

**PROPUESTA DE SISTEMA PARA LA APROPIACIÓN FUENTES ALTERNATIVAS
DE ENERGÍA EN ESCUELAS RURALES PARA CONECTIVIDAD A INTERNET**

(Monografía)

Gerardo Silva Florez

Oscar Johan Junior Rivera Jaimes

Directora:

Ing. Mónica Espinosa Buitrago PhD.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE SERVICIOS DE TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN

BOGOTÁ, 2022

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a Dios primero que todo, luego a nuestros padres quienes nos guiaron y creyeron en nosotros en la selección de nuestras carreras profesionales, a nuestras parejas e hijos quienes soportan la ardua labor diaria y son estímulo fundamental para seguir a delante en los momentos difíciles.

También agradecer profundamente a la Universidad Santo Tomas ya que sin el desarrollo del programa de especialización en gestión de Servicio TIC no fuera posible la adquisición del conocimiento sembrado en nosotros como profesionales íntegros en el conocimiento y desarrollo tecnológico implementado en las tecnologías emergentes en pro de la sociedad.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Santo Tomas por habernos permitido hacer parte de este grupo de profesionales especialistas, que hoy brindamos nuestros conocimientos aplicados a las tecnologías emergentes y asociarlos con nuestra labor diaria, con el fin de llegar a ser profesionales íntegros e inquietos al realizar nuevos estudios de actualización para nuestro futuro inmediato y con fin de brindar un apoyo intelectual a la sociedad colombiana que tanto lo necesita.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
ACRÓNIMOS	6
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
1. PROBLEMA	12
1.1 Árbol de problemas	12
1.2 Que se quiere Solucionar	13
2. IDEA DE LA SOLUCIÓN	15
2.1 Por qué se plantea ahora la solución	15
2.1.1 Sector objetivo	15
2.1.2 Tendencias del sector	17
2.1.3 Análisis de mercado	18
2.2 Árbol de objetivos	20
2.2.1Cuál es la situación deseada	21
2.3 Introducción a la situación esperada	22
2.3.1 Propuesta de valor	27

3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	28
3.1 Diagnóstico interno para apropiar las tecnologías	47
3.2 OPERADOR PRESTADOR DEL SERVICIO NUBE	62
4. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN	64
4.1 Propuesta del modelo de negocio	64
4.2 Propuesta de la solución tecnológica.	65
5. TAMAÑO DE MERCADO	70
5.1 Análisis del proceso de transformación digital	81
6. ASPECTOS LEGALES Y CONTRATACIÓN	82
CONCLUSIONES	84
REFERENCIAS	85
LISTA DE FIGURAS	90
LISTA DE TABLAS	94
LISTA DE FORMULAS	95

ACRÓNIMOS

CPA (Computadores para educar)

TIC (Tecnologías de la información y las comunicaciones)

FNCE (Fuentes No convencionales de Energía)

IoT (Internet of things)

CEPAL (Comisión Económica para América latina y el Caribe)

CONPES (El Consejo Nacional de Política Económica y Social)

UNESCO (La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)

ICTSD (Centro Internacional para el Comercio y el Desarrollo Sostenible)

SER (Asociación Energías Renovables)

FNCER (Fuentes No convencionales de Energía Renovable)

DC (corriente directa)

AC (corriente alterna)

IDEAM (institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental)

HSP (Hora Pico Solar)

SESLAB (Sistemas especializados en sistemas fotovoltaicos)

TAM (mercado total accesible)

EEUU (Estados Unidos)

UPME (Unidad de planeación minero energética)

PNFO (Cobertura red troncal según el Plan Nacional de Fibra Óptica)

MINTIC (Ministerio de las Tecnologías de la información de las comunicaciones)

PRST (Proveedor de redes y Servicios de Telecomunicaciones)

TRAN (Terrestrial radio Access Network)

EB (Base Station)

RESUMEN

El presente trabajo tiene como fin realizar una propuesta para la apropiación de Fuentes no convencionales de Energía (FNCE) con el objetivo de implementar energías renovables sostenibles en escuelas públicas rurales a nivel nacional; Por lo anterior, se analizaron las propuestas de viabilidad en la implementación de las fuentes no convencionales de energía, de acuerdo a las alternativas y análisis sectorial surgieron inquietudes las cuales con el presente trabajo se presentan como base para la situación esperada de la problemática. Las inquietudes se convirtieron en preguntas que se propusieron como parte del estudio de mercado en el cual se evidencio que la necesidad existe en el territorio nacional de apropiar fuentes de energía renovable. Debido a la no apropiación de las tecnologías vemos la viabilidad de concientizar a las poblaciones rurales con el fin de ver como alternativa eléctrica las FNCE ya que están presentes y se puede llevar a cabo una apropiación de estas con el fin de aprovechar al máximo el desarrollo tecnológico para el bien de la comunidad.

La motivación de llevar a cabo este proyecto se debe a la necesidad de dar a conocer las tecnologías limpias las cuales están siendo utilizadas en el gran parte del mundo con el fin de mitigar el cambio climático y así contribuir a las nuevas generaciones con el conocimiento y la conciencia que deben tener con el medio ambiente.

ABSTRACT

The purpose of this work is to make a proposal for the appropriation of Non-Conventional Energy Sources (FNCE) with the objective of implementing sustainable renewable energies in rural public schools at the national level; Due to the above, the feasibility proposals in the implementation of non-conventional energy sources were analyzed, according to the alternatives and sectoral analysis, concerns arose which with the present work are presented as a basis for the expected situation of the problem. The concerns were raised in questions that were proposed as part of the market study in which it was shown that the need exists in the national territory to appropriate renewable energy sources. Due to the non-appropriation of technologies, we see the feasibility of raising awareness among rural populations in order to see the FNCE as an electrical alternative since they are present and an appropriation of these can be carried out in order to make the most of the development. technology for the good of the community.

The motivation to carry out this project is due to the need to publicize clean technologies which are being used in much of the world in order to mitigate climate change and thus contribute to new generations with the knowledge and the awareness they should have with the environment.

INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico ha generado nuevas formas de sostenimiento aplicado a la tecnología en las cuales se tiene en cuenta el no afectar el medio ambiente con el fin de mantener y mejorar las condiciones ambientales para el futuro inmediato. La ciencia ha implementado nuevos mecanismos de desarrollo autosostenible como lo es la Energía Eólica y la energía Solar, las cuales son las energías renovables más usadas en el mundo. La energía eólica se obtiene de las corrientes del aire en ella se aprovecha la energía cinética del viento la cual se transduce en energía eléctrica a través de un generador eléctrico, es un renovable la cual quiere decir que no contamina y ayuda a reemplazar la energía producida por combustibles fósiles. La energía eólica se tiene como alternativa la energía solar ya que para lugar apartados el aire y el sol son los motores con los que el sistema funciona los cuales abundan en montaña, laderas y sabanas lugares para los que se ha realizado el presente documento de investigación.

La energía Eólica ha venido siendo usada en Europa y Estados Unidos (EEUU Por sus siglas) en gran medida generando opciones de suministro eléctrico a poblaciones distantes de las zonas del suministro tradicional. El mayor generador de energía eólica en el mundo es EEUU seguido de Alemania, china, India y España, en América latina el mayor productor de energía eólica es Brasil.

En España la energía eólica abasteció a más de 12 millones de hogares un 18% de las necesidades eléctricas del país (Fuente de la asociación de energía eólica de España AEE [19], esto indica que la energía eólica está siendo usada en gran media como opción de energía limpia renovable mediante parques eólicos.

Esta energía tiene un valor agregado y es que puede ser independiente eso quiere decir que no debe estar ligada a un circuito intermunicipal el cual está conectado a una hidroeléctrica, una planta térmica o nuclear etc. Este método de energía es instalable y puede ser implementado de forma portátil si se llegara a necesitar el traslado de la estación o módulo construido, puede llevarse en conjunto.

Así mismo el presente trabajo se propone agregar al esquema de fuentes alternativas de energía un sistema de gestión con Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), que permite gestionar el estado de las estaciones instaladas con el fin de brindar un soporte en tiempo real para infraestructura instalada. También el sistema de gestión estará ligado a una centran en la cual se podrá brindar maniobras de primer nivel con el fin de detectar la falla y así tomar las medidas pertinentes.

1. PROBLEMA

1.1 Árbol de problemas

El árbol de problema para este documento muestra como primera medida los principales problemas del servicio eléctrico. A nivel de suministro eléctrico, las escuelas rurales de Colombia presentan problemas con el suministro del servicio eléctrico esta falla provoca un problema tanto social como logístico; puesto las fallas en la energía eléctrica no permiten las conexiones a internet y afectan el correcto funcionamiento de los equipos electrónicos en sitio generando degradación de los mismos. También, se evidencia no hay un sistema el fluido eléctrico constante debido a que no hay apropiación de las fuentes alternativas de energía ni tampoco a un sistema de gestión del consumo.

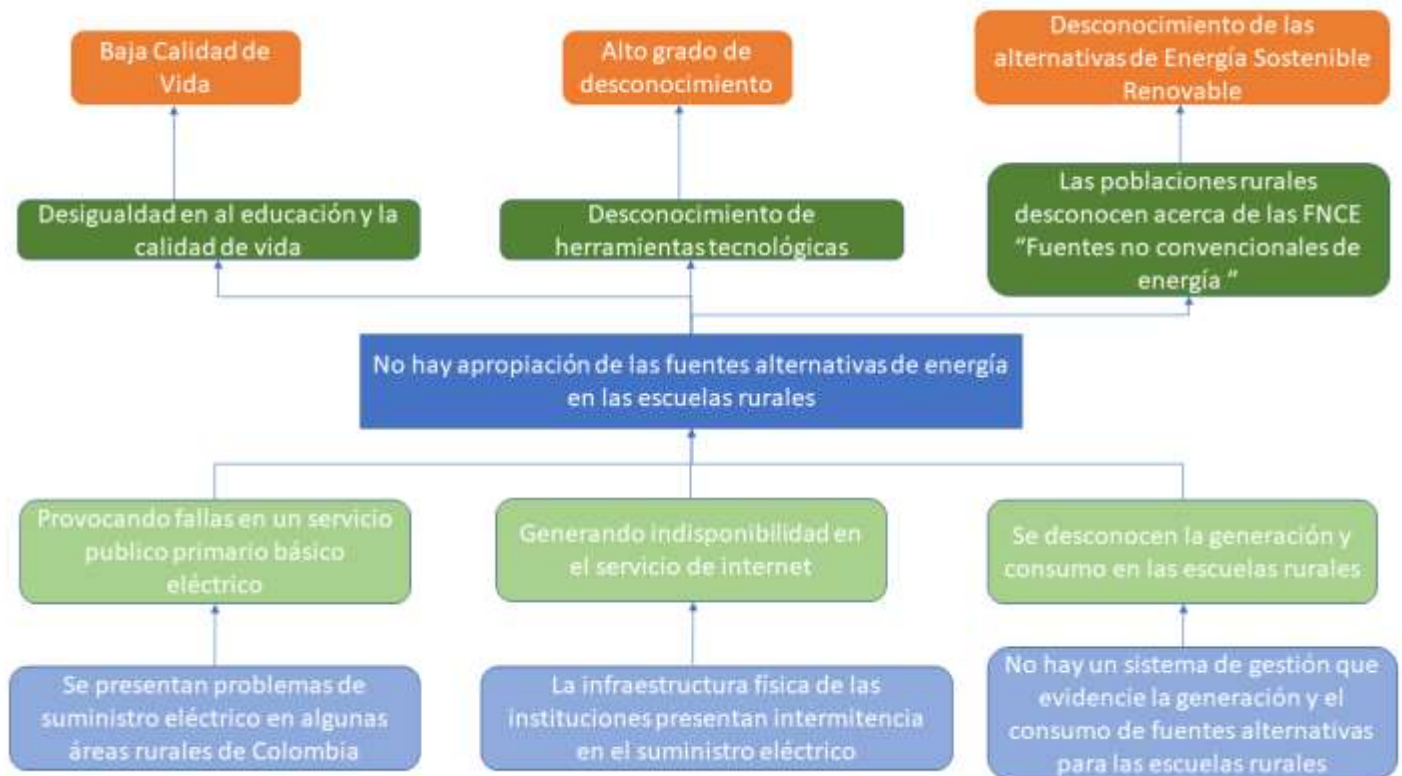


Figura 1. Árbol del Problema.

1.2 Que se quiere Solucionar

Según la Constitución Política de Colombia [1], un servicio público es un elemento esencial que permite un bien común para la comunidad. Un servicio público puede ser prestado por entidades privadas o públicas y son supervisadas por entidades estatales que garantizan el buen funcionamiento y cumplimiento del servicio. Además, la defensoría del pueblo [2]

Se define como servicios públicos, el transporte, la electricidad, las comunicaciones, el suministro de agua, ya que son esenciales para cada uno de los ciudadanos independiente del lugar donde habite.

De acuerdo con la definición de un servicio público, diferentes sectores tales como el sector educativo sufren falencia en el suministro de electricidad y comunicaciones. Con respecto a los servicios de comunicaciones, el Ministerio de Educación [3], ha generado las estadísticas de conectividad Internet de las instituciones educativas y déficit en la cobertura de la educación básica y secundaria. En las estadísticas se puede evidenciar que el 54% de instituciones no tienen conectividad a Internet en Colombia debido a los problemas de suministro eléctrico [4], en el país no existe una relación entre el suministro y su calidad con respecto a las instituciones educativas. Sin embargo, las estadísticas de servicios públicos de acuerdo con la Unidad de planeación minero-energética (UPME) evidencian que el 10% de los municipios no cuentan con suministro de energía eléctrica o tiene problemas de intermitencia [5].

De acuerdo con el análisis del sector de servicios públicos y educativos se puede concluir que algunas regiones no cuentan con el suministro de servicio eléctrico y por ende tampoco Internet [5]. Adicionalmente, en algunas regiones el suministro es intermitente lo que implica fallas en el servicio de Internet y daños en los dispositivos. Finalmente, el sistema de servicio eléctrico no cuenta con un sistema de gestión que permita monitorear el consumo y la generación de energía.

Por todo lo anterior, se propone realizar el estudio de implementación de sistemas de fuentes alternativas de energía y la gestión del consumo y generación por medio de servicios de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).

Con ello aporta con la estabilización, de los sistemas eléctricos, de comunicaciones y poder llevar un registro de fallas a nivel nacional de las escuelas rurales y el consumo de fuentes alternativas.

Debido a que el suministro eléctrico convencional no permite llegar a lugares apartados de las urbes [6], se ve la necesidad de emplear un módulo de Fuente alternativa de energía, este módulo permitirá suministrar energía eléctrica a una institución de educación básica la cual tenga necesidades de suministro eléctrico para alimentar equipos de cómputo y de comunicaciones, ya sea por razones de su posición geográfica o por necesidades de estabilidad en el suministro.

2. IDEA DE LA SOLUCIÓN

Las energías alternativas pueden ser implementada en cualquier lugar de la geografía colombiana por ello se ve la necesidad de aportar una innovación tecnológica en las instituciones educativas las cuales teniendo la infraestructura instalada se puede recurrir al apoyo de la energía sostenible con el fin de monitorear el funcionamiento y transmisión de datos con ellos validar si está activo el punto y que tasas de transmisión están manejando en el transcurso del día.

2.1 Por qué se plantea ahora la solución

La geografía nacional es variada en sus climas debido a las altitudes geográficas, esto permite en gran medida que el terreno sea basto y sus condiciones geográficas sean diferentes, cada una de las regiones aporta sus condiciones climáticas para generar vientos que llegan de las costas marítimas y se filtran por las cordilleras en corrientes bajas que son fuentes generadoras de energía inagotable si se ve del punto de vista de energía alternativa.

La mayoría de las escuelas rurales del territorio nacional cuentan con equipos de comunicaciones con el tablero eléctrico y hasta con los equipos de cómputo en buenas condiciones [7], pero la alimentación eléctrica es precaria o no está acondicionada al terrero. Se observan características similares en las regiones donde las escuelas necesitan energía eléctrica; son lugares apartados donde las corrientes de vientos son altas y empleables para el sistema eólico que puede ayudar al suministro eléctrico autosostenible.

2.1.1 Sector objetivo

Según el foro internacional [8] los gobiernos deben invertir en actualizar sus procesos y servicios. Con el fin de que los países no queden relegados en la crisis que trajo la pandemia con ellos se estima alrededor mundial una inversión de 3.7 trillones de dólares. Sin embargo, se deben tener en cuenta que las inversiones se están haciendo

desde 2017 al 2035 por ello los costos se estar alrededor de 5.5 trillones dólares. se crearían alrededor de aproximadamente 7 millones de trabajos directos y 20 millones de trabajos indirectos alrededor del mundo, por ejemplo: investigación, mantenimiento, emplea miento de energías autosostenibles, salud digitalización etc.

De acuerdo con el (CONPES) Consejo Nacional de Política Económica y Social [9], en los últimos 20 años se ha venido implementado las Tecnologías de la Información (TI) en la educación desde el año 2000 con el programa computadores para educar (CPE), mediante la donación de computadores a todas las sedes educativas en el 2010. Con ayuda del CONPES se realizaron programas de acceso al servicio de las (TIC) en los cuales se brindaron todos los servicios de conectividad para el acceso a Internet. Además, este proceso fue hecho a través del Documento interinstitucional entre el Ministerio de Comunicaciones, el Ministerio de Educación Nacional y el Servicio Nacional compuesta en la actualidad por la Presidencia de la República

Se hace indispensable considerar las tecnologías digitales emergentes con el fin transformar los entornos de aprendizaje que tengan necesidades de recursos de infraestructura de electricidad sostenibles la siguiente tabla muestra el Porcentaje de sedes educativas sin electricidad por departamento sacada del documento CONPES 3988,

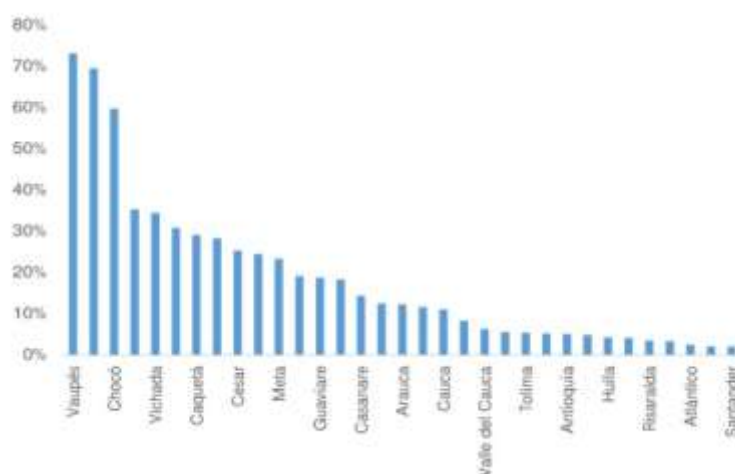


Figura 2. Departamento con mayoría de sedes educativas sin energía eléctrica.

Fuente: Encuesta de Educación Formal, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2018 [9].

2.1.2 Tendencias del sector

Las energías alternativas son el futuro del mundo desarrollado, la industria y el comercio están implementando cada vez más las tecnologías basadas en el Internet de las Cosas o Internet of Things (IoT, por sus siglas en inglés), la información en tiempo real se ha visto en el foco de la investigación y desarrollo de las nuevas aplicaciones. Sin embargo, la implementación no se ha visto aplicada en gran medida en las instituciones educativas como forma de sostenibilidad y desarrollo intelectual.

La ley 2099 del 10 Julio 2021 impuesta por el Congreso de la república colombiana decreta [10], moderniza el sector y disponer nuevas tecnologías de fuentes no convencionales de generación energética. Con el fin de reactivar económicamente el país y con ello robustecer los servicios públicos como los son la electricidad y gas. Este proceso de innovación busca desarrollar espacios de alumbrado público, la disminución de gases de efecto invernadero, así mismo promover la medición inteligente y buscar la gestión eficiente de energía, que tengan como fin cubrir la demanda energética.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO [11], como máxima organización en la Educación mundial, tiene en su cronograma como objetivo para el 2030 el desarrollo sostenible con el fin de erradicar la pobreza presente en los países en desarrollo. por medio de la enseñanza y la igualdad de género como principio fundamental. La nueva agenda del desarrollo sostenible propuestas por la UNESCO realizará la incorporación de la ciencia, la tecnología e innovación como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se desarrollará mediante la interrelación entre países internacionales compartiendo el conocimiento científico y tecnológico que permita desarrollar nuevas habilidades y destrezas en los estudiantes de los países en desarrollo.

2.1.3 Análisis de mercado

La actualidad Colombia Respecto a la alimentación eléctrica

Algunas de las zonas más remotas de Colombia sin electricidad se encuentran ubicadas en las costas del Océano Pacífico de Colombia zonas como Nariño y Choco son las más afectadas en la prestación de los servicios públicos debido a que estas zonas están tan lejos que solo se puede llegar a ellas en barco o helicóptero ya que no hay vías, ni carreteras terrestres conectadas a estas zonas para llegar desde y hacia el centro del país. Una de estas zonas es Sipi (Municipio del Departamento del Chocó), donde la electricidad es suministrada por una central eléctrica alimentada por ACPM suministra electricidad a todas las casas de esta comunidad, la planta comienza a funcionar a las 5 PM y se paga a las 11 PM [12].

