

Diseño de las telecomunicaciones en zonas altas de Poás, Costa Rica

Telecommunications designs in high areas of Poás, Costa Rica

Heriberto Salazar Agüero

Universidad Técnica Nacional, Ingeniería Electrónica, Sede Central, Alajuela, Costa Rica.

hsalazar@utn.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-4431-0882>

Referencia/ reference:

Salazar, H. (2023). Diseño de las telecomunicaciones en zonas altas de Poás. *Yulök Revista de Innovación Académica*, Vol.7 (2), 30-42. <https://doi.org/10.47633/yulk.v7i2.599>

Recibido: 20 de marzo 2023

Aceptado: 06 de junio 2023

Resumen

Costa Rica, en las zonas rurales y montañosas posee actividades agrícolas y ganaderas lecheras, centros educativos; así como el comercio y la hotelería de la industria del turismo y la gastronomía, además la ubicación montañosa es estratégica para la generación de utilidades, apoyados por las telecomunicaciones. **Objetivo:** Analizar las formas de ingeniería en telecomunicaciones aplicables a la zona y establecer la más apropiada en rendimiento para las actividades del sector. **Metodología:** Se utilizó herramientas como: mapas de la SUTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones) para medir las velocidades de redes de datos, autocad para diseñar la propuesta, el SIG (Sistema Información Geográfica) para estudiar la densidad de posteraía, analizando la información con el modelo IDEAL y el presupuesto óptico que validen el diseño. **Resultados:** Se determinó que la atenuación por el clima, la refracción, la densidad boscosa impiden los enlaces en zona fresnel, limitan la calidad de enlaces en redes de datos, lo cual afecta la productividad. **Conclusión:** Los proyectos de tecnología óptica son robustos y constantes al usuario del área, ya que la actual potencia de la señal en cobre es deficiente por la escasez de repetidores en velocidad de bajada y subida.

Palabras clave: telecomunicaciones, tecnología, rural, cobre, óptica, montañosa.

Abstract

Costa Rica, in rural and mountainous areas, has agricultural and dairy farming activities, educational centers; as well as the commerce and the hotel industry of the tourism and gastronomy industry, in addition the mountainous location is strategic for the generation of profits, supported by telecommunications. **Objective:** Analyze the forms of telecommunications engineering applicable to the area and establish the most appropriate in performance for the activities of the sector. **Methodology:** Tools such as: SUTEL (Superintendency of Telecommunications) maps were used to measure the speeds of data networks, autocad to design the proposal, GIS (Geographic Information System) to study the density of posts, analyzing the information with the IDEAL model and the optical budget that validate the design. **Results:** It was determined that attenuation due to weather, refraction, and forest density prevent links in the fresnel zone, limit the quality of links in data networks, which affects productivity. **Conclusion:** The optical technology projects are robust and constant to the user of the area, since the current power of the signal in copper is deficient due to the scarcity of repeaters in download and upload speed.

Keywords: telecommunications, technology, rural, cooper, optical, forest.

Introducción

Tecnológicamente Costa Rica ha dado pasos importantes para llevar a la población los servicios de telecomunicaciones, principalmente con el uso de tecnología inalámbrica, sin embargo, existen circunstancias naturales, físicas y técnicas que no permiten el acceso a la tecnología en todo el territorio nacional. Es todo un reto reducir las brechas marcadas entre estas áreas rurales con respecto a las urbanas más cercanas. Es importante diversificar los servicios de telecomunicaciones de conectividad de banda ancha, una manera es fortalecer las microempresas que tienen necesidades de innovación, ya que aún falta sensibilizar a las pymes y microempresas, para que vean a las TIC como sus aliados en el crecimiento de su negocio, ya que, para asegurar el mejor desarrollo empresarial, se requiere el uso de herramientas pro-mejora.

La posición montañosa puede ser aprovechada al generar un potencial para el desarrollo de los habitantes. Como indica Suazo (2015) “El objetivo es declarar a internet un “servicio universal esencial” de la humanidad - sin conexión se pierde gran parte de la actividad y generación de riqueza” (p. 23), esto es un claro ejemplo de que, a nivel internacional, la dependencia del servicio banda ancha para la ejecución de actividades productivas es fundamental. El servicio de internet fijo en tecnología de cobre llega a las zonas con estas características con mala calidad y deficiencia para el intercambio de datos según las actividades de la zona.

Este estudio busca proponer diseños, referidos a una red de tecnología óptica, los cuales, a través de un detallado análisis se presentan como la opción más adecuada, puesto que por la condición montañosa y climática, la atenuación en enlaces inalámbricos por refracción de la señal y la atenuación en las líneas de cobre, las redes no son una opción para desarrollar actividades productivas.

Referencial Teórico

Se considera la infraestructura de telecomunicaciones a todos los elementos pertenecientes a redes o subsistemas dentro del entorno de los mismos y que permiten los enlaces remotos haciendo uso del espectro electromagnético, a través de los cuales se pueden portar datos, voz y videos, tal como lo indica Cerdá & Hidalgo (2015), “A la hora de realizar un edificio, éste debe cumplir con una serie de requisitos relacionados con los servicios de telecomunicaciones (telefonía, televisión e internet, etc.). Al conjunto de todos estos elementos se les denomina ICT (Infraestructura Común de Telecomunicaciones)” (p. 2); para ello, en cada región debe de existir un ente que regule dichas elaboraciones. En Costa Rica específicamente se tiene un plan de acción de infraestructura de

telecomunicaciones, emitido por el MICITT, el propósito fundamental es que todos los habitantes del país, indiferentemente del lugar en el que se encuentren, tengan acceso a servicios de telecomunicaciones de calidad, mediante el desarrollo de redes de telecomunicaciones sostenibles, eficientes, seguras y robustas.

Una infraestructura de información transportará datos, voz y videos, por medio de acciones automáticas al utilizar las telecomunicaciones como herramientas de distribución de información, sin necesidad de que las personas viajen de un lugar a otro.

