

Energía eólica aplicada a torres de telecomunicaciones.



Luis Miguel Marciales Pardo

Pablo David Robayo Mendieta

Sergio Esteban Micán Rodríguez

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Construcción y Gestión en Arquitectura

Bogotá D.C.

2025

Energía eólica aplicada a torres de telecomunicaciones.

Luis Miguel Marciales Pardo

Pablo David Robayo Mendieta

Sergio Esteban Micán Rodríguez

Francisco Javier Lagos Bayona

Director Proyecto de Grado

Henry Noreña Villareal

Codirector de Proyecto de Grado

Lucas Alfonso Quimbayo

Director de énfasis en investigación

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Construcción y Gestión en Arquitectura

Bogotá D.C.

2025

NOTAS ACEPTACIÓN DE LOS TUTORES

Francisco Javier. Lagos Bayona.

Arq. Mg. en Construcción y Mg. Diseño Sostenible.
Director de proyecto de investigación y desarrollo.

Henry Noreña Villarreal.

Administrador de Empresas. Esp. Formulación y Evaluador de Proyectos.
Codirector de proyecto de investigación y desarrollo.

Lucas Alfonso Quimbayo Londoño.

Arquitecto. Esp. en mercados.
Director énfasis en producto proyecto de grado.

Juan Guillermo Lozano.

Administrador y Constructor Arquitectónico Maestría en Hábitat
Jurado 1 Proyecto de Grado

Carlos Alberto Corrales Medina.

Arquitecto Especialización En Hábitat
Jurado 2 trabajo de Grado.

DEDICATORIAS

A mi madre con profunda admiración y agradecimiento, dedico este trabajo de investigación, por entregar siempre lo mejor de ella, su sabiduría me ha guiado en cada decisión y su fe me ha impulsado a alcanzar metas cada vez mayores. Por su fuerza y animo al creer en mí, esta investigación no solo representa un logro académico si no también el reflejo de tus esfuerzos, valores y enseñanzas que llevas sembrando en mi desde siempre. A ti mama, dedicó este trabajo con orgullo y corazón.

Pablo David Robayo Mendieta.

A mis padres y mi familia por su gran apoyo y amor incondicional que me llenaron de motivación y fuerza para continuar incluso en momentos difíciles y superar cada desafío, a mis compañeros de proyecto por su compromiso, dedicación y esfuerzo que lo han hecho posible y finalmente dedico este trabajo a todas las personas que con su confianza, amistad y palabras de aliento me inspiraron a alcanzar una meta que representa un avance académico y también un aporte para el desarrollo sostenible.

Luis Miguel Marciales Pardo.

A mis padres, quienes con esfuerzo y dedicación me formaron con valores y principios admirables, quienes, con su amor, me brindaron la oportunidad de estudiar y ser quien soy ahora, a mi familia por su apoyo en cada noche en la que desvelaba haciendo trabajos, a mis amigos quienes fueron fuente de inspiración y crecimiento diariamente para formarme y crecer académicamente

Sergio Esteban Mican Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre, quien ha sido mi mayor pilar a lo largo de esta investigación y crecimiento profesional, por su amor incondicional, por sus palabras aliento, su apoyo emocional, fundamentales para llegar hasta este punto, agradezco profundamente su ejemplo de dedicación y esfuerzo, que me inspira a ser perseverante y avanzar frente a dificultades, su paciencia comprensión y opiniones me han guiado en los momentos de mayor presión durante el desarrollo de la investigación.

Pablo David Robayo Mendieta.

A Dios por darme la vida, sabiduría, motivación y la oportunidad de aprender algo nuevo cada día, a los docentes que han acompañado todo este proceso especialmente a mi asesor de tesis por su compromiso, por su guía y paciencia durante el desarrollo de este trabajo, a mi familia por su apoyo constante y a la universidad Colegio Mayor de Cundinamarca que hizo posible el desarrollo de este proyecto.

Luis Miguel Marciales Pardo.

Agradezco primeramente a Dios por haberme guiado hasta el día de hoy en todas mis decisiones y permanecer en mí, así como a toda mi familia, amigos y allegados que estuvieron presentes aportando cada día sus consejos y conocimientos para lograr este gran objetivo. Agradezco a la universidad y cada profesor que me brindó conocimiento para lograr este proyecto.

Sergio Esteban Mican Rodríguez

PROLOGO

La integración de energía eólica aplicada a torres de telecomunicaciones no solo representa una respuesta técnica a los desafíos energéticos actuales, sino que también refleja una transición hacia fuentes renovables. Esta tecnología permite aprovechar los recursos naturales disponibles, optimizar costos operativos y reducir el impacto ambiental asociado a métodos tradicionales, como el uso de plantas diésel, la energía eólica ofrece ventajas significativas, contribuyen a la sostenibilidad y promueven el desarrollo en zonas rurales.

Modesto Guevara. Gerente general empresa M.G. Estructuras

Me llamó la atención que una solución basada en viento y baterías pueda evitar pérdidas económicas y al mismo tiempo, aportar a la continuidad de un servicio tan esencial. Desde mi perspectiva, el proyecto demuestra que la tecnología renovable no solo es un tema ambiental, sino una herramienta práctica y necesaria para mejorar la calidad y la confiabilidad de los servicios que usamos todos los días, sin conocimientos técnicos se comprende el valor real y la importancia de implementar un sistema como este en el sector de las telecomunicaciones.

Nicol Stephania Calderón Pardo

Me parece muy interesante la investigación, ya que está contribuyendo al cambio climático por medio de la implementación de este tipo de recolección de energía renovable, ayudando a reducir la contaminación auditiva de la fauna que puede habitar en estas zonas rurales. Es muy innovador, ya que nunca había escuchado de algo parecido para recolectar la energía de este tipo de estructuras de telecomunicaciones y de esta forma mantener un servicio constante a todas las personas que usamos estos camales en el día a día.

Rosa Susana Rodríguez Niño

RESUMEN ESPAÑOL

En Colombia las zonas rurales en donde se encuentran ubicadas torres de telecomunicaciones enfrentan constantes interrupciones en el servicio eléctrico debido al robo del cableado, fallas en accesorios eléctricos y mantenimientos programados en la red eléctrica pública, estas interrupciones impactan negativamente a comunidades, empresas, instituciones educativas y organismos de emergencia que dependen de estos sistemas.

En respuesta a esta problemática, se plantea la implementación de un sistema de suministro de energía por medio de un generador eólica como fuente de energía de respaldo. El objetivo principal es evaluar y demostrar como la energía eólica puede garantizar autonomía eléctrica evitando la ausencia del Servicio de telecomunicaciones en las comunidades rurales, reducir costos operativos asociados al uso de motogeneradores diésel y aumentar la confiabilidad del servicio.

La investigación analiza factores técnicos como velocidad del viento, altura de la torre, capacidad de generación de energía eléctrica, económicos como costos de instalación y correcto mantenimiento, también aspectos operativos como el tipo de persona, procedimiento de instalación y protocolos de validación antes durante y después de la instalación del servicio. Como resultado esperado, la aplicación del sistema eólico se convierte en una alternativa sostenible y eficiente para asegurar la continuidad de energía eléctrica en torres de telecomunicaciones, Disminuyendo el impacto de fallas eléctricas y fortaleciendo la conectividad en áreas rurales del país.

PALABRAS CLAVES

Telecomunicaciones, Torres de telecomunicaciones, Energía eólica, áreas rurales, fallas eléctricas, energía de respaldo.

ABSTRACT

In Colombia, rural areas where telecommunications towers are located face constant power interruptions due to cable theft, electrical accessory failures, and scheduled maintenance on the public power grid. These interruptions negatively impact communities, businesses, educational institutions, and emergency organizations that depend on these systems.

In response to this problem, the implementation of a power supply system using a wind generator as a backup power source is proposed. The main objective is to evaluate and demonstrate how wind power can guarantee electrical autonomy, avoiding the lack of telecommunications service in rural communities, reduce operating costs associated with the use of diesel generators, and increase service reliability.

The research analyzes technical factors such as wind speed, tower height, and power generation capacity; economic factors such as installation and maintenance costs; and operational aspects such as the type of person employed, installation procedures, and validation protocols before, during, and after service installation. As an expected result, the application of the wind system becomes a sustainable and efficient alternative to ensure the continuity of electrical power in telecommunications towers, reducing the impact of power outages and strengthening connectivity in rural areas of the country.

KEYWORDS

Telecommunications, Telecom Towers, Wind Power, Rural Areas, Power Outages, Backup Power.

INDICE

Contenido

1. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA EÓLICA APLICADA A TORRES DE TELECOMUNICACIONES.....	19
1.1. Presentación	19
1.2. Ficha Técnica generador eólico opción #1.....	21
1.3. Área de investigación para sistema de energía eólica alterna aplicada a torres de telecomunicaciones.....	24
1.4. Tema de investigación.....	24
1.5. Título de la investigación.	24
1.6. Línea de investigación.....	26
1.7. Tipo de investigación experimental:	26
1.8. Clase de investigación.....	27
1.9. Objetivo general y específicos del Sistema de energía eólica aplicada a torres de telecomunicaciones.....	27
1.10. Cuadro de variables, valores e indicadores.	29
1.11. Herramientas de investigación utilizadas.....	30
1.11.1. Entrevista.....	30
1.12. Presupuesto.....	31
1.13. Cronograma.....	32
1.14. Obtención del número ORCID.....	34
1.15. Evidencia de diligenciamiento del CvLac.....	34
2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA EÓLICA APLICADA A TORRES DE TELECOMUNICACIONES.....	36
2.1. Formulación del problema a investigar.....	36
2.1.1. Árbol del problema causas y consecuencias, descripción.....	37
2.1.2. Árbol de objetivo medios y fines, definición.	38
2.1.3. Árbol de objetivos, logros e insumos	39
2.1.4. Delimitación temática y geográfica.....	40
2.2 Descripción.....	41
2.2.1. Concepto general del sistema de energía eólica aplicada a torres de telecomunicaciones en zona rurales de Colombia.....	41
2.2.2. Impacto tecnológico, social y ambiental.	41

2.2.3.	Potencial innovador.....	42
2.3	Justificaciones del problema a investigar.....	42
2.3.1.	Justificación Ambiental.....	42
2.3.2.	Justificación Social.....	43
2.3.3.	Justificación Económica.....	43
2.3.4.	Justificación Profesional	43
2.3.5.	Justificación Tecnológica.....	44
2.3.6.	Necesidades que satisface	44
2.3.7.	Impacto ambiental.....	45
2.4.	Metodología de la investigación.	45
2.4.1.	Alcance.....	45
2.4.2.	Procedimientos.....	46
2.4.3.	Entrevistas.....	58
2.4.4.	Técnicas e instrumentos.....	58
2.5.	Antecedente del problema a investigar.....	59
2.6.	Estado del Arte del problema a investigar	64
2.7.	Marcos contextual o referencial	67
2.7.1.	Marco Teórico.....	67
2.7.2.	Marco Histórico.....	71
2.7.3.	Marco Normativo	80
2.7.4.	Marco prestación del servicio.....	82
3.	Suministro e instalación de sistema de energía eólica alterna aplicada a torre de telecomunicaciones.....	90
3.1.	Nombre e imagen del servicio.....	90
3.2.	Composición del servicio sistema de energía eólica alterna aplicada a torre de telecomunicaciones.....	90
3.2.1.	Insumos, elementos y componentes del servicio sistema de energía eólica alterna aplicada a torre de telecomunicaciones.....	90
3.2.2.	Especificaciones técnicas del servicio sistema de energía eólica alterna aplicada a torre de telecomunicaciones.....	93
3.2.3.	Características físicas, químicas y mecánicas del servicio.....	95
3.2.4.	Ventajas comparativas.....	99

3.2.5.	Presentación del servicio, dimensiones, modalidades, requisitos, periodicidad, características de uso.....	100
3.3.	Proceso de Prestación del servicio.	104
3.3.1.	Identificación de las actividades necesarias para el servicio (planos estructura soporte), puesta en marcha, prueba de inicio y entrega de servicio.....	104
3.3.2.	Duración del ciclo de prestación servicio.	110
3.3.3.	Capacidad instalada.....	110
3.3.4.	Proceso de control de calidad.....	112
3.3.5.	Proceso de seguridad industrial.....	113
3.3.6.	Puesta en marcha al final de la prestación servicio.....	114
3.4.	Necesidades y requerimientos.....	115
3.4.1.	Materias primas e insumos.....	115
3.4.2.	Pruebas y ensayos.....	115
3.4.3.	Tecnología herramientas, equipos y maquinaria.....	117
3.4.4.	Pruebas piloto, secuencia de uso, planes de manejo.	121
3.4.5.	Sistema de presentación, empaque y embalaje.	123
3.5.	Costos.....	124
3.5.1.	Precios unitarios.....	124
3.5.2.	Costos globales del servicio.....	127
3.5.3.	Valor comercial del producto.....	127
4.	CONCLUSIONES.....	128
4.1.	De la investigación del servicio.....	128
5.	GLOSARIO DE TÉRMINOS Y VOCABULARIO ESPAÑOL A INGLES.....	130
5.1.	De la investigación del servicio.....	130
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	140
6.1.	Bibliografía básica.....	140
	Bibliografía.....	140
7.	ANEXOS.....	142
7.1.	Anexos del ESTUDIO DE MERCADO (Documento trabajado en la asignatura de Administración).....	142
7.2.	Anexos del PLAN DE MARKETING (Documento trabajado en la asignatura de administración).....	142

7.3.	Entrevistas.	142
7.4.	Presentación en power point	142
7.5.	Fotografías (identificación de la problemática)	142
7.6.	Prototipo o maqueta virtual o maqueta física o videos	142
7.7.	Poster.....	143
7.8.	Formato de identificación del proyecto para el repositorio institucional.....	143

