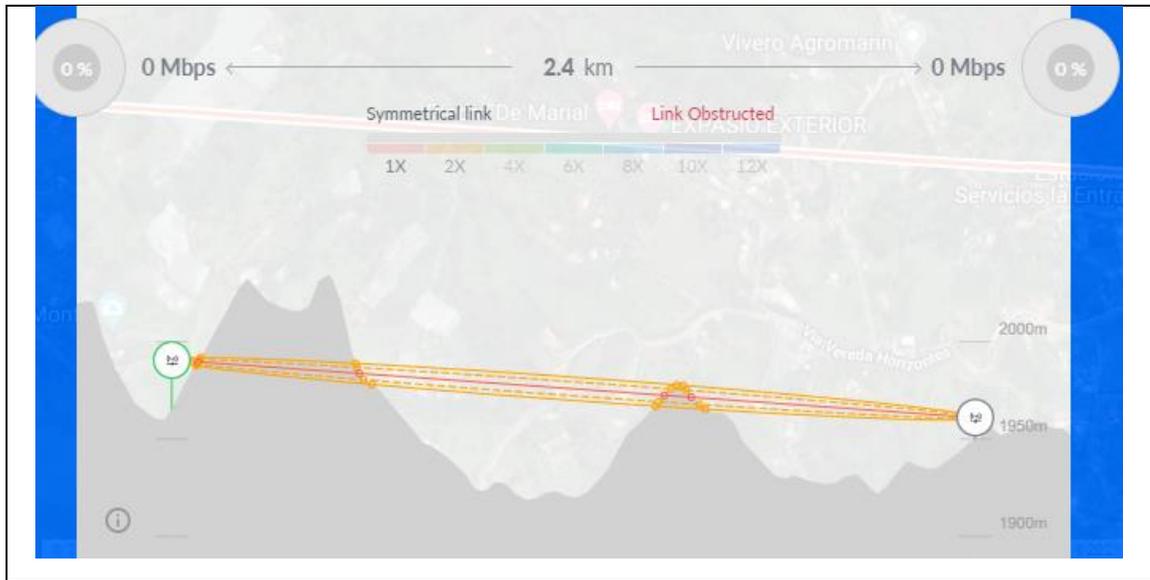
Distancia punto B – C = $D2=2.137\text{m}$

Distancia total radio enlace DT= 2.420m

Haciendo uso del simulador de radio enlaces de la página AirLink diseñado por el fabricante de equipos para redes inalámbricas Ubiquiti, se bosquejó un enlace punto a punto para validar las dimensiones de interferencia de la zona de Fresnel. La ilustración 28 muestra la línea de vista para un enlace punto a punto casa referencia - cabecera el Peñol