Figura 1. Infraestructura de servicios de telecomunicaciones



Nota: Adaptado de Procesos en instalaciones infraestructuras comunes de telecomunicaciones. (Cerdá & Hidalgo, p. 30, 2015).

Elementos de infraestructura de telecomunicaciones

Dentro de la infraestructura de telecomunicaciones es necesario considerar varios componentes que se suman para darle forma y función al servicio del usuario. Entre ellos están los siguientes según Rodríguez (2015, p.14): radiodifusión sonora y TV, acceso al servicio de telefonía, acceso al servicio de banda ancha.

Cuando se hace referencia a la radiodifusión, se divide en 3 partes:

- Elementos de captación: es el conjunto de componentes que tienen la responsabilidad de transmitir señales de radio y TV a partir de emisiones satelitales y terrenales.
- Equipamiento de cabecera: es el conjunto de elementos que reciben la radiodifusión de los medios anteriores y los adapta a los usuarios en condiciones de

calidad, su función es entregar las señales a la red de distribución.

- Red: conjunto de componentes requeridos para el aseguramiento de su distribución desde el equipo cabecera hasta los hosts de los usuarios, compuesto en tres etapas: alimentación, distribución, dispersión e interior usuario.

En el acceso de la telefonía resulta importante garantizar el servicio por medio del establecimiento de una conexión entre torres o bases de acceso, en sus fases existen las similares a la subetapa de red.

Cuando se hace referencia al acceso del servicio de banda ancha se tiene como propósito facilitar el acceso a los servicios de telecomunicaciones de banda ancha brindados por operadores de cable y acceso fijo inalámbricos.

Para el presente estudio, resulta importante hacer referencia como parte de la infraestructura de telecomunicaciones a los Recursos Escasos, es claro que al instalar una nueva infraestructura de telecomunicaciones se debe de apoyar en la existente, para este caso se deben considerar las condiciones de la postería, para analizar si existen espacios para la posible instalación de la solución de ancho de banda. Según manifiesta la SUTEL (2016):

En el oficio 03348-SUTEL- MM-2015 se les consultó a las compañías distribuidoras de electricidad y dueñas de la postería sobre temas económicos y la cantidad de postes por tipo (cemento, madera y acero) que tienen instalados en todo el territorio nacional. Posteriormente, en oficios dirigidos a cada una de estas empresas, se les consultó sobre las alturas a las cuales posicionan el cableado de baja tensión, media tensión, solicitan que se instale el cableado de telecomunicaciones, además de la altura final del poste, para así determinar el espacio asignado al sector de electricidad y al sector de telecomunicaciones y basándose en esta información, obtener la cantidad de operadores que pueden realizar la solicitud de uso compartido de infraestructura dado que hay espacio suficiente para que instalen sus redes en la postería.

Esto es muy importante, ya que evidencia que existe la información incorporada por SUTEL sobre las previstas y espacios para el tiraje de nuevas formas de acceso a internet de banda ancha, a partir de ahí, el análisis será más favorable y expedito. Asimismo, es indispensable mencionar que las visitas de observación facilitan justamente verificar esta inquietud, además, gracias a los trabajos que se vienen realizando en Zaig (Espacios Públicos Conectados) las posterías cuentan con disponibilidad en la zona del cantón de Poás.

Cabe destacar que estos recursos compartidos están normados sin importar lo que manifiesta algún operador según la Ley N° 7593, en el artículo 77 establece que: “La SUTEL garantizará el derecho de los operadores al uso conjunto o compartido de las canalizaciones, los ductos, los postes, las torres, las estaciones y las demás instalaciones requeridas para la instalación y operación de las redes públicas de telecomunicaciones, así como para la provisión de los servicios de telecomunicaciones disponibles al público, además, la localización de equipos.” (p.4), lo cual ayuda a que se fijen y normen los costos de uso compartido, condiciones y términos que se deben respetar.

Medios de acceso

Las normas internacionales de telecomunicaciones establecen los estándares para transmisión, recepción de señales, multimedia, texto, entre otros, enlazando la comunicación entre dos o más puntos geográficos a cualquier distancia, por medio de elementos de difusión electromagnética, cables, pulsos ópticos u otros.

En la actualidad, las telecomunicaciones se realizan en su generalidad por tres formas de transmisión: satelital, radio y cables. Las emisiones por cable funcionan para proveer la conducción de señales eléctricas por medio de diferentes líneas físicas, entre ellas pares de cobre, cables coaxiales, y fibra óptica. Como bien lo indica Millan (2014):

Otras tecnologías utilizan medios de transmisión radioeléctricos para llegar al edificio. Por ejemplo, el servicio de acceso fijo inalámbrico (SAI) incluye aquellas tecnologías que utilizan las comunicaciones radioeléctricas como medio para establecer la conexión entre la red de telecomunicaciones y el domicilio del cliente. Mediante estas técnicas se pueden proporcionar conexiones de banda ancha en zonas donde el acceso por medios cableados es difícil, como por ejemplo las zonas rurales (p. 220).

En el caso de ciudades virtuales, es primordial una infraestructura para la transmisión de datos, que esté formada por instrumentos y servicios de información que ayuden al acceso al conocimiento. Una infraestructura de información trasladará datos, voz y vídeos, mediante operaciones automáticas, usando a las telecomunicaciones como medios de distribución de información.

Acceso inalámbrico

En cuanto a los medios inalámbricos actuales en las telecomunicaciones se hace referencia a la transmisión de información mediante las ondas electromagnéticas, estos

actúan con base en frecuencias, las que son transmitidas por un poderoso equipo emisor electromagnético, este genera ondas de característica semejante, pero difiriendo de las funciones a las cuales está abocada; por lo tanto, puede tener usos en baja frecuencia, mediana frecuencia, alta frecuencia, y ultra frecuencia, entre otras.