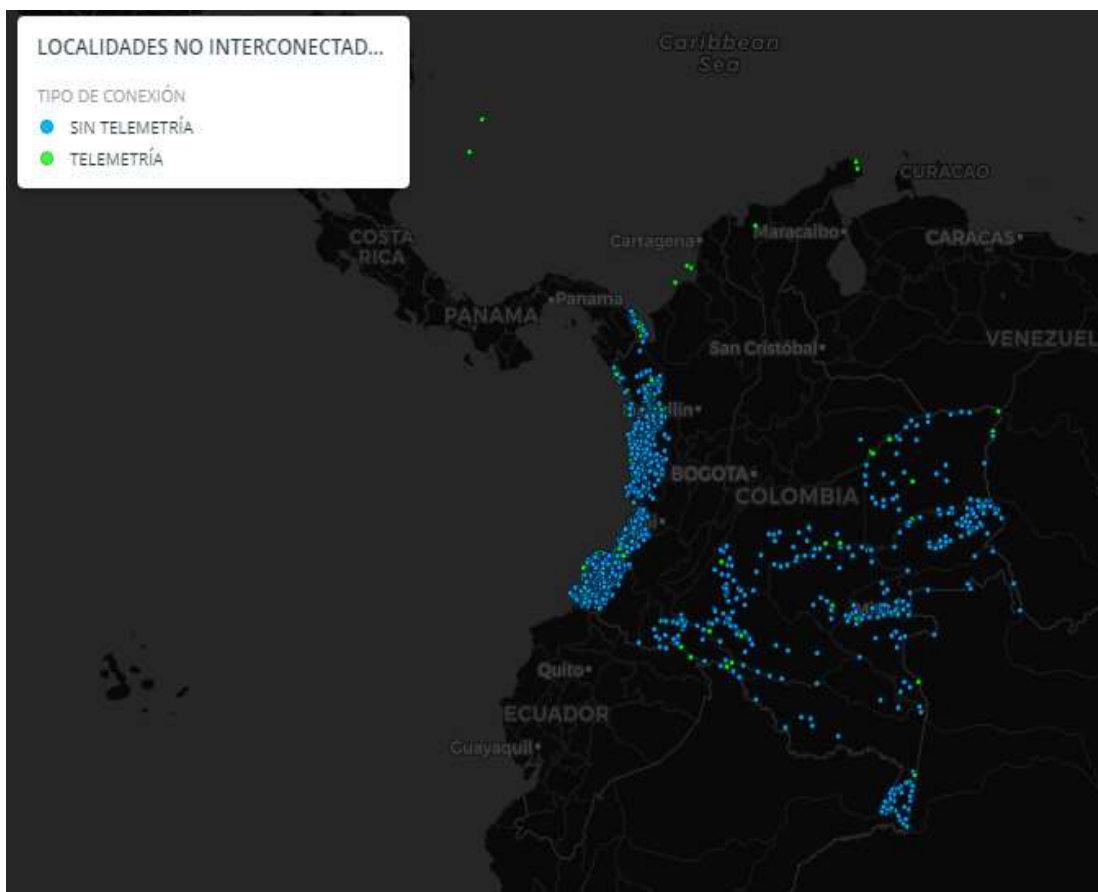


Figura 3. El mapa de 1710 poblaciones que aún se alumbran con velas en Colombia [12].

En Colombia hay problemas eléctricos en 1.710 poblaciones rurales y alrededor de 128.600 personas tienen acceso al servicio eléctrico solo de 4 a 12 horas al día, debido a esto las escuelas rurales no tienen electricidad para hacer funcionar las computadoras y las clases nocturnas no están abiertas. Los jóvenes de estas zonas no tienen oportunidades de trabajo porque la formación escolar es escasa y no encuentran nada que hacer, desde hace muchos años la oscuridad de estas zonas se ha prestado para delincuencia. Los lugareños dicen que los tiempos han mejorado y que el cambio generacional ha disminuido la violencia.

Según el Ministerio de Minas y Energía, hay 11 municipios en todo el país que funcionan con electricidad menos de 24 horas al día, con el sistema de suministro de energía más bajo de Sipi con un promedio de 4 a 5 horas al día.

En Sipi, la electricidad es generada por una planta de energética que es alimentada por ACPM con alrededor 36 galones por día cada uno de estos vale \$360,000, al mes son alrededor de \$10.8 millones para la generar la energía eléctrica de para toda la población, funcionando 5 horas al día, sin incluir los gastos de flete cuando se transporta combustible. También, si el transporte se hace por río esto aumenta el costo del servicio de electricidad.

Tabla 1. La cantidad de poblaciones afectadas por fluido eléctrico (Noticia el Tiempo) sacada del UPME.

municipio	cantidad de corregimientos afectadas por el fluido eléctrico
Nariño	600
Chocó	509
Cauca	189
Valle del Cauca	81

Según el Ministerio de Minas y Energía, el problema de desconexión eléctrica se deriva de la dispersión de las familias en las zonas rurales.

Por eso es importante acercar y capacitar a las personas involucradas en el suministro eléctrico de las energías renovables y de acuerdo con ello se puedan cubrir las necesidades energéticas de estas personas pertenecientes a la comunidad educativa y así reciban la capacitación necesaria para reparar y/o reportar daños a los sistemas de energía autosostenible.

2.2 Árbol de objetivos

El árbol de objetivo fue construido estimando las necesidades eléctricas presentes en el área rural, con ello se quiere brindar una visión en la necesidad de independizar el sistema eléctrico problema que afecta las comunidades estudiantiles rurales. Como primera medida dar a conocer las FNCE como alternativa de servicio eléctrico, con ello generar un consumo regulado y constante y así poder llevar un registro y control del consumo monitoreado por un sistema de gestión adecuado para el territorio nacional implementando tecnología IoT en las instituciones vinculadas.

Árbol de objetivos

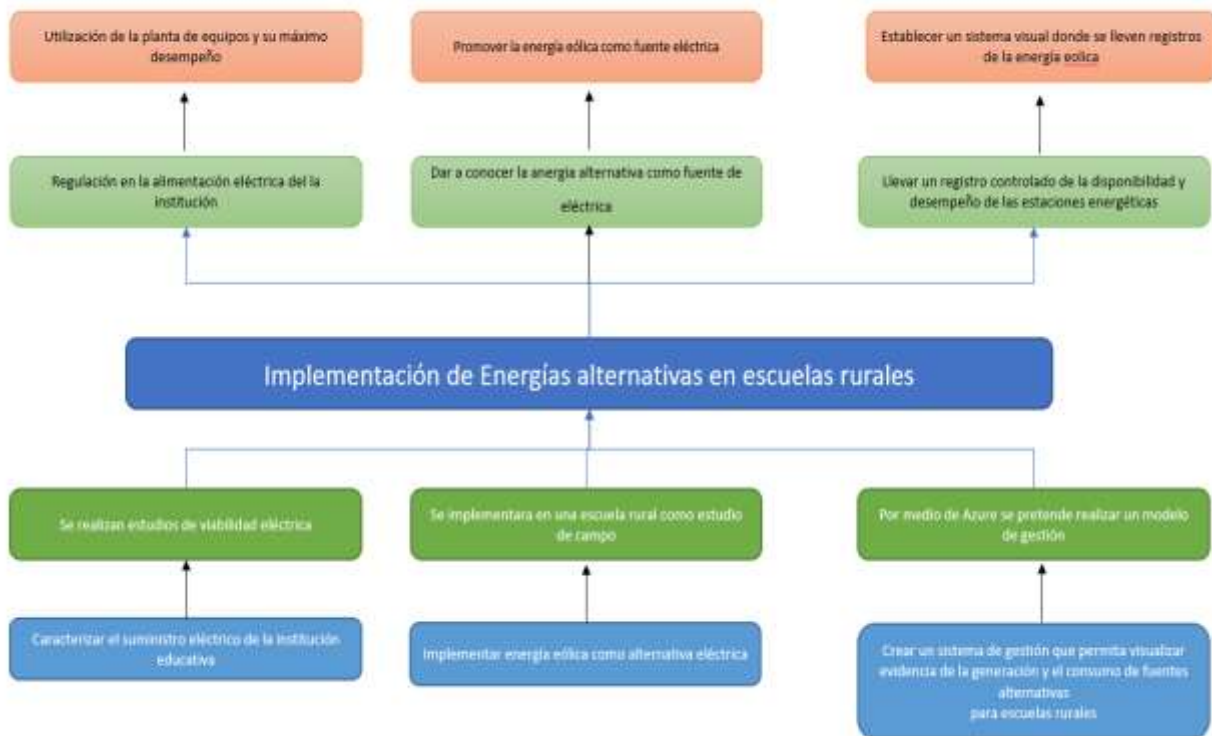


Figura 4. Árbol de Objetivos.

2.2.1Cuál es la situación deseada

Con la implementación de las fuentes de energía alternativa y sistemas de gestión implementados en IoT. Se pretende solucionar el problema de la conexión a internet y suministro de eléctrico, debido a que la generación eléctrica convencional tiene una serie de fallas al momento de distribuirse. Debido a que el medio de transporte mecánico no llega a lugares lejanos y en ocasiones las líneas pueden averiarse y presentar fallas en el suministro eléctrico ocasionado pérdidas en el tráfico de internet, las causas pueden ser muchas, desde el paso por zonas de conflicto, zonas de reserva forestal, zonas con problemas étnicos o/y. culturales. Es por ello por lo que se hace necesario implementar sistemas de gestión y medición que puedan monitorear el sistema de energía auto sostenible brindado una herramienta de ayuda para la gestión de conectividad a nivel rural y mitigar los escasos de energía en las zonas apartadas.

2.3 Introducción a la situación esperada

De acuerdo con estudios realizados por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) [13].

En el documento Integración de la energía renovables no convencional en Colombia, las FNCER “Fuentes no convencionales de energía renovables” no estaban siendo empleadas en gran medida debido a que en un principio los costos de la implementación y materiales eran elevados provocando que las FNCER no fueran tenidas en cuenta, en territorio colombiano está en un 78% cubierto por el suministro de energías fósiles mientras de un 22% consume energías renovables.

Las condiciones ambientales de Colombia le permiten gozar de una variedad inmensa de posibilidades energéticas sin embargo la más empleada es la energía fósil que llega a un 93% aproximadamente, seguido de la industria hidro energética con un 4% y el último lugar lo ocupa la Biomasa y los residuos.

Según estudios de la Universidad Distrital Francisco José Caldas [14] en su grupo de investigación Región central del año 2020; la energía eléctrica en Colombia no se ha implementado en su totalidad debido a que las condiciones geográficas, políticas, étnicas, raciales y de conflicto armado. No han permitido que la interconexión esté distribuida y cubra a todas las regiones del País. Es por esto por lo que el Ministerio de minas y energía adoptó el plan Nacional de electrificación Rural con vigencia del 2018 – 2031 mediante el decreto 884 de 2017 con el fin de apoyar la administración, operación y mantenimiento de soluciones energéticas que apoyen el desarrollo rural apoyado por planes de desarrollo como la reforma rural integral.

Se han definido dos clases de zonas distribuidas a nivel nacional donde se pueden identificar las zonas con Sistema Interconectado Nacional (SIN) y Zonas no Interconectadas (ZNI), las cuales están dentro de una categoría de zonas con complejo

acceso, de conflicto, reservas naturales, reservas naturales con indígenas y/o afrodescendientes.

Contexto ZNI



CNM – Estadísticas 2018

- ✓ 51 % Territorio Nacional
- ✓ 18 Departamentos
- ✓ 5 Capitales Departamentales
- ✓ 36 Cabeceras Municipales
- ✓ 95 Municipios
- ✓ 1.798 Localidades
- ✓ 209.204 usuarios atendidos
- ✓ 94 Entes prestadores
- ✓ 227.439 kW de Capacidad Operativa (*).
- ✓ 6.787 kW Instalados en Energías Renovables (*).
- ✓ 96 % de Cobertura en prestación de servicio de energía eléctrica.

(*) En actualización.

Figura 5. Mapa de Colombia con las ZNI (Zonas No Interconectadas) [15].

En la actualidad se presenta el siguiente panorama en la interconexión eléctrica nacional la entidad promotora del estudio es el Instituto de Planificación y Promoción de Zonas Energéticas no Interconectadas (IPSE), el cual muestra en su mapa la población interconectada y la que no tiene el suministro eléctrico:

Actualmente el 52% del territorio nacional, el cual incluye 90 municipios, 1.448 localidades, 39 cabeceras municipales, 5 capitales de departamento y 20 territorios especiales biodiversos y fronterizos no hace parte del sistema interconectado eléctrico nacional.

En la siguiente Figura 6 se muestra el nivel jerárquico de las entidades que están a cargo de la presentación del servicio eléctrico en el país:

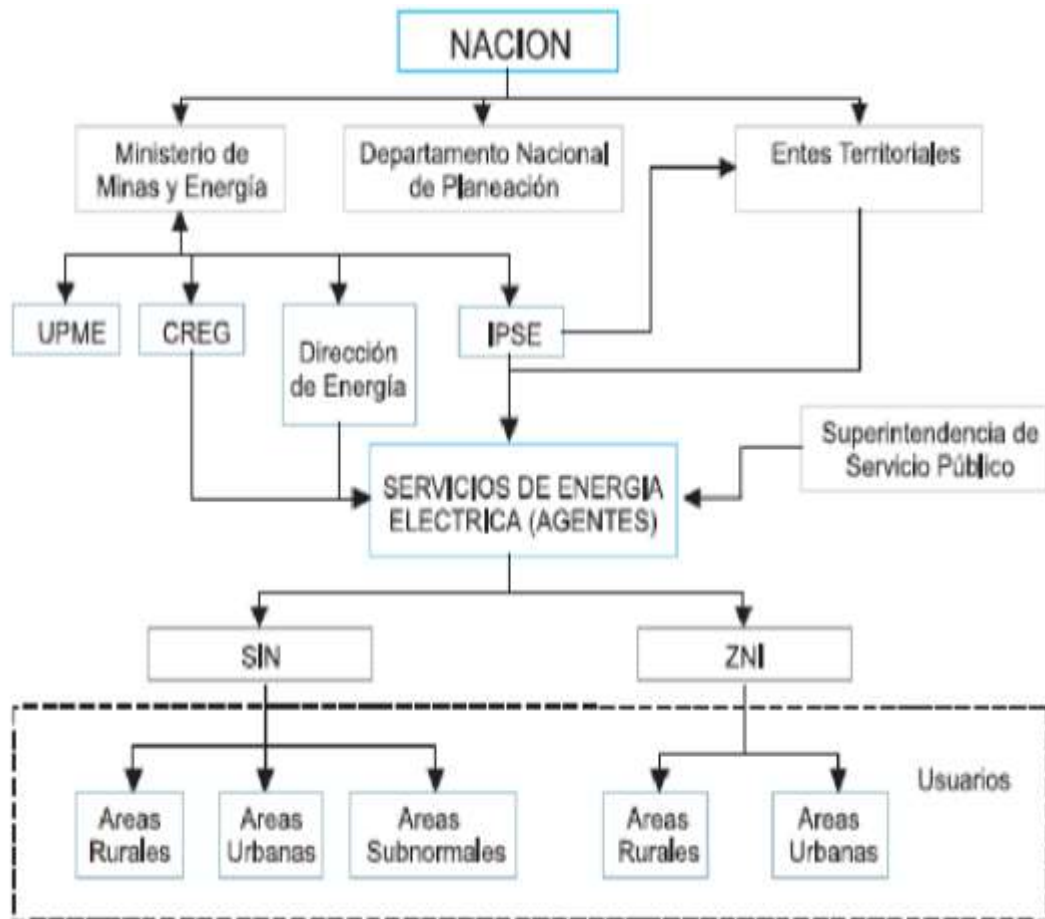


Figura 6. Entidades y agentes vinculados al esquema de prestación del servicio de energía eléctrica
 Fuente: ESTADO DE LA COBERTURA ELÉCTRICA Y LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS EN LA REGIÓN CENTRAL [15].

De acuerdo al plan Nacional de conectividad Rural [3] presentado en el 2019; la población Colombia tiene una asimetría en la conectividad a Internet puesto en estudios realizados por el DANE en el 2018 la proclamación urbana tenían una penetración en el servicio de internet del 45.7% y un 6.2 en los centros poblados ubicados en el la zonas apartadas del terreno nacional. Esto llevó a que a en un estudio de la población total solo el 37.5% contará con internet fijo residencial, en la encuesta se evidenció que las razones por la cuales la población no tuviera conectividad son:

1. El elevado costo del servicio de internet
2. El hecho de que no sea necesario el servicio de internet
3. No contar con un dispositivo para conectarse
4. No saber cómo usarlo
5. No tener cobertura en la zona

Para que el proyecto de conectividad rural sea masivo El Ministerio de Tecnologías de la Información. Creó dos proyectos que permitirán cubrir la totalidad de las cabeceras municipales con internet de alta velocidad es así como se está llevando a cabo el proyecto desde el 2011 para el despliegue e implementación de la conectividad a través de la fibra óptica en todo el país cubriendo el 100% de las cabeceras municipales como se observa en la figura 7.

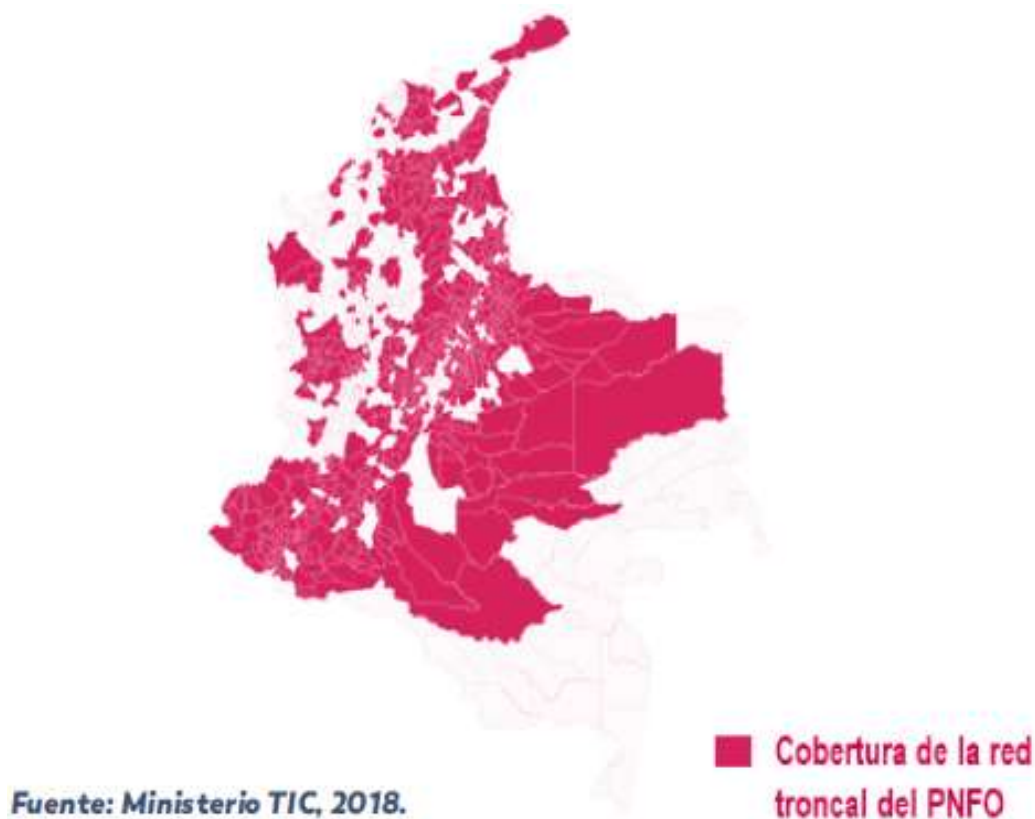


Figura 7. Cobertura red troncal según el Plan Nacional de Fibra Óptica (PNFO)
Fuente: Ministerio de las TIC 2018 [16].

En el contexto internacional se observa una tendencia al alza en la utilización de las FNCE de acuerdo con RENEWABLES 2014 GLOBAL STATUS REPORT [17].

El crecimiento continuo de las energías renovables alcanzó en el 2012 un crecimiento 19% en el consumo mundial de energía. De este porcentaje el 9% fue suministrado por las FNCE y corresponde en parte a la Biomasa el sistema de energía renovable más empleado en el mundo con un 4% aproximadamente, seguido de la energía hidroeléctrica con 3.8 y solo el 2% del mundo consume energía eólica, solar y geotérmica.