Ilustración 28: Línea de vista enlace punto a punto AirLink

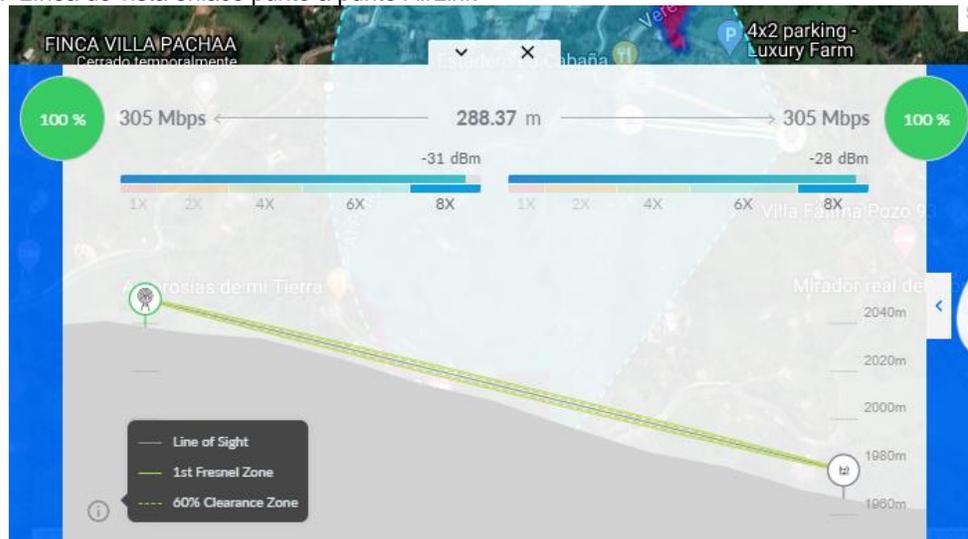




Fuente: <https://link.ui.com/#>

La propuesta de diseño es instalar una antena repetidora en el punto más alto del trayecto el cual se ubica a 288 metros del punto de referencia y una altura de 2.045 metros sobre el nivel del mar. La ilustración 29 muestra la simulación del enlace punto a multipunto con la antena transmisora (repetidora) ubicada en el punto mencionado.

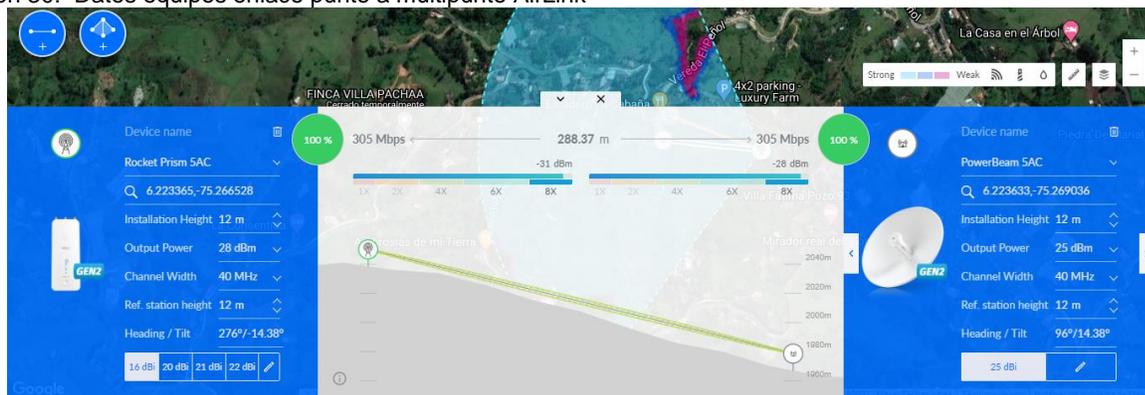
Ilustración 29: Línea de vista enlace punto a punto AirLink



Fuente: <https://link.ui.com/#>

Otra de las bondades del simulador es que suministra la información de las antenas recomendadas para el diseño planteado. La ilustración 30 muestra la referencia de las antenas recomendadas por la compañía Ubiquiti Networks.

Ilustración 30: Datos equipos enlace punto a multipunto AirLink



Fuente: <https://link.ui.com/#>

Los equipos seleccionados para el diseño se relacionan en la tabla 12. Solo se cuantifica la información de la repetidora sin costos de mano de obra, alquiler o venta del terreno de instalación de la antena y costos de facturas por suministro eléctrico para la antena.

Tabla 12: Equipos para Antena repetidora

Equipo	Características técnicas	Precio en COP
Torre auto soportada de 18 metros	Ideales para terrenos urbanos y cerros, su geometría y construcción permite soportar grandes pesos y resistir diferentes fenómenos físicos.	\$4.320.000
ODU (OutDoor Unit) Rocket Prism 5AC	Entrega una máxima eficiencia espectral y un throughput real de hasta +500 Mbps. Opera en todo el espectro disponible de la banda de frecuencia de 5 GHz y añade un radio WiFi	\$1.253.000

