

# **SERVICIOS DE INTERNET POR MEDIO DE REDES INALÁMBRICAS, EN LOCACIONES SIN SERVICIOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y TELECOMUNICACIONES**

## ***Ismael Méndez Trejo***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato  
*ing.ismaelmendez@gmail.com*

## ***Sergio Elías Pérez Pizano***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato  
*elias.perez.pizano@gmail.com*

## ***Rafael Ramírez Rosillo***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato  
*ing.ra.rr@gmail.com*

## **Resumen**

El acceso a Internet y servicios de Telecomunicaciones, están cada vez más al alcance de todos gracias a la telefonía móvil y a los precios competitivos de estos servicios, aunque todavía hay un considerable porcentaje de comunidades y asentamientos donde no hay acceso a servicios de Internet porque ni siquiera se cuenta con servicios de energía eléctrica. En este artículo, se presenta una alternativa de solución viable diseñada para brindar el servicio de Internet y otros servicios de Telecomunicaciones a todas aquellas comunidades que, por sus condiciones principalmente geográficas, no cuentan con dichos servicios e incluso algunas ni con energía eléctrica, debido a las condiciones del entorno, que además no les permiten contar con una viabilidad para una pronta instalación de servicios. Lo anterior se logra por medio de una Red de antenas alimentadas por celdas solares, las cuales son instaladas en puntos estratégicos, formando una Red de antenas interconectadas, que físicamente tienen las características para soportar las adversidades climáticas además de poder soportar el peso de los

transmisores-receptores y las antenas tipo plato y sectoriales, junto con las celdas y baterías solares que alimentan el sistema, asegurando de esta manera el servicio de Internet en tales lugares. Se aclara que existen otras alternativas para la solución de la problemática presentada en esta publicación, pero que se dan en otras condiciones de factibilidad para las empresas y compañías proveedoras de servicios, dichas condiciones no son las que se presentan en las localidades que han sido estudiadas en este artículo.

**Palabra(s) Clave:** Fotovoltaico, Inalámbricas, Internet, Red, Telecomunicaciones.

### **Abstract**

*Internet access and telecommunications services are increasingly available to everyone thanks to mobile telephony and the competitive prices of these services, although there is still a considerable percentage of communities and settlements where there is no access to Internet services because neither they even have electric power services. In this article, an alternative solution is presented viable designed to provide the Internet service and other telecommunications services to all those communities that, due to their geographic conditions, do not have such services and some or even with electric power, due to the conditions of the environment, which also do not allow them to have a viability for an early installation of services. The above is achieved through a network of antennas powered by solar cells, which are installed at strategic points, forming a network of interconnected antennas, which physically have the characteristics to withstand climatic adversities in addition to being able to support the weight of the transmitters receivers and dish antennas and sectoral, along with the cells and solar batteries that feed the system, thus ensuring the Internet service in such places. It is clarified that there are other alternatives for the solution of the problem presented in this publication, but that are given in other conditions of feasibility for companies and companies that provide services, these conditions are not those that are presented in the localities that have been studied in this article.*

**Keywords:** *Internet, Network, Photovoltaic, Telecommunications, Wireless.*

## **1. Introducción**

Una de las tecnologías de más auge en los últimos tiempos es la de telecomunicaciones mediante tecnología Inalámbrica, de tal modo que el Internet se encuentra cada vez más al alcance de todos. Sin embargo, la falta energía eléctrica ha sido de los factores que siguen siendo una barrera para que las Telecomunicaciones puedan llegar a lugares que no cuentan con este servicio fundamental. Aún hoy en día se pueden encontrar lugares que no cuentan con servicios de Telecomunicaciones y en algunos casos ni red de energía eléctrica, así como tampoco la infraestructura básica de acceso a las Redes telefónicas Inalámbricas. En México existen zonas geográficas donde hay viviendas sin acceso a luz eléctrica y mucho menos a servicios de Internet. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI, 2010], proporcionó datos al 2010 donde el total de las viviendas habitadas particulares en México es de 28,159, 373 de las cuales 513,482 no cuentan con energía eléctrica resultando en un 1.8% de viviendas que no cuentan con este servicio. De esta población la investigación se enfocó a solo una pequeña parte en el estado de Guanajuato, donde cabe mencionar que la aplicación de esta metodología puede adaptarse a diferentes zonas geográficas donde están distribuidas estas viviendas.

Las alternativas de solución existentes para brindar los servicios en cuestión no siempre son viables. Existen lugares donde se tiene acceso a redes de datos por medio de telefonía celular, las cuales son generalmente muy lentas, y las que son más más rápidas como las redes "3G" (tercera generación), son sumamente costosas y por tanto poco accesibles para comunidades de escasos recursos. Hoy en día existen alternativas que pueden solucionar la problemática planteada en este artículo, como es el cableado eléctrico y el cableado de telecomunicaciones, pero estos representan altos costos de instalación que no siempre justifican su tendido hasta áreas rurales o geográficamente inaccesibles. Por parte de las líneas eléctricas, cabe resaltar que estas son en gran parte apoyadas por los tres niveles de gobierno, pero en muchos de los casos para poder llegar a colonias nuevas o áreas rurales que no cuentan con el apoyo, estas tienen que ser pagadas por los habitantes de estos lugares, teniendo costos muy elevados para