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 presupuesto.....32

Tabla 3 cronograma.....33

Tabla 2 diagrama investigación.....33

Tabla 4 comparativa generadores eólicos50

Tabla 5 características físicas y químicas batería.....98

INDICE DE FIGURAS

figura 1. AerocomSMP. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	19
Figura 2. ficha técnica aerogenerador tulipán mediano. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	21
Figura 3. ficha técnica torres de telecomunicaciones. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	22
Figura 4. ficha técnica generador eólico RX-XV. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025....	23
Figura 5 dato calculador de títulos. Autor. Adaptado de Ciencia Interdisciplinaria y Salud Pública. 2025.....	25
figura 6. Problemática. autor Ingytelcom. 2025.....	36
figura 7 problemática. autor. Ingytelcom. 2024	36
Figura 8. generador eólico modelo RX-LV. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	46
Figura 9. generador eólico pequeña turbina tulip. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025....	47
Figura 10. generador eólico rulis electric. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025.....	48
Figura 11. generador eólico modelo liam F1. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	49
Figura 12 banco de baterías HJ-ESS-215 ^a . Autor. Adaptado de HuiJue. S.f.....	54
Figura 13 banco de baterías modelo CBS240	54
Figura 14 Batería MUST LP16-48100.....	54
Figura 16 Recopilación de dato en el software Meteoblue.Autor. adaptado de software meteoblue.2025.	56
Figura 15 Recopilacion de dato en el software Meteoblue. Vita #2. Autor. adaptado de software meteoblue.2025.	56
Figura 17 Recopilación de dato en el software Meteoblue. Vista #3.Autor. adaptado de software meteoblue.2025.	57
Figura 18 reporte de fallas de la empresa TELECONNECT para el año 2020-2021	59
Figura 19 torre de telecomunicaciones cerro venado. Autor.ingytelcom. s.f.....	60
Figura 20 Daño en DPS Dispositivo de protección contra sobretensiones y transformador. Autor. ingytelcom. s.f.....	61
Figura 21 Medición eléctrica sobre equipos de telecomunicaciones. Autor.ingytelcom. 2023.	62
Figura 22 trasiego antena cerro venado. Autor. ingytelcom. s.f.	63
Figura 23 paneles fotovoltaicos. Autor. Adaptado de intertecnica. S.f.	65
Figura 24 baterías paneles fotovoltaicos. Autor. Adaptado de desigenia.com. s.f.....	65
Figura 25 plantas eléctricas diésel. Autor. Adaptado de Contactamos Equipos SAS. S.f.....	66
Figura 26 torres de difusión para radio AM.....	72
Figura 27 torre de telecomunicaciones con antenas. Autor. Adaptado de pixabay. S.f.....	73
Figura 28 torre de telecomunicación con energía solar. Autor. Adaptado de freepik. S.f.....	74
Figura 29 viento como propulsor de barcos. Autor. Adaptado de https://amuraworld.com . Enero 2023.....	75
Figura 30 molino de viento. Autor. Adaptado de https://www.aboutspanol.com/ . S.f.	76
Figura 31 parque eólico desierto de california. Autor. Adaptado de cdn.pixabay.com . 2016	77

Figura 32 parque eólico jepirachi. Autor. Adaptado de. www.renunciamosyviajamos.com . 2015.	78
Figura 33 parque eólico. Autor. Adaptado de https://news.soliclima.com/ . S.f.	79
Figura 34 energía eólica. Autor. Adaptado de https://www.greentecher.com/ . 2022.	79
figura 35. AEROCOMSMP. Autor. Generado por chtgpt. 2025	
figura 36. turbina mediana. Autor. adaptado de Flowerturbines. s.f.	82
Figura 37 generadores eólicos tipo tulipán. Autor. Adaptado de https://www.flowerturbines.com/ . S.f.	84
Figura 38. plano de detalle anclaje generador. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	85
Figura 39 soporte en torre. Autor ingytelcom. Abril 2025	85
Figura 40. Batería MUST LP16-48100. Autor adaptada de mustenergy, s.f.	86
Figura 41. ficha técnica Batería MUST LP16-48100. Autor adaptada de mustenergy, s.f.	87
Figura 42 Generador eólico anclado a torre de telecomunicaciones. Vista #2	89
Figura 43 Generador eólico anclado a torre de telecomunicaciones	89
Figura 44 Diagrama de instalación del sistema eólico para torres de telecomunicaciones	89
Figura 45. generador eólico aplicado a torres de telecomunicaciones. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	90
Figura 46 Generador eólico de la marca flower turbines. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	91
Figura 47. Batería de almacenamiento MUST LP16-48100. Autor adaptada de mustenergy, s.f.	91
Figura 48. Inversor MUST Serie PH1100 PRO. Autor adaptada de mustenergy, s.f.	92
Figura 49. Detalle soporte generador eólico. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	92
Figura 50. Diagrama de flujo pre servicio. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	93
Figura 51. Diagrama de flujo durante el servicio. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	94
Figura 52. Diagrama de flujo post servicio. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	95
Figura 53. Turbina mediana. Autor. Adaptado de Flowerturbines. S.f.	96
Figura 54. Batería de almacenamiento MUST LP16-48100. Autor adaptada de mustenergy, s.f.	97
figura 55. turbina eólica tulipan mediana. Autores Marciales, Mican y Robayo. 2025	101
figura 56. torre de telecomunicaciones con sistema implementado. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	102
figura 57. cableado electrico del sistema. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	103
figura 58. bateria con inversor de corriente. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	103
Figura 59. Ubicación estación de telecomunicaciones. Autor adaptado de consejoderedaccion.org . 2023	104
Figura 60. HSEQ. Autor adaptado de ohse.ca . s.f.	105
Figura 61. Generador eólico con batería. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	107
Figura 62. Pinza Amperimétricas. Autor adaptado de osakaelectronicsltda . S.f.	108
Figura 63. Acta de aceptación del servicio. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	109
Figura 64. grafica capacidad instalada vs capacidad requerida.	110
Figura 65. grafica capacidad instalada ventas vs capacidad requerida ventas.	111

Figura 66.grafica capacidad instalada maquinaria y tiempo vs capacidad requerida maquinaria y tiempo.....	111
Figura 67. Proceso de control de calidad. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	112
Figura 68. documentos de entrega. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	114
Figura 69. Cableado eléctrico. Autor. Generado por chatgpt. 2025.....	115
Figura 70. Generador eólico de la marca flower turbines. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025	117
Figura 71. .Batería de almacenamiento MUST LP16-48100. Autor adaptada de mustenergy, s.f.	117
Figura 72. Inversor MUST Serie PH1100 PRO. Autor adaptada de mustenergy, s.f.	118
Figura 73. sensores metereologicos. Autor. adaptado de sevensensor.2022.....	118
Figura 74. Llaves con torquímetro. Autor. Adaptado de bigdaishowa.com. s.f.	119
Figura 75. Taladro industrial y brocas. Autor. adaptado de corporación ferremax. S.f.....	119
Figura 76. Multímetro y pinzas amperimetrizas. Autor. Adaoptado de fluke. S.f.....	120
Figura 77. Polea para cable y soga. Autor. Adaptado de prowinch. S.f.....	120
Figura 78. equipo de proteccion personal. Autor. adaptado de segusa. S.f.....	121
Figura 79. Presentación y empaque aerogenerador. Autor. Adaptado de Flower turbines. S.f. ..	123
Figura 80. Análisis de precio unitarios. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025.....	124
Figura 81. cuadro 4901 cámara de comercio. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025.....	125
Figura 82. cuadro 4902 cámara de comercio gastos de distribución. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025	125
Figura 83. cuadro 4903 c.c presupuesto de publicidad anual. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025.....	126
figura 84. cuadro 4904 c.c proyecciones de ventas. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025. 127	
Figura 85.cuadro 4910 cámara de comercio valor comercial del servicio. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025	127

INTRODUCCIÓN

El término telecomunicaciones se define como comunicación a distancia, los avances tecnológicos en este ámbito han permitido que una gran parte de la población mundial se comunique instantáneamente con otras personas ubicadas en cualquier parte del mundo. De hecho, es bastante común observar a personas en países desarrollados utilizando dispositivos de comunicación electrónicos, como teléfonos modulares, teléfonos celulares y computadoras personales, para compartir ideas e información (William A. Darity, 2008).

En América Latina la falta de un sistema de redes extenso representó un desafío importante para el crecimiento de las economías latinoamericanas, y la necesidad de financiamiento para financiar la modernización de los sistemas generó una apertura hacia la privatización. Esta apertura también estuvo influenciada por políticas de liberalización comercial como el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).

(William A. Darity, 2008). En países sudamericanos como Colombia, el corregimiento de San Sebastián de Palmitas, es una de las zonas más rurales de la ciudad y con la cifra más alta de hogares sin conexión a internet en Medellín. Allí, al 55,6% por ciento de las viviendas los prestadores de servicios de internet no llegan por las condiciones del terreno y el difícil acceso a las veredas, según resultados de la encuesta de Calidad de Vida 2020, realizada por la Universidad de Antioquia. (GDA, Por primera vez llega internet a la zona más rural de Medellín, 2021)

Como en San Sebastián de Palmitas-Medellín, muchas regiones rurales requieren el servicio de telecomunicaciones ya que este suministra importantes beneficios sociales, además del simple crecimiento económico; por ejemplo, los sistemas modernos facilitan la obtención rápida de información vital necesaria para proporcionar una atención sanitaria de calidad y brindan un acceso

rápido a información crítica necesaria para reducir los riesgos de seguridad (William A. Darity, 2008)

El sector de telecomunicaciones ha generado un gran esfuerzo para llegar a la mayor parte del territorio colombiano, teniendo en cuenta las áreas rurales del territorio, implementando la construcción de torres de telecomunicaciones en estas áreas aisladas y así poder aumentar la conectividad entre redes de telecomunicaciones abasteciendo del servicio de telecomunicaciones a estas regiones y comunidades, sin embargo no solo basta con tener la infraestructura requerida para el suministro de telecomunicaciones, esta infraestructura requiere y depende de un factor sumamente importante que es el suministro constante de energía eléctrica ya que si se llegase a interrumpir dejan de funcionar todos los equipos encargados de generar este servicio de conectividad.

Esto provoca una dependencia total del correcto funcionamiento del suministro eléctrico, el cual es vulnerable al encontrarse en áreas rurales a vandalismo, fallas en accesorios eléctrico y cortes por mantenimientos en la red eléctrica de la región, los cuales al momento de presentarse desconectan y paralizan a estas comunidades rurales. Teniendo en cuenta esta gran problemática y todo lo que puede llegar a afectar a una región esta desconexión, “Las energías renovables como la eólica se vuelven sumamente atractivas teniendo esta un potencial total aproximado a los 30.000 MW de capacidad inestable, Solo La Guajira tiene un potencial a los 20.000 MW” (Hernández, 2019). Teniendo en consideración este gran potencial se propone como mejor alternativa la aplicación de un sistema de energía eólico provisional que permite suministrar y garantizar en continuo flujo de energía eléctrica durante la presencia de fallas y cortes eléctricos que interrumpen el suministro de energía eléctrica.

Esta alternativa minimiza las fallas eléctricas que se presentan en las estaciones de telecomunicaciones produciendo así un continuo flujo del servicio (internet, televisión, telefonía), el cual evita la intermitencia del servicio en las comunidades rurales que se benefician del servicio.

1. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA EÓLICA APLICADA A TORRES DE TELECOMUNICACIONES.

1.1. Presentación

Imagen de la empresa:



figura 1. AerocomSMP. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

La investigación se enfoca en el sistema de energía eólica aplicado a torres de telecomunicaciones como energía de respaldo, el cual consiste en un sistema de generación de energía eólica diseñado específicamente como fuente de respaldo para torres de telecomunicaciones, su propósito es garantizar la continuidad del servicio ante fallas en la red eléctrica convencional o en condiciones extremas, utilizando una fuente de energía limpia, autónoma y renovable.


Como funciona:

Este sistema utiliza un aerogenerador de mediano tamaño instalado sobre la torre de telecomunicaciones, la energía producida se almacena en baterías de alta capacidad y se gestiona mediante un sistema inteligente que prioriza el uso eficiente del recurso eólico. Cuando se interrumpe el suministro eléctrico principal, el sistema se activa automáticamente para garantizar la operación continua del equipo de telecomunicaciones.

1.2. Ficha Técnica generador eólico opción #1.

FICHA TÉCNICA


GENERADOR EÓLICO



CARACTERÍSTICAS AEROGENERADOR TULIPAN MEDIANO

⚡

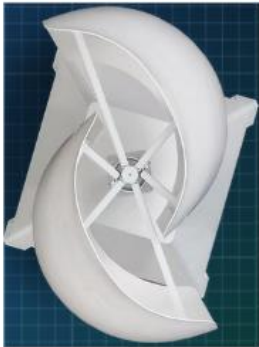
Potencia nominal:	500 VATIOS
Voltaje nominal:	220 V
Velocidad del viento de arranque:	2 m/s
Velocidad nominal del viento:	11 m/s



CARACTERÍSTICAS

⚡

Material de las cuchillas:	Termoplastico
Generador:	Generador de imán permanente de alta eficiencia
Caja del generador:	Aleación de aluminio
Número de aspas:	2



CARACTERÍSTICAS

⚡

Diámetro de la turbina	1.18 m
altura de las aspas	2 m
Color :	Blanco/azul
Peso:	100 kg

Figura 2. ficha técnica aerogenerador tulipán mediano. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

Ficha técnica torre de telecomunicaciones y su adaptación sistema eólico

FICHA TECNICA

TIPOLOGIA TORRES DE TELECOMUNICACIONES



CARACTERISTICAS
Modelo: Auto soportada

▲

Geometría Triangular/Cuadrada

Altura (m) 10 a 60 m

Ubicación: Rural / Urbana

Descripción:
Mayor resistencia a la torsión, su diseño estructural tiene la capacidad de soportar varias antenas de gran tamaño, su sección transversal puede ser cuadrada o triangular.





CARACTERISTICAS
Modelo: Atirantada

■

Geometría Triangular/Cuadrada

Altura (m) 10 a 40 m

Ubicación: Rural / Urbana

Descripción:
Cuenta con guayas a diferentes distancias para generar más estabilidad a la estructura, la gran mayoría se construyen sobre estructuras o edificaciones existentes. Este tipo de torre deberá contar con un sistema de columnas y vigas en la base para soportar y distribuir los esfuerzos que la torre atirantada le va a transmitir.





CARACTERISITICAS
Modelo: Monopolo

●

Geometría Tubular

Altura (m) 10 a 30 m

Ubicación: Rural / Urbana

Descripción:
Este tipo de torre es mas resistente a la torsión, son las más apropiadas para ubicar en zonas urbanas, capacidad de soportar varias antenas de gran superficie.



Figura 3. ficha técnica torres de telecomunicaciones. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

FICHA TECNICA

**GENERADOR
EOLICO**



CARACTERISTICAS

Modelo: RX-XV



Potencia nominal:	400W
Voltaje nominal:	AC 12V / 24V
Velocidad del viento de arranque:	2.5m/s
Velocidad nominal del viento:	10m/s



CARACTERISTICAS



Material de las cuchillas:	vidrio / basalto
Generador:	Generador de imán permanente trifásico
Caja del generador:	aleación de aluminio
Numero de aspas:	3



CARACTERISITICAS



Diámetro de la rueda	0.6m
altura de la rueda	0.6m
Color :	Rojo/Blanco

Figura 4. ficha técnica generador eólico RX-XV. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

1.3. Área de investigación para sistema de energía eólica alterna aplicada a torres de telecomunicaciones.