dedicado en 2.4 GHz para una gestión rápida y fácil desde dispositivos móviles

Continuación tabla 12

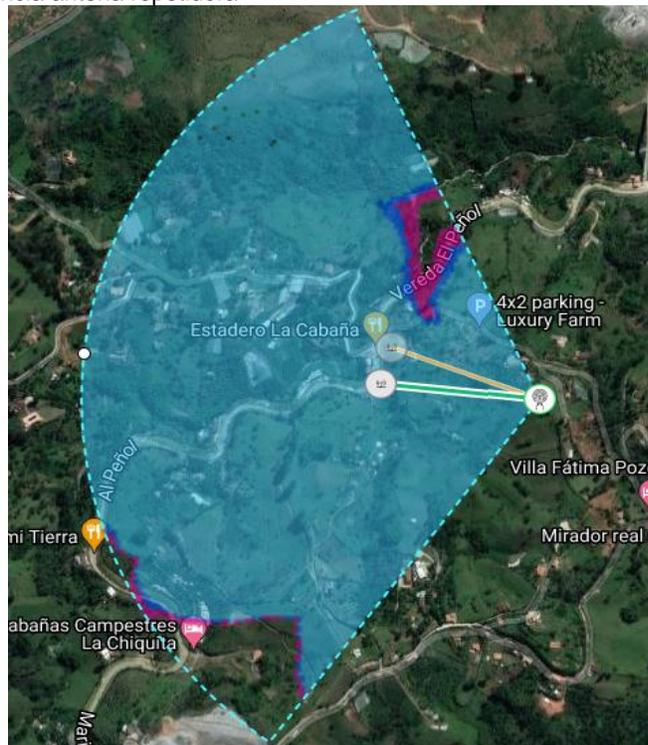
Equipo	Características técnicas	Precio en COP
Antena Sectorial Ubiquiti Airmax 5g19-120 5GHz 19dbi 120°	Frecuencia de operación en la banda de los 5GHz y ganancia de 19dBi	\$663.000

Fuente: El autor

Nota: Costos tomados de mercado Libre Colombia

El costo total de la implementación es de \$6.236.000 para cubrir la zona de referencia. La ilustración 31 muestra el nivel potencia sobre la zona donde se propone el diseño siendo el color azul claro buena potencia, azul oscuro regular potencia y rojo nula potencia. Con esta intensidad de señal se estaría asegurando trasmisión de datos de hasta 500 Mbps en la banda de 2.4GHz