estos, como se puede corroborar en el portal de la Comisión Federal de Electricidad [CFE, 2017]. En cuanto a las alternativas de telecomunicaciones existentes se puede comentar que el llevar servicios ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) a estas áreas no es costeable para los operadores de telefonía. También sabemos que la tecnología celular, presente y futura, sólo permite la transferencia de archivos con calidad aceptable, pero en muchos de los casos se experimentan interrupciones de servicios y altas latencias. También existe el factor de viabilidad para las compañías de telefonía celulares en lo que respecta a la adquisición de un número costeable de abonados en esas zonas. Las limitaciones tecnológicas y topográficas, en conjunto a la rápida adopción del acceso a Internet, han motivado el desarrollo de una solución inalámbrica proporcionada por este artículo, que se pretende llegue a un mayor número de usuarios y propicie la introducción de nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones para estas locaciones. Las Redes Inalámbricas, tienen un propósito: reemplazar o competir directamente con el Internet por Cable y el ADSL. A través de una sola torre de distribución ubicada a kilómetros del usuario final, la cual proporcione acceso a cientos de usuarios en áreas rurales o metropolitanas con alta densidad demográfica. Se puede mencionar que para algunas frecuencias de estas redes inalámbricas, no se requiere línea de vista, y que con las tecnologías actuales se pueden manejar tasas de transmisión de hasta 700 Mbps reales, que cuenta con calidad de servicio, que ofrecen seguridad y que pueden operar en bandas con y sin licencia.

El proyecto es una solución propuesta en el área de Infraestructura Informática, que se desprende de la experiencia probada de una solución ya existente que consiste en proveer servicios de Internet Inalámbrico a comunidades sin servicios de telecomunicaciones por medio de una Red de antenas pero que sí tienen servicios de energía eléctrica, sólo que en este caso serían alimentadas por energía solar. También se cuenta con la experiencia de implementación de fuentes alternas de energía como la solar por medio de celdas y baterías.

El propósito que motivó el desarrollo del planteamiento de este artículo es dar a conocer e impulsar una solución viable para reducir la brecha digital que existe

aún hoy en día en comunidades que no cuentan con este tipo de servicios, proveyéndoles de servicio de Internet, así como todos aquellos que de este se pueden derivar, ya que, en base a la experiencia y el trabajo desarrollado en la zona, se puede ver la necesidad de reducir tal brecha.

La metodología definida para el desarrollo de este proyecto se puede observar en la figura 1, y básicamente consta de los siguientes pasos:

- Hacer una investigación sobre la zona geográfica donde no hay servicios de luz ni de Internet, para seleccionar la infraestructura tecnológica más apropiada.
- Posteriormente se requiere estimar la cantidad de usuarios, así como su posible crecimiento, para el diseño arquitectónico de la Red.



Figura 1 Pasos de la metodología.

- El siguiente paso es buscar y seleccionar los puntos geográficos estratégicos viables, para la colocación de la infraestructura de Telecomunicaciones.
- Después se define el equipo y la infraestructura más adecuados, según las necesidades arquitectónicas, para su adquisición. Posteriormente hay que configurar, instalar y montar la red para comenzar a transmitir la señal Inalámbrica.

- Posteriormente hay que llevar a cabo un análisis de consumo de energía eléctrica para cada torre, según equipos y un estándar de casa habitación, para poder determinar la cantidad de energía requerida en todo el sistema.
- Una vez hecho esto se selecciona un sistema Fotovoltaico capaz de soportar las necesidades identificadas y así poder brindar el servicio Inalámbrico.
- Acto seguido se configura, instala y se monta el equipo de Red y el sistema Fotovoltaico en la casa habitación para que tenga los servicios de Internet y luz eléctrica. Una vez realizado lo anterior, se administra la red para dar mantenimiento, monitorear, prevenir y corregir incidentes que puedan ocurrir con el uso cotidiano, y se brindan los informes correspondientes con los resultados de la implementación de las pruebas y del proceso para poder difundir esta experiencia que impulse este tipo de soluciones.

Como resultado se tiene el diseño de una propuesta de solución de Red y energía eléctrica, al combinar la experiencia de servicios de Internet Inalámbrico por medio de una Red de antenas, con la experiencia de generación de energía eléctrica a partir de celdas solares con un arreglo de baterías para reserva. De todo lo anterior se puede concluir que en la actualidad, la misma tecnología es capaz de vencer las limitantes físicas de un entorno que presenta desafíos para que un servicio tan fundamental que le permite a las tecnologías de información operar: La energía eléctrica.

## **2. Metodología**

El objetivo del proyecto es el de desarrollar una Red de Internet mediante tecnología Inalámbrica para locaciones que no cuente con el servicio de luz eléctrica ni Telecomunicaciones. Para tal efecto se establece la siguiente metodología para la implementación del proyecto:

- Realizar una investigación en lo que se refiere a las zonas geográficas donde no hay servicios de luz ni de internet, así como de toda la infraestructura de telecomunicaciones requerida (redes inalámbricas,

sistemas fotovoltaicos, torres), para seleccionar los equipos más apropiados y pertinentes según las condiciones.

Es necesario tomar en cuenta las publicaciones más importantes y actuales sobre las Redes Inalámbricas, sistemas Fotovoltaicos. Las 6 principales ventajas de la tecnología inalámbrica son: Accesibilidad, Escalabilidad, Seguridad, Costos, Movilidad y Productividad [Cisco, 2012, p.2], dentro de este artículo se hace énfasis a los cuatro primeros puntos, ya que son los que otorgan la viabilidad al proyecto. Otros puntos medulares en la realización de este proyecto son el funcionamiento y la diversidad de configuraciones que existen en los sistemas eléctricos generados por energía solar (Sistemas Fotovoltaicos). Se incluyó la información pertinente sobre torres de Telecomunicaciones las cuales son parte fundamental para el desarrollo de este proyecto ya que hicieron función para soportar las antenas necesarias de transmisión de datos y en el proyecto fue necesario saber qué torre seleccionar, características con las que se debe contar para su montaje, así como los pasos a seguir para su instalación y mantenimiento. Pérez [2001] indica que en general el ingeniero de comunicaciones no tiene que ver directamente con el diseño, construcción y erección de las torres utilizadas para soportar las antenas, es frecuente que tenga necesidad de actuar como director de proyectos que incluyan torres o bien con la utilización de torres ya existentes o con su mantenimiento. Se determinó como área de estudio, las localidades conocidas con las características mencionadas ubicadas en la zona que comprende los municipios de Celaya y Tarimoro. El interés para realizar este trabajo de investigación se da por la identificación de asentamientos sin servicio de energía eléctrica que están cercanos a comunidades donde se ha realizado el trabajo de instalación de servicios de Internet y telefonía, pero en los que sí cuenta con dicho servicio.