La energía eléctrica tiene un papel de gran importancia en la vida moderna, mejorando la calidad de vida en diferentes sectores como lo son la industria, el hogar, y las comunicaciones. En muchos casos su generación puede afectar negativamente el medio ambiente, lo que hace considerar fuentes más sostenibles. “En Colombia la fuente de energía es mayor mente hidroeléctrica debido a su ubicación geográfica y recursos hídricos, lo que la diferencia del modelo mundial basado en combustibles fósiles, el país cuenta con más de 30 centrales hidroeléctricas representando un 63% de la energía suministrada y consolidado como unos de los líderes en generación de energía.” (Torres, 2017)

1.4. Tema de investigación

Las estaciones de telecomunicaciones son el punto central de comunicación para los teléfonos móviles, permite la conexión con la red a través de un equipo, que se encarga de gestionar llamadas, señalización y asignación de canales de radiofrecuencia. Estas estaciones incluyen elementos esenciales como antenas de radio, estructuras metálicas de soporte, equipos de comunicación, enlaces de transmisión por microondas o fibra óptica, y sistemas de energía de respaldo que garantizan su funcionamiento continuo. (Serrano, 13, pág. 19)

1.5. Título de la investigación.

- a. Sistema de energía eólica aplicado a torres de telecomunicaciones para mitigar fallas eléctricas en estaciones ubicadas en áreas rurales de Colombia.
- b. Sistema alterno de energía eólica para mitigar fallas eléctricas en estaciones de telecomunicaciones ubicadas en áreas rurales de Colombia.

c. Evitar el desabastecimiento del servicio de telecomunicaciones con sistemas de energía alternativas.

d. Energía eólica alterna aplicada a torres de telecomunicaciones en zonas rurales de Colombia.

De acuerdo con la calculadora de títulos usada para el cálculo de viabilidad de título se logró una calificación de 9.37/10 para el título (Energía eólica alterna aplicada a torres de telecomunicaciones en zonas rurales de Colombia), el cual se selecciona como el título con las características adecuadas.

9. ¿Cuántas palabras hay en el título de su investigación?

12

Mínimo Máximo

Mínimo 1 y máximo 100

10. ¿Cuántos caracteres (con espacios) hay en el título de su investigación?

89

Mínimo Máximo

Mínimo 1 y máximo 250

11. ¿Cuántos detalles de la investigación se han incluido?

6

Sólo lo suficiente Completo

Mín. 0 y Máx. 100

Título de la investigación Impacto

9.37

Figura 5 dato calculador de títulos. Autor. Adaptado de Ciencia Interdisciplinaria y Salud Pública. 2025.

1.6. Línea de investigación

Línea 09. Productividad y competitividad en las organizaciones: Centrada en el estudio para la optimización de los recursos, bienes y servicios para que de esta manera funcionen de una forma eficiente. Integrando procesos y actividades como gestión de recursos humanos hasta la gestión de proyectos, pasando por la gestión financiera y la gestión de la calidad, así integrando y promoviendo procesos de investigación, tecnología, diseño, control productivo y líneas de abastecimiento.

1.7. Tipo de investigación experimental:

Para realizar este tipo de investigación se deben seguir una serie de pasos y procedimientos con el fin de obtener un resultado verídico, algunos de estos son:

- a. Definir el problema y objetivos
- b. Revisión bibliográfica
- c. Identificación de variables y factores
- d. Selección de métodos y técnicas
- e. Diseño experimental
- f. Implementación del experimento
- g. Análisis de los datos
- h. Conclusiones y recomendaciones
- i. Referencias

Adicionalmente se recomienda realizar algunos experimentos que permitan comprobar el respaldo energético que tiene el producto al momento de una falla eléctrica o algún factor que afecte la energía de las torres de telecomunicaciones y que pueda ser solucionado por medio de

este tipo de energía alterna, sin que llegue a afectar a la empresa que es dueña de las torres, ni al usuario que adquiere el servicio de telecomunicaciones.

1.8. Clase de investigación.

La investigación experimental aplicada a fallas eléctricas en estaciones de telecomunicaciones cuenta con parámetros y características propias de este tipo de investigación los cuales requieren un procedimiento donde se identifican 4 ítems importantes para su ejecución como lo son:

- a. Planificación y diseño
- b. Implementación del experimento
- c. Análisis e interpretación de los resultados
- d. Presentación y difusión de los resultados. Estos cuatro ítems permiten la

Identificación de un problema especial.

1.9. Objetivo general y específicos del Sistema de energía eólica aplicada a torres de telecomunicaciones.


Implementar un sistema de energía eólica en estaciones de telecomunicaciones rurales para garantizar la continuidad operativa de los equipos de telecomunicaciones durante fallas de la red eléctrica, integrando un aerogenerador tulipan mediano (220V, opción #1 velocidad de arranque de 2 m/s y un peso de 100 kg), un banco de baterías LiFePO₄ MUST LP16-48100 (voltaje nominal 51.2 V. 100 Ah, más de 6.000 ciclos de vida útil), optimizando la captación y almacenamiento energético por medio del análisis de la velocidad del viento y altura de instalación con el software METEOBLUE.

Objetivos específicos

- a. Implementar el aerogenerador de energía TULIPAN MEDIANO como sistema de suministro y garantía de flujo de energía durante fallas eléctricas, siendo óptimo contando con 220v, una velocidad de viento de 2m/s y un peso de 100kg.
- b. Implementar la batería de litio (LiFePO4) modelo MUST LP16-48100, con un voltaje nominal de 51.2 V, capacidad de 100 Ah, más de 6.000 ciclos de vida útil como sistema de almacenamiento de energía que asegure un suministro confiable y continuo a los equipos de telecomunicaciones.
- c. Identificar la ubicación y altura en la estructura de la torre donde instalar el generador eólico, por medio del software METEOBLUE analizando la velocidad mínima de viento y dirección en diferentes zonas rurales de Colombia y especificaciones de la ficha técnica del generador eólico TULIPAN MEDIANO.

1.10. Cuadro de variables, valores e indicadores.

TEMA DE INVESTIGACION
¿Como minimizar el desabastecimiento del servicio de telecomunicaciones por fallas eléctricas en estaciones ubicadas en áreas rurales de Colombia?



FALLAS ELECTRICAS		SISTEMA DE ENERGIA		AUSENCIA SERVICIO		IMPACTOS EN LA REGION		INDICADORES ZONA-RIESGO	
Valores	Indicadores	Valores	Indicadores	Valores	Indicadores	Valores	Indicadores	Valores	Indicadores
ROBO	Cableado	ELECTRICO	Altener	AUSENCIA VOZ	Celular	PERDIDA ECONOMICAS	Bancos	ZONA 1 - BAJO	Cundinamarca
	Breakers		Continua		Telefonica		Negocios con pago electronico		Boyaca
	Medidores		Dinamica				Transacciones electronicas		Atlantico
MNTTO	Preventivo	SOLAR	Fotovoltaica	AUSENCIA DATOS	Moviles	PERDIDA SOCIALES	Educacion	ZONA 2 - MEDIO	Antioquia
	Correctivo		Solar Teermica		Internet		Sector privado		Meta
			Hibrida		Satelitales		Sector gubernamental		Nariño
DURABILIDAD	Mala calidad	EOLICA	Terrestre	AUSENCIA IMÁGENES	Videos	AUMENTO INSEGURIDAD	Robo recursos públicos	ZONA 3-ALTO	Valle de cauca
	Vida util		Marina		Fotografias		Robo energía eléctrica		Arauca
	Intervencion Humana						Delitos en bien ajeno		Vichada
ACCIDENTES	Naturales	TERMICA	Volcanica	AUSENCIA TELEVISION	Noticieros	N/A	N/A	N/A	N/A
	Humanos		Solar		Documentales		N/A		N/A
					Peliculas		N/A		N/A
MAL DISEÑO	Tablero Principal	NUCLEAR	Fusion	AUSENCIAS APPS	Whatsapp	N/A	N/A	N/A	N/A
	Subtablero Electrico		Fision		Bancarias		N/A		N/A
	Tablero de control				Operativas		N/A		N/A
				Tecnicas	N/A	N/A	N/A	N/A	
				Salud	N/A	N/A	N/A	N/A	

Figura 1. Cuadro de variables, valores e indicadores. Autores: Marciales, Mican y Robayo. 2025

1.11. Herramientas de investigación utilizadas.

1.11.1. Entrevista.

Para la entrevista se identificaron una serie de perfiles muy puntuales y claves relacionados con el área de telecomunicación, los cuales se encuentran actualmente trabajando en el área de interés, preguntas realizadas a David cárdenas coordinador de gestión y operación en el área eléctrica y de energía de la empresa Ingytelcom SAS.

- a. ¿Con que frecuencia adquieren plantas eléctricas o paneles solares para sus estaciones de telecomunicaciones?
- b. ¿Cuánto pueden costar una planta eléctrica y paneles solares que se implementan en las estaciones de telecomunicaciones?
- c. ¿Cómo ve la evolución en cuanto a la implementación de paneles solares y las plantas eléctricas en los últimos 5 años en las estaciones de telecomunicaciones?
- d. ¿Están considerando nuevas tecnologías o soluciones energéticas sostenibles para sus estaciones de telecomunicaciones?

Preguntas a técnico:

Se realiza una entrevista al señor Modesto Guevara, técnico con amplia experiencia en el montaje de torres y equipos de telecomunicaciones, donde se busca obtener información y recomendación para la integración de energía eólica en torres de telecomunicaciones.

1. Según su experiencia, ¿la implementación de energía eólica en torres de telecomunicaciones es viable en zonas remotas o rurales?
2. ¿Cuánto personal especializado suele participar en una instalación de este tipo?
3. ¿Qué consideraciones se deben tener en cuenta para el cableado y conexión eléctrica

desde el generador hasta el sistema de alimentación de la torre?

4. ¿Qué consideraciones eléctricas se deben tener al integrar el generador eólico con los sistemas de baterías?

5. ¿Qué criterios se deben tener presentes para seleccionar correctamente el banco de baterías respecto al generador eólico?

6. ¿Qué tipo de cableado recomienda para conectar el generador eólico con el sistema de carga de baterías?

7. ¿Qué protecciones eléctricas recomienda instalar entre el generador y las baterías?

1.12. Presupuesto

Para la elaboración de esta investigación fue necesario dedicar un periodo de tiempo de más de dos semestres, en los cuales se realizó la búsqueda de información, por medio de análisis de revistas científicas, investigaciones, trabajos de grado y demás documentos que proporcionen información relevante de acuerdo con la investigación. El principal medio por el cual se dedicó tiempo, fue la búsqueda de información por medio de fuentes en la web, ya que se requería a gran detalle el conocimiento de referentes, los cuales tuvieran la experiencia sobre energía alternativas, las cuales fueran de utilidad para la investigación.

Tabla 1 presupuesto

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO
Acceso a bases de datos	Acceso y consumo a bases de datos como repositorios	\$27.000
Internet y conectividad	Servicios de internet utilizados	\$99.000
Recursos bibliográficos	Descarga o compra de documentos	\$10.000
Tiempo necesario invertido	Valor por horas invertidas	\$2.800.000
Impresiones y respaldo de documentos	Impresiones, copias, entre otras	\$10.000

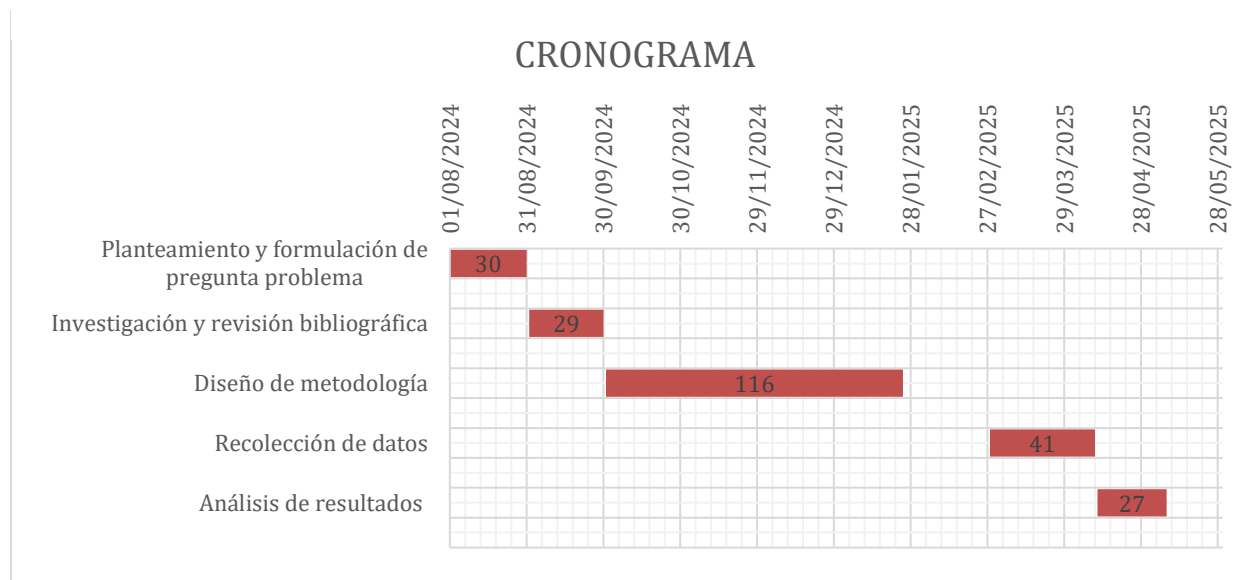
1.13. Cronograma

Dentro del cronograma para la realización de esta investigación, se realizó un cronograma mes a mes, ejecutando en el primer mes la formulación o planteamiento de la pregunta problema, que tuviera como finalidad la solución de una problemática real por cortes inesperados de energía en torres de telecomunicaciones que afectan al usuario y a las empresas dueñas de estas torres. Teniendo clara la pregunta problema, se procede a realizar la investigación y revisión bibliográfica la cual tomó dos meses en ser encontrada y adjuntada la información necesaria para la investigación, como normatividad, necesidades del sector, expertos en el área, entre otros.