Los principios de funcionamiento de las antenas sirven para orientar la energía en una dirección, apuntando la señal en esa trayectoria se consigue desarrollar la intensidad de la señal desde el punto inicial hasta el final. El valor de intensidad alcanzado por la antena se conoce con el nombre de ganancia. Al aumentar la ganancia de la antena, el valor del ángulo será menor por donde se genera la señal, es por esto que las antenas de alta ganancia son muy directivas. Lo que se busca actualmente es lograr la mejor señal posible, reduciendo el efecto de los ruidos; cabe destacar que en la era actual las antenas como elemento pasivo de transmisión son sumamente útiles, desde la navegación marítima, aérea y terrestre, para fines de seguridad, así como para otras actividades productivas.

Seguidamente, considerar los diversos factores de conectividad permite al conocedor técnico realizar diseños de comunicaciones viables que generen fiabilidad en la transmisión, para ello, será de sumo provecho diseñar los perfiles de comunicación de punto a punto y valorar los radios de Fresnel, a su vez, permitirá brindar recomendaciones y posibles conclusiones de la temática en sí.

Acceso alámbrico

Los medios de acceso alámbricos están formados por cables que tienen la funcionalidad de la conducción de las señales desde un emisor a receptor. La característica principal de los medios alámbricos se refiere al de conductor utilizado, se basa en la máxima velocidad de transmisión y las distancias más prolongadas que puede ofrecer conectividad, en este caso, entre repetidores; asimismo la inmunidad al frente de interferencias electromagnéticas posibles, tomando en cuenta también la sencillez de instalación y el rendimiento para adaptarse a distintas tecnologías de nivel de enlace.

Siempre existirá esa competitividad sobre qué medio alámbrico es mejor para lograr los objetivos del enlace en las telecomunicaciones, lo cual Gallardo (2015) establece:

El cable coaxial mejora las prestaciones electromagnéticas del par trenzado, permitiendo altas velocidades de transmisión y siendo bastante inmune a las interferencias; no obstante, es generalmente menos maleable que este. Antes de la aparición de la tecnología

de fibra óptica, el cableado coaxial era empleado en las transmisiones de largo alcance dado su elevado ancho de banda y alta inmunidad al ruido” (p. 133).

Es por tanto que, en la actualidad, la velocidad en la transmisión es directamente proporcional a la distancia entre los terminales, y también si el medio se aplica para ejecutar un enlace punto a punto o un multipunto.

Dentro de los medios de transmisión guiados, los más aplicados en el área de las telecomunicaciones son los siguientes:

- Par trenzado
- Coaxial
- Fibra Óptica

Entre las ventajas y desventajas del cable de cobre están (ver Tabla 1).

Tabla 1. *Ventajas y Desventajas Cable Cobre.*

Ventajas y Desventajas Cable Cobre	
Ventajas	Desventajas
Costo de instalación bajo e instalación.	Limitado ancho de banda.
Utiliza conductores disminuidos para transmisión de cargas altas de potencia.	No es inmune a ruidos.
Alcance de hasta 10 Kms	Tasas de error en bits (BER) en velocidades altas.

Fibra óptica

La fibra óptica es un medio físico de transferencia de información, habitual en redes de datos y telecomunicaciones, que se basa en un filamento delgado de vidrio o de plástico, por medio del cual recorren pulsos de luz láser o led, que representan la información por transmitir.

Por medio de la transmisión de estos pulsos de luz se puede transmitir y recibir información a significativas velocidades, por medio de un tendido de cable, protegido de interrupciones electromagnéticas y con velocidades semejantes a las de la radio. Esto hace de la fibra óptica el medio de transmisión por cable más avanzado que existe.

El cable de cobre es un medio que ha sido paulatinamente opacado por este singular elemento tecnológico, ya que, pese a su gran aplicabilidad, la fibra es robusta ante mu-

chas circunstancias. Para complementar este particular tema, se comparte lo que indica el autor Tomasi (2003): “los cables ópticos son más resistentes a los extremos en el ambiente que los cables metálicos. También, los cables ópticos funcionan dentro de las variaciones más amplias de temperatura y son menos afectados por los líquidos y gases corrosivos” (p. 424); asimismo se puede aunar que los hilos de fibra óptica presentan menos pérdidas en la transmisión de señales, cerca de un 50% de la intensidad luminosa puede reducirse al transmitirse cercano a 9.6 millas, ahorrando en la colocación de repetidores.

Cuando se hace referencia en la fibra óptica, en ocasiones, se cree que es un estándar tecnológico en las actividades. Lo cierto es que en su arquitectura se incluyen diversos tipos de despliegue con sus singularidades técnicas, ventajas y desventajas, tanto a nivel de rendimiento y costos como se aprecia en la tabla 2 siguiente.

Tabla 2. *Ventajas y desventajas Fibra Óptica.*

Servicios Fibra óptica	
Ventajas	Desventajas
Fácil de instalar.	El costo de instalación es elevado
Transmisión de datos a alta velocidad	El costo es alto en la conexión de fibra óptica
Gran ancho de banda	Sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad
El cable fibra óptica, al ser muy delgado y flexible es mucho más ligero	Fragilidad de las fibras.
Resistencia al calor, frío y a la corrosión	Dificultad de reparar un cable de fibra roto.
Compatibilidad con la tecnología digital.	Los diminutos núcleos de los cables deben alinearse con extrema precisión al momento de empalmar, para evitar una excesiva pérdida de señal.
La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza.	El costo relativamente alto en comparación con los otros tipos de cable.

Metodología

El marco metodológico es el componente principal de la investigación, se debe tomar en cuenta que la información prevista se procesa para que pueda ser estudiada por personas involucradas con la temática y elevar así la comprensión.