La industria ha demandado mayor cantidad de energía para sus procesos es por ello por lo que se han venido realizando procesos de apoyo estatales a nivel mundial en los cuales sea más rentable generar su propia energía por medio de los sistemas sostenibles para a ello venido creciendo la industria de las hélices y las celdas fotovoltaicas las cuales están siendo más rentables y económicas con el fin de que sean empleadas en gran mayoría y regresen rápidamente su rentabilidad. La energía solar y eólica está aportando por primera vez medidas en el 2104 el 17% del consumo energético mundial. El consumo energético mundial llegó a los 1560 GW de los cuales 560 GWH fueron aportados por las FNCE “Fuentes no convencionales de energía”.

Según la exposición del secretario ejecutivo de CEPAL “Comisión Económica para América latina y el Caribe” [18] quien recalca la importancia de emplear cada vez más energías limpias autosostenibles con el fin de mitigar la amenaza del calentamiento global con el fin de reducir los gases de efecto invernadero, dice que el comercio internacional tendrá un rol importante en la implementación de dichas tecnologías, esta convención se llamó “Fomentando el incremento de la energía limpia a través de la reforma del comercio: Oportunidades para América Latina”, Centro Internacional para el Comercio y el Desarrollo Sostenible (ICTSD), el Ministerio de Energía de Chile y la CEPAL” celebrado en el 2015.

En América Latina y el Caribe se presenta una cantidad importante de población que actualmente no tiene servicio de energía eléctrica. La cantidad de población para el 2015 era de 34 millones de ciudadanos, las fuentes energéticas primarias son el petróleo con el 41%, el gas con 28%, el carbón con 4% y el 1 % con la energía nuclear, el 25 % restantes pertenecen a la generación de fuentes renovables de energía así; 9% origen Hidroeléctrico, el 14% de origen por Biomasa y 2% con otras fuentes no convencionales de energía.

2.3.1 Propuesta de valor

La propuesta de valor va enfocada a la solución del suministro eléctrico que ayudará a la población rural estudiantil a cumplir con sus objetivos educativos, así mismo brindará estabilidad al sistema de comunicaciones como también la estabilidad en el servicio de Internet y permitirá el ahorro económico de energía y estabilidad en el servicio eléctrico.

El modelo energético tendrá durabilidad de 10 años en los cuales se dará soporte mediante plataforma personalizada que monitorea el nivel de energía eléctrica generado por la estación energética limpia.

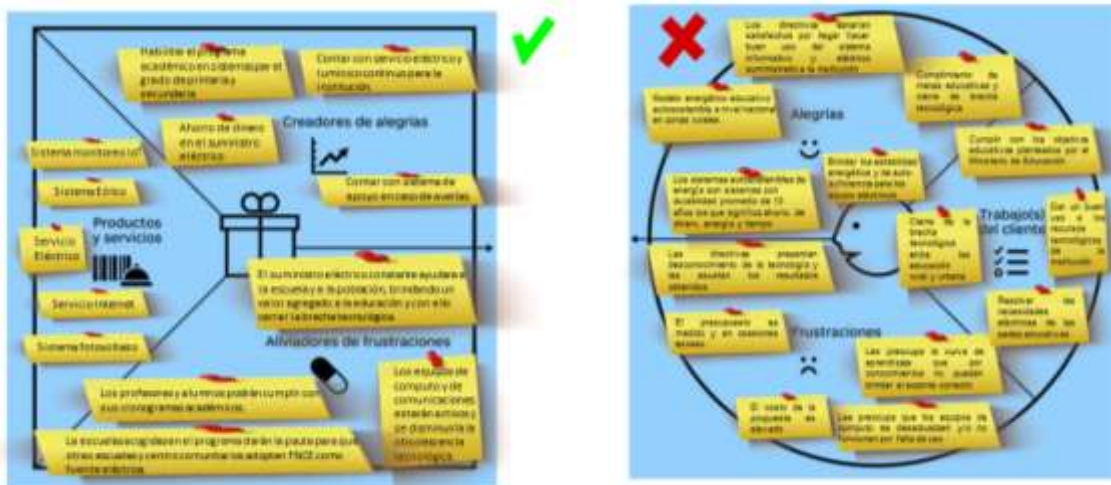


Figura 8. Propuesta de Valor modelo de negocio.

3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

En este documento se expone la necesidad de implementar un sistema de energía eléctrica alternativa autosostenible; caracterizado para cada una de las escuelas rurales, para ello se realizó un estudio de investigación acerca de las FNCE como los son la fotovoltaica y la eólica ya que estas están siendo implementadas en gran medida como mitigación del efecto invernadero a nivel mundial y como una fuente sostenible para lugares donde el alcance de la interconexión eléctrica convencional no puede llegar, esto genera la necesidad de implementación de sistema eléctrico estable ya que con este se puede cubrir la necesidad de un servicio público básico en la comunidades educativas rurales a nivel nacional.

En la siguiente tabla se describen las tecnologías propuestas y por qué implementarlas en la **PROPUESTA DE SISTEMA PARA LA APROPIACIÓN FUENTES ALTERNATIVAS DE ENERGÍA EN ESCUELAS RURALES PARA CONECTIVIDAD A INTERNET.**

Tabla 2. Análisis de las alternativas técnicas para solucionar el problema.

TECNOLOGIA PROPUESTA	ANALISIS DESCRIPTIVO	POR QUE IMPLEMENTAR LA SOLUCION
Fuentes no convencionales de energía (Eólica y/o fotovoltaica)	Son fuentes inagotables de energía que no contaminan son kits de fuentes que se pueden instalar en cual ubicación geográfica sin importar su climatología y contribuyen con la disminución del calentamiento global.	Debido a nuestra geografía se hace necesario implementar fuentes renovables de energía las cuales están diseñadas para trabajar en cualquier ubicación geográfica y con cualquier tipo de climatología

Implementación de sensorica y actuadores por medio de IoT	Son dispositivos con Inteligencia artificial que están desarrollados mediante las tecnológicas IoT, las cuales aplican un aprendizaje automático fundamentado en los niveles de lectura definidos por umbrales estos también que permiten a dispositivos como actuadores con el fin de tomar decisiones con el fin de evitar errores.	Por qué este tipo de tecnología permite tomar decisiones de alto riesgo al sobrepasar umbrales previamente establecidos, aumentando la seguridad y alcanzando la medición de niveles de servicio con el fin de llegar a las metas establecidas. Adicional es necesario para nuestra nación seguir con el avance tecnológico presente en el mundo actual.
Plataforma AZURE de MICROSOFT	Es una plataforma Cloud que ofrece versatilidad y solo necesita acceso a internet para entrar al dashboard por medio de una url la cual permite ver en tiempo real el monitoreo de la sensorica IoT.	Porque la marca Azure pertenece al grupo Microsoft el cual es uno de los líderes mundiales en el desarrollo de tecnología de punta, además cuenta con soporte técnico en América-latina capaz de solucionar y asesorar la implementación de tecnologías IoT.
Medio de Transmisión microondas TWSS	El espectro electromagnético cuenta con espacios en blanco televisión digital este está presente en el 98% del territorio nacional se puede	El estado es dueño de este rango de frecuencias las cuales pueden ser montadas en radiofrecuencias del proveedor de servicio con el fin de llegar a lugares apartados del territorio.

	usar el espectro UHF entre los 470 y 790.	
--	---	--

Para ello el primer paso es caracterizar una escuela rural con el fin de identificar un consumo estándar. Para ello se tomó como referencia la escuela ubicada en Ortega Tolima (Institución Educativa Samaria) la cual cuenta con dos sedes en la cuales se presentan problemas eléctricos y de conectividad a Internet. En la escuela se caracterizó el consumo y se usó de referencia geográfica para validar la transmisión de los datos, la cual se propone sea por medio de TVWS como alternativa tecnológica, la tecnología llevara la información recogida por los sensores o actuadores los cuales estarían almacenando en la nube datos por medio de AZURE de Microsoft en el cual se encuentra el módulo de Analytics y Power BI que se puede presentar un dashboard la información contenida relevante para la medición y tomar decisiones a partir de los datos recolectados.

Según la SER COLOMBIA – Asociación Energías Renovables [19].

A continuación, se describen las tecnologías utilizadas en la solución tecnológica y como pueden aportar en sistema de la propuesta de sistema para la apropiación fuentes alternativas de energía en escuelas rurales para conectividad a internet.

Las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER)

Son todos aquellos recursos ambientales disponibles a nivel mundial que hacen parte del medio ambiente y que están disponibles para generar energía renovable auto sostenible, las cuales no son empleadas o utilizadas de manera masiva. No son empleadas comercialmente, estas se consideran como FNCER en los cuales están la Biomasa, procesos hídricos, la energía solar, eólica y geotérmica.

Proponer la solución eléctrica de generación eléctrica como los son modelos híbridos de tecnologías limpias ejemplo la energía solar y la energía Eólica las cuales pueden llegar a suplir el suministro eléctrico para la institución rural.

- La Energía Solar

La energía solar funciona con el aprovechamiento de los rayos solares que son formados por fotones los cuales al contacto con la materia generan una vibración molecular la cual es liberada en forma de calor, un ejemplo de este fenómeno natural se presenta al dejar cualquier objeto expuesto a los rayos del sol.

Un sistema fotovoltaico puede tener dos configuraciones la primera de ellas es el sistema de energía solar con conexión a la red que no almacena energía y la otra configuración es el sistema de baterías de almacenamiento eléctrico para gastar en las horas de la noche cuando no esté recibiendo energía solar.

Sistema Fotovoltaico de conexión a la Red.

La configuración de conexión a la Red es conveniente para lugares y/o recintos donde no se necesite alimentar la zona en horas de la noche o su consumo sea mínimo con el fin de poder alimentarse de la red eléctrica, al generar una sobrecarga el sistema libera electricidad generada por los paneles a la línea eléctrica pública así mismo cuando el sistema necesite alimentarse de la línea pública lo puede hacer cuando el sistema no esté en uso.

¿Cómo funciona?

1. Los paneles solares captan los rayos del sol convirtiéndolos en energía limpia.
2. El inversor convierte la corriente directa (DC) en alterna (AC).
3. La corriente alterna (AC) viajará al centro de carga para ser utilizada.
4. El medidor bidireccional cuantifica la energía inyectada a la red.
5. El exceso de energía se envía al proveedor y se te abona.



Figura 9. Sistema fotovoltaico sistema conectado a la Red pública.

El sistema de conexión debe estar dentro de las leyes locales de interconexión para no ir contra las normas establecidas por la ley, este procedimiento debe hacerse con el proveedor del sistema fotovoltaico para realizar la documentación pertinente.

Sistema Fotovoltaico convencional

En sistema fotovoltaico tradicional el almacenamiento de la energía es una de las principales funciones para ello las celdas solares recogen en el transcurso del día la energía para luego con la ausencia por medio del módulo de baterías pueda empezar a descargar, con ello alimentar los dispositivos eléctricos y electrónicos que hacen parte de la infraestructura del inmueble, entre ellos puede haber bombillas de luz, televisores, equipos de sonido, equipos informáticos y de comunicaciones etc. Dependiendo la capacidad de almacenamiento de las baterías así mismo será el tiempo de disponibilidad que tendrá el sistema eléctrico [20].

De acuerdo con el informe elaborado por el IDEAM “institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental”. La radiación solar en Colombia recibe una constante de 342 W/m^2 de los cuales debido a fenómenos naturales como lo son la reflexión, reflejo y refracción solo 168 W/m^2 aproximadamente son aprovechados por la tierra, esto quiere decir que del 100% de la radiación solar el 25% no entra a la atmósfera debido a la disipación de entrada de los rayos, de este el 25% llega directamente a la superficie de la tierra y 50% restante es consumida por la nubes, gases atmosféricos

como el ozono, los lagos y mares se encargan de devolver a la atmósfera el restante 30% es consumido por la climatología del medio ambiente, ya que la tierra guarda una temperatura constante y en el alza. Debido al efecto invernadero que no permite salir los rayos reflejados por la superficie de la tierra y quedan rebotando.

La figura muestra el índice de radiación entrante y saliente presente en Colombia, también muestra con líneas rojas el índice de radiación en la longitud de onda infrarroja el cual presenta un efecto similar al de la radiación solar en amarillo. Con la diferencia que debido a la longitud de onda de la radiación infrarroja la mayoría de los rayos quedan rebotando entre la ionosfera y la superficie de la tierra generando el efecto invernadero a causa del CO₂ este es el resultado de las acciones antrópicas que en la actualidad han elevado la radiación en 1.4. W/m².

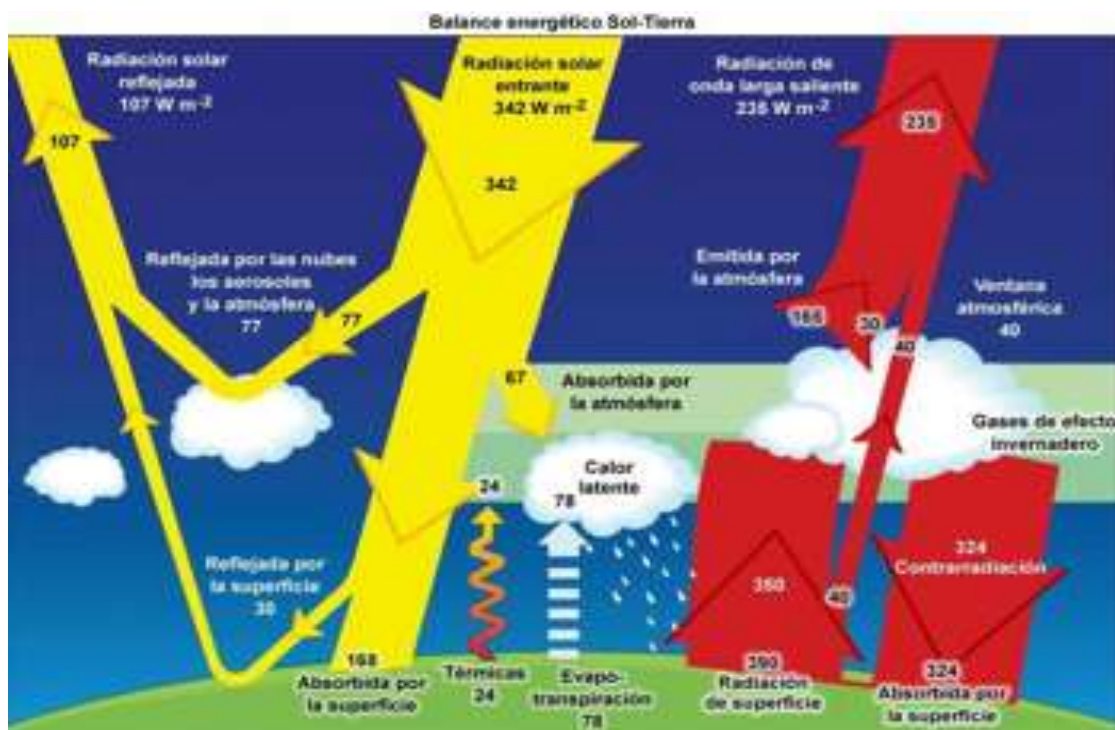


Figura 10. Esquema de la distribución de la radiación en el sistema Tierra – Atmósfera [20].

La radiación solar tiene 3 clasificaciones dependiendo de la dirección incidente, las cuales son:

Radiación Directa: son aquellos rayos de luz solar que llegan a pasar la atmosfera sin afectar su dirección al llegar a la superficie.

Radiación Difusa: esta se presenta cuando los rayos solares sufren cambios de dirección e intensidad debido al paso por la atmósfera.

Radiación de Albedo: es toda aquella radiación que produce un rayo solar el cual impacta contra el suelo o contra cualquier otra superficie y genera reflexión de los rayos resultantes.

Recorrido de la Radiación Solar

La radiación solar llega a su punto de mayor intensidad cuando el sol está más cerca de la tierra esto quiere decir que el sol y la superficie de la tierra están a 90° ósea $\alpha=90^\circ$.

La luz solar tiene como medio de trasmisión la masa del aire Air Mass “AM” que le permite viajar de un lugar a otro esta masa puede ser calculada con el fin de validar si la radiación que esa llegando a cierto punto tiene variaciones, es decir que en la atmósfera el valor de la masa del aire es 0 debido a la ausencia del mismo, los valores de AM aumentan a medida que varía el ángulo de la incidencia de los rayos solares, así:

Ecuación 1. Angulo de inclinación.

$$AM = \frac{1}{\cos 90^\circ - \alpha}$$

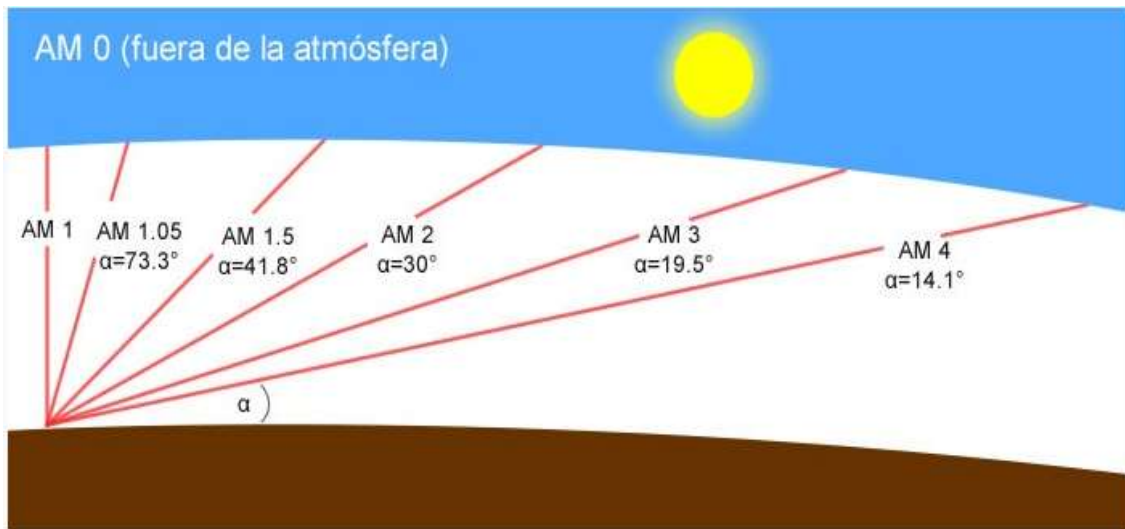


Figura 11. Masa del aire en varias alturas solares [21].

La Hora Pico Solar (HSP)

Según la documentación encontrada en [22] SESLAB sistemas especializados en sistemas fotovoltaicos, Se define como hora pico cuando la radiación del sol obtiene el máximo valor el cual hipotéticamente 1000 W/m², el concepto se tiene en cuenta para calcular para el cálculo del factor de pérdidas que ayuda a estimar la potencia recibido por los paneles solares.

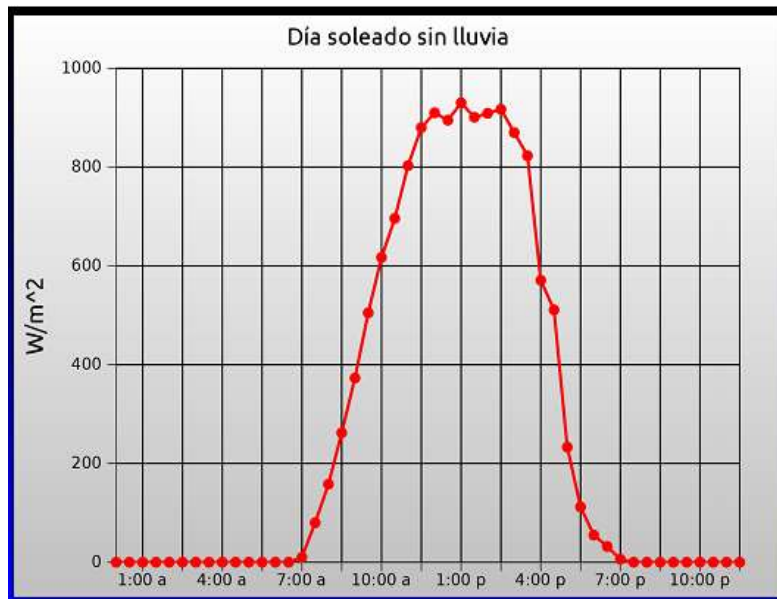


Figura 12. La irradiación solar vs tiempo de un día soleado a nivel del mar [22].



Figura 13. Irradiación solar versus tiempo en un día lluvioso a nivel del mar [22].

Según las figuras 7 y 8 se observa que la variación de la potencia depende del factor climático el cual incide en la potencia resultante, los valores de potencia ascienden sobre las 7 am hasta las 4 pm aproximadamente cuando empieza a bajar la potencia recibida, el máximo valor de potencia se obtiene sobre las 12 m y la 1 pm hora donde la dirección del sol está a 90°.

Para comparar los valores relativos de potencia se lleva a cabo un sistema ideal el cual no tiene variaciones frecuentes si no por el contrario es una campana perfecta que puede revelar los valores reales de potencia en sistema ideal sin pérdidas. El valor de máxima potencia absorbida se obtiene en el rango de las 10 am a las 3 pm según la FIGURA 14.