Ilustración 31: Nivel de potencia antena repetidora

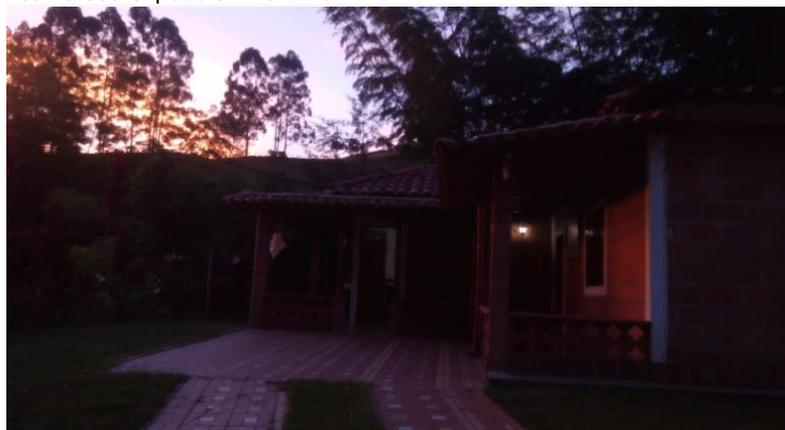


Fuente: <https://link.ui.com/#>

8.3 HALLAZGOS Y RESULTADOS

La situación de salud pública generada por el Covid-19 llevó a replantear la manera de realizar actividades que antes requerían de la presencialidad. Una vez declaradas las restricciones de movilidad, cierres de sitios públicos y control de aforos en establecimientos por parte del gobierno nacional en los años 2.020 y 2.021, varias familias plantearon movilizarse a sus casas ubicadas en zonas rurales, en mi caso particular ubicada en la vereda el pozo municipio de Marinilla Antioquia, con el fin de evitar contagios de los adultos mayores que quedaban mucho más expuestos en la ciudad de Medellín. La medida solo fue posible implementarla para las personas que en función de su rol (pensionados) no requerían de los servicios de internet, para la comunidad laboral y estudiantil era primordial contar con internet banda ancha para poder continuar realizando actividades de teletrabajo y estudios virtuales. La casa de Marinilla, por su ubicación, cuenta con excelentes rutas de acceso, servicios públicos de agua y energía y sitios de abastecimientos cercanos. El punto de inflexión radica en la débil señal celular y disponibilidad de servicios de internet que presenta el punto de ubicación en particular. Es por este motivo que se tomó como punto de referencia para plantear las alternativas de mejora con miras a beneficiar a la comunidad de la vereda y sus alrededores. La ilustración 32 muestra la casa finca ubicada en la vereda el pozo en Marinilla.

Ilustración 32: Casa finca vereda el pozo en Marinilla



Fuente: El autor

Gracias a las consultas realizadas para elaborar la presente monografía y los conocimientos previos adquiridos en la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones de la UNAD, se lograron identificar las razones por las cuales el acceso a internet es insuficiente en la casa de Marinilla y poblaciones rurales cercanas. La principal razón es la falta de oferta de servicios de internet

convencional en las zonas rurales ya que estas se limitan a cabeceras municipales y centros poblados donde se asegura rentabilidad en el despliegue de infraestructura por la cantidad de abonados. Por otra parte, las redes móviles no cuentan con la suficiente potencia para brindar cobertura en tecnologías 3G y 4G por el montañoso terreno y la ubicación de las antenas celulares. Esto se identifica claramente in situ cuando se debe acudir al desplazamiento a ciertos puntos clave de la finca para poder realizar una llamada o recibir mensajes de WhatsApp (los puntos de mayor altura).

La alternativa de internet satelital ofertada por el ISP HughesNet asegura cobertura en el municipio de Marinilla con tecnología de acceso a internet 100% satelital en los hogares con velocidades de 25 Mbps en sus planes ofertados (HughesNet, s.f.). El acceso a internet satelital como una alternativa de acceso a internet en las zonas rurales del municipio de Marinilla se convierte en una opción de valor para los estudiantes que pretendan continuar sus estudios superiores en la UNAD modalidad a distancia sin necesidad de desplazarse a otros lugares por falta de este recurso. Conviene evaluar alternativas de acceso a internet inalámbrico en las poblaciones rurales cercanas a las cabeceras municipales para conocer que ISPs cuentan con cobertura, dada la expansión actual de redes móviles en el país o bien contextualizarse sobre las inversiones de conectividad que adelanten los gobiernos departamentales y planes de conectividad rural como lo son el proyecto nacional de fibra óptica, AUS Zonas Digitales Rurales y Acceso Universal para Zonas Rurales - Centros Digitales (CDR) liderados por el MinTIC.

Los resultados obtenidos en las pruebas de transferencia de datos para desarrollar una jornada de trabajo académico en la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia en su modalidad de educación a distancia con mediación virtual arrojan un máximo de 94.30 MB combinando las tasas de transferencia de subida y bajada de información. Las propuestas de mejora planteadas en el capítulo 8 garantizarían y superarían las tasas de transmisión necesarias para llevar a cabo estudios en modalidad a distancia y otros procesos adicionales como proyectos de instrumentación con sensores que permitan transmitir datos en tiempo real (IoT) de las cosechas, estado de los suelos y condiciones climatológicas mejorando los procesos de agricultura y ganadería en las poblaciones.