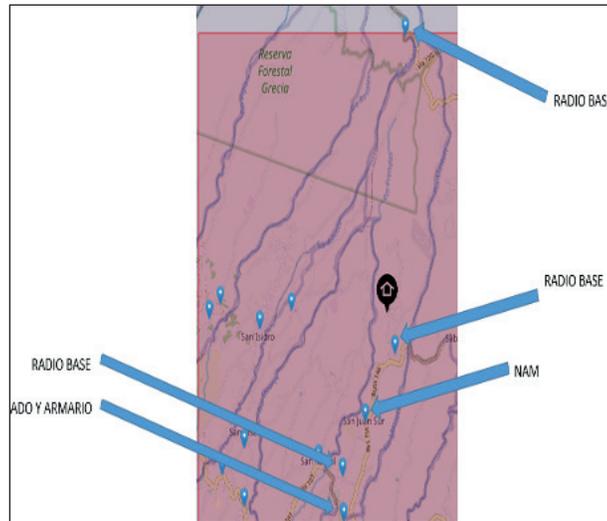
Con la metodología IDEAL se realizan 4 secciones; I (Identificar) las necesidades y debilidades de conectividad en el sector, D (Desarrollo) del diseño de la propuesta, E (Explicación) del lo propuesto, A (Analizar) el diseño y propuestas, L (Lograr) la transferencia de conocimiento).

A. Identificación

En la actualidad, el acceso a la información, así como a las telecomunicaciones es un derecho universal, para el cual, según el artículo 6 de la Ley General de Telecomunicaciones N° 8642 manifiesta “derecho efectivo al acceso de servicios de telecomunicaciones disponibles al público en general, de uso colectivo a costo asequible y a una distancia razonable respecto de los domicilios, con independencia de la localización geográfica y condición socioeconómica del usuario, de acuerdo con lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones.” Esto clarifica que en la actualidad el acceso de la información, por medio de un servicio universal y a través de las telecomunicaciones, es un derecho ciudadano.

Como se observa en la Figura 1, donde se ubican algunos elementos de infraestructura de acceso, por parte de un operador en el distrito de Sabana Redonda, no tiene infraestructura del todo y en el distrito de San Juan únicamente se encuentra un elemento de acceso fijo y el restante de infraestructura móvil. Por ende, estos dos distritos quedan limitados por las capacidades de la red para solicitar servicios con mayores niveles.

Figura 2. Escasez de infraestructura de red San Juan - Sabana Redonda.



En la figura 3 se muestra un ejemplo de un servicio residencial donde las condiciones máximas de este servicio son de 4Mbps. En este servicio se le ha solicitado un aumento de velocidad al operador, siendo la respuesta que por las condiciones actuales de la red no se puede dar ese incremento.

Figura 3. Tecnologías existentes en zona de estudio.



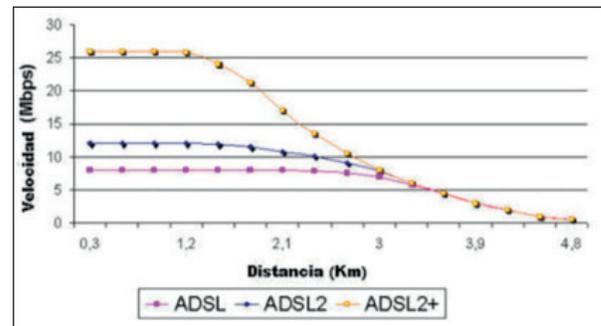
Se tomaron en cuenta muchos de los estándares de equipos existentes en el mercado, para evitar poner en riesgo la salud humana. Se elaboró el modelo con una serie de requerimientos necesarios para enfrentar la crisis y así ayudar a los médicos según las necesidades de las personas afectadas.

Si bien la conexión de 4Mbps es la velocidad que adquiere el hotel, si este cuenta de 10 a 20 habitaciones y en cada espacio cada cliente dentro de su red local (LAN) utiliza aplicaciones como Netflix, implica un consumo interno por el Wifi de 2.5 Mbps (mínimo ideal para re-

producir contenido, según el test de velocidad de Netflix) para poder trabajar, y si esto se suma a la totalidad de habitaciones, quedaría muy poca capacidad de transmisión disponible para que las empresas realicen tareas propias de su administración.

El problema radica en que, por ser tecnología de cobre, al aumentar las distancias desde el nodo de acceso a la red del operador hasta donde se ubica el negocio se disminuye la velocidad del servicio. En el caso de la figura 4 se muestra como un hotel importante de la zona se ubica a 2 km del nodo del operador, con lo cual su velocidad máxima es de 4 Mbps con esfuerzo, y si se consideran las condiciones húmedas que afectan al cable de cobre, que al menos tiene 15 años de vida operativa, la afectación es mayor en el servicio.

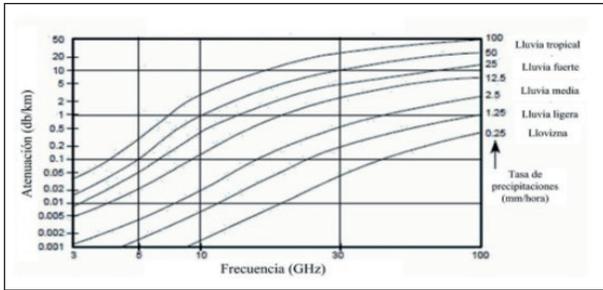
Figura 4. Efectos distancia vs velocidad.



Nota: Figura tomada de González, C. (2015). POR QUÉ TU ADSL NO PUEDE TENER MÁS MEGAS. Recuperado: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2015/10/13/lifestyle/1444726335_730735.html

En cuanto los servicios satelitales, la zona es de alta presencia de lluvia durante el año, por lo cual es más propenso la afectación de las comunicaciones inalámbricas; segundo, tal y como se evidencia en la figura 5, que además por las condiciones de humedad afectan al cobre cuando este se encuentra expuesto, por el tiempo y su desgaste generando una atenuación en la señal, tal y como lo indica Huidobro & Ordoñez (2014, p.135).

Figura 5. Atenuación por precipitación.