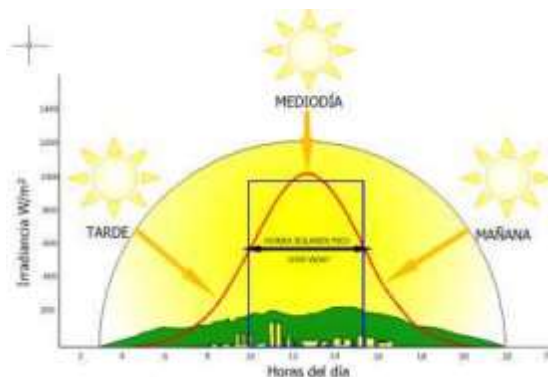


Figura 14. Irradiación que se recibe en las horas pico en el nivel del mar.

De acuerdo con el IDEAM los instrumentos usados en Colombia para medir la radiación directa del sol es el piranómetro, es el instrumento usado para medir la radiación solar los cuales los hay de dos tipos:

Pirheliómetro de Cavity Absoluta: Este instrumento mide la radiación solar de acuerdo a un par de placas una expuesta a la radiación del sol y otra oculta la cual interpreta la cantidad de radiación recibida por la placa exterior y genera datos de radiación eléctrica.



*Figura 15. Pirheliómetro de cavidad Absoluta, serie PMO-6.
Fuente: IDEAM [23].*

Pirheliómetros Secundarios: este Pirheliometro tiene la capacidad de autocorregirse y esta posado sobre un sistema que sigue el rastro solar, con mayor tecnología no es muy utilizado en Colombia.



*Figura 16. Pirheliómetro Eppley de incidencia normal (montado sobre un seguidor de Sol).
Fuente: IDEAM [24].*

- Panel Fotovoltaico

La fabricación del panel fotovoltaico está regulada por la norma internacional IEC-61215 en la cual se describen los materiales de fabricación y sus estándares, el panel está construido por una serie de membranas conductoras la cuales están hechas de material del silicio en su interior estas moléculas liberan electrones debido a los impactos de los fotones emitidos por los rayos solares, estos electrones pasan por las junturas de silicio generando una corriente eléctrica.

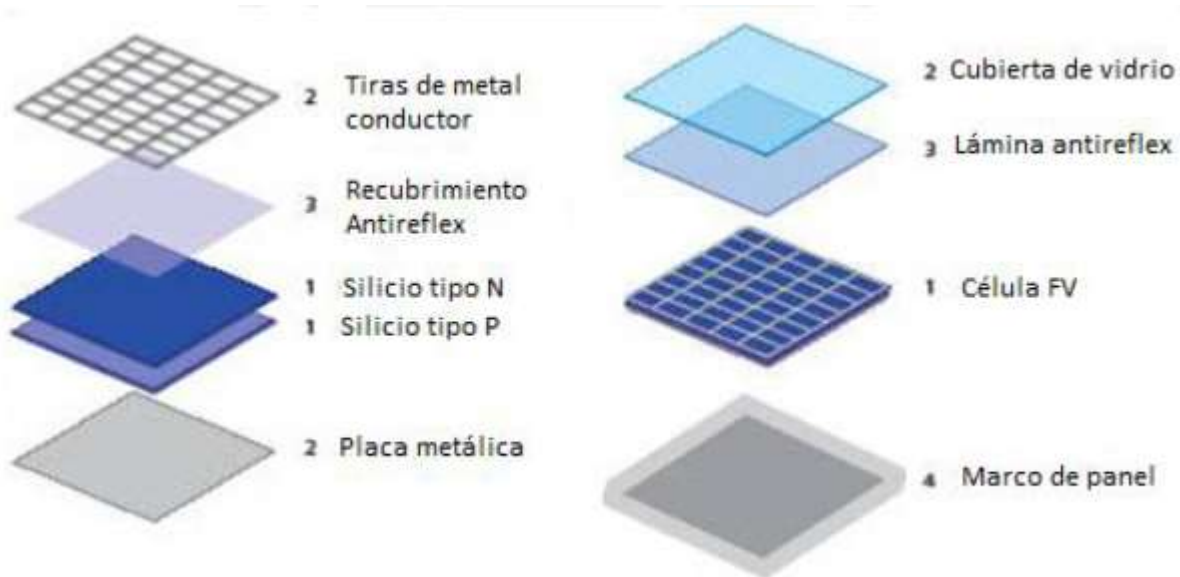


Figura 17. Fabricación de una celda fotovoltaica.

En el documento celdas fotovoltaicas del departamento de energía de Estados Unidos, [25]

Los sistemas fotovoltaicos se clasifican de acuerdo la agrupación de las celdas fotovoltaicas; un sistema de celdas solares unidas se llama módulo solar y cuando los módulos se interconectan se llama sistema solar el cual está conformado hasta por 30 módulos.

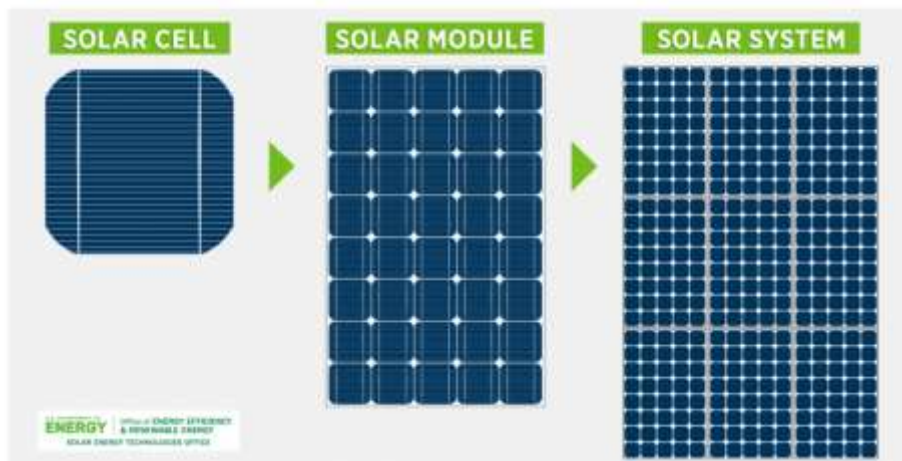


Figura 18. Clasificación de los sistemas fotovoltaicos.

Baterías o acumulador

Es un dispositivo que hace parte del sistema fotovoltaico el cual tiene la función principal de almacenar energía en forma química y convertirla en electricidad. Estos dispositivos tienen varias capacidades de acuerdo con el tiempo de autonomía y capacidad de carga a alimentar.

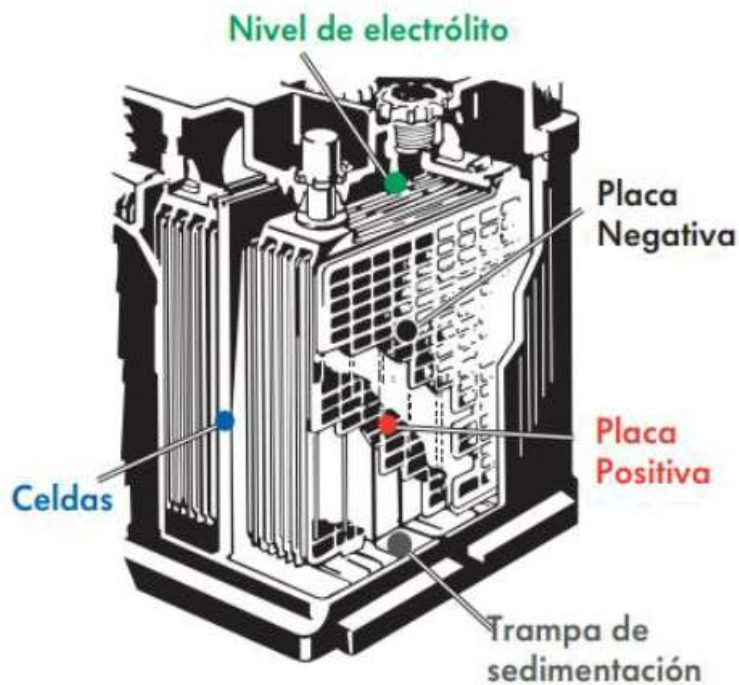


Figura 19. Batería o acumulador.

Unidad de control o regulador

Todos los sistemas fotovoltaicos almacenan energía en un las baterías o acumuladores estos bancos de almacenamiento tienden con el tiempo a sobrecargarse si tienen alta tensión o a descargarse si no tienen carga para gastar la energía. Es por ello que el proceso de carga y descarga se controla con el Regulador de Carga el cual tiene como función principal mantener el nivel de energía estable dentro de las baterías para cuidar de la sobrecarga a los dispositivos conectados y también no permitir que descarguen completamente las baterías.

Instalación fotovoltaica

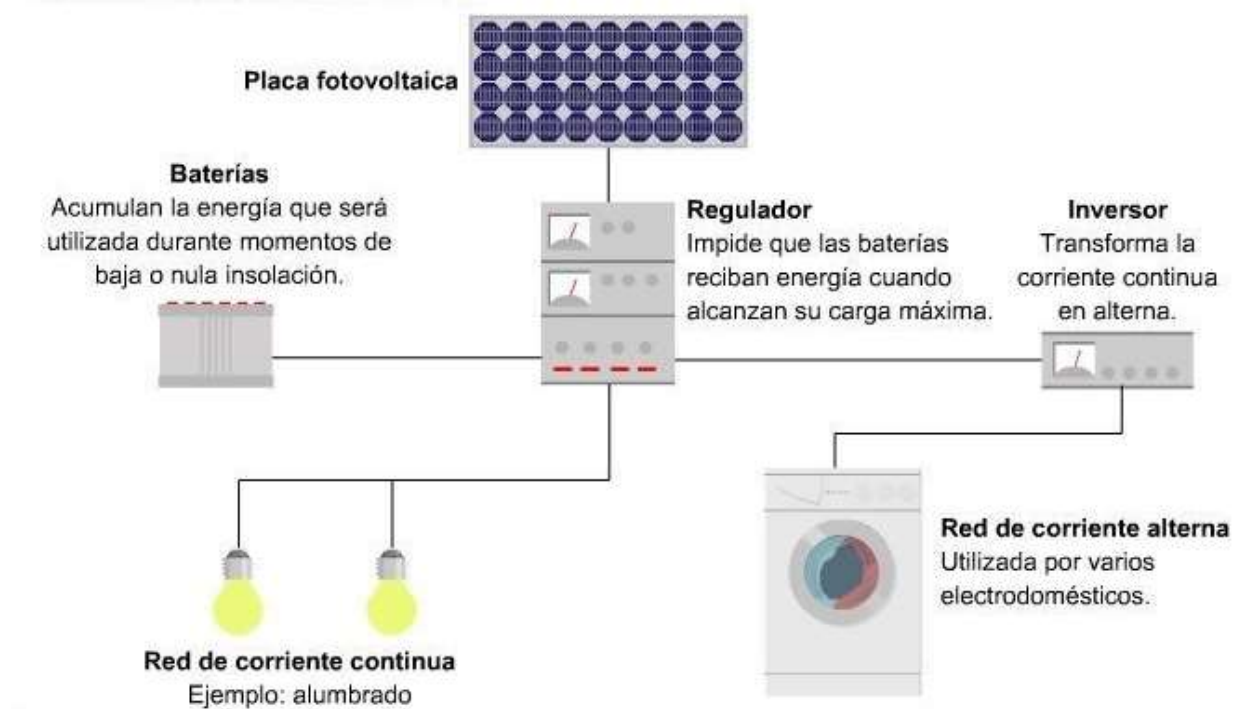


Figura 20. Instalación de un sistema fotovoltaico y sus partes [26].

Inversores o convertidores fotovoltaicos

Son dispositivos instalados en el circuito fotovoltaico que tienen la función de cambiar la polaridad de la corriente, eso quiere decir que cambian la corriente continua por corriente

alterna la cual es usada por dispositivos eléctricos como las bombillas, tv y equipos de sonido, estos valores de voltaje pueden ser alterados según la necesidad de la carga pueden ser convertidores monofásicos o trifásicos, como ejemplo se tiene entrada de corriente continua en valores de 12, 14 y 48 voltios los cuales pueden ser convertidos en 120v de corriente alterna para uso doméstico en sistemas fotovoltaicos.



Figura 21. Inversor o convertidor.

Sistema de seguridad eléctrica

Son todos aquellos dispositivos que tiene como función evitar que la corriente sobrepase los niveles nominales que son entre el 50% y 80% y se usan para desconectar el sistema automáticamente al alterarlo por sobrecarga en la corriente continua se utilizan los fusibles y relés en la corriente alterna los diodos.

Cables

Son el medio por el cual el circuito fotoeléctrico conduce la electricidad deben ser encauchetados apropiadamente de acuerdo con si van a estar a la intemperie o dependiendo del lugar de instalación se siguen las normas del código eléctrico colombiano NTC 2050, el cual trata de las normas técnicas y materiales a usar en las instalaciones eléctricas.

- Energía eólica

El origen de los vientos

Se define el viento como el aire en movimiento el cual es producido por las corrientes de radiación solar debido a que llegan a la tierra y esta posee forma de esfera las radiaciones llegan primero al Hemisferio del Ecuador en mayor medida y luego a los polos generando una presión atmosférica la cual ejerce fuerzas de aires desde distintos puntos de la atmósfera, y se desplaza de las zonas de altas presiones (anticiclones) a las zonas de bajas presiones (borrascas) intentando contrarrestar la diferencia existente entre ellas.

Velocidad y Dirección

La velocidad del viento es medida con un instrumento llamado el anemómetro el cual está diseñado para medir la velocidad tanto de los gases confinados como los gases atmosféricos, los resultados son dados en metro/segundo o Kilómetros/segundo.



Figura 22. Anemómetros [27].

Las unidades de medida del viento vienen dadas por la siguiente equivalencia:

1 nudo = 1,852 kilómetros/hora = 0,515 metros/segundo

Y su dirección, que es de donde procede el viento, se expresa en grados. Se cuentan en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico; a ese punto se le asigna el valor de 0° o 360°, al Este 90°, al Sur 180° y al Oeste 270°.

El viento y el efecto Coriolis

Racionalmente se pensaría que el viento viaja en línea recta pero no es así este tiene un efecto de línea curva hacia la derecha o izquierda dependiendo el tipo de precipitación que se presente en el aire dándole un giro hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el Sur, esto es debido a al movimiento de rotación de la tierra, la máxima velocidad se presenta en los polos y va disminuyendo al llegar en el Ecuador.



Figura 23. Efecto Coriolis [28].

¿Qué son las líneas isobaras?

Son líneas demarcadas en la Geografía mundial las cuales demarcan las variaciones en las presiones atmosféricas ubicadas en cada región, estas demuestran las variaciones en los vientos y las fuerzas de las masas de aires presentes en cada región.

El mundo energético ve como la implementación de la energía eólica está cada vez más posicionada en el mercado, ya que se muestra como una energía económica y estable, así mismo es amigable con el medio ambiente ya que es un modelo limpio y sostenible, algunos campos eólicos generan energía más económica que las plantas atómicas y las que dependen del carbón.

¿Qué es y cómo funciona la energía eólica?

La energía eólica se obtiene a partir de la acción que aplican las corrientes de aire sobre las aspas de un sistema mecánico llamado aerogenerador, el cual está conformado por un generador eléctrico movido por una turbina, su predecesor es el molino de viento.

Un aerogenerador está compuesto de la torre, un sistema de orientación ubicado en la parte final de la torre, una góndola que es el armazón que cobija los componentes eléctricos y mecánicos del molino y que sirve de base para las aspas, un eje y mando de rotor por delante de las aspas y dentro de la góndola, un freno, un multiplicador y un generador con su sistema de regulación.

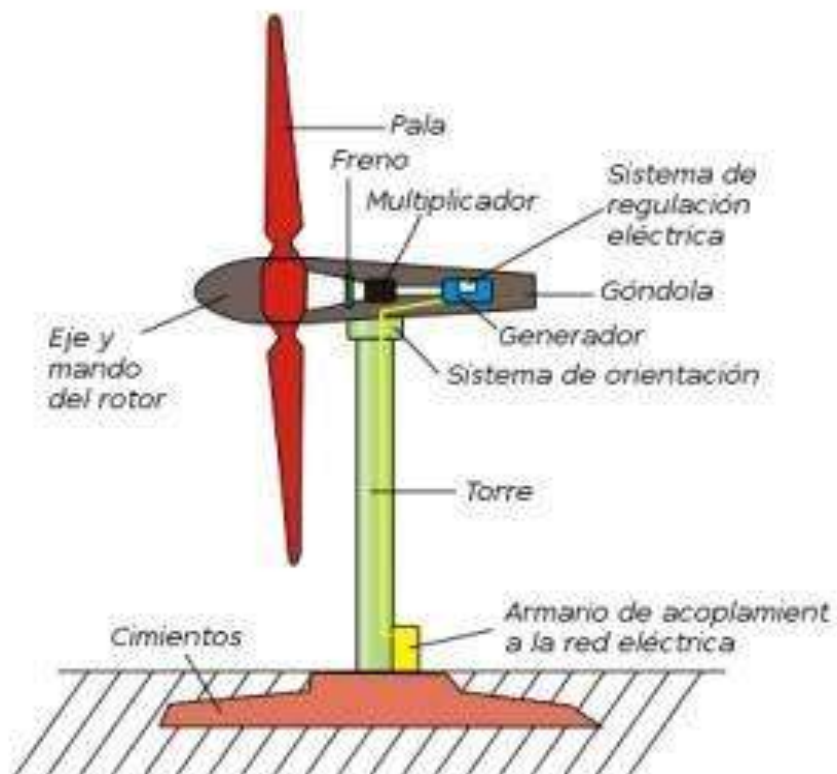


Figura 24. Sistemas de energía eólica [29].

Ventajas y desventajas de usar la energía eólica

Ventajas

- **Es una fuente de energía inagotable**

El viento es una fuente inagotable de movimiento, el viento está presente en todos los lugares en el mundo y no deja de moverse

Ocupa poco espacio

Utiliza una zona más reducida que la una central fotovoltaica, esta puede ser regenerada en poco tiempo.

- **No contamina**

Su proceso de generación no lleva implícito un proceso de combustión. Así, no produce gases tóxicos, ni residuos sólidos alguno. Para hacernos una idea: un aerogenerador alcanza una capacidad de energía similar a la de 1.000 Kg de petróleo.

- **Bajo costo**

El costo de los elementos que componen el aerogenerador es de bajo costo y el mantenimiento es sencillo, si se compara el costo por KW frente a otro sistema eléctrico el valor es inferior.

- **Es compatible con otras actividades**

Las actividades que tienen armonía con la energía eólica son la agrícola y la ganadera ya que el aprovechamiento de la energía interrumpida es provechoso para el campo y el desarrollo rural.

Desventajas

- **El viento no está garantizado**

Las ráfagas de viento no vienen siempre desde el mismo punto son variables e inesperadas, para que el aerogenerador tenga eficiencia se debe garantizar por vientos entre los 10 y los 40 Km/h, con velocidades inferiores son se garantiza el funcionamiento.

- **Energía no almacenable**

Al tratarse de un elemento aerogenerador no posee baterías para el almacenaje la convertida producida debe ser consumida para evitar daños eléctricos.

- **Impacto en el paisaje**

El impacto en el paisaje es alto debido a la envergadura de las alises y la altura de las torres ya que la altura de la torre debe estar entre 40 y 70 metros y aspas de 40 metros de ancho para los aerogeneradores con mayor capacidad de generación eléctrica.

- **Afectan a las aves**

Los parques eólicos pueden tener un impacto negativo en la avifauna, especialmente entre las aves rapaces nocturnas. El impacto en la avifauna se debe a que las palas giratorias pueden moverse a una velocidad de hasta 70 Km/h. Las aves no son capaces de reconocer visualmente las cuchillas a esta velocidad, chocando con ellas fatalmente [30].

3.1 Diagnóstico interno para apropiar las tecnologías

Los servicios que fueron definidos en el sistema TIC para el suministro de fuentes alternativas de energía eléctrica son los siguientes.

Gestión de ahorro energético con fuentes alternativas de energía.

La FNCE generan estabilidad en la prestación del servicio eléctrico con ello se pretende alimentar los equipos informáticos y parte de la infraestructura de cada escuela, la versatilidad en la instalación de los equipos de energía no convencional brinda una ventaja frente al sistema convencional de alimentación eléctrica ya que independiza cada institución de la alimentación eléctrica. Los fabricantes de equipos de FNCE garantizan el funcionamiento no menor a 10 años de garantía los que indica que estaría garantizado el suministro y ahorro de dinero en la prestación del servicio, ya que en la mayoría de las escuelas rurales la estabilidad eléctrica no está presente y es una de las primeras razones por la que los equipos informáticos se dañen o presenten averías en el sistema de alimentación eléctrica, con esta solución se mitiga el gasto en reparaciones informáticas y se reduce el gasto en el recibo de servicio eléctrico convencional.

Tabla 3. Precios FNCE en el mercado actual.