- Estimar la cantidad de usuarios, así como su posible crecimiento, para el diseño arquitectónico de la red. Se realizó una encuesta a personas de las comunidades con las características en cuestión, para conocer el interés de

estas en adquirir estos servicios tecnológicos, tomando en cuenta el área enmarcada en un círculo en rojo de la figura 2, en donde se encuentran comunidades como: Arreguín, Santa María del Refugio, El Sauz, Rincón de Tamayo, Juan Martín, Las Canoas, Los Huesos. De este modo se recibió información clave sobre la cantidad de usuarios de la Red y la posible expansión de esta. El muestreo fue dirigido de tal manera que se obtiene una muestra no probabilística ya que es un procedimiento de selección informal de acuerdo a como lo define Hernández [2010].

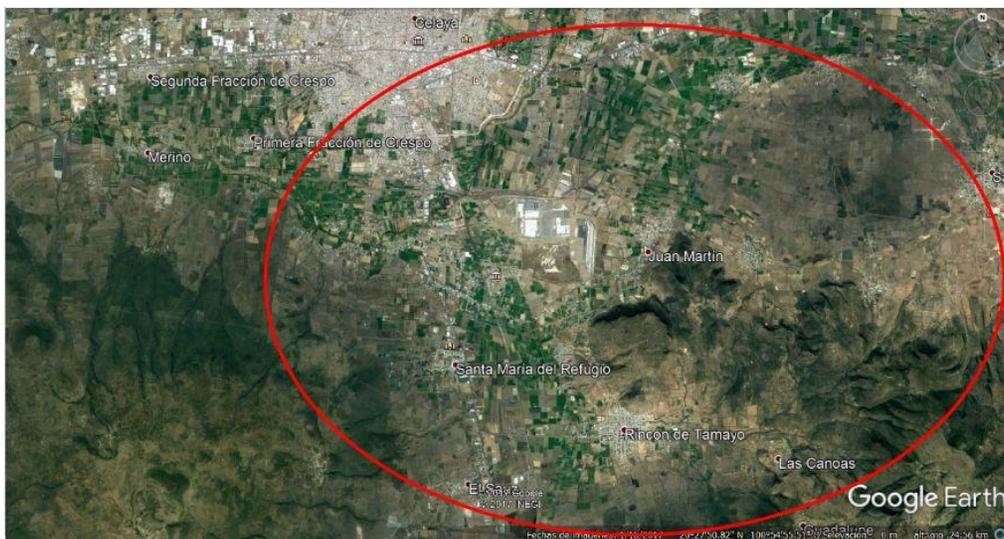


Figura 2 Mapa de las zonas a cubrir por la red inalámbrica.

Una vez que se obtuvo esta información donde fueron encuestados un total de 520 personas de entre 18 a 60 años y que estos pudiesen aceptar la colocación de un arreglo fotovoltaico y/o un sistema de internet en sus viviendas. Una vez habiendo obtenido estos datos, se calculó la posible cantidad de usuarios de la red a desarrollar y se procedió al diseño de la Red en cuestión de usuarios designando la cantidad de nodos a distribuir y enlaces necesarios para ello, a lo cual se generó una Red para 182 nodos, que fue el resultado arrojado por la encuesta y con la posible agregación de 246 más en un futuro, dando un total de 428 nodos. En la tabla 1 se muestran los datos arrojados por la encuesta, así como la distribución de

los nodos por comunidad para usar de referencia a la hora de la asignación de host de las Redes resultantes. Para poder cubrir la cantidad de 428 nodos dentro de la Red se acudió a la generación de subredes mediante la técnica de Máscara de Subred de Longitud Variable o con sus siglas en Inglés VLSM, la cual permite distribuir la Red sin desperdicio de Protocolos de Internet (IPs) y donde se le asigna la cantidad de nodos peticionados por la encuesta y los futuros, para evitar quedarse sin nodos disponibles para cada subred.

Tabla 1 Datos de la encuesta y relación de nodos por comunidad.

Nombre de la Comunidad	No. Encuestados	Tienen Luz	No tiene Luz	Nodos	Nodos Futuros	Total
Arreguin	61	41	12	22	31	53
Santa María del Refugio	55	34	8	18	24	42
El Sauz	97	77	4	34	47	81
Rincón de Tamayo	180	130	23	55	98	153
Juan Martín	72	50	8	32	26	58
Las Canoas	30	20	4	9	15	24
Los Huesos	25	15	2	12	5	17
<b>TOTALES</b>	<b>520</b>	<b>367</b>	<b>61</b>	<b>182</b>	<b>246</b>	<b>428</b>

Para generar las subredes y agilizar este proceso se acudió a la web: <http://www.vlsm-calc.net/> la cual ayuda a realizar la distribución de IPs para las siete subredes generadas donde se muestra la figura 3 que comprende el ingreso de datos y el resultado de estos datos que indicaron el cómo se configuraron los diferentes dispositivos de Red para la correcta distribución de esta.

The image shows a screenshot of a VLSM calculator application. On the left is the input form, and on the right is the output window.