Tabla 2 cronograma

Actividad	Inicio	Días	Final
Planteamiento y formulación de pregunta problema	1/08/2024	30	31/08/2024
Investigación y revisión bibliográfica	1/09/2024	29	30/09/2024
Diseño de metodología	1/10/2024	116	25/02/2025
Recolección de datos	28/02/2025	41	10/04/2025
Análisis de resultados	11/04/2025	27	8/05/2025

Tabla 3 diagrama investigación



1.14. Obtención del número ORCID.

The image displays three ORCID iD cards, each with a green 'iD' icon in a circle at the top. The cards are arranged in two rows: two in the top row and one in the bottom row. Each card contains the following information:

- Top Row, Left:** <https://orcid.org/0009-0004-2440-3522>
[Preview public record](#)
Sergio Esteban Mican Rodríguez
- Top Row, Right:** <https://orcid.org/0009-0002-5819-6109>
[Vista previa del registro público](#)
Luis Miguel Marciales Pardo
- Bottom Row:** <https://orcid.org/0009-0006-2171-9892>
[Preview public record](#)
Pablo David Robayo Mendieta

1.15. Evidencia de diligenciamiento del CvLac

Sergio Esteban Mican Rodríguez.

The screenshot shows the CvLac profile page for Sergio Esteban Mican. The page header includes the GOVCO logo and navigation links for 'TRABAJOS Y SERVICIOS', 'PARTICIPACIÓN', and 'ENTRADAS'. The main content area features the 'Ciencias' logo on the left and the 'CVLAC CURRÍCULUM VITAE DE LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE' logo on the right. The profile information for Sergio Esteban Mican is displayed, including a 'Ver currículo' link. A sidebar on the left contains a list of menu items with dropdown arrows, such as 'Datos generales', 'Participación en grupos de investigación', 'Actividades de formación', 'Actividades como evaluador', 'Procesos de Acreditación Social del Conocimiento (PASC)', 'Divulgación pública de la ciencia (DP)', 'Productos de Investigación - Creación', 'Producción bibliográfica', 'Producción técnica y tecnológica', 'Demás trabajos', 'Proyectos', 'Reconocimientos', 'Imprimir currículo', 'Verificador de tipología', 'Verificador de información', 'Resultado análisis de convocatoria', and 'Solicitud de actualización'.

Pablo David Robayo Mendieta.

GOV.CO El Estado no tiene porqué ser aburrido ¡conoce a gov.co!

TRÁMITES Y SERVICIOS PARTICIPACIÓN ENTIDADES

Ciencias

CVLAC CURRÍCULUM VITAE DE LATINOAMERICA Y EL CARIBE

Datos generales ▾

Participación en grupos de investigación

Actividades de formación ▾

Actividades como evaluador ▾

Procesos de Apropiación Social del Conocimiento (PASC) ▾

Divulgación pública de la ciencia (DP) ▾

Productos de Investigación + Creación ▾

Producción bibliográfica ▾

Producción técnica y tecnológica ▾

Pablo David Robayo

[Atrás](#) [Cambiar contraseña](#) [Editar datos básicos](#) [Ayuda relacionada](#)

Datos Personales

Aquí están registrados sus datos personales. Si desea editarlos, haga clic en Editar; de lo contrario haga clic en Atrás. Si desea cambiar la Contraseña, haga clic en Cambiar contraseña.

Nombres (*)	Pablo David
Primer apellido (*)	Robayo
Segundo apellido	Mendieta
Nombre en citas bibliográficas	ROBAYO MENDIETA, PABLO DAVID
Nacionalidad	Colombiana
Tipo documento	Cédula de Ciudadanía
Documento de identificación	1026288626
Lugar de expedición (*)	Colombia-BOGOTÁ, D. C.-BOGOTÁ, D.C.
Cédula de extranjería N°	

Luis Miguel Marciales Pardo

scienti.minciencias.gov.co/cvlac/EnRecursoHumano/query.do

Ciencias

CVLAC CURRÍCULUM VITAE DE LATINOAMERICA Y EL CARIBE

grupos de ▾

ormación ▾

o evaluador ▾

piación imiento ▾

ica de la ▾

estigación + ▾

ográfica ▾

ica y ▾

Luis Miguel Marciales

[Atrás](#) [Cambiar contraseña](#) [Editar datos básicos](#) [Ayuda relacionada](#)

Datos Personales

Aquí están registrados sus datos personales. Si desea editarlos, haga clic en Editar; de lo contrario haga clic en Atrás. Si desea cambiar la Contraseña, haga clic en Cambiar contraseña.

Nombres (*)	Luis Miguel
Primer apellido (*)	Marciales
Segundo apellido	Pardo
Nombre en citas bibliográficas	Luis Miguel Mrciales
Nacionalidad	Colombiana
Tipo documento	Cédula de Ciudadanía
Documento de identificación	1022402994
Lugar de expedición (*)	Colombia-BOGOTÁ, D. C.-BOGOTÁ, D.C.
Cédula de extranjería N°	

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA EÓLICA APLICADA A TORRES DE TELECOMUNICACIONES.

2.1. Formulación del problema a investigar.

¿Cómo minimizar el desabastecimiento del servicio de telecomunicaciones por fallas eléctricas en estaciones ubicadas en áreas rurales de Colombia, por medio de un sistema eólico como alternativa energética?