CAPACIDAD DE GENERACION ELECTRICA	3000W	2000W	1000W
SISTEMA EOLICO	CHIXIA 1KW 2KW 3KW generador horizontal de turbina de viento 24-220v bajo RPM molino de viento uso en el hogar proyecto granja barco-3000w 220v US\$5,654.99	Aerogenerador 24V 2000W TECHNOSUN 2,316 €	WANGYONGQI Kit de generador de turbina eólica, 1000 W, 12 V, 24 V, 48 V, 8 palas, generador de turbina eólica con controlador Mppt, blanco, 12 V - US\$735.99
SISTEMA FOTOVOLTAICO	Kit Solar Litio 3000W 48VDC 14400Whdía - \$46.500.000	Kit Solar 2000W 24V 5400Whdía \$ 9.400.000	Kit Solar 1000W 12V 1000Whdía con MPPT \$3.700.000

En esta propuesta de implementación no se tiene en cuenta los precios de la instalación, logística y mantenimiento de las estaciones energéticas, el cuadro solo presenta los precios actuales al 2022 en el mercado de los kits tanto eólicos como fotovoltaicos, discriminados por la capacidad de generación eléctrica.

Sistema de monitoreo por medio AZURE

Con el fin de realizar el monitoreo de las estaciones energéticas se plantea la solución tecnológica de implementar un sistema de monitoreo por medio AZURE MICROSOFT por medio del módulo IoT Central, y así monitorear el funcionamiento y anomalías que pueda presentar el sistema eléctrico no convencional.

Visualización de datos en tiempo real de un sensor desde AZURE IoT Central

Esta aplicación permite supervisar paneles solares en su estado de conexión y de generación de energía en tiempo real, envía notificaciones de la telemetría basada en criterios definidos mediante umbrales de gestión, se puede configurar con opciones de umbral personalizadas.

- Funcionalidad clave de la aplicación:
- Información sobre paneles solares y estado activo
- Generación de energía solar y otras opciones
- Ejemplos de comandos y controles
- Visualizaciones y paneles integrados
- Desarrollo de soluciones personalizadas

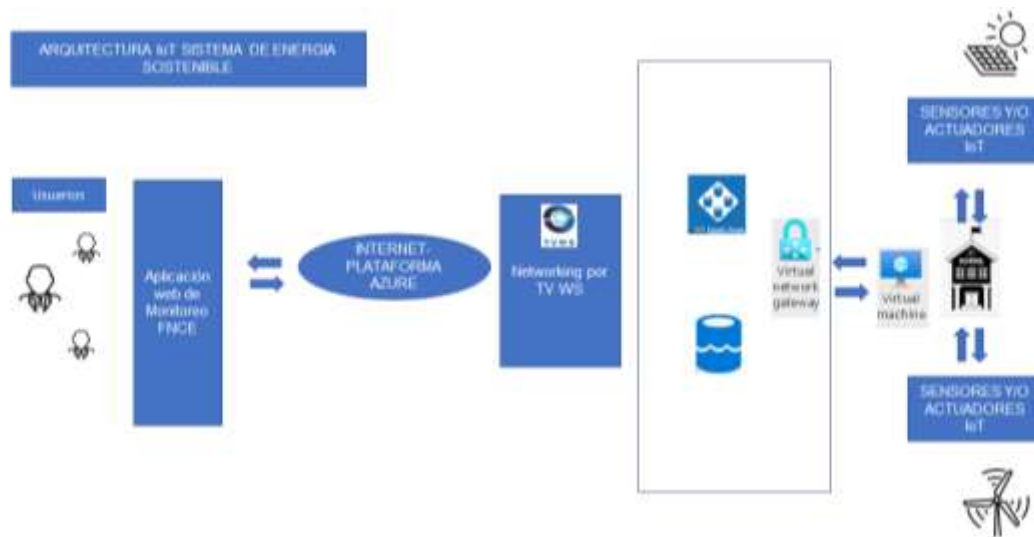


Figura 25. Arquitectura de AZURE monitoreo IoT para paneles solares y energía eólica.

Implementación plantilla aplicación de supervisión de paneles solares AZURE

La siguiente aplicación se realizó como modelo para una empresa de monitoreo llamada ADATUM ENERGY [31], la cual está encargada de verificar, monitorear, administrar y controlar los nodos instalados en con FNCE para el siguiente modelo se implementó una

URL y por medio de esta se estabilizó el sistema ubicando la escuela modelo y sensores de IoT.

Paneles solares y conectividad

Los paneles solares y la energía eólica generan son una fuente inagotable de energía estas FNCE utilizan una puerta de enlace por medio de la cual se conecta al módulo IoT central, debe crearse un dispositivo puente de IoT Central el cual está compuesto de una solución de código abierto que puede conectar dispositivos entre otras nubes diferentes a Azure como Sigfox, particle device cloud y the thing network, permite usar características de las aplicación IoT Central como reglas y análisis de datos, también crea flujos de trabajo por medio de Power Automate y Azure logic Apps.

Este es un ejemplo del dashboard que crea Azure para como plataforma de monitoreo en tiempo real, manejando la versatilidad en la implementación y personalización de los umbrales a medir.

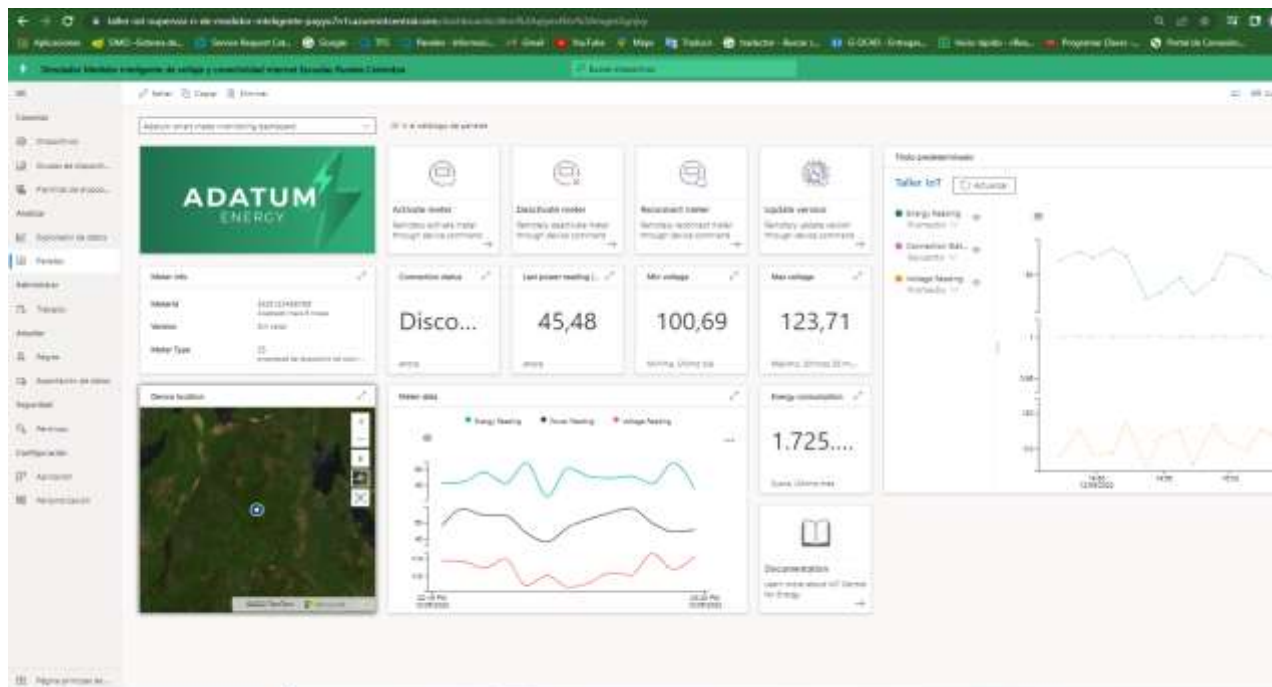


Figura 26. Simulador panel de control sistema de monitoreo eléctrico en escuelas rurales de Colombia [31].

El panel de control muestra de izquierda a derecha el panel de administración y configuraciones, seguido de la identificación del logo de la empresa y los datos del panel, también se observa en la parte inferior izquierda la ubicación en satelital de la escuela rural y su indicador de alarma en azul, en la parte central del panel se ubican las funciones principales para operatividad del nodo si se quiere conectar, desconectar, actualizar y reiniciar. Las métricas de cada lectura en valor numérico y gráficamente, también se observa el panel de para exportar datos.

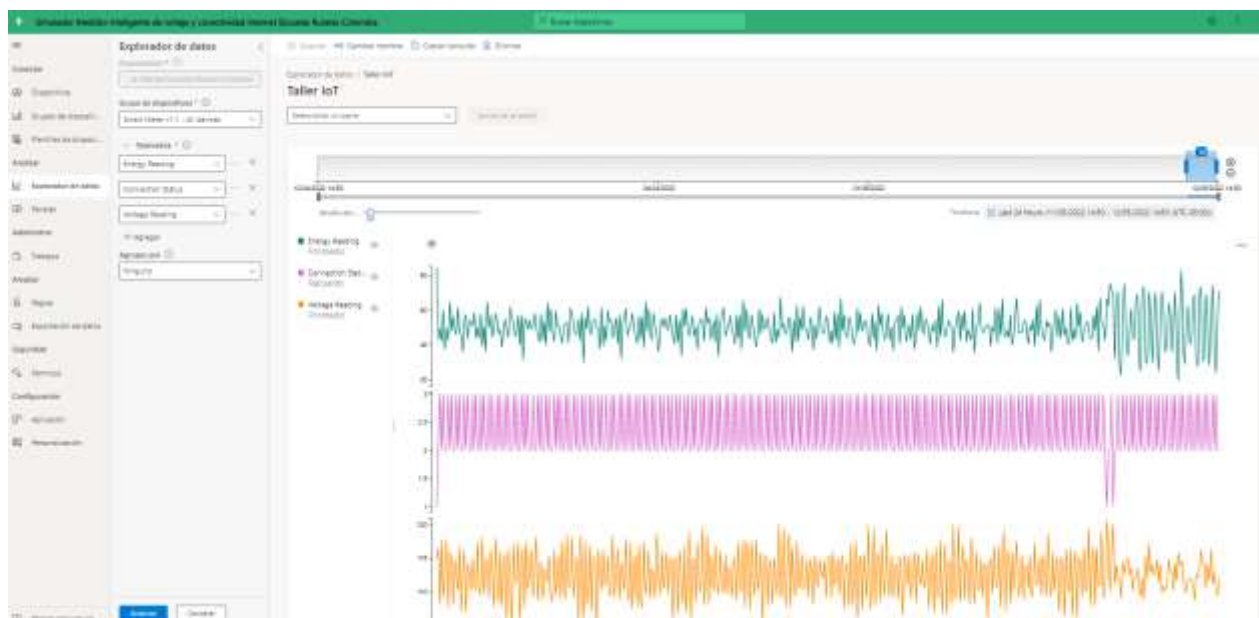


Figura 27. Modelo de sistema de monitoreo AZURE [31].

Este es el panel para exportar datos el cual lleva la métrica de los valores y umbrales definidos, en este caso se tomaron 3 variables definidas la primera tiene que ver con el consumo de energía en valor del tiempo consumido en momento (Energy Reading), la segunda variable es la estabilidad de conexión a internet la cual se mide en dos estados conectados o desconectados y la última variable es la lectura del nivel promedio de voltaje generado por la FNCE.

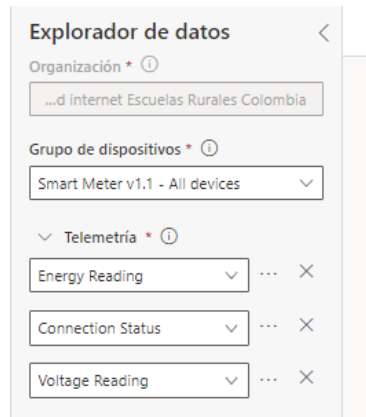


Figura 28. Variable Implementadas en el monitoreo del módulo FNCE [31].

Existen varios tipos de variables como por ejemplo nivel de humedad, temperatura, sensor de movimiento etc.

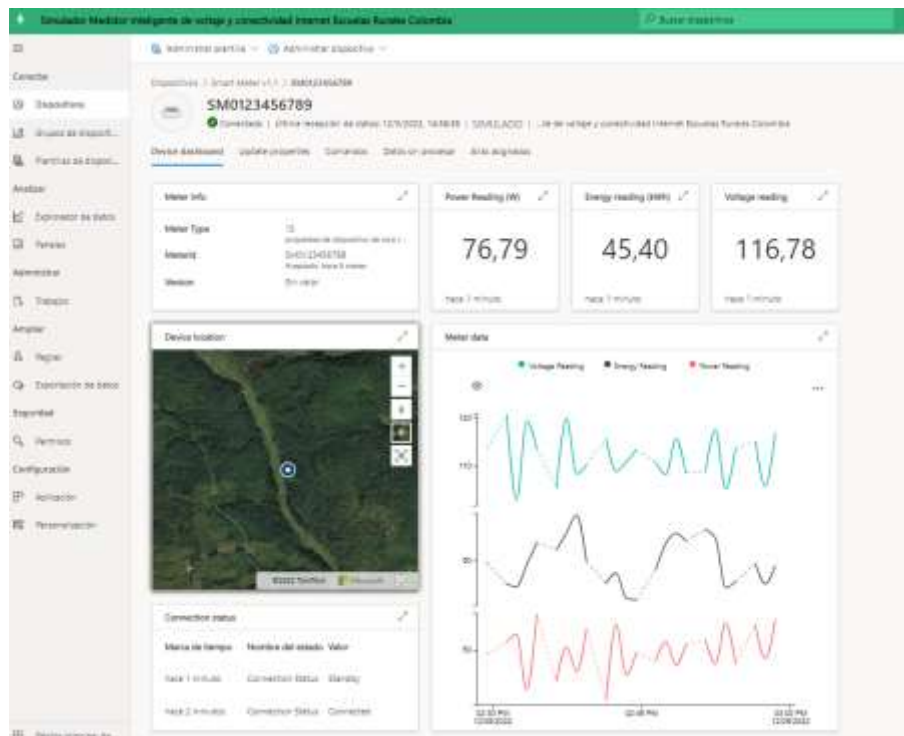


Figura 29. Sensor de voltaje, conectividad y estabilidad energética [31].

El sensor o medidor de esta instalado en el punto y tiene como fin recolectar información acerca el estado actual del nodo este tablero muestra la ubicación geográfica del punto, el estado numérico de las variables W y KW/h, también se encuentra el tablero de monitoreo en función del tiempo en el cual se puede ver la variación en el servicio.

Este tipo de sensores tienen ciertas características específicas las cuales se detallan en la parte inferior, entre ellas el llevar un registro exacto de la medida y lleva un registro del consumo, existen otros tipos de sensores de este tipo los cuales tienen características mejoradas como la función de switch que permite activar o desactivar el circuito.



Figura 30. KETOTEK Medidor Energía Eléctrica Digital 6 en 1 AC40-300V [32].

Medidor sugerido para emplear la lectura de los niveles de voltaje generados [32]

- El contador de energía monofásico tiene certificación CE, UKCA, utiliza material retardante de llama ABS de alta calidad y chip de alta precisión para garantizar un uso seguro.
- Medidor multifunción 6 en 1 Una interfaz muestra 6 tipos de parámetros de medición al mismo tiempo, incluido el Voltaje: AC 40.0-300.0V, Corriente: AC 0-100.0A, Energía eléctrica: 0-30000W, Energía: 0- 99999kwh, Frecuencia: 45.0-65.0Hz, Factor de potencia: 0.00-1.00PF.
- Opciones 1. Restablecimiento de datos para múltiples necesidades de medición. Presione el botón de reinicio durante cinco segundos, el medidor de voltaje de CA se reiniciará. 2.El valor de la energía eléctrica y la energía eléctrica del tiempo acumulado se guardará automáticamente cuando se apague, cuando se vuelva a conectar la potencia de medición, continuará acumulando datos.

- Mejor experiencia visual -Pantalla LCD HD colorida, visualización de 178° sin ángulo muerto, con función de luz de fondo, este medidor de potencia de CA es claramente visible durante el día o la noche.
- Amplia aplicación -Este medidor de potencia es fácil de instalar. Es ampliamente utilizado en escuelas, mercados, electrodomésticos, industria, laboratorios, etc. Atención: El multímetro solo se puede utilizar para medir la electricidad de la ciudad de 50/60 Hz CA. Se destruirá cuando se utilice para medir ondas cuadradas y ondas sinusoidales no estándar

Caracterización de una escuela Modelo

La escuela modelo se encuentra ubicada en Ortega Tolima, Institución Educativa Samaria San Nicolás. Es una escuela rural que cuenta con fluido eléctrico, pero es intermitente, adicional no pueden conectar los 20 equipos de la sala de sistemas porque no cuenta con un fluido eléctrico constante. Es por ello por lo que se hace indispensable brindar la alternativa de FNCE en el sitio.

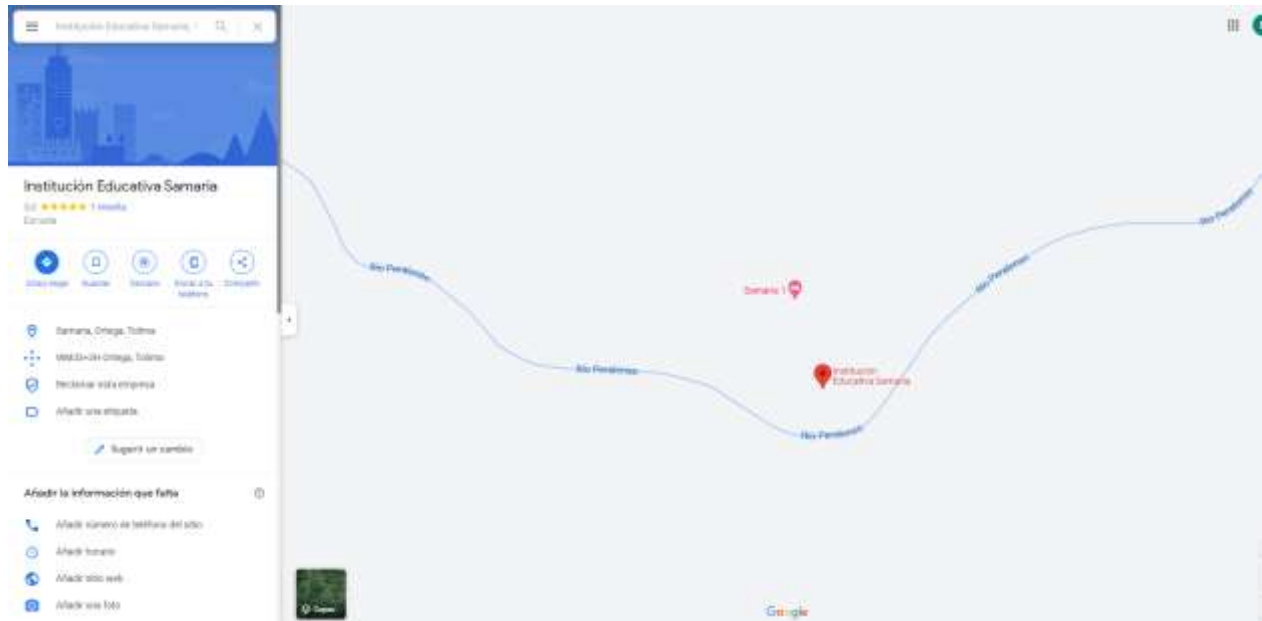


Figura 31. Ubicación Geográfica escuela modelo [33].

Caracterización de la escuela

La escuela cuenta con los siguientes aparatos eléctricos y electrónicos a los cuales se le dará la solución eléctrica, esta tabla muestra el gasto de vatios por hora, para un solo dispositivo eléctrico, sin embargo, se debe tener en cuenta que este valor debe ser multiplicado por el número total de dispositivos.

Tabla 4. Caracterización consumo eléctrico escuela rural.

Equipo o dispositivo	KW/h
Bobilla de 100 W	0.1W/h
Bombilla led	16-20 W/h
Computador de escritorio	80W/h CPU 50W/h Monitor
Rack de comunicaciones	420-520 W/h switch de 24 puertos 100 W/h ROUTER
TV 24 PULGADAS	90W/h
Equipo sonido	120W/h
computador Portátil	20W/h

Los equipos de cómputo se alimentan alrededor de 70 a 100 W por hora los cuales necesitan estabilidad eléctrica para que los componentes electrónicos tengan problemas de picos de voltaje y su alimentación sea regulada, para ello se implementará UPS o baterías que permitan regular su funcionamiento.

Al tener el suministro eléctrico estable se puede derivar en un tablero eléctrico la corriente alterna que pueda alimentar bombillas 25W c/u, televisores de 100W, 20 computadores y equipos de comunicaciones o equipo de sonido 120W, según el modelo Eólico a implementar.