**Input Form:**

- Major network: 192.168.0.0/22
- Subnets table:
 

Name	Size
Arreguin	
Santa María del Refugio	
El Sauz	
Rincón de Tamayo	
Juan Martín	
Las Canoas	
Los Huesos	
- Number of subnets: 7
- Sort results by: size
- Submit button

**Output Window:**

**Subnetting Successful**

- Major Network: 192.168.0.0/22
- Available IP addresses in major network: 1022
- Number of IP addresses needed: 428
- Available IP addresses in allocated subnets: 626
- About 63% of available major network address space is used
- About 68% of subnetted network address space is used

Subnet Name	Needed Size/Allocated Size	Address	Mask	Dec Mask	Assignable Range	Broadcast
Rincón de Tamayo	153 / 254	192.168.0.0	/24	255.255.255.0	192.168.0.1 - 192.168.0.254	192.168.0.255
El Sauz	81 / 126	192.168.1.0	/25	255.255.255.128	192.168.1.1 - 192.168.1.126	192.168.1.127
Juan Martín	58 / 62	192.168.1.128	/26	255.255.255.192	192.168.1.129 - 192.168.1.190	192.168.1.191
Arreguin	53 / 62	192.168.1.192	/26	255.255.255.192	192.168.1.193 - 192.168.1.254	192.168.1.255
Santa María del Refugio	42 / 62	192.168.2.0	/26	255.255.255.192	192.168.2.1 - 192.168.2.62	192.168.2.63
Las Canoas	24 / 30	192.168.2.64	/27	255.255.255.224	192.168.2.65 - 192.168.2.94	192.168.2.95
Los Huesos	17 / 30	192.168.2.96	/27	255.255.255.224	192.168.2.97 - 192.168.2.126	192.168.2.127

Figura 3 Aplicación y resultado de la MSLV.

- Buscar y seleccionar los puntos geográficos estratégicos viables, para la colocación de torres de telecomunicaciones, equipos de red, transmisión de señales de microondas y absorción de energía solar.

Este punto se logró mediante la selección de un punto estratégico dentro de la zona geográfica delimitada en la imagen de la figura 2 de este artículo. Para poder realizar este análisis, fueron de suma importancia el tomar los siguientes aspectos a la hora de seleccionar el lugar donde se simuló el montaje de las torres, el cual ayuda a soportar las antenas de transmisión de datos evitando problemas a la hora de establecer los enlaces:

- ✓ Visibilidad: Esto conlleva que el lugar donde se montará la torre en sus puntos más altos debe ser visible el lugar donde se va a traer la señal de Internet, así como cada una de las viviendas donde se pretende repartir esa misma señal, esto es importante ya que se utilizaron enlaces con frecuencias altas y necesitan de una total visibilidad para evitar caídas de señal.
- ✓ Altitud: La altitud ayuda a la visibilidad y evitar obstáculos tales como casas, árboles, edificios, etc. Aquí también es importante revisar la altitud de la torre de Telecomunicaciones, ya que esta deberá evitar estos estorbos en el lugar seleccionado para su montaje.
- ✓ Accesibilidad: En el lugar seleccionado se debe acceder con vehículos que transporten el material necesario como tramos, anclas, antenas, cables, paneles, baterías, cemento etc. para el montaje de la torre, antenas y sistema Fotovoltaico de ser necesario.
- ✓ Viento: Se tienen que evitar las zonas donde la mayor parte del año existen vientos mayores a 100 km/h ya que tanto para el montaje, mantenimiento y tiempo de vida de la torre y antenas hay que seleccionar un lugar donde la fuerza del viento de baja o que estos no sobre pasen los 200 km/h, que es el tope de fuerza que soporta la mayoría de antenas y torres arriostradas.
- ✓ Humedad: Existen muchas zonas geográficas donde hay más humedad que en otras como es el caso de las áreas costeras, zonas

altas o que están al lado de lagos, lagunas y ríos. Es importante saber si hay o no humedad en el lugar donde se va a levantar la torre de Telecomunicaciones para fines de selección del tipo de galvanizado de esta, evitando así una pronta oxidación de los materiales de la torre.

Tomando en cuenta estos cinco aspectos se prosiguió a la revisión del mapa de la zona con la herramienta de Google Earth, utilizando su indicador de altitud del suelo con respecto al nivel de mar, la cual nos proporcionó información importante de los puntos viables para el montaje de la torre en donde se encontraron tres puntos más viables ubicados en las comunidades de Llano Grande, Arreguín y Los Huesos. Al tener los puntos más viables se prosiguió a la revisión en físico de cada uno de estos tres puntos y mediante la votación de los integrantes del proyecto se seleccionó el que está ubicado en la comunidad de Arreguín, tomando en cuenta los cinco aspectos antes mencionados.

La comunidad de Arreguín tuvo la mejor visibilidad hacia la ciudad de Celaya y hacia las comunidades a las que se simuló el brindar el servicio, a lo cual como se muestra en la figura 4, donde se puede observar el trazo de enlaces en el mapa de Google Earth.