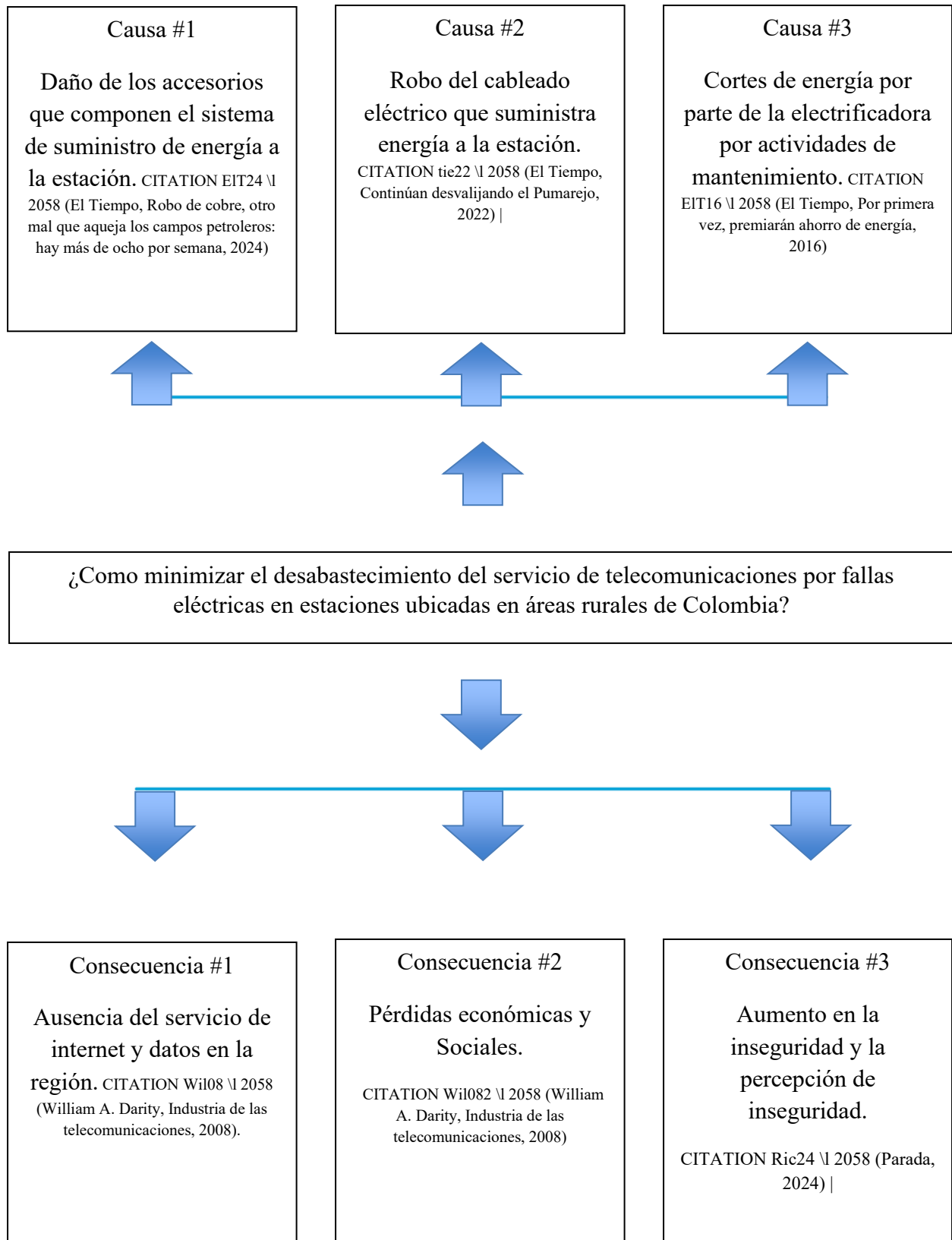


figura 6. Problemática. autor Ingytelcom. 2025

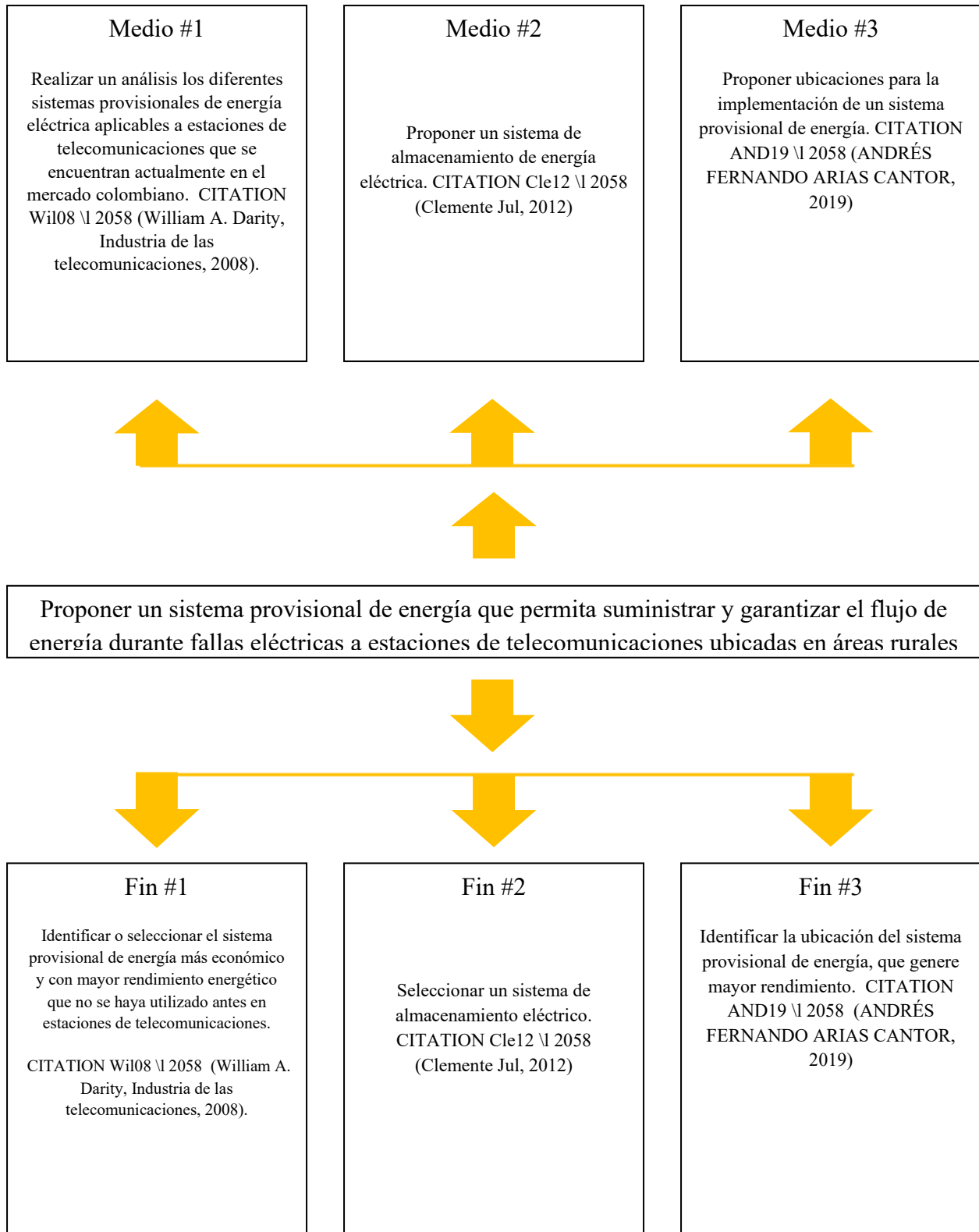


figura 7 problemática. autor. Ingytelcom. 2024

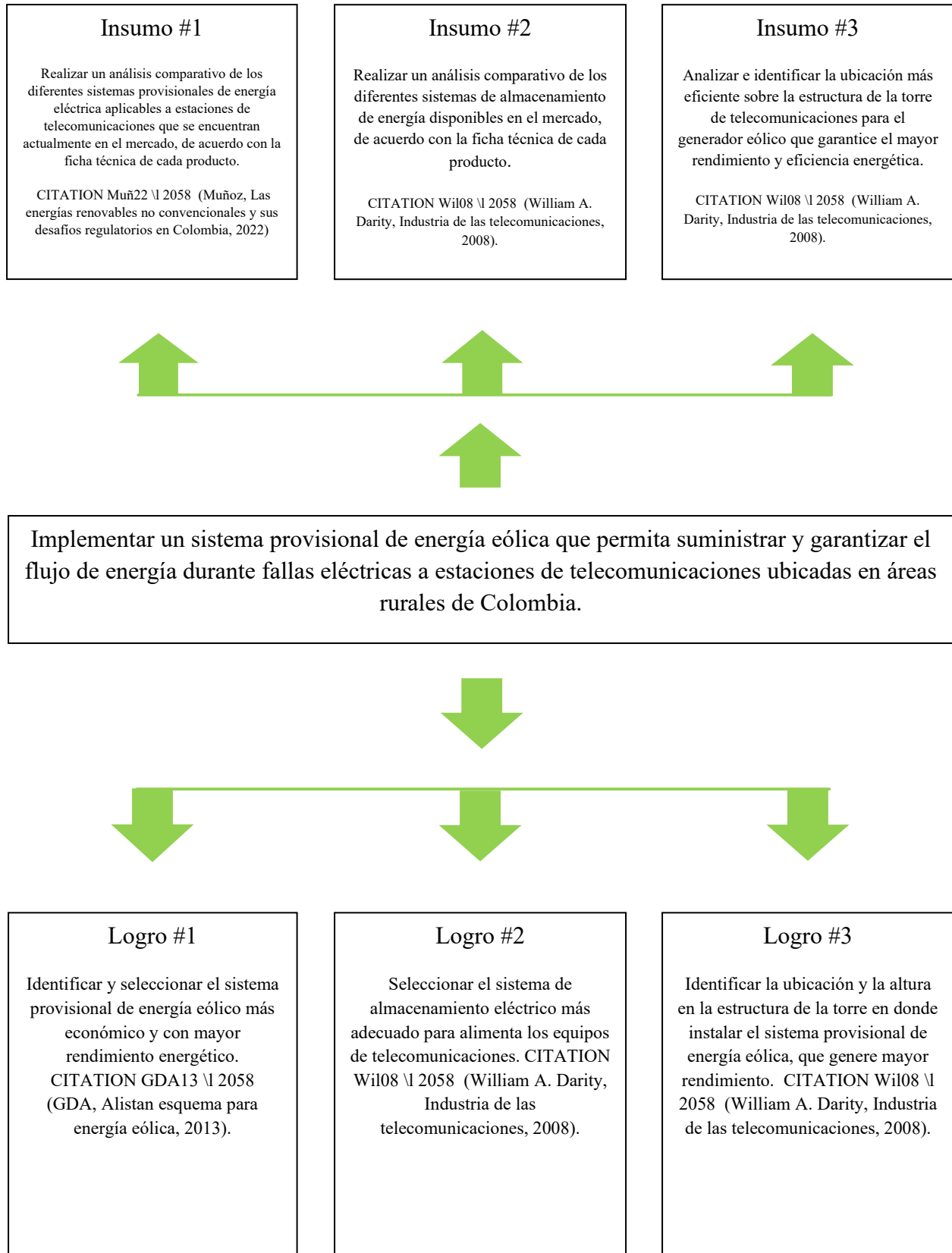
2.1.1. Árbol del problema causas y consecuencias, descripción.



2.1.2. Árbol de objetivo medios y fines, definición.



2.1.3. Árbol de objetivos, logros e insumos



2.1.4. Delimitación temática y geográfica

Delimitación Temática

La investigación se delimita a la instalación de un generador eólico, cableado de distribución eléctrica y un banco de baterías de almacenamiento, para formar un sistema alternativo de energía integrado a torres de telecomunicaciones. El enfoque temático se centra en evaluar la viabilidad técnica, estructural y energética de las turbinas eólicas en tres tipos de estructuras comúnmente utilizadas en telecomunicaciones:

1. Torre autoportante
2. Torre atirantada
3. Torre monopolo

Se aprovechará el recurso eólico como fuente alternativa y sostenible de energía para garantizar el funcionamiento de equipos de telecomunicaciones, el estudio contempla:

- a. Análisis de consumo energético necesario para torres de telecomunicaciones
- b. Evaluación de tecnologías de generación eólica de pequeña y mediana escala.

El proyecto no aborda el diseño de nuevas torres de telecomunicación, ni el desarrollo de nuevos tipos de aerogeneradores a nivel industrial.

Delimitación Geográfica

El estudio se realizará tomando como referencia torres de telecomunicación localizadas en Colombia, específicamente en zonas rurales o aisladas donde:

- a. El acceso a la red eléctrica es limitado, costoso o inestable.

- b. Las condiciones del viento son favorables.
- c. Hay presencia de infraestructura activa de telecomunicaciones que requiere soluciones energéticas sostenibles.

2.2 Descripción

2.2.1. Concepto general del sistema de energía eólica aplicada a torres de telecomunicaciones en zona rurales de Colombia.

Las diferentes fallas en la red eléctrica afectan directamente la operación en torres de telecomunicaciones, su funcionamiento es de gran importancia para prestar el servicio de voz y datos en zonas remotas de Colombia, la ausencia o interrupción de energía presenta consecuencias como limitar el acceso a servicios de salud, información, educación y comunicación. Debido a esta situación, se plantea integrar un sistema de energía eólica como una solución para garantizar el correcto funcionamiento de las torres de telecomunicaciones en áreas rurales de Colombia, que consiste en aprovechar el viento de la región como recurso para generar energía, instalando aerogeneradores para cumplir con la demanda energética de la torre.

El aerogenerador transforma la fuerza y velocidad del viento en energía eléctrica utilizando la eficiencia de la turbina eólica, este permite que la energía sea almacenada en baterías o consumida en tiempo real por los equipos de telecomunicaciones.

2.2.2. Impacto tecnológico, social y ambiental.

El uso de energía eólica disminuye la dependencia de generadores diésel, lo que ayuda a reducir costos de operación y mantenimiento, moderniza las torres de telecomunicaciones con el

uso de energías renovables, implementa tecnologías de almacenamiento de energía para optimizar el consumo y garantizar un suministro continuo.

Mejora la calidad de vida del entorno al garantizar el servicio de voz y datos en zonas rurales del país, lo que garantiza servicios de salud, educación y comunicación. El uso de la energía eólica representa una gran reducción de CO₂ y disminuye la huella de carbono al sustituir fuentes de energía fósil.

2.2.3. Potencial innovador.

La integración de generadores eólicos en torres de telecomunicaciones ofrece una solución innovadora que mejora el suministro de energía, reduce el impacto ambiental y amplía la cobertura de servicios en zonas rurales del país lo que representa una infraestructura más respetuosa con el medio ambiente.

2.3 Justificaciones del problema a investigar.

2.3.1. Justificación Ambiental

El sistema de energía eólico al implementarse a las torres de telecomunicaciones reemplaza directamente los sistemas sustitutos de energía actualmente más usados como las plantas eléctricas que funcionan por medio de combustibles fósiles y generan emisiones contaminantes. El sistema de energía eólico al ser una de las energías sustentables, garantiza energía a los equipos en la estación de telecomunicaciones al presentarse fallas eléctricas, evitando así la ausencia del servicio de telecomunicaciones en las áreas rurales donde está ubicada la estación.

2.3.2. Justificación Social

Es de vital importancia realizar la implementación del sistema de energía eólico en torres de telecomunicaciones para garantizar el flujo continuo de energía eléctrica y evitar las fallas eléctricas en el suministro de energía de las estaciones ubicadas en áreas rurales de Colombia, ya que estas al generarse interrumpen el servicio de telecomunicaciones en la región, afectando directamente a comunidades y poblaciones ubicadas en estas zonas rurales del territorio colombiano, limitándoles el acceso a servicios como internet, telefonía y televisión; Provocando problemáticas para estas comunidades como lo son aislamiento total de las áreas urbanas.

2.3.3. Justificación Económica

Las fallas eléctricas, específicamente en zonas rurales, afectan de manera significativa las operaciones en zonas urbanas, perjudicando al usuario que utiliza estos servicios en su cotidianidad e incrementando costos por reparación. Por esta razón se brinda un sistema de energía de respaldo, la cual cubre y mantiene con energía las estaciones de telecomunicaciones, sin perjudicar a las empresas dueñas de dichas estaciones, ni afectando a los usuarios que utilizan diariamente este servicio, logrando así una fidelización por parte del usuario hacia la empresa y un ahorro monetario para la empresa dueña de la torre de telecomunicaciones.

2.3.4. Justificación Profesional

La implementación de un sistema eólico de respaldo para estaciones de telecomunicaciones, amplía las oportunidades de crecimiento e incorporación a profesionales, como lo son: Ingenieros civiles, Arquitectos, Constructores y afines, los cuales tengan conocimiento y especialidad en energías alternativas, por lo que el profesional obtiene como beneficio un nuevo conocimiento por medio de capacitaciones y así mismo se especializa en el área, enfocado principalmente en la incorporación de nuevas energías renovables.

2.3.5. Justificación Tecnológica

Las estaciones de telecomunicaciones requieren de un suministro eléctrico confiable, usualmente utilizan energía convencional, hidroeléctrica en el caso de Colombia o plantas eléctricas que funcionan con diésel, sin embargo, estos implican un alto costo y un gran impacto en el medio ambiente. Este proyecto plantea la adopción de una fuente renovable como la energía eólica, a través de turbinas de viento de tamaño reducido, moderado y tecnología para almacenamiento de energía y control inteligente del consumo eléctrico. Esta fusión entre telecomunicaciones y energías limpias pretende asegurar la autosuficiencia energética de las estaciones de telecomunicaciones.

2.3.6. Necesidades que satisface

La aplicación de energía eólica a torres de telecomunicaciones permite suministrar energía limpia y continua a estaciones ubicadas en zonas rurales de Colombia o que no cuenten con acceso a la red eléctrica pública, esta propuesta reduce costos operativos, elimina la dependencia asociada a los combustibles fósiles y garantiza el funcionamiento constante de los servicios de telecomunicaciones. Para las comunidades rurales esto significa conectividad, acceso a educación, salud y servicios digitales, así como oportunidades económicas; Además, fomenta la sostenibilidad y es una alternativa que genera un impacto positivo en la población.

2.3.7. Impacto ambiental.

Por medio de la implantación de este sistema de energía eólica en torres de telecomunicaciones para mitigar fallas eléctricas en estaciones ubicadas en zonas rurales de Colombia, se logra incentivar el uso de generadores eólicos como una solución energética, logrando así disminuir el uso de combustibles como Diesel y fuentes o redes de energía que generan inestabilidad. Este tipo de energía al ser renovable contribuye de manera positiva con el medio ambiente, disminuyendo significativamente las emisiones de gases que generan huella de carbono y efecto invernadero. Ahora bien, aunque su impacto es mayormente positivo, existen ciertos efectos que pueden lograr un efecto negativo como lo puede ser una afectación al paisaje y el riesgo para algunas aves.

2.4. Metodología de la investigación.

2.4.1. Alcance

Implementar un sistema provisional de energía eólica que permita suministrar y garantizar el flujo de energía durante fallas eléctricas a estaciones de telecomunicaciones ubicadas en áreas rurales de Colombia.

2.4.2. Procedimientos.

- a. Identificar y seleccionar el sistema provisional de energía eólico más económico y con mayor rendimiento energético.

FICHA TECNICA

GENERADOR EOLICO



CARACTERISTICAS
Modelo: RX-LV
⚡

Potencia nominal:	300 W
Voltaje nominal:	12 V/24 V
Velocidad del viento de arranque:	2.5m/s
Velocidad nominal del viento:	13m/s



CARACTERISTICAS
⚡

Material de las cuchillas:	Fibra de vidrio reforzada
Generador:	Generador de imán permanente trifásico
Caja del generador:	aleación de aluminio
Numero de aspas:	5



CARACTERISITICAS
⚡

Diámetro de la rueda	0.9m
altura de la rueda	0.6m
Color :	Rojo/Blanco

Figura 8. generador eólico modelo RX-LV. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

FICHA TÉCNICA

GENERADOR EÓLICO



CARACTERÍSTICAS PEQUEÑA TURBINA EÓLICA TULIP



Potencia nominal:	100 vatios
Voltaje nominal:	110 V/220 V
Velocidad del viento de arranque:	0,7 m/s
Velocidad nominal del viento:	13 m/s



CARACTERÍSTICAS



Material de las cuchillas:	Termoplástico
Generador:	Generador de imán permanente de alta eficiencia.
Caja del generador:	aleación de aluminio
Número de aspas:	2



CARACTERÍSTICAS



Díámetro de la turbina	0,55 m
altura de las aspas	1,15 m
Color :	blanco/azul
Peso:	20 kilos

Figura 9. generador eólico pequeña turbina tulip. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

FICHA TÉCNICA

GENERADOR EÓLICO



CARACTERÍSTICAS RULIS ELECTRIC SILENTWIND PRO



Potencia nominal:	0,5 kW / 500 W
Voltaje nominal:	48 V
Velocidad del viento de arranque:	2,2 m/s
Velocidad nominal del viento:	14,5 m/s

CARACTERÍSTICAS



Material de las cuchillas:	Fibra de carbono CFRP
Generador:	Generador de CA trifásico sin escobillas con imanes permanentes
Caja del generador:	Tubo de acero
Número de aspas:	3

CARACTERÍSTICAS



Diámetro de la turbina	1,2 metros
Color :	blanco/azul

Figura 10. generador eólico rulis electric. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

FICHA TÉCNICA

GENERADOR EÓLICO



VISTA DELANTERA

CARACTERÍSTICAS

Modelo: Liam F1



Potencia nominal:	510 W
Voltaje nominal:	450 voltios
Velocidad del viento de arranque:	2,5 m/s
Velocidad nominal del viento:	10 m/s

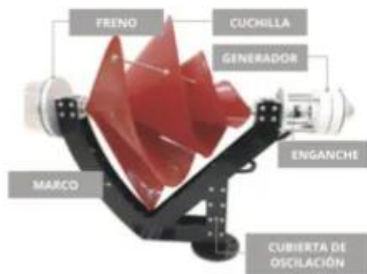


VISTA TRASERA

CARACTERÍSTICAS



Material de las cuchillas:	fibra de vidrio compuesta
Caja del generador:	cubiertas de oscilación
Número de aspas:	3



VISTA DE LADO

CARACTERÍSTICAS



largo* alto* ancho	1745*1345*1760 milímetros
peso	100 kilos
Color :	Azul/Blanco/Morado
diámetro:	1,5 m

Figura 11. generador eólico modelo liam F1. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

Comparación aspectos importantes para tener en cuenta

Tabla 4 comparativa generadores eólicos

	MODELO	PESO	VOLTAJE	VELOCIDAD
1	RX-LV	13KG	12V/24V	2.5M/S
2	RX-XV	15KG	12V/24V	2.5M/S
3	TULIPAN MEDIANO	100KG	220V	2 M/S
4	RULIS ELECTRIC SILENTWIND PRO	10.9KG	48V	2.2M/S
5	LIAM F1	MENOR A 100KG	450V	2.5M/S

Realizando un análisis por medio de fichas técnicas de diferentes productos encontrados de manera digital en sitios de internet, se evidencia que hay similitud respecto a características, como lo es su voltaje, peso, cantidad energética suministrada y prestaciones del producto.