Para garantizar un adecuado desarrollo de actividades académicas de la ECBTI es importante conocer, racionar y monitorear los consumos de datos estableciendo la premisa de ser usados para fines de estudio teniendo presente que las condiciones climatológicas podrían afectar el desempeño de las redes de comunicación y desarrollo de las actividades online de gran importancia como lo son la presentación de evaluaciones y participación en encuentros sincrónicos.

La tabla 13 muestra el resumen de las tecnologías exploradas para mejorar la conectividad en las zonas rurales del municipio de Marinilla Antioquia para el desarrollo de una jornada de estudio en los programas universitarios de la UNAD.

Tabla 13: Alternativas exploradas de acceso a internet en zona rural del municipio de Marinilla Antioquia

Acceso a internet	Velocidad de descarga / carga	Costo implementación de mejora o Instalación del servicio (COP)	Instalador	¿Asegura conectividad para estudiar a distancia con mediación virtual?
Móvil 4G	100/50 Mbps (datos teóricos)	\$6.236.000	ISPs del sector privado, entidades públicas gubernamentales	Si
EPON (Ethernet sobre redes ópticas pasivas)	1.25 Gbps simétrica	\$3.839.414	ISPs del sector privado, entidades públicas gubernamentales	Si
Satelital	25/3 Mbps	\$199.900 (pago mensual)	ISPs del sector privado (usuario)	Si

Fuente: El autor

Nota: Las velocidades de carga y descarga dependerán del tipo de hardware utilizado, la congestión en la red, el estado del cableado y las condiciones climáticas.

9 CONCLUSIONES

El programa de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia deberá permitir a sus egresados participar activamente en el desarrollo e implementación de diseños que apunten a mejorar las condiciones de conectividad de las poblaciones con un alto grado de criterio técnico. A partir de los conocimientos previos adquiridos en la línea de profundización de la carrera Ingeniería de Telecomunicaciones enfocados en radio frecuencia y redes de comunicaciones, se lograron identificar las deficiencias de conectividad en la zona rural del municipio de Marinilla y proponer alternativas para mejorar el acceso a internet

Si bien las propuestas de mejora de acceso a internet en las zonas rurales del municipio de Marinilla se realizaron a un alto nivel, los modelos y softwares utilizados brindan una aproximación a estudios de negocio que podrían llegar a ser lo suficientemente rentables si se encuentra un punto de equilibrio entre el despliegue de infraestructura y el número de abonados que accedan a tomar el servicio. Asimismo, la participación de los gobiernos locales podría simplificar los diseños y mejorar los costos de montaje y operación si subsidian parte de los proyectos entendiendo que no estamos exentos a nuevos confinamientos y restricciones que podrían afectar directamente la continuidad de los periodos académicos escolares y universitarios.

Las inversiones del sector privado para alcanzar mejores niveles de comunicación en tecnologías satelitales se han visto reflejadas en servicios de calidad con mejores precios que operan dentro de los marcos regulatorios de cada país incrementando el número de usuarios y cubriendo mayor cantidad de área para llevar servicios de internet a las poblaciones rurales apartadas donde no se cuenta con infraestructura convencional cableada. La idea de tener acceso a internet en todos los rincones del mundo se ve cada vez más cerca de cumplirse gracias a investigaciones y fuertes inversiones lideradas en la actualidad por Jeff Bezos y Elon Musk quienes están trabajando con vigor en cómo resolver el problema de llevar conectividad a las masas, sin importar dónde residan.

La educación virtual ha marcado una nueva era de aprendizaje en el cual el uso de las TICs se ha vuelto de vital importancia en el desarrollo de los planes de estudio de las IES. La disponibilidad de Hardware, conectividad a internet más rápida, software mejorados y sensibilización sobre el valor del e-learning, ayudarán a un aprendizaje más efectivo, mejorando las barreras y formas de motivar e involucrar las poblaciones pertenecientes a las zonas rurales del departamento de Antioquia. Los requerimientos necesarios para para el desarrollo de una jornada académica constan principalmente de fluido eléctrico en el hogar, una computadora, tablet o

Smartphone y acceso a internet. Igualmente, los estudiantes deben contar con conocimientos previos de navegación en la web y manejo de herramientas ofimáticas para facilitar la interacción en el campus virtual.