Cubrimiento de la zona se toma conforme al estudio de cubrimiento por medio de Base station (EB) del proveedor Claro:

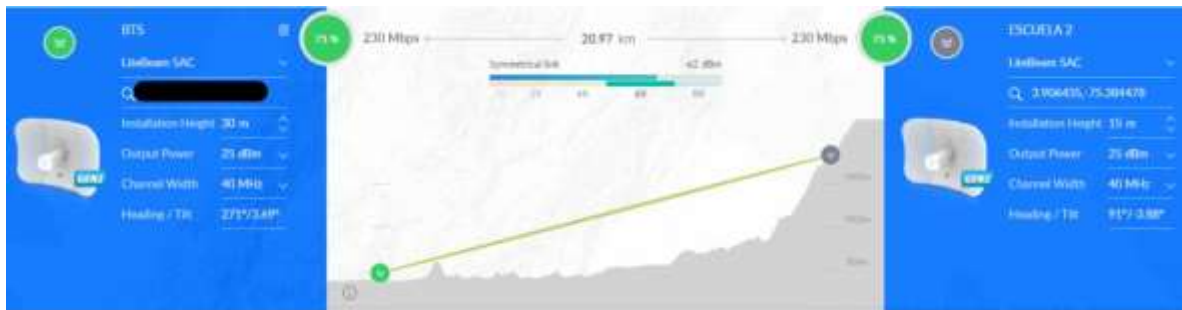


Figura 32. Cobertura radioenlace escuela sede A.

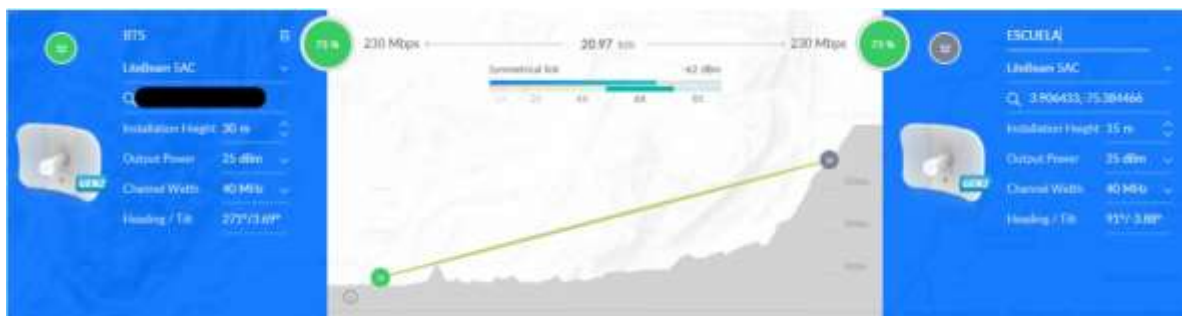


Figura 33. Cobertura radioenlace escuela sede B.

No se revela posición de la EB por ser una referencia corporativa.

Para este proyecto se utilizará una EB del Proveedor claro para la conexión del radio enlace que ira hacia cada una de las respectivas sedes institucionales, información no permitida por el Proveedor para revelar ubicación exacta de la EB, ni direcciones Ips, ni ninguna información que pueda perjudicar a la compañía



Figura 34. Niveles de la señal de cobertura del proveedor internet.

Se utilizará este SW para la implementación de este proyecto donde se conectará el servicio de internet a las respectivas sedes institucionales, teniendo así una infraestructura robusta y con buenos niveles de servicio 24/7.

La directora de la escuela solicita carta de presentación para realizar la caracterización del sitio.

Rectora Edith González.

Sin embargo, en el sitio hay 40 computadores, 1 rack de comunicaciones, 2 televisores y 1 equipo de comunicaciones satelital de Compartel.

Medio de Transmisión de señal de monitoreo

Con la finalidad de conectar al usuario final con el proveedor de servicio se hace necesario revisar que tipo de tecnologías están disponibles en el mercado con el fin de adoptar una tecnología con buena cobertura territorial, fácil de instalar, económica y que sea eficiente. Para ello se analizaron los enlaces satelitales, la red de acceso de Radio en la TRAN y por último los espacios en blanco de la televisión digital.

Enlace Satelital

El enlace satelital tiene 3 fases, dos terrestres y fuera de la atmosfera de la tierra, en ella se tiene un punto A comunicado con el punto B por medio del punto C, que esta fuera de la atmosfera terrestre y funciona como medio de trasmisión al repetir la información de un lugar a otro, este sistema es de alto costo ya que necesita el uso de una banda de frecuencia privada para transmitir la información, así mismo necesita adicional del satélite dos antenas parabólicas que se llamas IDU y ODO, tiene alta cobertura ya que permite tener amplia distancia desde el punto de trasmisión la tierra, sin embargo la comunicación entre los extremos tiene retardo debido a la distancia que debe recorrer la señal de trasmisión. Las antenas son altamente directivas por lo que no se pueden desapuntar y deben cumplir normas como la ubicación por medio de una obra civil, debe estar aislada de motores, cables de alta tensión etc. Por lo que para nuestra solución no es una alternativa de trasmisión.

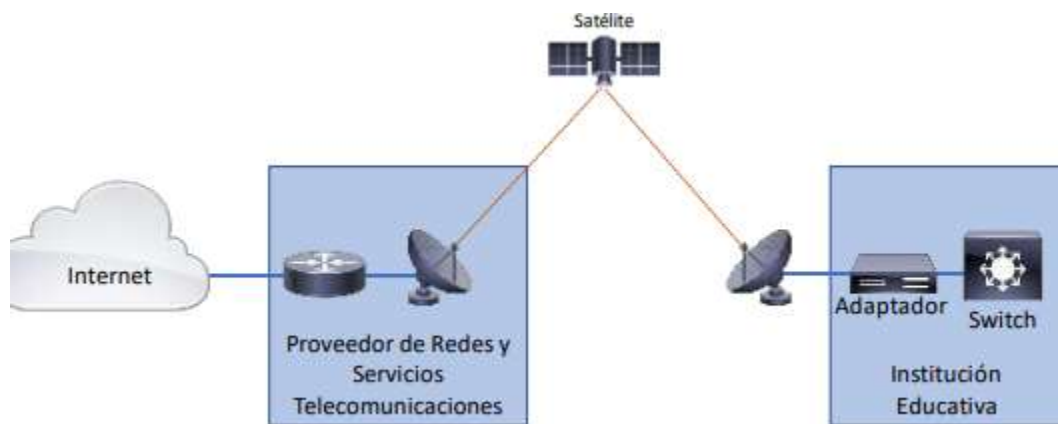


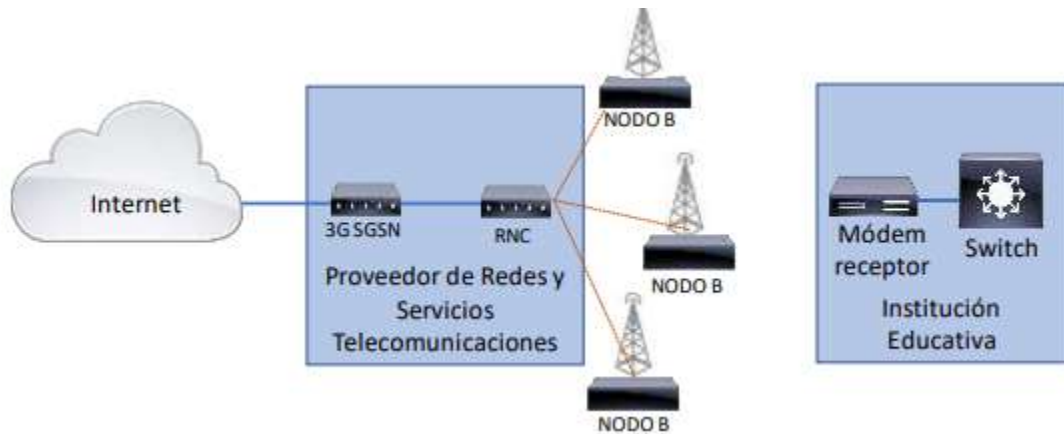
Figura 35. Arquitectura comunicación satelital.

Fuente: Ajustada de consultoría realizada por Eafit, 2019; Iconos de Cisco [34].

Red de acceso de Radio Enlace Terrestre – TRAN

Se trata de una red conecta por medio de sectores cubiertos por antenas angulares que deben tener línea de vista con los nodos para brindar la conectividad, deben tener banda de frecuencia licenciada ya que este espacio de frecuencias es usada por los

operadores de comunicaciones móviles, el segmento de físico del proveedor se llama CORE y el tramo de conexión con el cliente se llama Terrestrial radio Access Network (TRAN), son redes costosas, difíciles de instalar ya que no están presente en todo el territorio.



*Figura 36. Arquitectura Radio Enlace Terrestre.
Fuente: Ajustada de consultoría realizada por Eafit,2019; Iconos de Cisco [34].*

TVWS

Se propone como tecnológica de comunicación usar la tecnología TVWS el cual implementara según el estudio de grado realizado por la Ingeniera Claudia Patricia Baez, quien desarrollo su tesis con base en los espacios en el blanco TV White Space (TVWS) utilizando las frecuencias comprendidas entre 470 y 698 MHz así mismo.

La eficiencia y versatilidad de las comunicaciones inalámbricas se presentan como solución a las diversas situaciones geográficas presente en el país el estudio realizado por la Ingeniera Claudia Patricia Baez en su tesis Estudio técnico para conectar por medio de TVWS sedes educativas oficiales ubicadas en el área rural con centros poblados [18], trata de los espacios en blanco presentes en el TV los cuales se ubican en los rangos de frecuencia comprendidos en UHF entre los 470 y 698 MHz debido a que las longitudes de onda alcanzan distancias entre los 10 Km y los 20 Km la distancia entre escuelas y

EB acortarán las distancias entre cada uno de los nodos permitiendo el acceso a la red, según la Agencia Nacional del Espectro (ANE).

En Colombia más del 99% de los municipios usan 15 canales de los 49 disponibles de tal modo que hay gran cantidad de espacios en blanco sin usar.



Figura 37. Arquitectura sistema TVWS [35].

Características técnicas de la TVWS

1. Rango de frecuencias de 470 – 698 MHz
2. Potencia máxima entregada a la antena de 12.6dBm/100 KHz (1 W por canal de TV)
3. Ganancia máxima de la Antena 14 dBm
4. Solo se permite conexión de dispositivos estáticos
5. El rango de emisiones no deseadas debe ser menor a -42.8dBm/100kHz
6. La altura superficial de la antena sobre el terreno debe estar sobre los 50 m



Figura 38. Base Estación de Espacios en blanco (BDEB) [35].



Figura 39. Lugares de instalación piloto TVWS en Colombia a mayo de 2021 [35].

Tabla 5. Alternativas tecnologías de transmisión.

	Cobertura	Costo	Implementación
Enlaces Satelitales	Alta	Alto	Difícil implementación
Red Acceso Radio terrestre - TRAN	Baja	Alto	Fácil Implementación
Espacios en blanco - TVWS	Alta	Bajo	Fácil Implementación

3.2 OPERADOR PRESTADOR DEL SERVICIO NUBE

Amazon – AWS

Amazon Web Services (AWS) es la plataforma en la nube ampliamente adoptada del mundo, que brinda más de 200 servicios integrales de centros de datos en todo el mundo. Millones de clientes, incluidas las empresas emergentes de más rápido

crecimiento, las corporaciones más grandes y las grandes agencias gubernamentales, utilizan AWS para reducir costos, aumentar la flexibilidad e innovar más rápido.

Microsoft – AZURE

La plataforma Azure consta de más de 200 productos y servicios en la nube diseñados para ayudarlo a brindar soluciones de nueva vida para resolver los desafíos de hoy y crear el mañana. Cree, ejecute y administre aplicaciones en varias nubes, dentro y fuera de las instalaciones, utilizando las herramientas y los marcos de su elección.

Para nuestra solución tecnológica seleccionamos Microsoft-Azure debido a que es el fabricante líder en desarrollo de tecnología en inteligencia artificial según el cuadro de Garnert [36].

Google – Cloud

Google Cloud consta de una combinación de recursos físicos, como computadoras y discos duros, y recursos virtuales, como máquinas virtuales (VM), ubicados en los centros de datos de Google en todo el mundo. Cada centro de datos está ubicado en una región, estratégica como Asia, Australia, Europa, América del Norte y América del Sur. Cada región es un conjunto de regiones separadas dentro de cada región. Estas áreas se identifican mediante un nombre que combina un carácter identificativo con el nombre del área. Por ejemplo, la región A en el Este de Asia.

Esta asignación de recursos ofrece muchas ventajas, entre ellas redundancia en caso de falla y menor latencia, ya que los recursos están más cerca del cliente.

Tabla 6. Alternativas proveedores Cloud.

	Costo	Soporte	Tecnología
Amazon - AWS	Alto	Bueno	En desarrollo
Microsoft - AZURE	Medio	Bueno	Con ventaja
Google - Cloud	Alto	Bueno	En desarrollo

4. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN

4.1 Propuesta del modelo de negocio

La propuesta del modelo de negocio SEISCOM.COM, está enfocada en la innovación en el monitoreo de FNCE por medio de las tecnologías emergentes como las usadas en la nube y también como medio de transmisión la TVWS. Para ello, la propuesta está basada con recursos del estado los cuales están apalancados por entidades financieras y/o recursos del presupuesto público, suministrará los recursos para que la propuesta del modelo de negocio, realizara la instalación en compañía de empresas aliadas especialistas en la instalación de FNCE. Las empresas aliadas, estarán soportadas en el fabricante del software y proveedor fabricante de la infraestructura. También, se dispondrá de un equipo comercial que llevará acabo las labores de identificar las necesidades más viables y que estará respaldado por un equipo de estadística y comercio; que dará el aval del gasto y viabilidad del proyecto. Con ello llevar acabo el sentido del proyecto, el cual se recibirá retribución económica para el sostenimiento de la compañía por medio de dos canales, el primero por servicio social; en el cual se verán beneficiadas en primera medida las escuelas rurales nacionales en las cuales se evidenciará si es necesario o no la propuesta de negocio y validar si es viable el proyecto de instalación. El segundo por retribución económica de origen privado, generado por las entidades o clientes emergentes que lleguen a ser parte del proyecto de innovación en el monitoreo energético.

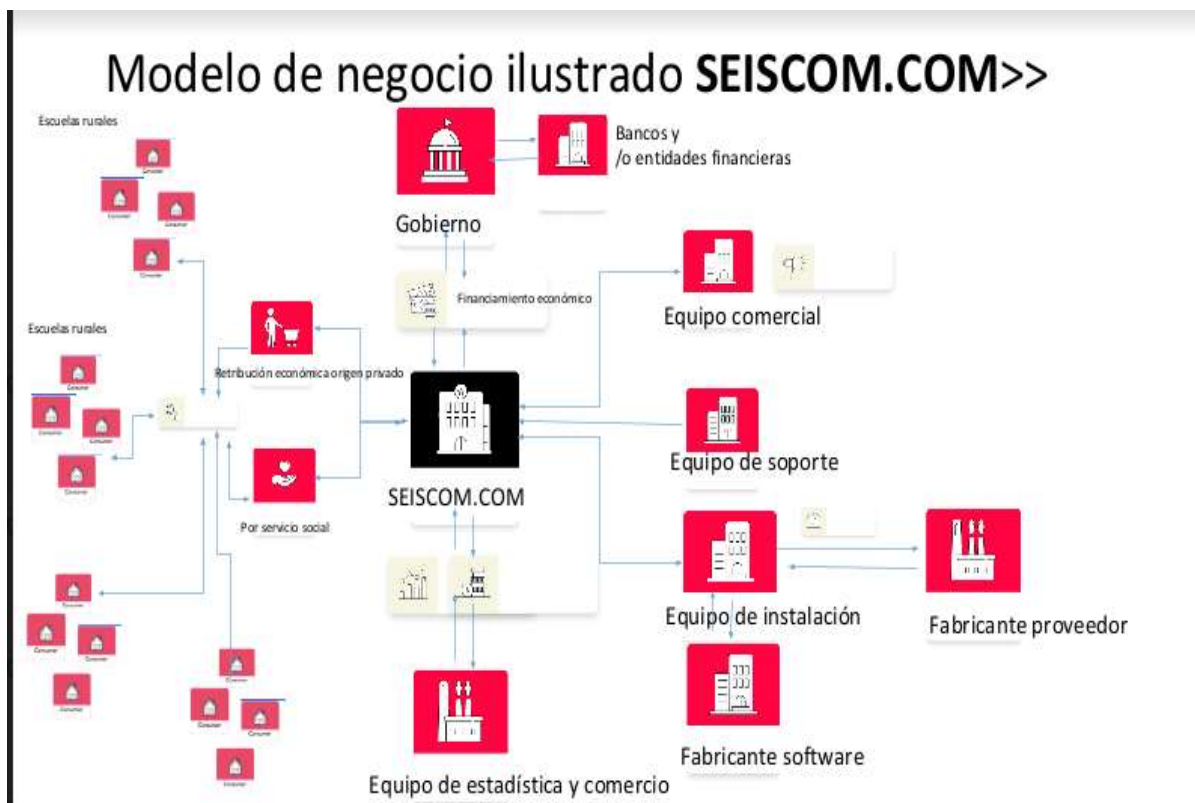


Figura 40. Modelo de negocio ilustrado.

4.2 Propuesta de la solución tecnológica.

La propuesta de solución tecnológica está enfocada en la apropiación de energías limpias como primera medida con el fin de mitigar el cambio climático y como segundo propósito fundamental abastecer del servicio público de energía a las escuelas más apartadas del territorio nacional aportando en algo al cierre de la brecha tecnológica presente en el país. Para ello se establecieron tres pasos los cuales se deben cumplir para conseguir los escenarios de la solución tecnológica como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Escenarios que se presentan en el suministro eléctrico de las escuelas Rurales.

Escenario 1 - Gestión de Ahorro	Escenario 2 -Gestión de suministro	Escenario 3- Gestión de Potencia de acuerdo con las intermitencias
		
En este escenario se presenta; la situación en la que la corriente eléctrica convencional es estable, pero sin embargo la facturación es elevada por lo tanto se propone un sistema fuente no convencional de energía con el fin de brindar electricidad a las zonas con alto consumo de energía con el fin de reducir costos de funcionamiento.	Este escenario muestra el suministro directo desde la fuente no convencional de energía donde la electricidad solo depende del sistema renovable eléctrico, en el se observa un inversor de voltaje y un controlador de carga conectado a un sistema de baterías que alimentara la institución en los casos que el suministro eléctrico este proporcionando niveles eléctricos de sobre carga o por el contrario no se esté brindado la totalidad de carga.	En este escenario se presenta el caso en el que el suministro eléctrico que llega a la institución es deficiente o presenta Fluctuaciones, la figura muestra la conexión al sistema no convencional de energía, un controlador de carga, un inversor de voltaje, un sistema de baterías y el circuito de la fuente convencional, las salas de sistemas pueden ser aisladas para que las variaciones eléctricas no afecten los equipos de cómputo.

Para abarcar una solución tecnológica integral respecto a los tres escenarios presentados se deben realiza los siguientes pasos:

- 1- Implementar un aerogenerador y/o fotoceldas. Acoplados a un tablero de distribución eléctrico para que independiente del lugar, el módulo eléctrico genere electricidad constante.
- 2- Caracterizar el consumo eléctrico.
- 3- Informar la generación y consumo de las escuelas rurales.



Figura 41. Arquitectura IoT Sistema de energía sostenible.

De Izquierda a derecha en la arquitectura se describe la Figura 41 a continuación.

Los usuarios que son las personas que integran el sistema de gestión estos son los administradores del sistema, operadores, comunidad educativa, directivos e invitados, los cuales por medio de roles definidos en la plataforma pueden observar el comportamiento y seguimiento del consumo energético así mismos validar las alarmas en tiempo actual. El tablero de AZURE cumple con la función de presentar por medio de una dirección web definida, la actividad que desea observar puede presentar ubicación geo posicional de la a escuela, también verificar en tiempo real el estado de la escuela rural respecto a los umbrales previamente definidos así mismo brindar un contacto técnico con el operador con el fin de dar un soporte de primer nivel en caso de que se requiera.

Nube AZURE cumple con los requisitos tecnológicos necesarios para monitorear a nivel nacional los nodos instalados con FNCE por medio de las herramientas de Inteligencia Artificial y Machine Learning para llegar a hacer cada más eficientes los sistemas de respuesta y prevención de errores.

Para el medio de transmisión (Tx), se evidencio la mejor opción como la TVWS ya que en el programa de conexión total desarrollado por el Ministerio de educación [34], está estipulado que se debe implementar la política pública a nivel nacional citando el CONPES 3988 [37] donde se impulsa la innovación en la practicas educativas a través de las tecnologías digitales y en ella se encuentra la recomendación del uso de TVWS como medio para llegar desde el usuario final en este caso la escuela rural al Proveedor de redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST).

Red escuela Rural corresponde a una red virtual que está integrada por una máquina virtual instalada en los servidores de AZURE de esta manera se tendrá acceso a los servicios de IoT instalados, así como a las lecturas arrojadas por el sensor IoT en esta plataforma se mantendrá la información necesaria para el acceso y gestión de la plataforma.