Los productos relacionados, cumplen y satisfacen la necesidad solicitada sin embargo el producto “3” es el producto seleccionado ya que a diferencia de los demás brinda una cantidad superior de energía, ya que a comparación de los demás este ofrece 220v y los demás ofrecen cantidades inferiores a 50v a diferencia del aerogenerador 5, sin embargo, el precio de este mismo esta entre los 4000 a 4500 dólares y el aerogenerador 3, oscila entre los 9000 y 9500 dólares.

La turbina de viento seleccionada, genera energía constantemente permitiendo la operabilidad continua de las torres de telecomunicaciones durante eventos en los cuales la red eléctrica presente inconsistencias o se presente algún factor alterno que comprometa la funcionalidad de estas torres, adicionalmente presenta un costo de adquisición que no supera los 40 millones comparado con otros sistemas como plantas eléctricas y aerogeneradores más

sofisticados, que si bien satisfacen la necesidad para la cual son requeridos, superan su costo, lo que podría ser desfavorable para aquellas empresas que adquieren este producto.

- b. Seleccionar el sistema de almacenamiento eléctrico más adecuado para alimenta los equipos de telecomunicaciones.

Para alimentar los equipos de telecomunicaciones por medio de generadores eólicos en necesario seleccionar un sistema que sea eficaz, confiable y se adapte a diferentes condiciones ambientales para almacenar la energía eléctrica.

Se analizaron baterías estudiando diferentes características como:

1. Análisis de costos teniendo en cuenta su costo inicial y los costos operativos y de mantenimiento durante su vida útil.
2. Condiciones ambientales
3. Espacio y peso
4. Requisitos energéticos

A continuación, se muestran 3 tipos de baterías analizadas con sus características consideradas para ser utilizadas en torres de telecomunicaciones.

1. Baterías de plomo-Acido reguladas por válvula.

Es un dispositivo electroquímico que aprovecha la combinación de plomo y ácido sulfúrico para el almacenamiento de energía eléctrica.

Ventajas: Diseño sellado que minimiza el mantenimiento, alta densidad energética y seguridad en zonas con ventilación limitada.

Consideraciones: Vida útil moderada y sensibilidad a temperaturas extremas.

Aplicación: Adecuadas para espacios limitados y presupuestos ajustados.

2. Baterías de iones de litio.

Es una batería recargable que utiliza compuestos de litio para almacenar y liberar energía eléctrica.

Ventajas: Alta densidad energética, larga vida útil, menos peso y tamaño, capacidad para operar en temperaturas altas.

Consideraciones: Costo inicial alto, pero con menores costos operativos a largo plazo.

Aplicaciones: Ideal para torres de telecomunicaciones ubicadas en zonas remotas y con condiciones ambientales variables.

3. Baterías de flujo:

Es un tipo de batería recargable que contiene especies electroactivas que fluyen a través de una celda electroquímica para generar energía eléctrica.

Ventajas: larga vida útil, capacidad para ciclos profundos de carga.

Consideraciones: más complejidad en instalación y mantenimiento, costos iniciales altos.

Aplicación: proyectos de gran escala.

Hecho este análisis se determina que para la aplicación en torres de telecomunicaciones con energía eólica las baterías de iones de litio son la elección más adecuada por eficiencia,

adaptabilidad con los cambios de medio ambiente y durabilidad, asegurando el suministro de energía confiable. Ahora bien, se analizan diferentes características como: capacidad de almacenamiento, dimensiones, peso, vida útil, mantenimiento y resistencia a condiciones ambientales de algunos bancos de baterías de iones de litio para seleccionar la que se pueda implementar en el proyecto,

Banco de baterías CBS240

Baterías de litio de fosfato de hierro, tiene una larga vida útil, diseñado para soportar condiciones climáticas adversas, garantiza un rendimiento confiable en exteriores y cuenta con un sistema de enfriamiento de aire/liquido.

Banco de batería HJ-ESS-215^a

Baterías de litio de fosfato de hierro que integra conversor, larga vida útil más de 15 años, cuenta con refrigeración activa y diseño compacto que lo hace adecuado para uso en exterior, aplicación destacada para sistemas de energía renovable por su respaldo en picos de carga.

Batería MUST LP16-48100

Tecnología basada en fosfato de hierro y litio que ofrece mayor estabilidad y seguridad, con un voltaje nominal de 51.2 V y una capacidad de 100 Ah que permite garantizar un rendimiento constante y prolongado, incorpora in sistema BMS 8 (Battery Management System) que protege contra sobrecargas, sobrecalentamientos y cortocircuitos, brindando un funcionamiento confiable, permite la expansión en paralelo de hasta 15 unidades.



Figura 13 banco de baterías modelo CBS240



Figura 12 banco de baterías HJ-ESS-215.
Autor. Adaptado de HuiJue. S.f.



Figura 14 Batería MUST LP16-48100.

Autor adaptada de mustenergy, s.f.

Siendo un escenario donde se necesitará facilidad de operación, integración tecnológica, eficiencia y mayor vida útil la batería MUST LP16-48100 resulta ser la opción más viable siendo superior en tecnología aplicada para energías renovables, tecnología moderna confiable y eficaz.

- c. Identificar la ubicación y la altura en la estructura de la torre en donde instalar el sistema provisional de energía eólica, que genere mayor rendimiento.

Al tener identificado y seleccionado el generador eólico con mayor eficiencia, liviano y accesible del mercado colombiano, junto con el banco de baterías que conformara el sistema de almacenamiento de energía eólico, se realiza:

La evaluación del sitio teniendo en cuenta que el generador eólico es aplicado a torres de telecomunicaciones que se encuentran ubicadas en áreas rurales de Colombia, donde la presencia vegetación y arboles es un factor constante y que influye directamente sobre la fuerza del viento que alimenta el generador eólico, se propone que la altura de implementación del generador debe ser la más alta posible sobre la torre de telecomunicaciones.

1. Recopilar datos del viento

Para la recopilación e investigación de datos sobre el comportamiento del viento en el territorio colombiano, se utiliza el software Meteoblue que permite evidenciar la dirección del viento y la velocidad del viento que predomina en zona que se está analizando, se selecciona un factor de altura de 128 metros sobre el suelo teniendo en cuenta que la altura máxima de torres de telecomunicaciones que se encuentran en Colombia es de 80 metros de altura, garantizando así una medición más exacta de las características y comportamiento del viento a las que se ve expuesta la torre y el generador eólico. El software indica que para las regiones y zonas de Colombia a una altura de 128 metros sobre el suelo se garantiza un viento constante de mínimo de 5 K/h el cual según la ficha técnica del generador eólico Tulipán Mediano confirma que la velocidad de arranque y generación de energía es de 2m/s siendo el viento de las diferentes regiones de Colombia viable para la producción de energía requerida para los equipos de la torre de telecomunicaciones

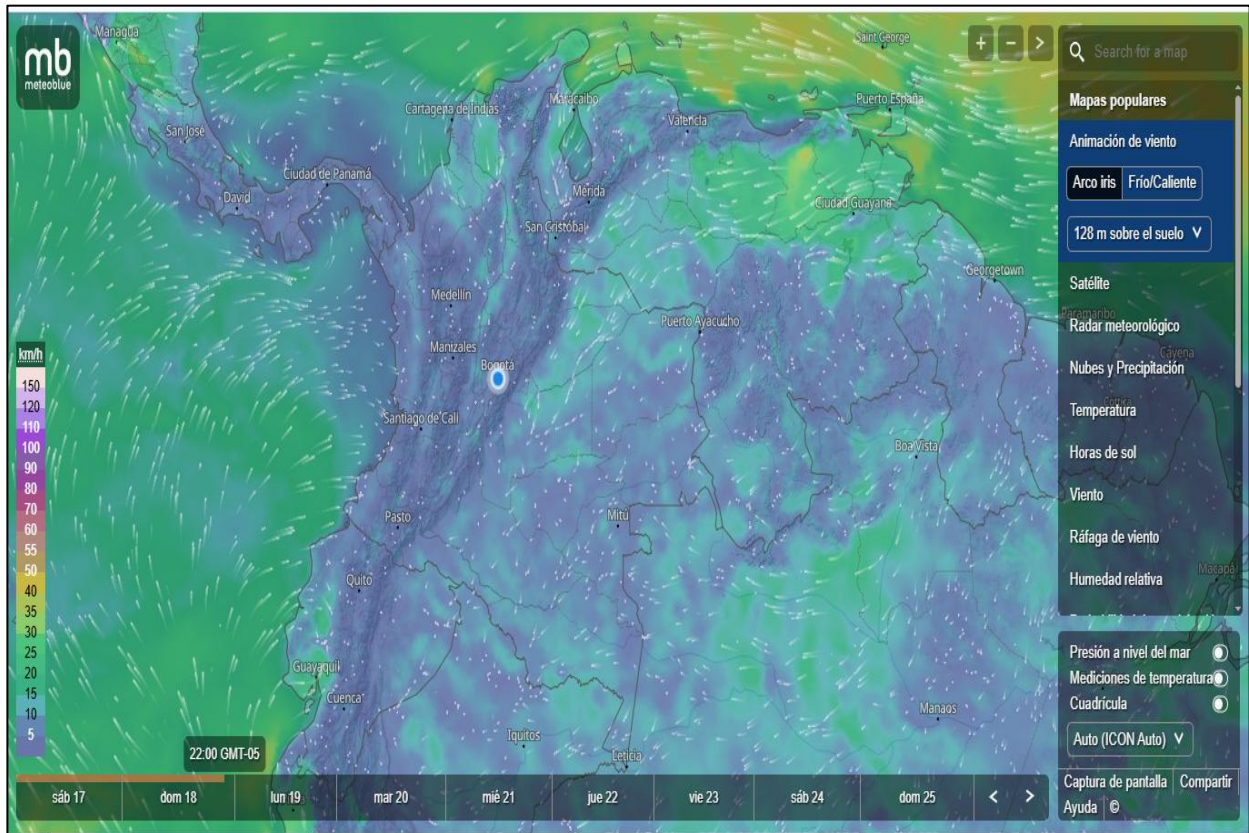


Figura 15 Recopilación de dato en el software Meteoblue. Autor. adaptado de software meteoblue.2025.



Figura 16 Recopilacion de dato en el software Meteoblue. Vita #2. Autor. adaptado de software meteoblue.2025.

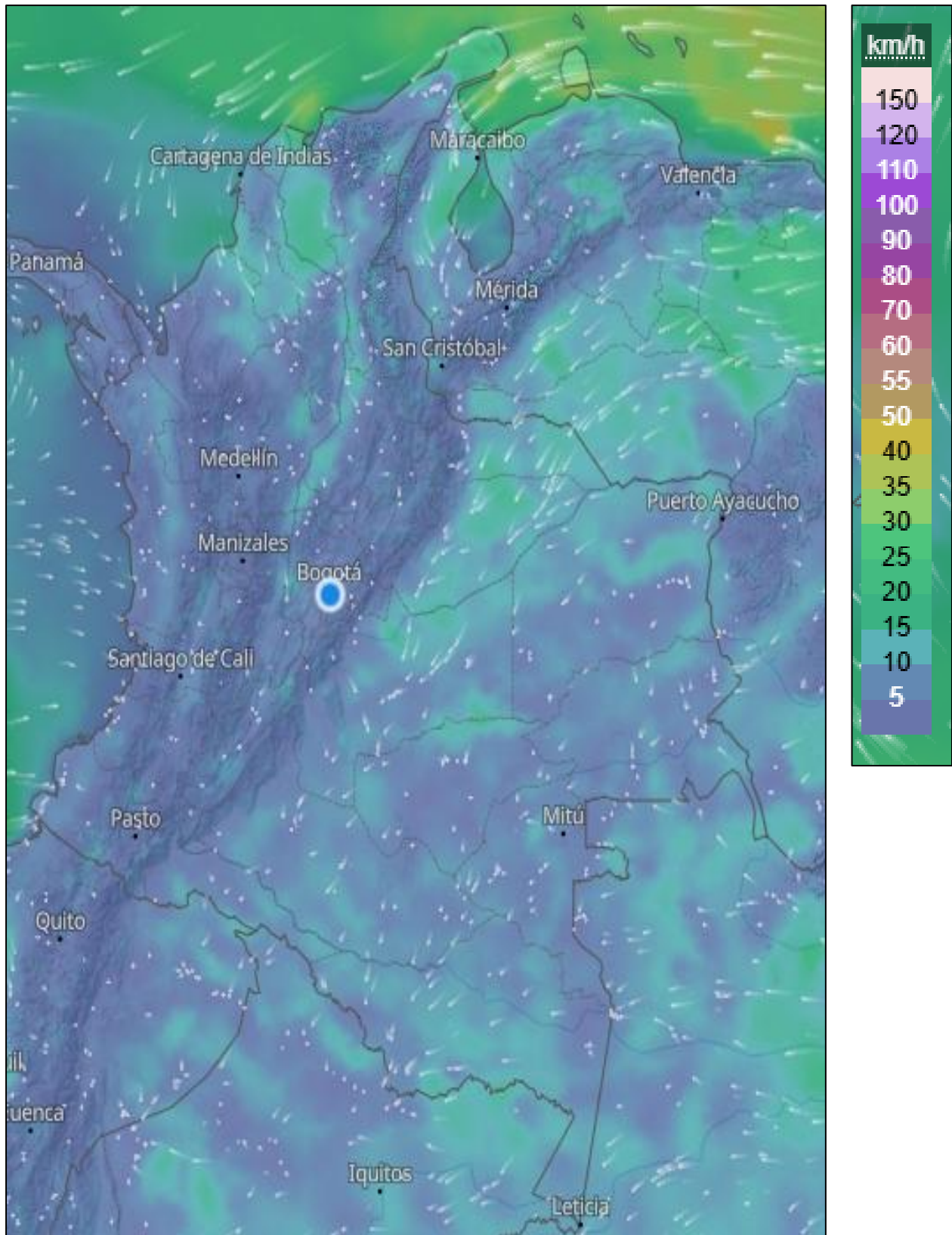


Figura 17 Recopilación de dato en el software Meteoblue. Vista #3. Autor. adaptado de software meteoblue.2025.

2. Determinar la mejor altura

La ficha técnica suministrada por el proveedor indica que la altura mínima de implementación para un funcionamiento eficiente y adecuado de generador eólico es de mínimo 6 m de altura. De acuerdo con la información obtenida del software Meteoblue el viento a mayor altura es más fuerte y rápido por lo que se decide realizar la implementación del generador eólico en la parte superior de la torre de telecomunicaciones.

2.4.3. Entrevistas.

El tipo de entrevista utilizada es semiestructurada de tipo cualitativo, ya que contiene preguntas abiertas que permiten la libre expresión por parte del entrevistado, y además permite conocer opiniones y datos no cuantificables, La cantidad de preguntas por entrevista oscila entre las 4 y 5 preguntas.