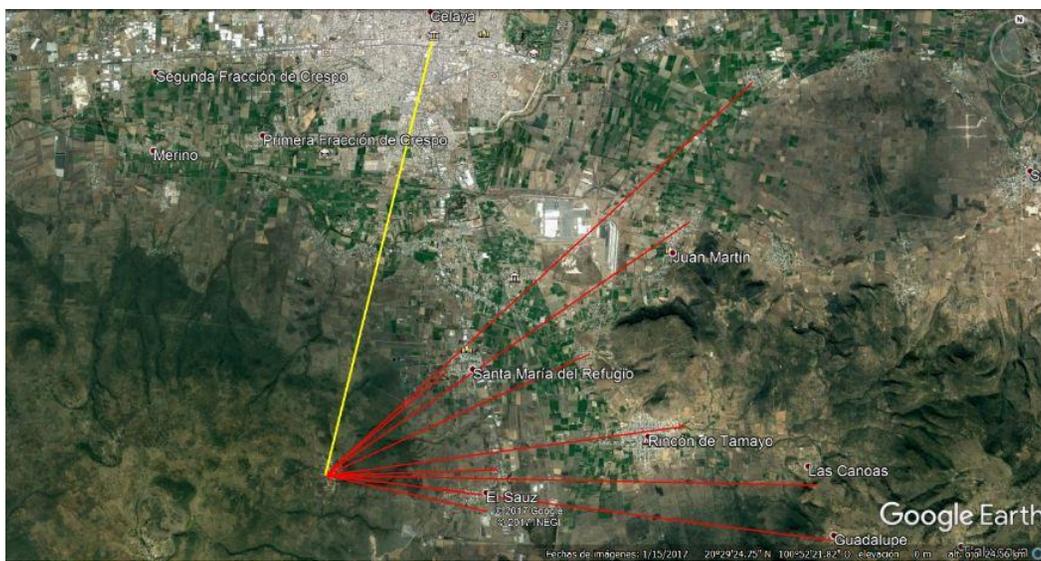


Figura 4 Mapa de enlaces PtP y PtM.

Se aprecia en una línea en amarillo el enlace que se estableció de la ciudad de Celaya hacia la comunidad de Arreguín del tipo Punto a Punto (PtP) y en rojo la simulación de los diversos enlaces para las diferentes viviendas que fueron enlaces Punto a Multipunto (PtM), ubicadas en los poblados mencionados en el punto dos de este artículo. Aquí también se establecieron las distancias en metros para la posterior configuración de los enlaces de Red. El enlace PtP en amarillo de la ciudad Celaya hacia la comunidad de Arreguín es para mandar la señal de Internet desde algún punto de la ciudad que cuente con algún proveedor de servicios de Internet con sus siglas en inglés ISP, con fibra óptica para garantizar un buen ancho de banda a los posibles 428 nodos que se establecieron.

- Seleccionar el mejor equipo e infraestructura, acorde a las necesidades arquitectónicas, para su adquisición e instalación. Cabe recalcar que el manejar una Red de 428 nodos no es tan sencillo como parece ya que se habla de Redes entre pequeñas y medianas las cuales se pueden definir como Redes empresariales, en CISCO (2012), se menciona que las Redes empresariales tienen muchas características en común, entre ellas: Soporte de aplicaciones críticas; Soporte para el tráfico de una Red convergente; Necesidad de control centralizado y Soporte para diversos requisitos comerciales. Una Red empresarial debe admitir el intercambio de diversos tipos de tráfico de Red, entre ellos archivos de datos, correo electrónico, telefonía IP y aplicaciones de video. Todo esto apunta a la adquisición de equipos de mediana y alta gama para estas Redes, pero la gran ventaja es que, en comparación a la infraestructura requerida en las Redes cableadas, se reduce considerablemente la inversión en las Redes Inalámbricas, gracias a que se desiste en gran parte del cableado estructurado, y este cableado solo se aplica a pequeñas escalas. Para la selección del equipo se puntualizó el tipo de equipo y cantidad de cada uno de estos y se describió brevemente la funcionalidad dentro del sistema de Red:

- ✓ Torres de Telecomunicaciones: De estas torres fueron necesarios dos, ya que según la figura 5, estas fueron fundamentales para

elevant las antenas y establecer los enlaces PtP y PtM. Según el catálogo de torres MTTAA (2015), el modelo PT-29 de máximo 30 metros de altura fue el más recomendado.

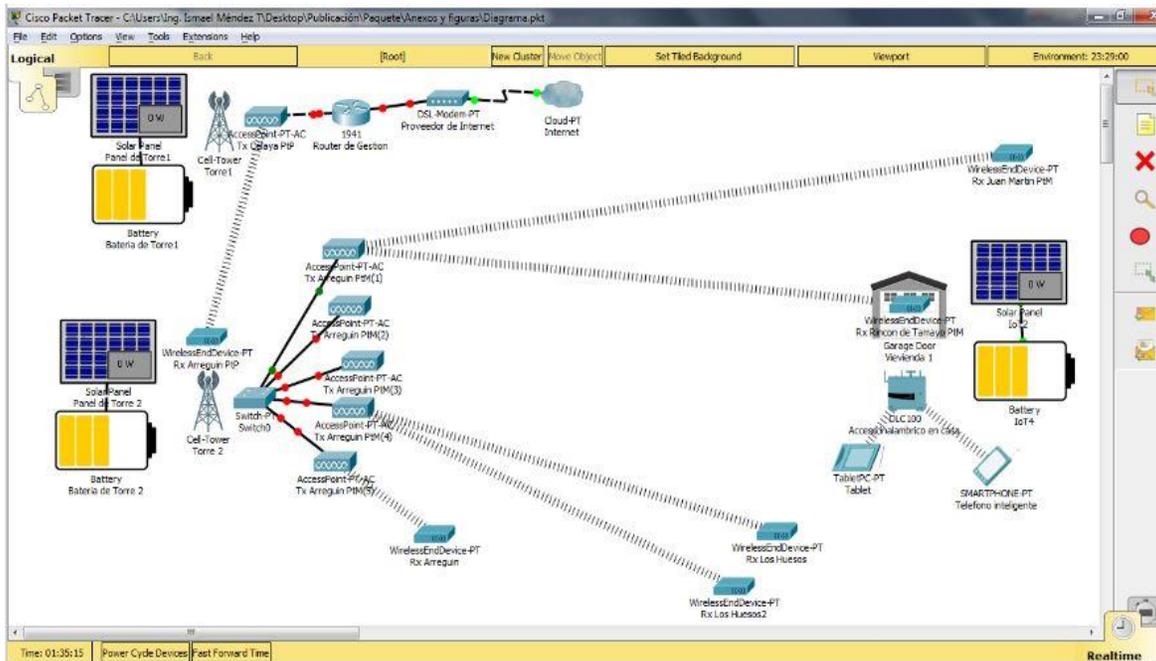


Figura 5 Diagrama de configuración de red CISCO Packet Tracer.