Sensor IoT empleado para monitorear el desempeño de la estación ya sea eólica, fotovoltaica o hibrida es el recomendado por AMAZON KETOTEK el cual con las funciones de medición de voltaje, corriente y potencia desde los 40 V a los 300 V de corriente alterna AC.

Por último, los sistemas de FNCE los cuales deben ser avalados según el estudio del lugar y posición geográfica ya sea eólica, fotovoltaica o hibrida.

Gestión de Ahorro

Tiene suministro, pero busca ahorro

Para este escenario se recomienda que el modelo de generación eléctrica no convencional este interconectado junto con el fluido eléctrico convencional; esto con el fin de tener la administración total de servicio eléctrico para suministrar electricidad; ya

sea zonal para las salas de informática donde el fluido eléctrico debe ser constante y existe mayor demanda del energía por lo tanto mayor costo de facturación en el recibo y/o por sustitución como medida para mitigar la falta del fluido por parte del proveedor eléctrico.

- Gestión del suministro

NO tiene suministro eléctrico y depende exclusivamente de la energía alternativa

La solución energética genera de 1KW/h a 3KW/h los cuales pueden ser empleados en el consumo eléctrico de la escuela rural, esta solución brinda electricidad continua para los equipos electrónicos y electricidad alterna para los dispositivos eléctricos, si se tiene en cuenta que la electricidad no se va a emplear en su totalidad se puede almacenar en baterías para luego poder consumir la energía generada.

-Gestión de Potencia de acuerdo con las intermitencias

El servicio es intermitente y causa daños eléctricos

De acuerdo con el modelo eléctrico dispuesto, se hace necesario estabilizar el servicio eléctrico mediante inversores híbridos que reciban la alimentación convencional y la regulen en conjunto con la generación eléctrica no convencional; esto con el fin de no alterar la continuidad en el servicio eléctrico y las fluctuaciones sean mínimas para que los equipos electrónicos no se vean afectados.

Se sectorizan las áreas que contengan equipos electrónicos sensibles con el fin de alimentarlos con la electricidad generada por el sistema eléctrico no convencional y con ello garantizar el funcionamiento de la infraestructura tecnológica presente en el sitio.

5. Tamaño de Mercado

Se identificaron 3 empresas en el sector de las energías limpias donde se discrimino por ubicación y antigüedad comercial de la empresa, se solicitaron cotizaciones conforme a lo estudiado en el proyecto donde se necesitan de 2KW/h a 3KW/h, en el modelo de negocio no se encontró alguna empresa similar que proporcione el monitoreo de las estaciones instaladas por lo que los datos de precios son cercanos más no reales.

Por medio de la plataforma [5], se pudieron identificar las empresas colombianas que en este momento están activas y tiene como foco la instalación y suministro de estaciones de FNCE.

Razón Social o Nombre	Logo	NIT o NITM ID	Estado	Ciudad de Comercio	Actividad
1 MONITOREO Y SEGURIDAD LTDA -		NIT 800000000 - 8	CANCELADA	BOGOTÁ	00000000
2 MONITOREO Y SOLUCIONES TECNOLÓGICAS SAS	MONITORING DATA	NIT 900000000 - 5	ACTIVA	BOGOTÁ	00000000
3 MONITOREO Y TECNOLOGIA S.A.S -	MONITEC SAS	NIT 900000000 - 7	ACTIVA	ORU	00000000
4 MONITOREO 24 HORAS SAS			CANCELADA	BAJO	00000000
5 MONITOREO ACCESS SAS			ACTIVA	BAJO	00000000
6 MONITOREO ALUMINOS SEGURIDAD MAS		CC-	CANCELADA	ORU	00000000
7 MONITOREO DE COLOMBIA			CANCELADA	BOGOTÁ	00000000
8 MONITOREO DE CORTE ASOCIADOS E&T			CANCELADA	PUERTO	00000000
9 MONITOREO DE MONITORING SERVICIOS			ACTIVA	BOGOTÁ	00000000
10 MONITOREO GANADERO			WATROUJA CANCELADA LEY 1448	MEDELLIN (NARI) AYUDOSA	00000000

Figura 42. Registro Mercantil [38].

Al realizar el estudio de mercado se tuvieron en cuenta el total de escuelas rurales en Colombia el cual es de alrededor 17346 escuelas públicas rurales de las cuales el 54% de ellas presentan problemas eléctricos que alcanzan a ser 9367 escuelas [4], se propone un plan de instalación que pueden cubrir de una a dos escuelas por semana dependiendo el lugar geográfico, el año cuenta con 52 semanas contando con los días festivos de las cuales se estima sean instalados de 2 a 3 kit de FNCE alrededor de 70 escuelas al año trabajando de con 2 cuadrillas, si se eleva el número de cuadrillas se podrían cubrir mayor cantidad de instituciones, con el fin de realizar el estudio de costos del modelo de negocio se elaboró la Tabla 8.

Tabla 8. (TAM) tamaño del mercado para el modelo de negocio propuesto.

Escuelas rurales en Colombia	17346 escuelas rurales		
Escuelas rurales presentan problemas, el 54% presentan problemas eléctricos y/o de conexión a internet.	9367 escuelas con problemas eléctricos y/o de internet	aproximadamente en un año se podría instalar FNCE en escuelas rurales	70
	ITEM	costo por ITEM	Frecuencia pago
Cuánto vale un sistema de FNCE	Infraestructura de sistema	\$ 30.000.000	Una vez
	mano de obra	\$ 5.000.000	Una vez
	logística (Transporte e instalación)	\$ 2.000.000	Una vez
	sistema de monitoreo (Desarrollador)	\$ 5.000.000	Una vez
	Gastos del negocio (1-mensualidad operador del monitoreo 2- gasto del servicio Azure 3- gestión parte técnica “mantenimiento” 4- gasto plan de innovación tecnológica 5 -gasto del servicio del proveedor de internet 6-Ingreso sostenibilidad del negocio)	\$ 3.000.000	mensual
	Costo inicial	\$ 45.000.000	\$3.150.000.000 en 70 escuelas por año trabajando de a dos cuadrillas
	Costo mensual	\$ 10.000.000	

En el modelo de negocio no se encontraron competidores, pero sí empresas que pueden servir como socias con el fin de tercerizar la instalación ya que estas están especializadas en la construcción e instalación de las fuentes no convencionales de energía.

Tabla 9. Tabla de competidores.

Item	Competidor 1	Competidor 2	Competidor 3
Nombre Comercial	SEI ENERGY S.A.S	SENERGY COL S.A.S	COLGEOLICA
Descripción de empresa.	Empresa prestadora de servicios de instalación y acondicionamiento de sistema fotovoltaicos	Empresa prestadora de servicios de instalación y acondicionamiento de sistema fotovoltaicos	Empresa prestadora de servicios de instalación y acondicionamiento de sistema fotovoltaicos y eólicos
Actividades económicas	Prestación de servicios de ingeniería y sistemas fotovoltaicos	Prestación de servicios de ingeniería y sistemas fotovoltaicos	Prestación de servicios de ingeniería y sistemas fotovoltaicos y eólicos
Productos/Servicios que ofrecen (nombre, precios, etc).	Estudio, Instalación, soporte y mantenimiento	Estudio, Instalación, soporte y mantenimiento	Estudio, Instalación, soporte y mantenimiento
Información relevante para conocer su modelo de negocio:	www.seienergy.com.co info@seienergy.com.co	www.senergysol.com.co info@senergy.com.co	www.colgeolica.com.co info@colgeolica.com.co

Que hacen online y si es posible físico.	Cll 11# 2E-75 Local 46	tels- 3138675915	Av- 4ta Norte # 6n-67
	Cucuta-Colombia	(57) 323200623	Oficina 603, siglo XXI
Canales (Usan redes sociales, van a eventos, etc.).	Hotel casino Internacional	Bogotá-Colombia	tels- (57) 26609292

Validación de modelo negocio

Se realizó un estudio de mercadeo, con el fin de validar el modelo de negocio propuesto para ello se realiza una encuesta en Google Forms, el cual nos sirve para realizar una análisis específico en tiempo real, esta fue distribuida en forma aleatoria esta fue distribuida por medio de correo electrónico y la red social, se tuvo en cuenta el tipo de ocupación y profesión con el fin de tener como objetivo que las personas involucradas desempeñen sus capacidades intelectuales en el sector educativo, tecnológico y administrativo, se recibieron 42 encuestas de las cuales se observó lo siguiente:

1- Según el modelo de negocio se observó que entre los 42 encuestados

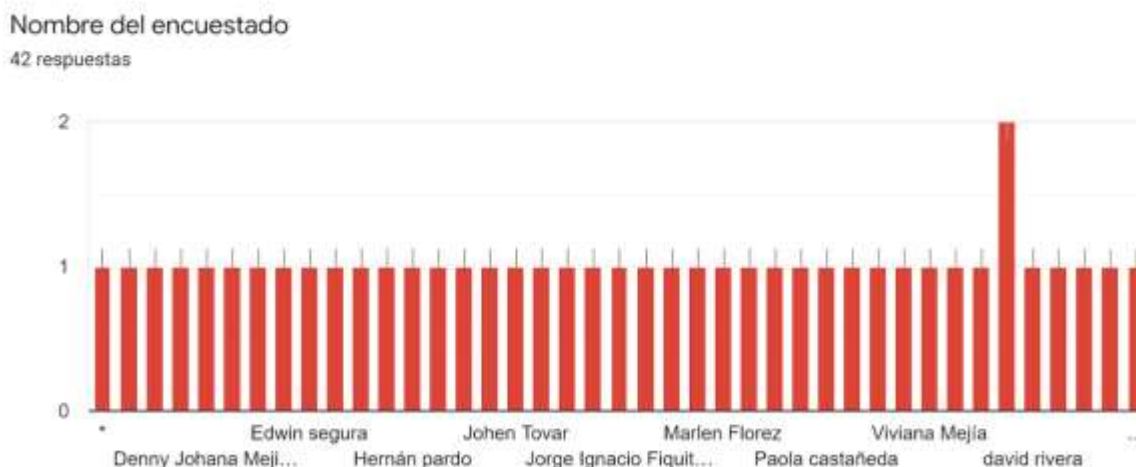


Figura 43. Grupo de encuestados.

2- El 54.4% de los encuestados tiene un rango de edad de 31 a 40 años edad productiva y laboral

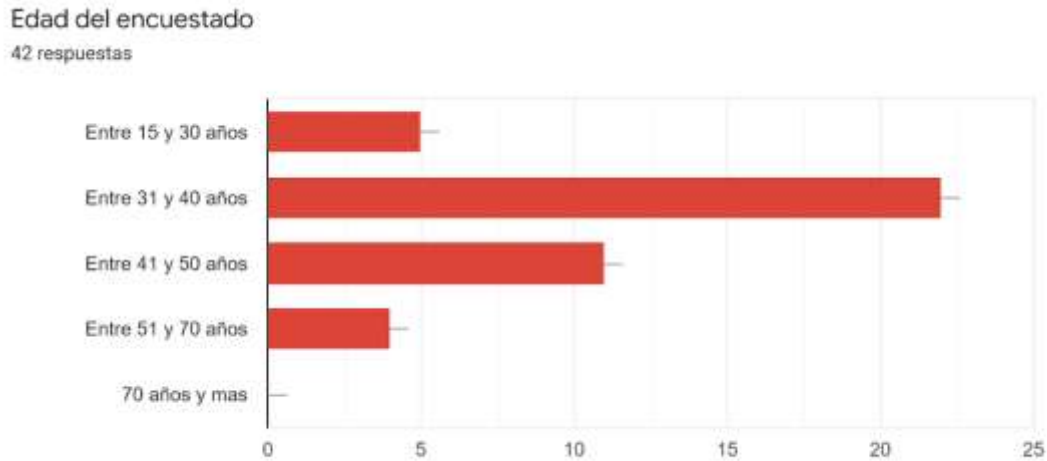


Figura 44. Edades de los encuestados.

3 -De la población encuestada (Sector económico y/o laboral al que pertenece):
 El 35.7% pertenece al sector educativo
 El 26.2% pertenece al sector Tecnología
 El 19% pertenece al sector administrativo

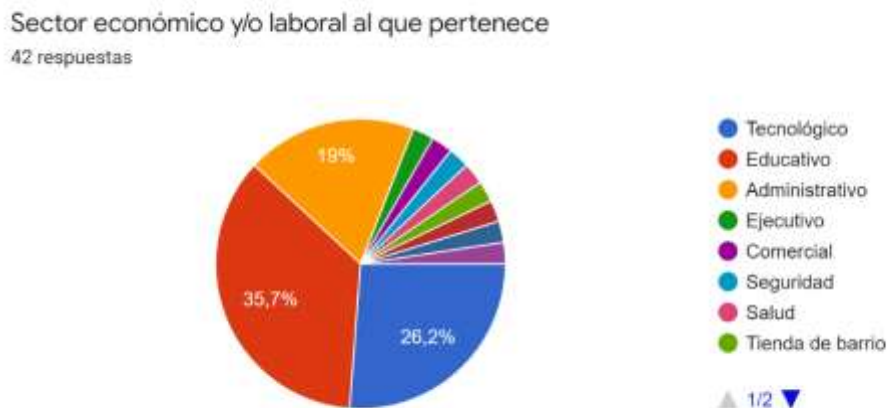


Figura 45. Ocupaciones y/o profesiones de los encuestados.

4- Para la pregunta (Conoce algo acerca de las Fuentes No Convencionales de Energía) la mayoría tiene idea de la tecnología a usar

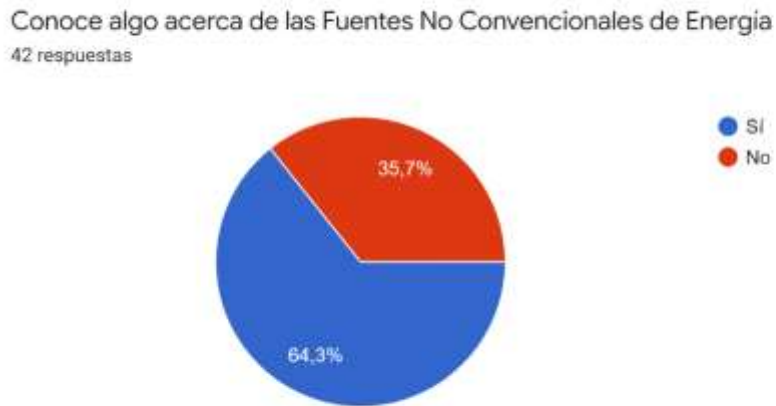


Figura 46. Porcentaje de conocimiento FNCE.

5- El 97.6% de las personas encuestadas está de acuerdo con la implementación de energéticas constantes las cuales se generarían por medio de Fuentes no convencionales de energía

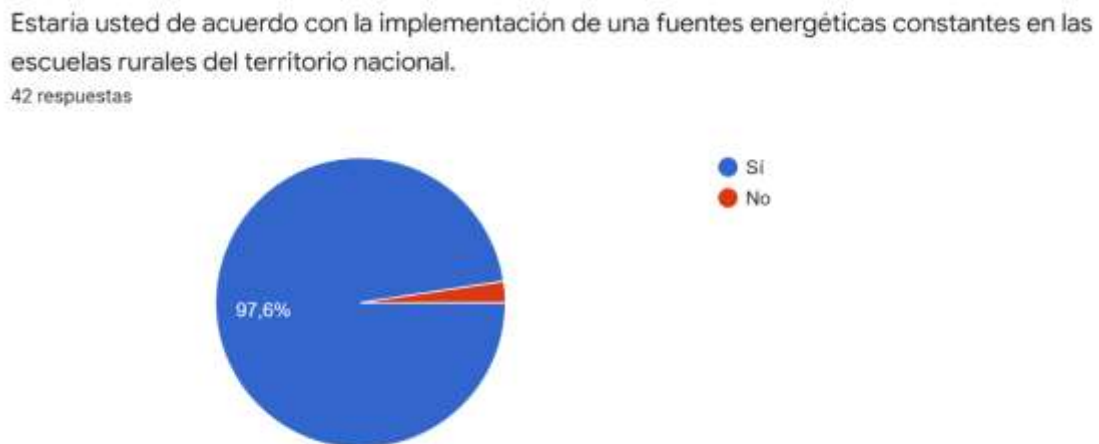


Figura 47. Aprobación de la innovación tecnológica.

6- Para la siguiente pregunta se quiere dar valor a la propuesta del modelo negocio, ya que las personas encuestadas en el 88.1% piensa que las escuelas rurales necesitan toda la ayuda disponible tecnológicamente hablando

En la actualidad cree usted que las escuelas rurales presentan falencias en:
42 respuestas

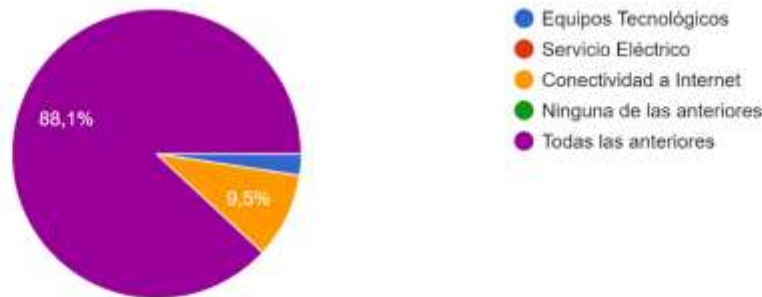


Figura 48. Falencias tecnológicas presentes en las escuelas rurales.

7- La pregunta, estaría de acuerdo con la idea base de nuestro modelo negocio, fue aprobada por el 83.3% de las personas encuestadas

Estaría de acuerdo con implementar un sistema de monitoreo en tiempo real que controle el suministro eléctrico generado por las Fuentes de Energía No Convencionales de Energía
42 respuestas

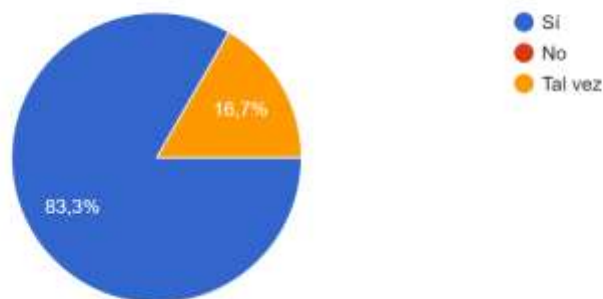


Figura 49. Implementación sistema de monitoreo FNCE.

8- La última pregunta nuestra encuesta va enfocada a las decisiones directivas que pueden tener las personas al avalar la apropiación de FNCE en las escuelas rurales del País.

Si usted hiciera parte de un comité educativo en proporción estaría de acuerdo con la innovación tecnológica en la instituciones educativas rurales.

42 respuestas

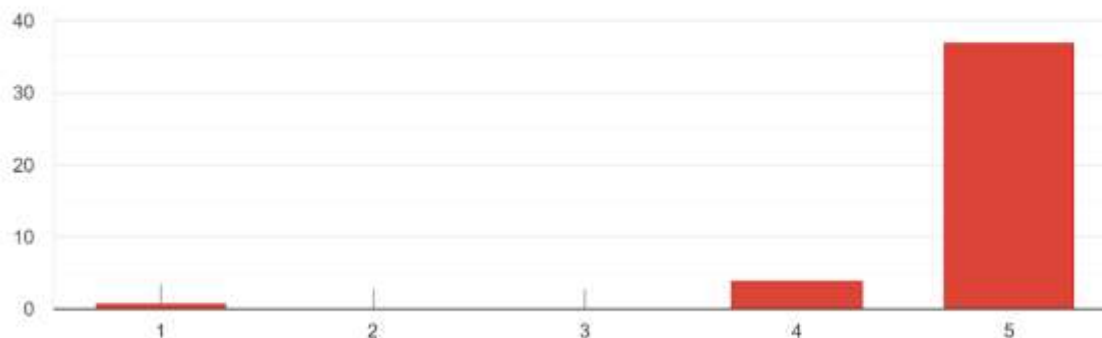


Figura 50. Innovación tecnológica.

9 -Se presenta la encuesta realizada con los ítems encuestados por Google Forms en cada una de las preguntas se tuvieron en cuenta como finalidad la validación del modelo de negocio.

Modelo de la encuesta:

Validación Modelo de Negocio apropiación de Energías Limpias en Escuelas Rurales

- 1- Correo Electrónico- Con el fin de tomar datos de referencia personal.
- 2- Nombre del encuestado
- 3- Edad del encuestado – en este punto se obtuvo el rango de edades promedio de las personas encuestadas para determinar la adopción y conocimiento de tecnologías.
- 4- Sector económico y/o laboral al que pertenece – en este punto se discriminaron los sectores tecnológico, administrativo, educativo, ejecutivo y se dejo una casilla para rellenar por si no se encontraba en la selección.
- 5- Conoce algo acerca de las Fuentes No Convencionales de Energía – con el fin de validar el conocimiento acerca de la adopción del modelo de negocio.