Nota: Figura tomada de Huidobro & Ordoñez (2014). Comunicaciones por radio: tecnologías, redes y servicios de radiocomunicaciones: el espectro electromagnético. (p. 135)

B. Desarrollo y Explicación

Dentro del inventario de infraestructura de telecomunicaciones, es importante rescatar la cantidad de clientes que hacen uso de un internet fijo en el sector; por ende, es necesario realizar una identificación en cada postería de los pares ocupados y disponibles para la conectividad, mediante la tecnología actual que es de cobre. Para ello se tiene lo siguiente:

Tabla 3. Pares ocupados Distrito de San Juan.

Pares Ocupados Infraestructura de Cobre Distrito San Juan										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	4	7	0	2	0	6	6	0	4	0
2	8	5	0	2	6	4	9	0	5	1
3	7	5	5	0	4	3	8	6	6	3
4	8	7	5	5	6	7	4	4	7	5
5	9	8	3	6	5	8	4	8	6	3
6	4	8	2	6	5	10	7	6	10	3
7	6	6	2	3	6	7	9	3	0	3
8	9	9	0	5	8	6	4	0	0	2
9	7	5	5	9	8	7	2	0	9	3
10	8	9	2	9	6	9	6	0	7	6

Nota: Cuadro tomado de Instituto Costarricense Electricidad.

En el caso del distrito de Sabana Redonda existe menos cantidad de personas conectadas bajo este tipo de tecnología. En la siguiente tabla se expone lo planteado:

Tabla 4. Pares ocupados Sabana Redonda.

Pares Ocupados Infraestructura de Cobre Distrito Sabana Redonda						
	A	B	C	D	E	F
1	0	1	0	6	0	8
2	3	0	0	5	9	3
3	3	2	1	4	7	0
4	2	1	5	1	0	0
5	1	1	1	0	3	0
6	0	8	5	7	5	0
7	3	4	7	5	0	0
8	0	5	4	3	6	0
9	2	5	2	8	7	0
10	3	4	7	10	7	0

Nota: Cuadro tomado de Instituto Costarricense Electricidad.

En resumen, para el distrito de San Juan con tecnología NAM (Método de acceso a red) existen:

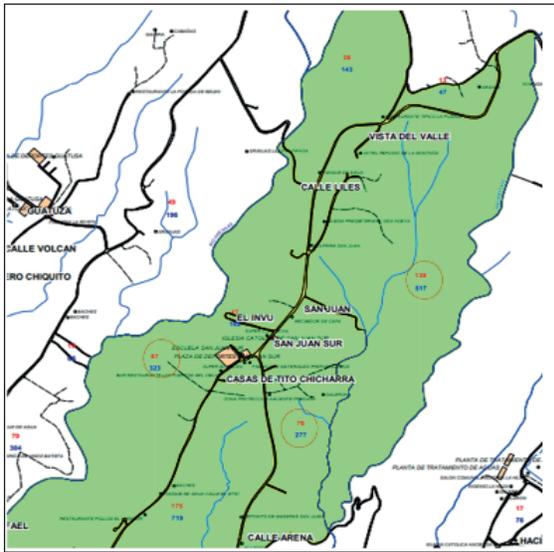
- 984 pares en operación.
- 499 ocupados.
- 411 Libres.
- 71 Pares dañados

Para el distrito de Sabana Redonda que cuenta con tecnología IMAP (Internet Message Access Protocol) existen:

- 320 pares en operación.
- 263 ocupados.
- 46 libres.

Asimismo, por medio de un análisis de densidad poblacional con mapas del INEC, es posible determinar la cantidad de casas vs población presente en la zona, aproximadamente 8000 personas entre ambos distritos.

Figura 6. Mapa demográfico.



Nota: Figura tomada de Mapas del INEC.

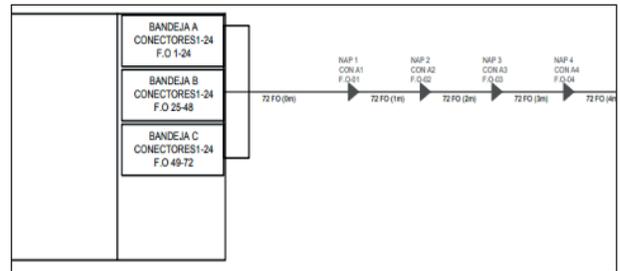
Se presenta una parte del diagrama unifilar del proyecto, ya que por espacio es imposible adjuntar toda la trayectoria de este.

El proyecto cuenta con aproximadamente 48 fibras en operación, cada uno de esos hilos representan una fibra usada por cliente, por ende, un conector; esto resultará en la cantidad de 48 conectores en el tramo del distrito de San Juan, con el de Sabana Redonda, la red de transporte óptico (ONT) es la que se presenta como la red que enlazará el header o cabecera con los usuarios finales a través de los NAPS de cada postería.

En el diagrama unifilar completo también hay 6 empalmes, de este tipo de elemento no es recomendable colocar tanta cantidad en el proyecto, por ende, en muchas de las calles aledañas se usaron entrada-salida con el fin de cubrir el servicio y no generar puntos fijos de mantenimiento, que a la larga es dinero en mantenimiento.

Referente a los equipos activos, hay que destacar que se refiere a los extremos del proyecto OLT (Optical Line Network) y ONT (Optical Network Terminal). Estos ONT se usarán para cada cliente, aproximadamente son poco más de 800 dispositivos. La OLT es la tarjeta única de distribución 1:4 en primer nivel, 1:16 sobre el siguiente nivel. Los equipos pasivos no requieren energía, entre ellos son NAPS (network Access point), cables y ADO (armario distribución óptica). Determinar las distancias correspondientes entre cada usuario con su conector, o bien los NAPS dependerá de la distribución demográfica; este es un dato no exacto.