- ✓ Enlace PtP: Para generar este enlace fue necesario la adquisición de 2 equipos de transmisión de microondas de 5Ghz de frecuencia, así como sus antenas tipo plato, para evitar interferencias, las cuales las características fueron acorde a la capacidad de transferencia de datos, y distancias a enlazar. E
- ✓ Enlace PtM: Dentro de este enlace y haciendo referencia a la cantidad de nodos necesarios se adquirieron 5 equipos de transmisión de microondas en conjunto de sus 5 antenas sectoriales, para poder atender a los más de 400 nodos y no sobrecargar cada uno de los equipos. Para cada uno de los nodos es necesario un receptor de la transmisión de la señal de microondas, el cual comprende una antena tipo plato acorde a la distancia que tenga hacia la torre de los enlaces PtM.

- ✓ Manejo y distribución de la Red: En esta sección fue necesaria la adquisición de un router balanceador de carga gigabit, el cual tuvo la función de gestión de la Red, que es el manejo de IPs vistas en la figura 3, así como el control del ancho de banda asignado a cada uno de los nodos, la revisión y buen funcionamiento de la Red, etc. Incluimos un switch de 8 puertos con capacidad gigabit, para la redistribución de la Red localizado en la segunda torre y los router inalámbricos, para cada una de las viviendas.
- ✓ Cableado estructurado: Para esta sección fue necesario contar con cable UTP resistente a la intemperie, ya que este comunicó cada uno de los aparatos transmisores (Tx) y receptores (Rx) para todos los enlaces PtP y PtM, en distancias acordes a la altura de las torres. También se tuvo que contar con conectores tipo rj45, dos gabinetes pequeños RACK para Redes.
- ✓ Energía eléctrica: Para alimentar todo el sistema inalámbrico de Red, así como los nodos de cada una de las viviendas que no cuentan con luz eléctrica, se adquirieron sistemas Fotovoltaicos autónomos, los cuales según las necesidades de energía fueron necesarias 3 configuraciones distintas, una configuración intermedia que es la que va en la torre 1 donde se encuentra la señal Tx y enlaces PtP, desde Celaya; una configuración alta para alimentar varios equipos en la comunidad de Arreguín con Rx, PtP y PTM, que es la torre 2 y por último, las que se instalaron en las viviendas para alimentar las antenas y routers inalámbricos, así como los dispositivos móviles con los que cuentan. En la figura 5 se muestra un esquema de Red mediante el uso del CISCO Packe Tracer, el cual muestra un panorama general del equipamiento necesario para la generación física de la Red, con el equipamiento necesario para la torre 1 y la torre 2, donde también se observa un ejemplo del cómo sería la configuración para una de las viviendas, las cuales cuentan con algún dispositivo móvil para su conexión.

- Configurar, instalar y montar la red para comenzar a transmitir la señal inalámbrica.

En este punto se realizó la simulación con Redes ya existentes para obtener datos precisos de la configuración, instalación y montaje para así dar una descripción más acertada de cada uno de los pasos a seguir que a continuación se mencionan:

- ✓ Montaje de torres: En esta sección se realizó la simulación del montaje de las torres a partir de torres que ya están instaladas, las cuales se asemejan a las que se seleccionaron para este proyecto y se presenta en la figura 6 un compilado de imágenes, las cuales muestran algunas de sus características, así como las vistas que proporcionan para realizar los enlaces con la altura pertinente.



Figura 6 Imágenes del montaje de torres y antenas.

- ✓ Montaje de Antenas y equipos de transmisión y recepción de microondas: Para montar cada uno de los equipos es necesario darles su lugar en la torre la cual debe ser preferentemente en los puntos más altos de esta, pero nunca en los últimos 3 metros, ya que esta sección es primordial colocar el equipo de protección para descargas eléctricas, y a su vez hay que tener una separación

mínima de 1.5 m con relación de una antena a otra, esto para evitar interferencia y estorbo físico entre ellas. Cabe mencionar que el direccionamiento de cada una de estas se debe hacer con referencia al punto donde va enviar o recibir la señal, para establecer el mejor enlace posible, esto puede ser apoyado con los mapas proporcionados por la herramienta de Google Earth y los trazos de direccionamiento, para fijar una dirección cercana para cada antena, en caso de gran lejanía de un punto a otro, o el uso de binoculares que puedan mostrarnos el punto a donde se pretende establecer el enlace. Es indispensable que se revisen los valores de potencia y capacidad de antenas, para que estas puedan establecer los enlaces requeridos. En la figura 7 podemos observar algunas características de las antenas y sus montajes, así como los direccionamientos. Cabe aclarar que la guía para realizar correctamente estos enlaces las podemos encontrar en los manuales de usuario de cada uno de los equipos adquiridos.