Se recomienda realizar trabajos de campo con instrumentos de medición idóneos en zonas rurales donde se cuenta con instalaciones de internet satelital para conocer el rendimiento cuantitativo de estos sistemas de comunicación en el desarrollo de actividades académicas correspondientes a la UNAD. Asimismo, se sugiere continuar elaborando este tipo de estudio para actualizar tanto a la comunidad estudiantil como administrativa y docente de la UNAD en opciones de acceso a internet en zonas remotas donde no se cuenta con este recurso con miras a incrementar la población estudiantil, cerrando la brecha digital existente hoy en día.

Si bien se identifican y proponen alternativas de mejora para el acceso a internet en las zonas rurales del municipio de Marinilla enfocado hacia el desarrollo del proceso formativo de los aspirantes y estudiantes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, es imperativo ahondar sobre los recursos económicos de las poblaciones objeto de estudio, aplicar instrumentos tipo encuesta para conocer la intención de acceder a estudios universitarios y tomar muestras de la población estudiantil que tendrían la oportunidad de ingresar a la educación media.

Los estudios y propuestas presentados en el documento se pueden replicar perfectamente en otras poblaciones del territorio colombiano gracias al desarrollo de softwares que se encuentran disponibles para el modelamiento de redes tanto cableadas como inalámbricas.

Gracias a las consultas, hallazgos y resultados que se presentan en la monografía se logra concluir que, en las zonas rurales del municipio de Marinilla, es necesario mejorar la conectividad y acceso a internet para llevar a feliz término las jornadas académicas de la ECBTI de la UNAD e implementar tecnologías que asocian instrumentación con transmisión de datos en tiempo real (IoT) para optimizar el rendimiento de los cultivos y la ganadería de la región.

10 BIBLIOGRAFÍA

AIRLINK, “Simulación”. {En línea}. {19 de noviembre del 2021} disponible en:
<https://link.ui.com/#>

BITMETER OS, “BitMeter OS”. {En línea}. {1 de noviembre de 2021} disponible en:
<https://bitmeter-0s.uptodown.com/windows>

BUENAÑO, Carlos. TENESACA, Carmita. MERINO, Cristian. “E-learning como una de las estrategias de TICs y sus efectos en la educación y el aprendizaje en un mundo globalizado” {En línea}. {1 de junio de 2021} disponible en:
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/1861/3637>

CLARO SOPORTE, “Cobertura Soluciones Móviles”. {En línea}. {19 de noviembre del 2021} disponible en:
www.claro.com.co/personas/soporte/mapas-de-cobertura/

CRC, “Redes móviles en Colombia”. {En línea}. {5 de julio de 2021} disponible en:
www.crcm.gov.co/uploads/images/files/Documento-Modernizacion-redes-moviles.pdf

CCARS, “Campos Electromagnéticos”. {En línea}. {31 de octubre de 2021} disponible en:
<https://ccars.org.es/saber-mas/campos-electromagneticos>

DANE, “Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV)”. {En línea}. {18 de junio de 2021} disponible en:
www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2019

DIARIOHORIZONTE, “Sencinet lleva conectividad a 200.000 estudiantes en zonas rurales de Perú”. {En línea}. {21 de octubre de 2021} disponible en:
<http://diariohorizonte.com/sencinet-lleva-conectividad-a-200-000-estudiantes-en-zonas-rurales-de-peru/>

DIARIORIENTE, “Marinilla estableció su plan educativo para los próximos 10 años”. {En línea}. {10 de junio de 2021} disponible en:
<https://diarioriente.com/altiplano/marinilla/marinilla-establecio-plan-educativo-los-proximos-10-anos.html>