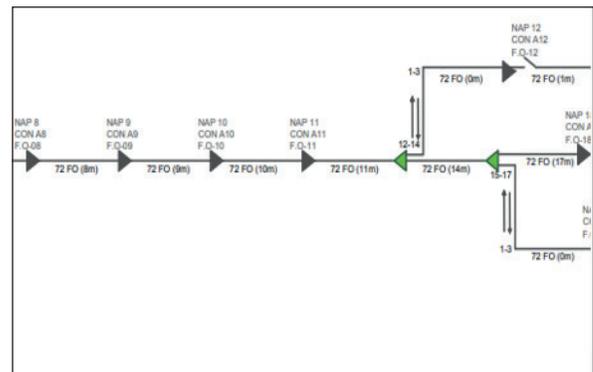
Figura 7. Diseño propuesto red.



En la figura 7 se aprecia como en el ADO, que está en el sector izquierdo, cuenta con 3 bandejas de distribución para los conectores de fibra, en el que se encuentran la A, B y C. Las bandejas son conocidas como cabeza óptica; que es la entrada donde existe el punto de conexión con el cable entre splitters y distribución por medio del patchcore, en donde estaría la OLT (Distrito San Juan), que es donde comienza el proyecto. De esta, manera la simbología que 0m, 1m, 2m quiere decir que es la fibra utilizada, por lo que técnicamente se les dice 0 operativo, 1 operativo, 2 operativo. Posteriormente los, NAPS están relacionados con A1, la bandeja A con el puerto 1 de la bandeja de 24.

Así sucesivamente van corridos hasta llegar al empalme de derivación simbolizado con un triángulo verde. De ahí se divide, lo que quiere decir que hay una intersección en calle y dependiendo de la cantidad de usuarios o condiciones de la postería es necesario colocar un empalme o sangría, y la fibra 12 se une con la 1 del ramal secundario, la 13 con el 2 y la 14 con la 3. Es necesario aclarar que no en toda intersección hay un empalme, ya que esto incrementa costos y defectos de mantenimiento.

Figura 8. Diseño.



El diagrama de distribución se realizó gracias al recorrido, y con ayuda de las herramientas de Google Maps e Illustrator es posible trazar los contornos correspondientes. Aunado a lo anterior y por medio del software de la

ARESEP (Autoridad Reguladora Servicios Públicos) fue posible conocer la ubicación espacial de la postera, esto ayudó a realizar el análisis del área para cuando se visitó y decidir la ubicación de los NAPS; asimismo la colocación posible de los empalmes marcados de color verde.

Se realizó el siguiente presupuesto óptico para determinar si la cantidad de impedancia del diseño afectaba el enlace al usuario final, el mismo fue validado por una empresa nacional.

Tabla 5. Presupuesto óptico.

Presupuesto óptico C+								Max
Proyecto Fibra Óptica San Juan - Sabana Redonda de Poás								
Elemento	FEEDER			DISTRIBUCIÓN				
	Cantidad	Atenuación dB	Sub Total dB	Cantidad	Atenuación dB	Sub Total dB	Total dB	
Conectores	6	0,5	3	3	0,5	1,5	4,5	
Empalmes	2	0,1	0,2	4	0,1	0,4	0,6	
Acoplador	2	0,7	1,4	1	0,7	0,7	2,1	
Splitter 1:16	0	12,9	0	1	12,9	12,9	12,9	
Longitud de Fibra Óptica	0,03	0,35	0,0105	7,5	0,35	2,625	2,6355	
Margen de Reserva							3	
Totales de Atenuación							25,74	

C. Análisis de viabilidad

El presupuesto del proyecto es sumamente importante para la estructura por desarrollar; ya que en materiales se requiere cubrir con las expectativas técnicas establecidas en la formulación para futura implementación. Estos equipos y materiales tienen precio de mercado y su cantidad fue revisado por un desarrollador que ayudó a ajustar algunos parámetros; para ello se aprecia el presupuesto de materiales en la Tabla 6.

Tabla 6. Presupuesto Materiales.

Unidad	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
Unidad	1	OLT Huawei MA 5800 - X2 48 Voltios 16 PON C+ Redundante	\$3 357,90	\$3 357,90
Unidad	1	Convertidor 120 /48 Voltios	\$357,72	\$357,72
Unidad	1	Gabinete para uso en Poste	\$174,91	\$174,91
Unidad	1	ODF 24 F.O	\$89,99	\$89,99
Unidad	1	Equipo de Acometida Eléctrica	\$132,28	\$132,28

Unidad	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
Metros	10000	Cable Fibra óptica Mono-modos Autosportado tipo ADSS con 72 F.O Mono-modos Marca Furukawa	\$1,78	\$17 800,00
Metros	2500	Cable Fibra óptica Mono-modos Autosportado tipo ADSS con 24 F.O Mono-modos Marca Furukawa	\$1,51	\$3 775,00
Unidad	1	Armario de Distribución óptica (ADO)	\$2 000,00	\$2 000,00
Unidad	4	Bandejas de Distribución 24 Fibras	\$50,84	\$203,36
Unidad	5	Bandejas de Splitters con 4 Splitters	\$50,00	\$250,00
Unidad	51	NAP DE 1/16 Puertos	\$9,47	\$482,97
Unidad	6	Cierres de Empalme de 72 F.O	\$2 457,00	\$14 742,00
Unidad	96	Patchcord FO SM-SC-UPC/ SC-UPC 1/3m: Simplex 1.6mm Patchcord - G657A1	\$2,65	\$254,40
Unidad	650	Anillos de Hierro de 80 mm	\$0,19	\$123,50
Unidad	20	Gazas de Hierro Radio 80	\$5,36	\$107,20
Unidad	100	Gazas de Hierro Radio 100	\$6,13	\$613,00
Unidad	100	Gazas de Hierro Radio 112,5	\$6,70	\$670,00
Unidad	10	Gazas de Hierro Radio 125	\$7,25	\$72,50
Unidad	1000	Fajas plásticas de 18"	\$0,08	\$80,00