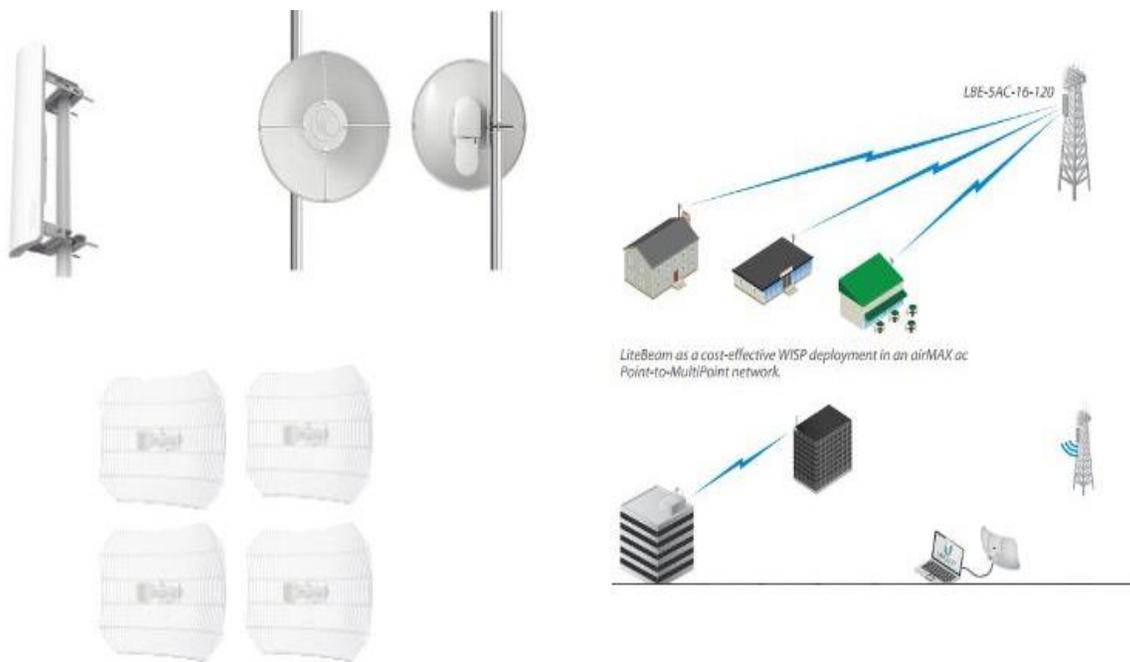


Figura 7 Antenas.



funcionar hasta por tres días sin luz solar. Una vez que se establecieron estos indicadores, se comenzó con el cableado eléctrico como el de datos, con las longitudes, configuraciones y conectores necesarios, asignando el número de cables suficientes para cada uno de los dispositivos de Red.

- ✓ Configuración de equipos: Una vez ya montada toda la infraestructura física, es importante tener cuidado al realizar las configuraciones de Red pertinentes para cada dispositivo de Red, donde a continuación se puntualiza los equipos a configurar:
  - Router balanceador de carga: Con base a la figura 3 donde se obtuvieron los parámetros de Red necesarios para cubrir los más de 400 nodos, se recurrió a esto, para poder administrar la Red en conjunto de las subredes para cada localidad, así como la seguridad y autenticación de usuarios, admiración y seguimiento a incidentes. Este router fungió como gestor de la Red y es al que se debe estar monitoreando principalmente.
  - Enlaces PtP y PtM: Se abarca lo que es desde el enlace punto a punto, los sectoriales, hasta los que van a estar situados en las viviendas. A estos enlaces se les carga la configuración Inalámbrica, para poder tener acceso a toda la Red, es decir es como el cableado en las Redes comunes y de los cuales los aspectos más importantes a configurar son: Potencias de salida y entrada; frecuencias a utilizar evitando estar en las mismas frecuencias que otros dispositivos ajenos o propios de la Red; nivel de seguridad alto y robusto, esto es necesario para evitar que estas Redes sean infiltradas, apoyado de un buen anclaje de los dispositivos desde de Red, mediante la MAC de estos.
  - Router de vivienda: Este dispositivo se le configura la Red de área amplia (WAN), que van a ser tomadas de la figura 3 y

una Red local (LAN) y/o Red local Inalámbrica (WLAN), la cual conlleva el manejo de distinta localidad de Red a las marcadas en la WAN y un nivel de seguridad inalámbrico para la conexión de los dispositivos móviles para cada vivienda.

- Administrar la red para dar mantenimiento, monitorear, prevenir y corregir incidentes que puedan ocurrir con el uso cotidiano, así como proporcionar estabilidad y calidad de servicio. Para este punto se siguieron las bases de la Guía de Administración de Redes con Linux de la obra de Kirch & Dawson [2000], las cuales mencionan los puntos medulares en la gestión de una Red, siendo estos de gran apoyo en la administración de la Red implementada. Es sabido que la administración de una Red conlleva tanto a los servidores, routers, swiches, equipos transmisores y receptoras, estación del cliente, el hardware y software de la Red, los servicios de res, las cuentas de usuario, las relaciones de la Red con el exterior, etc. De entre muchas funciones que se pueden asignar a la administración de Red se destacan algunas de ella por la gran importancia que tienen:
  - ✓ Instalación y mantenimiento de la Red, esta debe ser realizada por el administrador de Red, puesto que no sólo hay que instalar y configurar los equipos, sino que también debe de garantizar el funcionamiento con el paso del tiempo. Para ello es necesario contar con las herramientas adecuadas y el equipo necesario para efectuar esta función. En ocasiones estos conocimientos sólo se pueden adquirir en los departamentos de formación de las compañías suministradoras de hardware y software de las Redes o entidades a fines. El trabajo propio del mantenimiento puede ser realizado por los miembros que implementaron la Red, o bien contratar estos servicios con empresas dedicadas a ello.
  - ✓ Se deben determinar las necesidades y el grado de utilización de los distintos servicios de la Red, así como los accesos de los usuarios a la Red.

- ✓ Diagnosticar los problemas y evaluar las posibles mejoras para incrementar la calidad del servicio y aprender de ellos.
- ✓ Es muy importante toda la documentación del sistema de Red, así como sus características, ya que, al manejar mucha información, esta puede ser corrompida una vez que se realice el cambio de administradores de Red y/o con el paso del tiempo es relativamente fácil la pérdida de esta, teniendo desconocimiento de incidencias y configuraciones.
- ✓ Por último, la constante comunicación con los usuarios de Red y el vínculo seguro para ello es parte fundamental para el conocimiento y seguimiento a situaciones de comportamiento y mal funcionamiento de la Red e incluso notificar a los usuarios sobre aspectos o noticias importantes como puede ser el cambio de anchos de banda, mantenimiento de esta, etc.