2.4.4. Técnicas e instrumentos.

Para la realización de estas entrevistas, fue necesaria la utilización de medios tecnológicos como internet para acceder a paginas como Google meet, con el fin de realizar las entrevistas, además del acceso redes de comunicación como lo es WhatsApp para lograr organizar, el lugar, horario y fecha de las citas para las entrevistas.

2.5. Antecedente del problema a investigar.

Las fallas eléctricas en estaciones de telecomunicaciones han sido una de las grandes problemáticas en el sector de las telecomunicaciones, como se evidencia en el estudio de la empresa TELCONET S.A, expuesto en la investigación denominada “diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica de respaldo para estaciones multiservicio de telecomunicaciones en Chiriboga-Santo Domingo”.

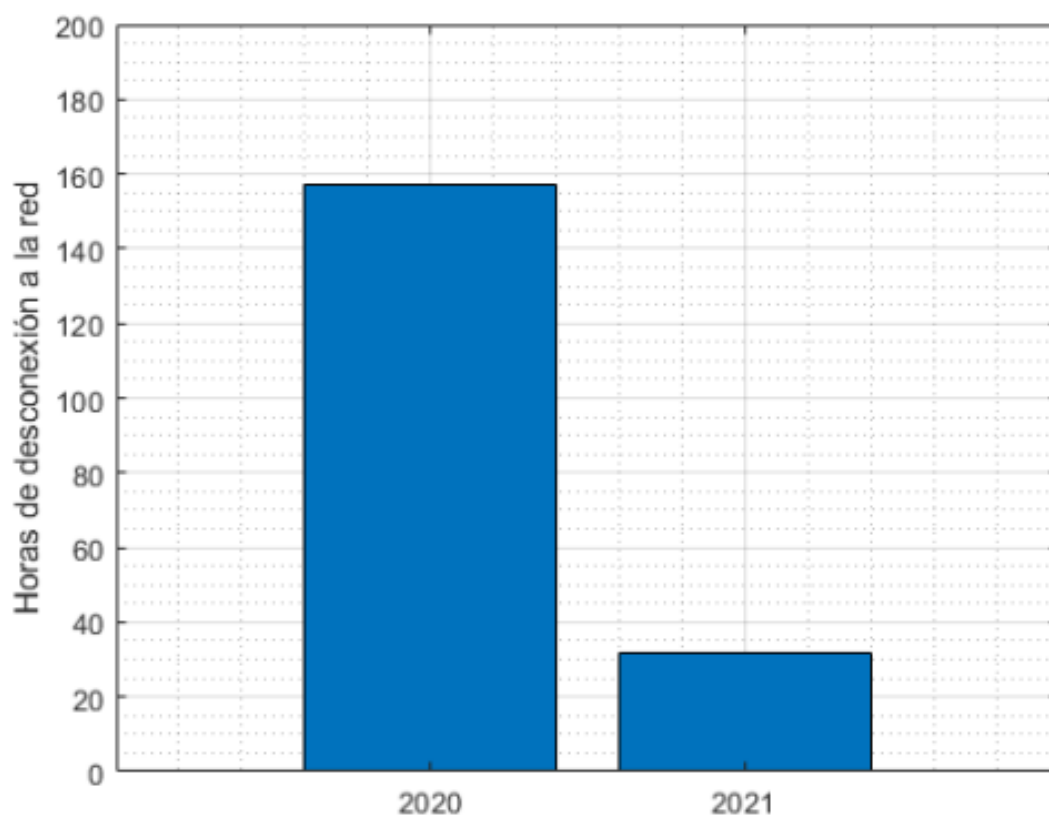


Figura 18 reporte de fallas de la empresa TELECONNECT para el año 2020-2021

Se habla de las fallas eléctricas en las estaciones de telecomunicaciones, proporcionando una tabla en donde expone en horas de desconexión de la red eléctrica a las estaciones de telecomunicación, que para el año 2020 solo para esta empresa se presentaron 171 horas con 18 minutos y 34 segundos, tiempo en el cual la estación de telecomunicaciones no ha recibido energía eléctrica por parte de la red eléctrica (Reascos, 2022). En Colombia las estaciones de telecomunicaciones no son la excepción, las fallas eléctricas también afectan directamente el servicio de telecomunicaciones.



Figura 19 torre de telecomunicaciones cerro venado. Autor.ingytelcom. s.f.



Figura 20 Daño en DPS Dispositivo de protección contra sobretensiones y transformador. Autor. ingytelcom. s.f.



Figura 21 Medición eléctrica sobre equipos de telecomunicaciones. Autor.ingytelcom. 2023.



Figura 22 trasiego antena cerro venado. Autor. ingytelcom. s.f.

Como se muestra en el registro fotográfico tomado en campo, se presentó una falla eléctrica en la estación de telecomunicaciones llamada cerro venado ubicada en área rural de Yopal, Casanare. El transformador eléctrico presenta daño general por sobre carga eléctrica, esto género que los equipos de la estación de telecomunicaciones dejaran de funcionar por la falta de energía afectando a toda la comunidad de la zona, se normalizo la energía eléctrica al momento de realizar el cambio de transformador.

Cerro venado solo es una de las muchas fallas eléctricas que se presentan en estaciones ubicadas en áreas rurales de Colombia evidenciando la vulnerabilidad de las estaciones de telecomunicaciones al presentarse una falla eléctrica.

2.6. Estado del Arte del problema a investigar

Las estaciones de telecomunicaciones necesitan fuentes de energía sostenibles que garanticen su operación continua, en especial en zonas rurales de difícil acceso. La energía solar es implementada como una solución por su disponibilidad y reducción del impacto ambiental. El uso de paneles fotovoltaicos en estaciones de telecomunicaciones es una estrategia demasiado eficiente para mantener un suministro de energía sin interrupciones en las estaciones de telecomunicaciones, los sistemas de energía solar funcionan con baterías de almacenamiento que garantizan el suministro durante la noche y los días demasiado nublados.

El sistema de energía solar es una fuente renovable y sostenible con bajo impacto ambiental y menor emisión de CO₂, tiene una reducción de costos operativos en comparación con generadores de energía a base de diésel.

Los paneles fotovoltaicos como generadores de energía en estaciones de telecomunicaciones es una alternativa viable y amigable con el medio ambiente, según el estudio (Ortiz Quevedo & Rosas Cadena, 2021) a pesar de sus beneficios la energía solar tiene limitaciones que puede afectar la eficiencia y continuidad operativa de las estaciones de telecomunicaciones, la dependencia de la irradiación solar puede afectar su rendimiento en climas nublados o lluviosos, tiene costos elevados en mantenimiento, infraestructura y baterías de almacenamiento.



Figura 23 paneles fotovoltaicos. Autor. Adaptado de interteknica. S.f.



Figura 24 baterías paneles fotovoltaicos. Autor. Adaptado de desigenia.com. s.f.

PLANTAS ELÉCTRICAS

Existen varias alternativas de respaldo, respecto a cortes de energía o distintos eventos que cortan la electricidad que suministra energía a las torres de telecomunicaciones. Por estas razones se toman decisiones de implementar un sistema que suministre energía a estas torres, cuando sucedan eventualidades como: Robos de componentes, fallas en la infraestructura o simplemente cortes de electricidad.



Figura 25 plantas eléctricas diésel. Autor. Adaptado de Contactamos Equipos SAS. S.f.

Aunque estas plantas, suministran energía de manera eficaz y cuentan con beneficios, como por ejemplo: una larga vida útil, energía disponible en cualquier lugar, reduce pérdidas económicas, entre otras; también generan una mayor contaminación al utilizar combustible como lo es el ACPM (Aceite Combustible Para Motores), el cual es un derivado del petróleo, genera un impacto con el medio ambiente, debido a la emisión de gases y adicionalmente, su ejecución se debe realizar de

forma manual, así que al evidenciar un corte de energía, se debe hacer envío de personal, el cual ejecute en botón de inicio para que la planta comience a funcionar.

2.7. Marcos contextual o referencial

2.7.1. Marco Teórico

Importancia de las telecomunicaciones para el desarrollo social y económico

Desde ya hace unos años las telecomunicaciones se han convertido en un factor muy importante y principal para el buen desarrollo de las diferentes comunidades en los diferentes ámbitos de la productividad. La modernización de los servicios de telecomunicaciones ofrece importantes beneficios sociales, además del simple crecimiento económico; Por ejemplo, los sistemas modernos facilitan la obtención rápida de información vital necesaria para proporcionar una atención sanitaria de calidad y brindan un acceso rápido a información crítica necesaria para reducir los riesgos de seguridad. (William A. Darity, 2008).

Sin embargo, a pesar de los impresionantes avances sociales asociados a la modernización y la competencia en las telecomunicaciones. En países subdesarrollado de América latina, La carencia de conectividad de internet con estándares mínimos de calidad es una de las características comunes a no menos de 72 millones de personas que viven en las áreas rurales de los países latinoamericanos y caribeños.

Este es el principal resultado de un estudio realizado por el “Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (Iica), con el apoyo del Banco Mundial, Bayer, CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, Microsoft y Syngenta,” (América, Crece brecha urbano-rural de internet de calidad en A. Latina, 2022).

Situación de conectividad en las zonas rurales de Colombia

Colombia al ser uno de los países que hace parte de América latina no es la excepción ante esta gran problemática, considerando las grandes zonas rurales con las que cuenta el territorio colombiano. La ausencia de los servicios de telecomunicaciones en campos y zonas rurales de Colombia es un factor constante que afecta a las comunidades que habitan en estas regiones, zonas como el corregimiento de San Sebastián de Palmitas, una de las zonas más rurales de la ciudad y con la cifra más alta de hogares sin conexión a internet en Medellín. Allí, al 55,6 por ciento de las viviendas los prestadores de servicios de internet no llegan por las condiciones del terreno y el difícil acceso a las veredas, según resultados de la encuesta de Calidad de Vida 2020, realizada por la Universidad de Antioquia. (Diarios, 2021)

Sin embargo, el sector de las telecomunicaciones ha generado un gran esfuerzo para llegar a la mayor parte del territorio colombiano, teniendo en cuenta las áreas rurales más alejadas e implementado infraestructura y construcción de torres de telecomunicaciones para aumentar así la conectividad entre redes y abasteciendo de los servicios de telecomunicaciones a estas regiones y comunidades.

Sin embargo, no solo basta con tener la infraestructura requerida para el suministro de telecomunicaciones, esta infraestructura requiere y depende de un factor sumamente importante que es el suministro constante de energía eléctrica ya que si interrumpe el flujo eléctrico dejan de funcionar todos los equipos encargados de generar este servicio de conectividad.

Generando una dependencia total del correcto funcionamiento del suministro eléctrico, el cual es vulnerable al encontrarse en áreas rurales a vandalismo, fallas en accesorios eléctrico y cortes por mantenimientos en la red eléctrica de la región, los cuales al momento de presentarse

desconectan y paralizan a estas comunidades rurales, con lo cual se evidencia esta gran problemática y todo lo que puede llegar a afectar a una región esta desconexión.

Energías renovables como solución a la problemática energética y sus avances

El tema de las energías limpias renovables es bastante atractivo, la generación de energía con fuentes renovables no convencionales, como la energía solar, la eólica y la mareomotriz, (Hernández, 2019) cada vez son más sonadas, iniciativas en donde entidades se ven organizando un mecanismo financiero para apoyar plantas eólicas en Colombia", esto señaló Walter Vergara, jefe de la División de Cambio Climático y Sostenibilidad del BID.

Según el directivo, las iniciativas están en gestión y se están inyectando algunos recursos que van a estar disponibles para que proponentes de energía eólica en el sector privado planteen opciones y se pueda expandir esta fuente en el país, (America, 2013), siendo así una gran solución para implementar este tipo de energías renovables no convencionales a torres de las telecomunicaciones.

Creando la posibilidad de implementar un sistema provisional de energía eólica casi ilimitada, en donde la estación de telecomunicaciones y sus equipos electrónicos estarían abastecidos de energía eléctrica todo el tiempo sin importar si se llegase a presentar una novedad o siniestro en el sistema de energía convencional de la estación de telecomunicaciones, convirtiéndose así en una gran solución para esta gran problemática.

Actualmente Colombia en el área de la energía eólica cuenta con un gran referente que es **Jorge Arturo Pulido** uno de los líderes mundiales en este tema y quien fue galardonado en los Premios Globales de Energía Eólica con ventajas fiscales de Renewable UK, 2023, en la categoría 'Aspiring Leader', que destaca los aportes que impactan al sector mediante el desarrollo de

políticas transversales; Jorge trabaja en el Ministerio de Minas y Energía como asesor en la oficina de Asuntos Regulatorios y Empresariales.

Desde el 2022 ha coordinado técnicamente el desarrollo de la energía eólica costa afuera en Colombia, cuando se consolidó la hoja de ruta para su despliegue y la regulación que establece las reglas para estos proyectos. Parte de su trabajo se ha concentrado en sacar adelante la primera ronda de asignación de áreas marítimas para el desarrollo de proyectos costa afuera en Latinoamérica y el Caribe, (andes u. d., 2023) .

En países como estados unidos el gran referente a nivel mundial en la energía eólica fue el científico, “**Charles F. Brush** que en 1887 realizo la primera turbina eólica brindada a la generación de electricidad, conocida como la más grande del mundo contando con un diámetro en rotor de 17 metros y 144 palas de rotor, fabricada con madera de tipo cedro, el generador tuvo una vida útil de 20 años y fue la encargada de cargar las baterías instaladas en el sótano de su casa. Teniendo en cuenta el tamaño de la turbina, la potencia del generador era de apenas 12 kW”, (BBVA B. , 2024).

Para el continente europeo sobresale el científico danés **Poul la Cour** que más tarde propuso las turbinas eólicas con pocas palas de rotor que demostró que son más eficientes para la producción de electricidad que las turbinas de palas múltiples, ya que en las primeras se logra una velocidad de rotación mucho mayor que en las del tipo construido por Brush. En 1899, diseño lo que se conoce como el primer generador eólico moderno, el diseño era muy similar al de los célebres molinos de viento, (BBVA, 2024).

2.7.2. Marco Histórico

Torres de telecomunicaciones

Antes de que existieran las telecomunicaciones modernas, las civilizaciones en Egipto, Grecia y Roma, empleaban métodos visuales para transmitir información, utilizaban torres de vigilancia señales de fuego y humo para enviar mensajes simples a larga distancia, en la edad media el uso de campanarios y faros también sirvió para transmitir advertencias o información básica. Aunque son básicas, estas estructuras marcan el inicio del uso de torres para la comunicación.