Unidad	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
Unidad	1	Lámina de acrílico de 5 mm	\$113,82	\$113,82
Unidad	10	Vinil Tape Super 33	\$5,40	\$54,00
Metros	400	Cable de retención de 6,35 mm	\$1,07	\$428,00
Unidad	867	Remate Preformado ADSS para cable 13 mm	\$18,00	\$15 606,00
Unidad	200	Remate Preformado para cable 6,35 mm	\$2,52	\$504,00
Unidad	200	Guardacabo de 6,35 mm	\$5,00	\$1 000,00
Unidad	867	Guardacabo para cable ADSS	\$5,00	\$4 335,00
Unidad	12	Tubos PVC 50 mm de Diámetro	\$8,13	\$97,56
Unidad	6	Curvas de Radio Largo de 50 mm de Diámetro	\$5,28	\$31,68
Unidad	1	Tapa Antideslizante Para Arqueta	\$97,56	\$97,56
Caja	1	Cinta Banditt	\$16,00	\$16,00
Unidad	10	Hebillas para Cinta Banditt	\$0,28	\$2,80
Unidad	1358	Cintas Reflectivas Precaución Fibra Óptica	\$1,00	\$1 358,00
		Subtotal		\$61 811,15

El presupuesto en mano de obra se viene trabajando desde el punto de vista de la instalación del equipo, para ello se hacen las siguientes recomendaciones técnicas:

- Guardar las precauciones de seguridad (desconexión eléctrica) e instalar el aterrizaje y preparar equipo.
- Conservar los radios de curvatura apropiados.
- Subir el cable de Fibra óptica hasta el cable guía.
- Conservar la distancia de seguridad de la bobina de cable (15 mts) en relación con el fijador.
- Instalar fijador y asegurar al fijador (abrazadera de fijación) y mantener el fijador para una adecuada operación.

Iniciar la operación de estirar a mano sin brusquedad y mantener la velocidad de estirado, respetando la distancia de seguridad de la bobina. Se puede apreciar en detalle en la Tabla 7.

Si se tiene un estudio que requiere una inversión determinada y por consiguiente va a crear flujos de caja efectivos

Tabla 7. Resumen de presupuesto.

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO TOTAL
1	Cotización de Materiales	Unidad	\$77 892,20
2	Cotización Mano de Obra	Unidad	\$81 709,24
		Total	\$159 601,44

a lo largo del desarrollo en una cantidad de años proyectado, habrá un punto en el que se recupera la inversión. Para ello se requiere de un ingreso para determinar el estudio de factibilidad, por ende, se comparte los siguientes paquetes de oferta:

Tabla 8. Velocidades de red y precios.

Plan Individual Internet		Plan Dúo Telefonía+ Internet	Plan Dúo Internet + TV Avanzada, partir de 6 Mbps	Plan Triple Telefonía + Internet + TV avanzada, partir de 6 Mbps
Velocidad	Precio regular con iv*	Precio regular con iv*	Precio regular con iv*	Precio regular con iv*
6 Mbps	₡ 17.900	₡ 19.900	₡ 27.400	₡ 30.400
10 Mbps	₡ 17.900	₡ 19.900	₡ 27.400	₡ 30.400
20 Mbps	₡ 21.900	₡ 24.900	₡ 30.400	₡ 33.400
30 Mbps	₡ 25.900	₡ 28.900	₡ 35.400	₡ 38.400
50 Mbps	₡ 27.900	₡ 30.900	₡ 37.400	₡ 40.400
100 Mbps	₡ 29.900 *	₡ 32.900	₡ 38.900	₡ 41.900
200 Mbps	₡ 79.900	₡ 82.900	₡ 98.400	₡ 101.400
300 Mbps	₡ 144.900	₡ 147.900	₡ 163.400	₡ 166.400
500 Mbps	₡ 204.900	₡ 207.900	₡ 223.400	₡ 226.400

Sin embargo, es necesario considerar que, si en lugar de invertir el capital en un proyecto de esta índole se hubiese buscado un beneficio financiero, también se tendría un retorno de la inversión que inicialmente se hizo, por lo que resumiendo los ingresos vs los egresos se tienen la siguiente Tabla 9.

Tabla 9. Ingresos vs egresos.

Costos					
Detalle	1	2	3	4	5
Materiales	\$77 892,00	\$-	\$ -	\$ -	\$ -
Mano de Obra Instalación	\$81 709,00	\$-	\$ -	\$-	\$ -
Costos Operativos	\$575 000,00	\$25 000,00	\$27 500,00	\$ 30 250,00	\$33 275,00
Depreciación	\$60,00	\$60,00	\$60,00	\$60,00	\$60,00
Total costos	\$734 661,00	\$25 060,00	\$27 560,00	\$ 30 310,00	\$33 335,00
Ingresos					
Detalle	1	2	3	4	5
Conectividades	\$200 000,00	\$320 000,00	\$320 000,00	\$ 320 000,00	\$320 000,00
Total Beneficio	\$200 000,00	\$320 000,00	\$320 000,00	\$ 320 000,00	\$320 000,00
RELACIÓN COSTO-BENEFICIO	3,70%	7,83%	8,61%	9,47%	10,42%

Los flujos de caja un punto de equilibrio después del segundo año, a partir de ese periodo ya existen montos positivos.

Como parte de los posibles escenarios que se pueden encontrar en la implantación del proyecto es el subsidio que FONATEL, en los carteles de adjudicación que les brinda a las empresas que cuentan con iniciativas de invertir dentro de las comunidades difíciles en términos geográficos, con un subsidio del 12% anual sobre la inversión de materiales y mano de obra, que serían aproximadamente \$2000 mensuales se mejora en 5% el retorno de la inversión; por ende, el punto de equilibrio se alcanza al cuarto año con 28% de ganancia.

D. Lograr transferencia

Ahora bien, para diseñar la implantación de una red de fibra óptica se debe de contemplar los siguientes pasos.