DIRECTV INTERNET, “Consulta tu cobertura”. {En línea}. {19 de noviembre de 2021} disponible en:
www.directv.com.co/Cobertura/Seguridad/Georef/Index

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA, “Departamento Administrativo de Planeación”. {En línea}. {18 de junio de 2021} disponible en:
www.antioquiadatos.gov.co/index.php/1-3-1-division-del-departamento-de-antioquia-por-subregion-zonas-y-municipios

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA, “Informe de gestión 2020”. {En línea}. {11 de septiembre de 2021} disponible en:
<https://plandesarrollo.antioquia.gov.co/archivo/informe-gestion-2020-min.pdf>

HUGHES, “About Hughe”. {En línea}. {14 de junio de 2021} disponible en:
www.hughes.com/about

HUGHESNET, “Internet Satelital Donde Quiera Que Vivas”. {En línea}. {23 de julio de 2021} disponible en:
www.hughesnet.com.ec/exitoso-lanzamiento-del-hughes-63w-en-el-satelite-telstar-19

HUGHESNET, “Planes”. {En línea}. {17 de mayo de 2021} disponible en:
www.hughesnet.com.co/buscar-planes

IARUMS, “Mapa mundial UIT”. {En línea}. {26 de octubre de 2021} disponible en:
www.iarums-r2.org/ituregionssp.html

INFOBAE, “Elon Musk prometió duplicar la velocidad de internet satelital este año”. {En línea}. {30 de octubre de 2021} disponible en:

www.infobae.com/america/tecno/2021/02/23/elon-musk-prometio-duplicar-la-velocidad-de-internet-satelital-este-ano/

ITU, “Sobre la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)”. {En línea}. {20 de noviembre de 2021} disponible en:

www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx

ITU-R, “Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en telecomunicaciones”. {En línea}. {20 de noviembre de 2021} disponible en:

www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-8-201508-!!!PDF-S.pdf

ITU-R, “Use of very small aperture terminals (VSATs)2. {En línea}. {25 de noviembre de 2021} disponible en:

www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-S.2278-2013-PDF-E.pdf

LA RAZÓN, “Estudiante sube a un árbol para tener Internet y tomar clases en línea”. {En línea}. {25 de noviembre de 2021} disponible en:

www.razon.com.mx/virales/estudiante-sube-a-un-arbol-para-tener-internet-y-tomar-clases-en-linea-videos/

LUQUE, Javier, “Comunicaciones por satélite”. {En línea}. {21 de octubre de 2021} disponible en:

www.acta.es/medios/articulos/comunicacion_e_informacion/016001.pdf

MACROTICS SAS, “Diseños FTTH Google earth webinar”. {En línea}. {30 de octubre de 2021} disponible en:

www.youtube.com/watch?v=0e-a0H2njll

MARTÍNEZ JARAMILLO, Hugo, “Usabilidad de las TIC en la UNAD como estrategia pedagógica y didáctica. Revista Virtual Universidad Católica del Norte”. {En línea}. {10 de junio de 2021} disponible en:

www.redalyc.org/articulo.oa?id=194259583008

MINTIC, “En Colombia el 50% de los hogares no tiene internet”. {En línea}. {15 de octubre de 2021} disponible en:

www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/MinTIC-en-los-Medios/92615:En-Colombia-el-50-de-los-hogares-no-tiene-internet

MINTIC, “Ley de modernización TIC, a conectar la última milla”. {En línea}. {15 de octubre de 2021} disponible en:

<https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/MinTIC-en-los-medios/100371:Ley-de-modernizacion-TIC-a-conectar-la-ultima-milla>

MINTIC, “Cómo está el país en conexiones de internet?”. {En línea}. {15 de octubre de 2021} disponible en:

www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/MinTIC-en-los-medios/151654:Como-esta-el-pais-en-conexiones-de-internet

MINTIC, “Internet móvil”. {En línea}. {30 de octubre de 2021} disponible en:

<https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-47272.html>

MIORIENTE, “El primer colegio digital rural de Antioquia está en Marinilla”. {En línea}. {21 de noviembre de 2021} disponible en:

<https://mioriente.com/altiplano/primer-colegio-digital-antioquia.html>

MUNICIPIOS DE COLOMBIA, “El municipio de Marinilla”. {En línea}. {5 de septiembre de 2021} disponible en:

www.municipio.com.co/municipio-marinilla.html

NORFIPC, “Intensidad y nivel de la señal en redes móviles 2G, 3G y 4G”. {En línea}. {28 de octubre de 2021} disponible en:

<https://norfipc.com/redes/intensidad-nivel-senal-redes-moviles-2g-3g-4g.php>

ORIENTESE.CO, “Presentan Mapa interactivo del Oriente Antioqueño”. {En línea}. {25 de julio de 2021} disponible en:

<https://orientese.co/presentan-mapa-interactivo-del-orient-antioqueno/>

REVISTA DE INGENIERÍA, "Desde la academia, Internet para Colombia". {En línea}. {10 de octubre de 2021} disponible en:

www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932006000100017

SATBEAMS, "Mapa de cobertura Hispasat 30W-5". {En línea}. {28 de mayo de 2021} disponible en:

<https://satbeams.com/footprints?beam=6523>

SATELLITEINTERNET, "Find the best deals on satellite internet". {En línea}. {28 de mayo de 2021} disponible en:

www.satelliteinternet.com/

SATELLITETODAY, "Satellites multi - orbit future in sight". {En línea}. {27 de noviembre de 2021} disponible en:

www.satellitetoday.com/content-collection/2046/

SELECTRA, "Internet satelital: ¿Qué es?, ¿Cómo funciona?, Principales proveedores y Precios". {En línea}. {20 de julio de 2021} disponible en:

<https://selectra.com.co/internethogar/satelital#:~:text=Con%20el%20internet%20satelital%20los,con%20el%20test%20de%20velocidad.>

SEMANA, "Eutelsat y Embratel confirmaron la puesta en órbita de nuevos satélites de telecomunicaciones". {En línea}. {20 de julio de 2021} disponible en:

www.semana.com/economia/capsulas/articulo/eutelsat-y-embratel-confirmaron-la-puesta-en-orbita-de-nuevos-satelites-de-telecomunicaciones/202159/

SUBMARINECABLEMAP.COM, "Submarine Cable Map". {En línea}. {20 de octubre de 2021} disponible en:

www.submarinecablemap.com/

TELTELEMATICA, "Redes VSAT". {En línea}. {23 de octubre de 2021} disponible en:

www.teltelematica.freeservers.com/VSAT.htm

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, "Componente Práctico". {En línea}. {18 de junio de 2021} disponible en:

<https://academia.unad.edu.co/componente-practico>

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, “Metodología de estudio”. {En línea}. {17 de mayo de 2021} disponible en:
<https://estudios.unad.edu.co/metodologia-de-estudio>

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, “Plan de solidaridad extendida de la UNAD”. {En línea}. {18 de junio de 2021} disponible en:
www.unad.edu.co/plandesolidaridad/linea3.html

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, “Presentación Condiciones de Calidad Ingeniería de Telecomunicaciones. Visita de Pares MEN” {En línea}. {20 de noviembre de 2021} disponible en:
www.youtube.com/watch?v=8YDCJv8sGqY

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, “Programas Académicos”. {En línea}. {17 de mayo de 2021} disponible en:
<https://academia.unad.edu.co/>

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, “Programas y Matrículas”. {En línea}. {18 de junio de 2021} disponible en:
<https://estudios.unad.edu.co/metodologia-de-estudio>

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, “Reseña histórica”. {En línea}. {17 de mayo de 2021} disponible en:
<https://informacion.unad.edu.co/acerca-de-la-unad/resena-historica>