- 6- Estaría usted de acuerdo con la implementación de una fuente energética constantes en las escuelas rurales del territorio nacional.
- 7- En la actualidad cree usted que las escuelas rurales presentan falencias en: Equipos Tecnológicos, Servicio Eléctrico, Conectividad a Internet, Ninguna de las anteriores, Todas las anteriores.
- 8- Estaría de acuerdo con implementar un sistema de monitoreo en tiempo real que controle el suministro eléctrico generado por las Fuentes de Energía No Convencionales de Energía: si, no o talvez
- 9- Si usted hiciera parte de un comité educativo en proporción estaría de acuerdo con la innovación tecnológica en las instituciones educativas rurales: En desacuerdo, De acuerdo.

Muestra de la encuesta electrónica:

Validación Modelo de Negocio apropiación de Energías Limpias en Escuelas Rurales

gerardosilva@usantotomas.edu.co [Cambiar de cuenta](#)



*Obligatorio

Correo *

Tu dirección de correo electrónico

Nombre del encuestado *

Tu respuesta

Edad del encuestado

- ☐ Entre 15 y 30 años
- ☐ Entre 31 y 40 años
- ☐ Entre 41 y 50 años
- ☐ Entre 51 y 70 años
- ☐ 70 años y mas

Sector económico y/o laboral al que pertenece

- ☐ Tecnológico
- ☐ Educativo
- ☐ Administrativo
- ☐ Ejecutivo
- ☐ Otro: _____

Figura 51. Primera parte de la encuesta.

Conoce algo acerca de las Fuentes No Convencionales de Energía *

☐ Sí

☐ No

Estaría usted de acuerdo con la implementación de una fuentes energéticas constantes en las escuelas rurales del territorio nacional. *

☐ Sí

☐ No

En la actualidad cree usted que las escuelas rurales presenta falencias en: *

☐ Equipos Tecnológicos

☐ Servicio Eléctrico

☐ Conectividad a Internet

☐ Ninguna de las anteriores

☐ Todas las anteriores

Estaría de acuerdo con implementar un sistema de monitoreo en tiempo real que controle el suministro eléctrico generado por las Fuentes de Energía No Convencionales de Energía

☐ Sí

☐ No

☐ Tal vez

Si usted hiciera parte de un comité educativo en proporción estaría de acuerdo con la innovación tecnológica en la instituciones educativas rurales.

1 2 3 4 5

En desacuerdo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ De acuerdo

Figura 52. Segunda parte de la encuesta.

5.1 Análisis del proceso de transformación digital

La transformación digital post pandemia ha acelerado el mercado tecnológico rompiendo los paradigmas tradicionales generados por las generaciones anteriores las cuales nunca tuvieron en cuenta el escenario de la pandemia en la cual las mentes humanas en su afán de brindar una solución a la falta de presencialidad crearon nuevos caminos de comunicación acelerando el desarrollo tecnológico e innovando en la prestación de servicios como la nube, la redes sociales y la seguridad informática, sabemos que aún estamos empezando con la 4ta revolución industrial enfocada en el IoT, es por ello que se brinda la posibilidad de que en pleno inicio del siglo XXI las comunidades educativas tenga a su alcance el desarrollo de la tecnología mediada por internet ya que está en auge la virtualidad y el manejo del internet y aun más si estas se encuentra en lugares apartados del territorio nacional.

Al analizar el proceso de transformación digital se establecen los 4 pilares del Modelo de negocio en el cual se proponen las fuentes no convencionales de energía como medida



Figura 53. Los 4 Pilares de transformación digital aplicados en la propuesta de sistema para la apropiación fuentes alternativas de energía en escuelas rurales para conectividad a internet.

6. ASPECTOS LEGALES Y CONTRATACIÓN

De acuerdo con la ley 2099 de 2021 [39], donde por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones”

La Ley de 2021 de 2099 tiene como objetivo actualizar la legislación vigente relacionada con la conversión de energía, la promoción de fuentes de energía no convencionales y la dinamización de la economía del país a través de los servicios públicos de electricidad y gas combustible.

Se han identificado tres aspectos muy importantes. Inicialmente se anunciaron actividades de promoción y desarrollo de fuentes de energía no convencionales en interés público y beneficio social. Además, se creó el Fondo de Energías No Convencionales y Eficiencia Energética (Fenoge) para promover, implementar y financiar planes y proyectos de fuentes de energía no convencionales (FNCE). Como tercera medida, se otorgan diversos incentivos fiscales a quienes inviertan en investigación, producción y desarrollo de estos proyectos, como la posibilidad de deducir de la renta el 50% de la inversión (artículo 12). bienes y equipos (artículo 10). El Capítulo III de la ley trata de los temas relacionados con la exploración e investigación de los recursos de energía geotérmica. En este sentido, la norma establece un registro de energía geotérmica e impone sanciones a quienes no cumplan con las disposiciones que rigen la exploración y explotación de este recurso. Por su parte, el Capítulo IV, que prevé la transferencia de subvenciones a áreas no alineadas, se ha trasladado al sistema nacional asociado. Además, el Capítulo VI establece todas las normas relacionadas con la promoción de proyectos en el sector energético, como el establecimiento de un sistema electrónico para almacenar la información de los proyectos y priorizar la emisión de licencias. Permisos ambientales para proyectos energéticos (artículo 37).

Finalmente, el Capítulo Octavo define un sistema moderno de subsidios a la energía eléctrica, basado en la información socioeconómica de los usuarios (artículo 48). Además, ha creado un nuevo impulso para las empresas que prestan servicios públicos urbanos de transporte masivo para pasajeros que optan por la movilidad eléctrica (artículo 49), instando al gobierno a adoptar programas de certificación masiva de vehículos de baja y cero emisiones y creando etiquetas de producción limpia para incentivar a las empresas e industrias a utilizar fuentes de energía no convencionales.

CONCLUSIONES

Esta investigación tuvo como objetivo innovar en el monitoreo de las FNCE y con ello brindar un servicio tecnológico a las comunidades rurales, ya que con el desarrollo de las tecnologías en la nube se puede monitorear en tiempo real un kit energético y así mismo poder brindar un soporte inmediato cuando se presente alguna alerta.

Las tecnologías más recientes para la generación eléctrica, están basadas en el cuidado del medio ambiente con ello contribuyen a la disminución del calentamiento global ya que no generan gases, no afectan las fuentes hídricas, ni tampoco dependen de una conexión fija para alimentar los dispositivos locales, los países europeos son pioneros en la instalación de este tipo de sistemas energéticos, en Colombia se debe tener en cuenta el desarrollo tecnológico de este tipo de sistemas ya que en resumen las partes más apartadas del territorio son las más afectadas debido a que la infraestructura es poca y en algunos casos nula debido a la dispersión territorial de la población.

Por consiguiente en el estudio de las fuentes renovables vemos que el futuro de nuestra nación debe tener en cuenta la relevancia de las soluciones tecnológicas alternativas no solo por lo expuesto en este documento donde se enfoca este sistema tecnológico en las escuelas rurales de la nación, sino también porque esta solución tecnológica podría servir como alternativa eléctrica en todas las partes del territorio ya sean en instituciones privadas o públicas, el conocimiento debe ser compartido y la sostenibilidad social enfocada en el servicio eléctrico debe ser impactada con nuevas alternativas de energía que con ayuda de las tecnologías emergentes como las expuestas en este trabajo pueden desarrollar una labor comunitaria y mejorar la calidad de vida de muchos colombianos.

Es el momento para que la comunidad educativa rural apropie soluciones tecnológicas de última generación con el fin de reemplazar los sistemas energéticos convencionales ya que las tecnologías para la generación energética han impactado la geografía deteriorando tanto la vegetación como afectando el suministro hídrico de comunidades enteras.

REFERENCIAS

- [1] “CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991 PREAMBULO EL PUEBLO DE COLOMBIA”.
- [2] “Servicios públicos y esenciales | Defensor del Pueblo.”
<https://www.defensordelpueblo.es/area/servicios-publicos-y-esenciales/> (accessed Jul. 12, 2022).
- [3] M. De and E. Nacional, “PLAN ESPECIAL DE EDUCACIÓN RURAL HACIA EL DESARROLLO RURAL Y LA CONSTRUCCIÓN DE PAZ”.
- [4] “Normograma del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [CONPES_DNP_3988_2020].”
https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/conpes_dnp_3988_2020.htm
(accessed Jul. 12, 2022).
- [5] “Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica.”
http://www.upme.gov.co/Siel/Siel/Portals/0/Piec/PIEC_2016-2020_PublicarDic202016.pdf (accessed Jul. 12, 2022).
- [6] “Lib ertad y Orden,” 2013, Accessed: Jul. 12, 2022. [Online]. Available: www.legis.com.co
- [7] “Conozca los criterios para la entrega de más de 83 mil computadores a estudiantes de 750 sedes educativas de colegios públicos en Colombia.”
<https://www.mineducacion.gov.co/portal/salaprensa/Noticias/397011:Conozca-los-criterios-para-la-entrega-de-mas-de-83-mil-computadores-a-estudiantes-de-750-sedes-educativas-de-colegios-publicos-en-Colombia> (accessed Jul. 12, 2022).
- [8] “Prefacio - Informe de Competitividad Global Edición Especial 2020: Cómo se están desempeñando los países en el camino hacia la recuperación | foro Economico Mundial.” <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2020/in-full> (accessed Jul. 12, 2022).
- [9] M. Lucía Ramírez Blanco *et al.*, “CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL CONPES Iván Duque Márquez Presidente de la República Ministra del Interior”.

- [10] “El CONGRESO DE LA REPÚBLICA .”
<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202099%20DEL%2010%20DE%20JULIO%20DE%202021.pdf> (accessed Jul. 12, 2022).
- [11] “Liderar la consecución del ODS 4 – Educación 2030 | UNESCO.”
<https://www.unesco.org/es/education/education2030-sdg4> (accessed Jul. 12, 2022).
- [12] “Los lugares que aún viven sin energía eléctrica en Colombia - Otras Ciudades - Colombia - ELTIEMPO.COM.” <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/los-lugares-que-aun-viven-sin-energia-electrica-en-colombia-325892> (accessed Jul. 12, 2022).
- [13] “Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia”,
 Accessed: Jul. 12, 2022. [Online]. Available: <http://www1.upme.gov.co/sgic/>
- [14] “Página no encontrada - Región Central.” <https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/Plan-de-expansio%CC%81n-y-generacio%CC%81n-Regio%CC%81n-Central.pdf> (accessed Jul. 12, 2022).
- [15] “ESTADO DE LA COBERTURA ELÉCTRICA Y LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS EN LA REGIÓN CENTRAL”.
- [16] “Plan Nacional de Conectividad Rural .”
https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-100886_py_res_adopta_plan_nacional_conectividad_rural_v20190530_comentarios.pdf (accessed Jul. 12, 2022).
- [17] M. Brower *et al.*, “REN 21 STEERING COMMITTEE INDUSTRY ASSOCIATIONS Rainer Hinrichs-Rahlwes European Renewable Energies Federation (EREF) INTERNATIONAL ORGANISATIONS NGOS Ibrahim Togola Mali Folkecenter/ Citizens United for Renewable Energy and Sustainability (CURES) Irene Giner-Reichl Global Forum on Sustainable Energy (GFSE) MEMBERS AT LARGE NATIONAL GOVERNMENTS SCIENCE AND ACADEMIA EXECUTIVE SECRETARY”.
- [18] “El desarrollo de energías limpias es central para un crecimiento sostenible con igualdad | Comisión Económica para América Latina y el Caribe.”

<https://www.cepal.org/es/noticias/el-desarrollo-de-energias-limpas-es-central-para-un-crecimiento-sostenible-con-igualdad> (accessed Jul. 12, 2022).

[19] “Energías renovables no convencionales – SER COLOMBIA.” <https://ser-colombia.org/energias-renovables-no-convencionales/> (accessed Jul. 12, 2022).

[20] “LA RADIACIÓN SOLAR Y SU PASO POR LA ATMÓSFERA - IDEAM.” <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera> (accessed Jul. 12, 2022).

[21] “3.2 Masa de aire entre la atmósfera y la superficie terrestre.” http://seslab.org/fotovoltaico/32_masa_de_aire_entre_la_atmosfera_y_la_superficie_terrestre.html (accessed Jul. 12, 2022).

[22] “6. El concepto de hora solar pico.” http://seslab.org/fotovoltaico/6_el_concepto_de_hora_solar_pico.html (accessed Jul. 12, 2022).

[23] “ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR, ULTRAVIOLETA Y OZONO DE COLOMBIA.” <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Evaluacion-de-la-Irradiacion-Global-Horizontal-en-Colombia.pdf> (accessed Jul. 12, 2022).

[24] “11.3 Pirheliómetro.” http://seslab.org/fotovoltaico/113_pirhelometro.html (accessed Jul. 12, 2022).

[25] “Office of Energy Efficiency & Renewable Energy | Department of Energy.” <https://www.energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy> (accessed Jul. 12, 2022).

[26] “Instalación fotovoltaica - EcuRed.” https://www.ecured.cu/Instalaci%C3%B3n_fotovoltaica (accessed Jul. 12, 2022).

[27] “Qué es un anemómetro: características, tipos, aplicaciones e importancia | Meteorología en Red.” <https://www.meteorologiaenred.com/que-es-un-anemometro.html> (accessed Jul. 12, 2022).

- [28] “El Efecto Coriolis - Areaciencias.”
<https://www.areaciencias.com/meteorologia/efecto-coriolis/> (accessed Jul. 12, 2022).
- [29] “Energía eólica: cómo funciona y sus ventajas | factorenergia.”
<https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-eolica/> (accessed Jul. 12, 2022).
- [30] “PLAN DE EXPANSIÓN Y GENERACIÓN EN LA REGIÓN CENTRAL.”
<https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/Plan-de-expansio%CC%81n-y-generacio%CC%81n-Regio%CC%81n-Central.pdf> (accessed Jul. 12, 2022).
- [31] “Iniciar sesión en Azure IoT Central.”
https://login.microsoftonline.com/common/oauth2/authorize?client_id=9edfcdd9-0bc5-4bd4-b287-c3afc716aac7&redirect_uri=https%3A%2F%2Fauth.azureiotcentral.com%2F_web%2Fuser%2Flogin%2Freturn&resource=https%3A%2F%2Fmanagement.azure.com%2F&response_type=code&response_mode=form_post&state=iotcentral.loginst ate.9ZEyRz54m7gSOBa9Dz7GhJR2J0yKIXCNrrRzJwtveK-RZW_3wMVfHkl7dBLJPO3mls3O2qVysDVmF2qdIKSXaw&sso_reload=true (accessed Jul. 12, 2022).
- [32] “KETOTEK Medidor Energia Electrica Digital 6 en 1 AC40-300V 100A Voltímetro Amperímetro carril Din, Voltaje Corriente Amperaje Potencia Energía Factor de frecuencia Contador Electrico Monofasico : Amazon.es: Bricolaje y herramientas.”
https://www.amazon.es/KETOTEK-Volt%C3%ADmetro-Amper%C3%ADmetro-frecuencia-Monofasico/dp/B095LYZWYV/ref=pd_sbs_sccl_2_1/262-1702826-7818353?pd_rd_w=BOtcl&content-id=amzn1.sym.12498948-d108-4f21-9df1-a012b977fdc8&pf_rd_p=12498948-d108-4f21-9df1-a012b977fdc8&pf_rd_r=9BMKJAZBKX8ZV38S97SA&pd_rd_wg=MyIHK&pd_rd_r=ecf10f41-c84f-48c8-96d6-d756cea06589&pd_rd_i=B095LYZWYV&psc=1 (accessed Jul. 12, 2022).
- [33] “escuela samaria ortega tolima - Google Maps.”
<https://www.google.com/maps/search/escuela+samaria+ortega+tolima/@3.9038556,-75.3485584,16z?hl=es> (accessed Jul. 12, 2022).

[34] “PROGRAMA CONEXIÓN TOTAL”.

[35] “Definición TVWS”.

[36] “Gartner Magic Quadrant for Industrial IoT Platforms.”
<https://www.gartner.com/en/documents/4006918> (accessed Jul. 12, 2022).

[37] M. Lucía Ramírez Blanco *et al.*, “CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA
ECONÓMICA Y SOCIAL CONPES Iván Duque Márquez Presidente de la
República Ministra del Interior”.

[38] “RM.” <https://www.rues.org.co/RM> (accessed Jul. 12, 2022).

[39] “Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad
[LEY_2099_2021_PR001].”
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2099_2021_pr001.html
(accessed Jul. 12, 2022).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol del Problema.	12
Figura 2. Departamento con mayoría de sedes educativas sin energía eléctrica.	16
Figura 3. El mapa de 1710 poblaciones que aún se alumbran con velas en Colombia.	18
Figura 4. Árbol de Objetivos.	21
Figura 5. Mapa de Colombia con las ZNI (Zonas No Interconectadas).	23
Figura 6. Entidades y agentes vinculados al esquema de prestación del servicio de energía eléctrica	24
Figura 7. Cobertura red troncal según el Plan Nacional de Fibra Óptica (PNFO)	25
Figura 8. Propuesta de Valor modelo de negocio.	27
Figura 9. Sistema fotovoltaico sistema conectado a la Red pública.	32
Figura 10. Esquema de la distribución de la radiación en el sistema Tierra – Atmósfera.	33
Figura 11. Masa del aire en varias alturas solares.	35
Figura 12. La irradiación solar vs tiempo de un día soleado a nivel del mar.	35
Figura 13. Irradiación solar versus tiempo en un día lluvioso a nivel del mar.	36
Figura 14. Irradiación que se recibe en las horas pico en el nivel del mar.	36
Figura 15. Pirheliómetro de cavidad Absoluta, serie PMO-6.	37
Figura 16. Pirheliómetro Eppley de incidencia normal (montado sobre un seguidor de Sol).	37

Figura 17. Fabricación de una celda fotovoltaica.	38
Figura 18. Clasificación de los sistemas fotovoltaicos.	39
Figura 19. Batería o acumulador.	39
Figura 20. Instalación de un sistema fotovoltaico y sus partes.	40
Figura 21. Inversor o convertidor.	41
Figura 22. Anemómetros.	42
Figura 23. Efecto Coriolis.	43
Figura 24. Sistemas de energía eólica.	45
Figura 25. Arquitectura de AZURE monitoreo IoT para paneles solares y energía eólica.	49
Figura 26. Simulador panel de control sistema de monitoreo eléctrico en escuelas rurales de Colombia.	50
Figura 27. Modelo de sistema de monitoreo AZURE.	51
Figura 28. Variable Implementadas en el monitoreo del módulo FNCE.	52
Figura 29. Sensor de voltaje, conectividad y estabilidad energética.	52
Figura 30. KETOTEK Medidor Energia Electrica Digital 6 en 1 AC40-300V.	53
Figura 31. Ubicación Geográfica escuela modelo.	54
Figura 32. Cobertura radioenlace escuela sede A.	56
Figura 33. Cobertura radioenlace escuela sede B.	56
Figura 34. Niveles de la señal de cobertura del proveedor internet.	57

Figura 35. Arquitectura comunicación satelital.	58
Figura 36. arquitectura Radio Enlace Terrestre.	59
Figura 37. Arquitectura sistema TVWS.	60
Figura 38. Base Estación de Espacios en blanco (BDEB).	61
Figura 39. Lugares de instalación piloto TVWS en Colombia a mayo de 2021.	61
Figura 40. Modelo de negocio ilustrado.	65
Figura 41. Arquitectura IoT Sistema de energía sostenible.	67
Figura 42. Registro Mercantil.	70
Figura 43. Grupo de encuestados.	73
Figura 44. Edades de los encuestados.	74
Figura 45. Ocupaciones y/o profesiones de los encuestados.	74
Figura 46. Porcentaje de conocimiento FNCE.	75
Figura 47. Aprobación de la innovación tecnológica.	75
Figura 48. Falencias tecnológicas presentes en las escuelas rurales.	76
Figura 49. Implementación sistema de monitoreo FNCE.	76
Figura 50. Innovación tecnológica.	77
Figura 51. Primera parte de la encuesta.	79
Figura 52. Segunda parte de la encuesta.	80

Figura 43. Los 4 Pilares de transformación digital aplicados en la propuesta de sistema para la apropiación fuentes alternativas de energía en escuelas rurales para conectividad a internet.

81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. La cantidad de poblaciones afectadas por fluido eléctrico (Noticia el Tiempo) sacada del UPME.	19
Tabla 2. Análisis de las alternativas técnicas para solucionar el problema.	28
Tabla 3. Precios FNCE en el mercado actual.	48
Tabla 4. Caracterización consumo eléctrico escuela rural.	55
Tabla 5. Alternativas tecnologías de transmisión.	61
Tabla 6. Alternativas proveedores Cloud.	63
Tabla 7. Escenarios que se presentan en el suministro eléctrico de las escuelas Rurales.	66
Tabla 8. (TAM) tamaño del mercado para el modelo de negocio propuesto.	71
Tabla 9. Tabla de competidores.	72

LISTA DE FORMULAS

Ecuación 1. Angulo de inclinación.

34