- **Analizar requerimientos:** con la ayuda del cliente, es imperante chequear el tipo de información por transmitir, velocidad y distancia que abarcará la red y los posibles equipos que conformarán los sistemas de comunicaciones.
- **Elección de transmisores ópticos:** la distancia de cobertura de la red y el ancho de banda deseado influyen directamente en la selección de equipos de transmisión y sus interfaces ópticas.
- **En la planeación del trazado de cables:** los lugares donde se establece la ruta de los cables y ubicación de

los equipos dependen del tipo de instalación; en este proyecto se necesita información de planta externa, se requieren mapas de la zona donde se trazarán los cables para marcar los puntos donde se colocarán los cables, visitar el sitio elegido y recorrer la ruta marcada para elegir el tipo de instalación.

- **Elección de materiales:** Con los pasos anteriores, ya es posible conocer el tipo de fibra que se requiere y si esta demanda una protección especial aparte de los conectores por utilizar.

Figura 9. Análisis de materiales.

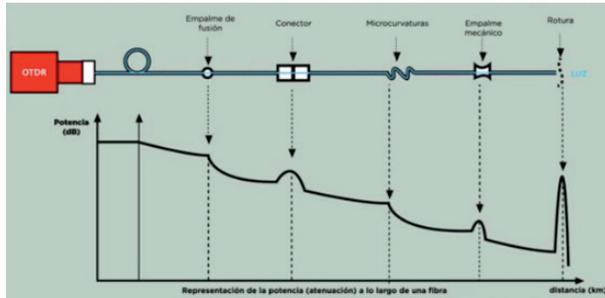


Nota: Imagen tomada de capacitateparaempleo.org

- **Análisis de pérdida óptica estimada:** en esta etapa se mide la pérdida de los enlaces para verificar que la red funcionará, como se propuso en el diseño, toman-

do en cuenta: pérdida ocasionada por la fibra óptica, pérdida por los conectores, pérdidas por empalmes, especificaciones de la fibra óptica en margen de pérdida.

Figura 10. Análisis de pérdidas en la fibra óptica.



Nota: Figura tomada de capacitareempleo.org

La atenuación puede también producirse por suciedad en conectores, mala conexión de conectores, dobleces excesivos. Para ello se pueden apoyar en equipos certificados como OLTS (Optical Loss Test Set) conforma certificación básica o comprobación nivel 1 y OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) que es la comprobación de nivel 2 para reconocer las características de empalmes o cables: atenuación en empalmes, conectores, lineal y total, además de uniformidad, continuidad y distancia de la fibra.

- Documentación del proyecto: facilita la instalación y el mantenimiento, registrando todos los componentes de red de la topología, respaldos de seguridad y confidencialidad.
- Planificar la instalación: antes de instalar se deben tener preparados los permisos correspondientes de las instituciones a cargo, además de poseer los avales de inspección. Coordinar que la zona cuente con los recursos o previstas necesarias para el trazado aéreo, asimismo con las medidas de seguridad para evitar hurtos de cables y equipos. Posteriormente, notificar el programa de trabajo a los técnicos que participarán en la implantación. Y tener clara la normativa en salud ocupacional, con el uso de cascos, arnés en la escalera, chaleco, zapatos y guantes aislantes.

Además, llevar control de los avances y notificar posibles inconvenientes para resolverlos con el equipo de trabajo. Una vez finalizada la instalación hay que verificar las pruebas del cableado y chequear si estos cumplen con el plan de trabajo, con el fin de monitorear si las pérdidas ópticas están dentro del rango esperado. Una vez realizado este proceso hay que actualizar la documentación

del proyecto, especificando los resultados de las pruebas.

Conclusiones

- A partir del análisis de la infraestructura actual se concluye que la zona no tiene la capacidad para satisfacer la demanda, se determinó que se requiere servicios de internet de banda ancha, IPTV y de tercera prioridad telefonía; una vez que se estudiaron las condiciones actuales.
- Se determinó que la infraestructura misma es obsoleta por la falta de repetidores, enlaces de cobre de muchos años, solo un armario de distribución para dos distritos y la velocidad limitada en los usuarios para las actividades educativas, turísticas y comerciales.
- Se conoció la infraestructura actual –que son aproximadamente 800 clientes-, la cual ofrece servicios de ADSL con una atenuación considerable debido a su relación velocidad vs distancia, en donde en el diseño original no se contemplaron las pérdidas de potencia por ser tecnología de cobre –con las consecuencias actuales-
- Asimismo, por medio del enlace por celular móvil no se convierte en una solución debido a las condiciones climáticas actuales del lugar.
- Durante el proceso de estudio se cuenta con factibilidad financiera a 5 años.

Agradecimiento

A la Universidad Técnica Nacional por su respaldo ante nuestro trabajo académico, abrir sendas de conocimiento para aportar a la sociedad costarricense, fortalecer los vínculos con diversos sectores, además promover la ejecución de un modelo educativo sostenible para beneficio del cuerpo docente y estudiantil.

Referencias

- Cerdá, L., & Hidalgo, T. (2015). *Procesos en instalaciones infraestructuras comunes de telecomunicaciones*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Gallardo, S. (2015). *Elementos de sistemas de telecomunicaciones*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Huidobro, J. & Ordoñez, J. (2014). *Comunicaciones por radio: tecnologías, redes y servicios de radiocomunicaciones: el espectro electromagnético*. Alfaomega.
- Millan, J. (2014). *Configuración de infraestructuras de sistemas de telecomunicaciones*. Ediciones Paraninfo, S.A.

Rodríguez, J. (2015). Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones: Editorial Alvi books. Editorial Alvi Books.

Tomasi, W. (2003). Sistemas de comunicaciones electrónicas. Pearson educación.

Zuazo, N. (2015). *Guerras de Internet: un viaje al centro de la red para entender como afecta tu vida.* Debate.