### **3. Resultados**

Una de las aportaciones de este artículo es dar a conocer una solución totalmente viable para brindar servicios de internet por medio de redes inalámbricas, en locaciones sin servicios de energía eléctrica y telecomunicaciones, conjuntando la experiencia en redes de antenas para servicio de Internet Inalámbrico, así como la experiencia con alimentación por medio de paneles de celdas solares.

Con la implementación de la infraestructura tecnológica propuesta en este proyecto, se buscan tres objetivos principales, número uno, que por medio de celdas solares las casas habitación de comunidades sin servicios básicos puedan contar con energía eléctrica, incentivando el uso de energías limpias; número dos, brindar el acceso a Internet a dichas comunidades para que este sea un factor que mitigue el rezago impulsando el desarrollo comunitario y conectando estas comunidades con el desarrollo del país, fortaleciendo aspectos como la cobertura educativa en tales zonas, así como otros factores de desarrollo social; y número tres, el brindar la información acerca de inversión de tiempo, recurso económico y

esfuerzo para que se puedan promover programas gubernamentales y de ONG impulsando acciones dirigidas al acceso a Internet y energías limpias, para que se realicen las inversiones correspondientes orientadas a estos fines.

#### **4. Discusión**

Cabe destacar que ya existen redes inalámbricas que llegan a lugares donde las compañías de telecomunicaciones que usan una infraestructura cableada no han llegado, pero estas están sujetas a la existencia de una red eléctrica, la cual en muchos de los casos es un factor limitante para las locaciones geográficas ideales donde deben ser montadas las torres de telecomunicaciones, y estas torres son base estratégica para el alcance a lugares más lejanos que no cuentan con servicios de energía eléctrica y mucho menos de Internet.

Ya que el servicio de Internet provisto por antenas es una solución probada, lo que se requiere verificar en la propuesta de solución es la cantidad de tiempo que se puede mantener la operación del servicio ante situaciones climatológicas no favorables, las cuales no solo repercuten en una posible pérdida de energía para los dispositivos sino aun en la pérdida de calidad en la señal debido a la naturaleza de esta tecnología, otra de las posibles desventajas que tendría la comercialización de esta solución por parte de los proveedores de servicios ya sean privados o públicos es el aspecto de seguridad, ya que se presenta el riesgo latente de que los dispositivos foto voltaicos puedan ser robados al encontrarse en zonas sin vigilancia.

Los costos para desarrollar esta propuesta no son nada comparados con la inversión necesaria que involucraría la aplicación de tecnologías convencionales y comerciales. Por ejemplo, instalar un sólo transformador con un poste para llevar el servicio de energía eléctrica a un sólo punto puede costar de \$80,000.00 a \$200,000.00 (considerar el monto por el número de postes y cableado requerido), a esto habría que agregar lo correspondiente a la inversión de infraestructura para los servicios de comunicación; en la solución propuesta el costo estimado a la fecha para montar la infraestructura y brindar el servicio a una comunidad en promedio es de \$300,000.00 mil pesos, entregando un ancho de banda que en

promedio oscile entre los 2 y 4 Mbps (debe de considerarse que, por tratarse de infraestructura de Tecnología de Información, los precios base se calculan en dólares y por tanto es muy variable el costo final). Hacer una inversión así es muy viable por medio de programas gubernamentales de apoyo al desarrollo social. Es de reconocerse que hay aspectos que restan viabilidad al proyecto, como el riesgo de robo de la infraestructura instalada, las zonas que tienen un alto porcentaje de cielos nublados y protocolos de seguridad de redes Inalámbricas. Aun así, optar por una solución de tecnologías de Redes Inalámbricas y sistemas Fotovoltaicos para resolver la problemática planteada en este artículo, tiene amplios y sustanciales beneficios.

De cualquier manera, esta es una solución altamente viable para lugares en los que, debido a las características del entorno geográfico, no hay un asentamiento regular y no hay las condiciones para que los servicios públicos o privados consideren factible implantar una infraestructura de telecomunicaciones.

## **5. Bibliografía y Referencias**

- [1] Ampliantena. (2005). Manual torres triangulares arriostradas series 180-250-360-460.
- [2] Biomass Users Network. (2002). Manuales sobre energía renovable solar fotovoltaica. San José, Costa Rica: BUN-CA.
- [3] Cisco Systems, Inc. (2012). Lo que usted necesita saber sobre redes inalámbricas. CISCO.
- [4] CFE (2017, 5 de abril) Contacto [Portal de la CFE`]: [goo.gl/z8b5oo](http://goo.gl/z8b5oo).
- [5] Consejería de Industria, Comercio y Nuevas Tecnologías. (2014). Guía Técnica de Aplicación para Instalaciones de Energías Renovables Instalaciones Fotovoltaicas. Canarias: Autor.
- [6] Google Earth (30/octubre/2016): <https://www.google.com.mx/intl/es/earth/>.
- [7] Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación (5a. ed.). Perú: McGraw-Hill
- [8] INEGI. (2017, 8 de Septiembre). Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <https://www.inegi.org.mx/>: Autor

- [9] Kirch, O., & Dawson, T. (2000). *Guía de Administración de Redes con Linux*. Varsovia: O`Reilly.
- [10] Perpiñán Lamigueiro, O. (2015, marzo). Creative Commons: <https://github.com/oscarperpinan/esf>
- [11] Pérez, C. (2001). *Torres para antenas*. Santander, Cantabria, España: Departamento de Ingeniería de Comunicaciones.
- [12] VLSM [CIDR] (2016, 30 de octubre). Subnet Calculator: <http://www.vlsm-calc.net/>.