Con la revolución de la telegrafía en el siglo XIX, Samuel Morse inventa el telégrafo eléctrico y desarrolla el código Morse, permitiendo la transmisión de mensajes codificados a través de cables.

Entre 1840 y 1850 se inicia la instalación de postes de madera para sostener cables telegráficos a lo largo de rutas ferroviarias y caminos, estas primeras estructuras se pueden considerar antecesores directos de las torres de telecomunicaciones. A comienzos del siglo XX en 1901 se realiza la primera transmisión de radio usando grandes torres metálicas para antenas de gran alcance que envían y reciben señales de radio a distancia cada vez mayores, sobre 1920 la expansión de la radio comercial llevó a la construcción de torres específicas para la difusión de radio AM.

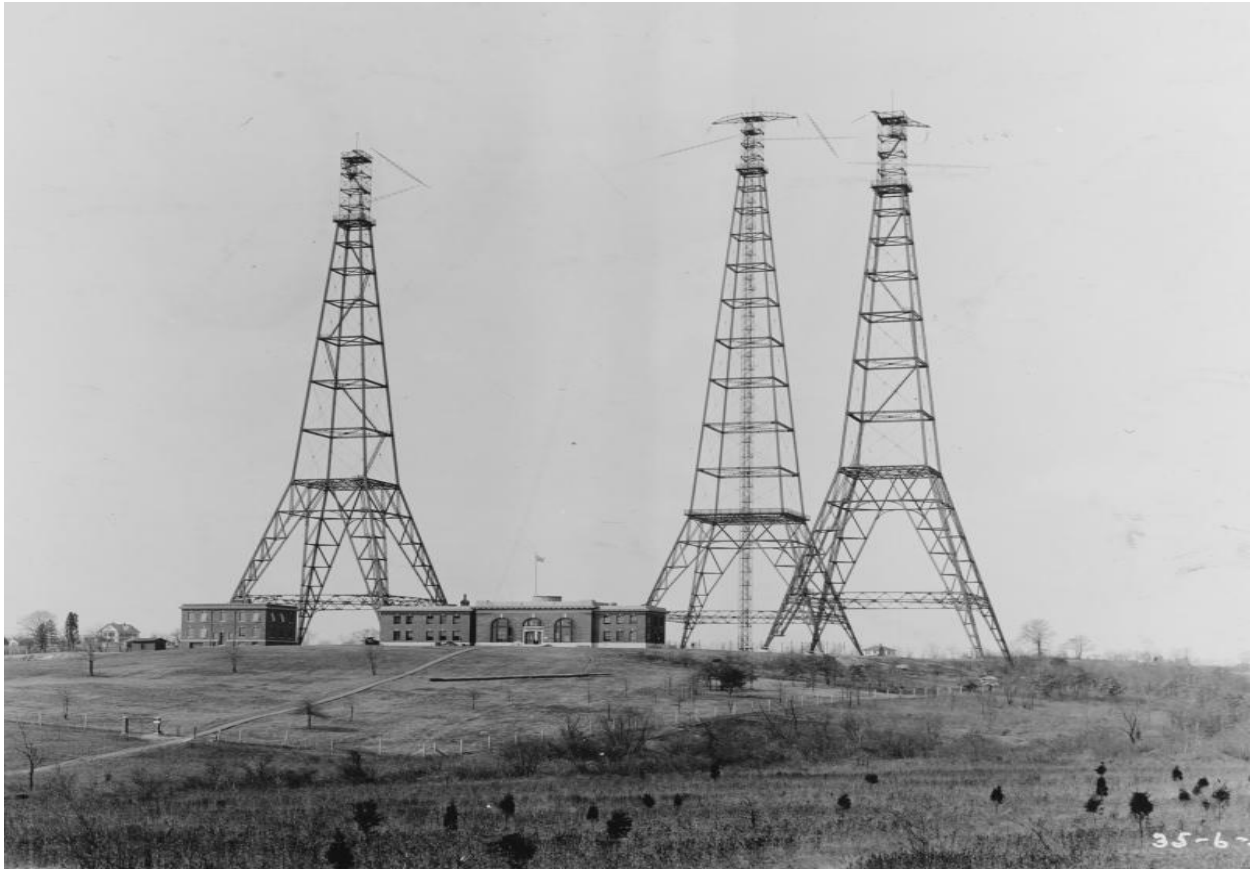


Figura 26 torres de difusión para radio AM

“La red 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979, se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, baja velocidad”, como se muestra en (Rodríguez Romero & García Escalona, 2005, pág. 5), lo que genera la necesidad de construir torres para soportar antenas de telecomunicaciones, las estructuras han evolucionado en diseño y forma para soportar más carga, ofreciendo mayor cobertura.



Figura 27 torre de telecomunicaciones con antenas. Autor. Adaptado de pixabay. S.f.

actualmente las torres de telecomunicaciones son parte de las redes 4G y 5G siendo de gran importancia para la transmisión de datos móviles, internet inalámbrico y servicios digitales, que son esenciales para la conectividad, debido a la demanda creciente del uso de servicios digitales las torres de telecomunicaciones integran sistemas de energía renovable como paneles solares.



Figura 28 torre de telecomunicación con energía solar. Autor. Adaptado de freepik. S.f.

Energía eólica

La energía eólica es utilizada desde hace miles de años, las civilizaciones antiguas aprovechaban la fuerza de viento para propulsar las embarcaciones, para moler grano y bombear agua mediante molinos de viento, en Persia se utilizaban los molinos de eje vertical para moler granos, en la edad media se difundieron los molinos de viento de eje horizontal, donde se convirtió en un elemento fundamental para para el drenaje de tierras y producción agrícola



Figura 29 viento como propulsor de barcos. Autor. Adaptado de <https://amuraworld.com>. Enero 2023.



Figura 30 molino de viento. Autor. Adaptado de <https://www.aboutspanol.com/>. S.f.

Con el paso de la revolución industrial el carbón y el petróleo tomaron más fuerza desplazando el uso de la energía eólica, se seguía utilizando en molinos en las áreas rurales, pero dejó de ser considerada como fuente de energía principal. Durante los años 70 por la crisis de petróleo y con el interés por las energías renovables se impulsó nuevamente el uso de las energías renovables generando la curiosidad por el desarrollo de la energía eólica, considerándose como el punto de partida de tecnologías renovables.

a comienzos de 1980 se instalaron en California los primeros huertos eólicos del planeta, empleando generadores con potencias comprendidas entre 20 y 50 kW.



Figura 31 parque eólico desierto de california. Autor. Adaptado de cdn.pixabay.com. 2016

La energía eólica en las últimas décadas se ha considerado como una gran fuente de energía renovable en el planeta, la evolución tecnológica ha permitido la construcción de generadores y parques eólicos con más eficiencia, lo que lleva a que muchos países integren la energía eólica como estrategia para reducir el CO₂ y combatir el cambio ambiental.



Figura 32 parque eólico jepirachi. Autor. Adaptado de. www.renunciamosyviajamos.com. 2015.

La energía eólica presenta un crecimiento significativo, consolidándose como una de las principales alternativas de energía limpia frente a los combustibles fósiles. El inicio de este siglo estuvo marcado en una creciente preocupación por el cambio climático, siendo la energía eólica de gran importancia en el panorama de transformación energético mundial, las turbinas eólicas modernas han mejorado significativamente en eficiencia, capacidad de generación y adaptabilidad a distintos entornos geográficos, además el avance de la ingeniería ha permitido el diseño de aerogeneradores de menor escala adecuados para zonas rurales o aisladas, donde el acceso a la red eléctrica es limitado o inexistente. Estos sistemas han demostrado ser demasiado útiles para impulsar el desarrollo, cerrar brechas de conectividad he impulsar a una mejor calidad de vida.



Figura 33 parque eólico. Autor. Adaptado de <https://news.soliclima.com/>. S.f.



Figura 34 energía eólica. Autor. Adaptado de <https://www.greentecher.com/>. 2022.

2.7.3. Marco Normativo

LEY 1341 de 2009.

Dentro del marco normativo Nacional, la presente ley determina el marco general, la formulación de normatividad y las políticas que rigen dentro del área de las tecnologías y telecomunicaciones, protección al usuario, calidad del servicio adquirido, y demás aspectos que brinden su adecuada ejecución y funcionamiento dentro del territorio al cual se está planteando. (DISTRITAL, 2009)

Decreto 083 DE 2023.

Dentro de este decreto, se establecen e informan los requisitos y procedimientos autorizados para la eficaz instalación, localización y regulación de estaciones de telecomunicaciones en el área metropolitana de Bogotá, teniendo como puntos o aspectos importantes los siguientes:

- a. Contar con compatibilidad ambiental e inclusión de tecnologías de telecomunicaciones, ya que estas estaciones deben tener un riguroso cumplimiento en instalación de acuerdo con las disposiciones, que hayan otorgado las autoridades competentes respecto a compatibilidad con el medio ambiente, teniendo en cuenta lo estipulado en el artículo 10 de la ley 338 de 1997, la cual hace referencia a las determinantes de ordenamiento territorial, constituida por normas de una jerarquía superior.
- b. Hacer uso adecuado de las tecnologías de información de telecomunicaciones, optimizando el despliegue de la infraestructura (BOGOTÁ, 2023)

Ahora bien, “El decreto 1370 de 2018 del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, juega un papel importante dentro de la normatividad vigente para la instalación de infraestructura de telecomunicaciones en todo el territorio nacional, ya que este

decreto tiene como objetivo regular los límites de exposición de campos electromagnéticos generados por este tipo de estaciones, al que se enfrentan las personas y adicionalmente teniendo en cuenta el Decreto 195 de 2005, reglamentado con la resolución 1645 de 2005, existen límites de exposición a los cuales las personas están expuestas, por consiguiente se crearon estrategias ,para la instalación y se adoptaron otras disposiciones.” (PÚBLICA, 2015).

NTC 5363 Sistema de generación de energía eólica, requisitos y diseño 2005-08-24.

La norma establece los requisitos de diseño para garantizar la calidad estructural de los aerogeneradores, proporcionando control ante daños a lo largo de su vida útil, incluyendo control, protección, sistema eléctrico, mecánico y estructura de soporte.

NTC 5725 requisitos de diseño para aerogeneradores pequeños 2009-11-18.

La norma establece requisitos de seguridad para aerogeneradores pequeños, abordando diseño, instalación, mantenimiento y operación en condiciones específicas, proporcionando control ante daños a lo largo de su vida útil, incluyendo control, protección, sistema eléctrico, mecánico y estructura de soporte e introduce simplificaciones para turbinas pequeñas y se aplica a aerogeneradores con un área de barrido menos a 200 m² y voltajes inferiores a 1000 V.

Resolución 5018 de 2019.

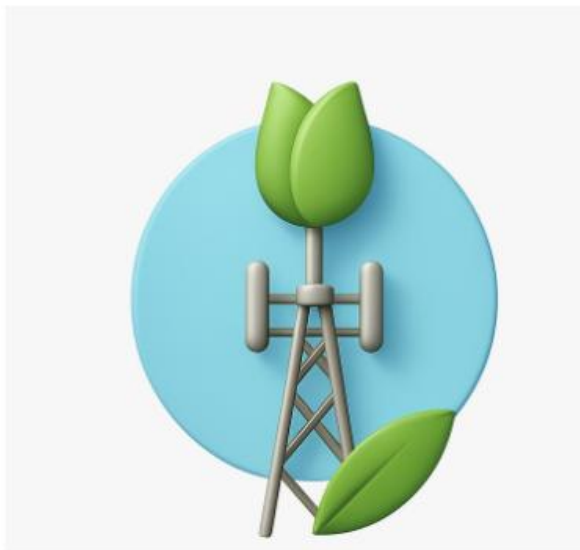
Esta resolución establece los parámetros en seguridad y salud en el trabajo estipulados a las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, lo que incluye la energía eólica.

IEC 61400

La norma IEC 61400 de la comisión electrónica internacional define requisitos de ingeniería para asegurar que los sistemas de turbinas eólicas sean diseñados, instalados y operados de manera segura y eficiente, esta norma es un estándar internacionalmente reconocido y utilizado en la industria, garantiza la completa seguridad y adaptabilidad de los sistemas de energía eólica, lo que contribuye a su desarrollo como una fuente de energía renovable.

2.7.4. Marco prestación del servicio.

Presentación del servicio:



Viento que conecta, energía que transforma.

Generador eólico



figura 35. AEROCOMSMP. Autor. Generado por chtgpt. 2025 s.f. figura 36. turbina mediana. Autor. adaptado de Flowerturbines. s.f.

Principales componentes:

1. **Turbina:** Cuenta con 2 palas fabricadas en ABS y se encuentran ancladas y conectadas al eje principal mediante varillas. Cabe aclarar que las palas anteriormente han sido probadas para soportar velocidades de viento de hasta 200km/h

2. **Base inferior:** Es un generador que va conectado directamente al eje de la turbina que puede ser conectado o anclado directamente a un poste o a una estructura fija

3. **Partes eléctricas:** El generador puede generar hasta 4,25 KW día.
 - 3.1 **Controlador de carga:** Es un controlador realizado directamente por la empresa el cual limita la salida de hasta 120v, el cual va conectado directamente al eje de la turbina, permitiendo de esta forma una reducción de descarga de la batería, en el momento en el que no se encuentra en uso. Sus indicadores son por medio de luces, las cuales indican el estado de carga y un interruptor para apagar la turbina

4. **Freno:** Puede ser electrónico o mecánico, sin embargo, esta turbina solo cuenta con un freno, el cual es electrónico y además se puede realizar un frenado sistematizado por medio de programación en su software el cual lo frena automáticamente a ciertas velocidades.



Figura 37 generadores eólicos tipo tulipán. Autor. Adaptado de <https://www.flowerturbines.com/>. S.f.

La instalación de cableado eléctrico, debe ser realizada por un profesional en el área ya que el generador cuenta con 3 cables de salida de energía, los cuales deben ser conectados por separado a los equipos indicados por el profesional.

Es de vital importancia la utilización de un sistema de cableado eléctrico adecuado para soportar y transmitir la energía a las baterías de almacenamiento, así como también el cableado eléctrico debe contar con resistencia y durabilidad para diversos climas, como lo pueden ser las lluvias, la cristalización por causa del viento y el sol

Empotramiento o montaje:

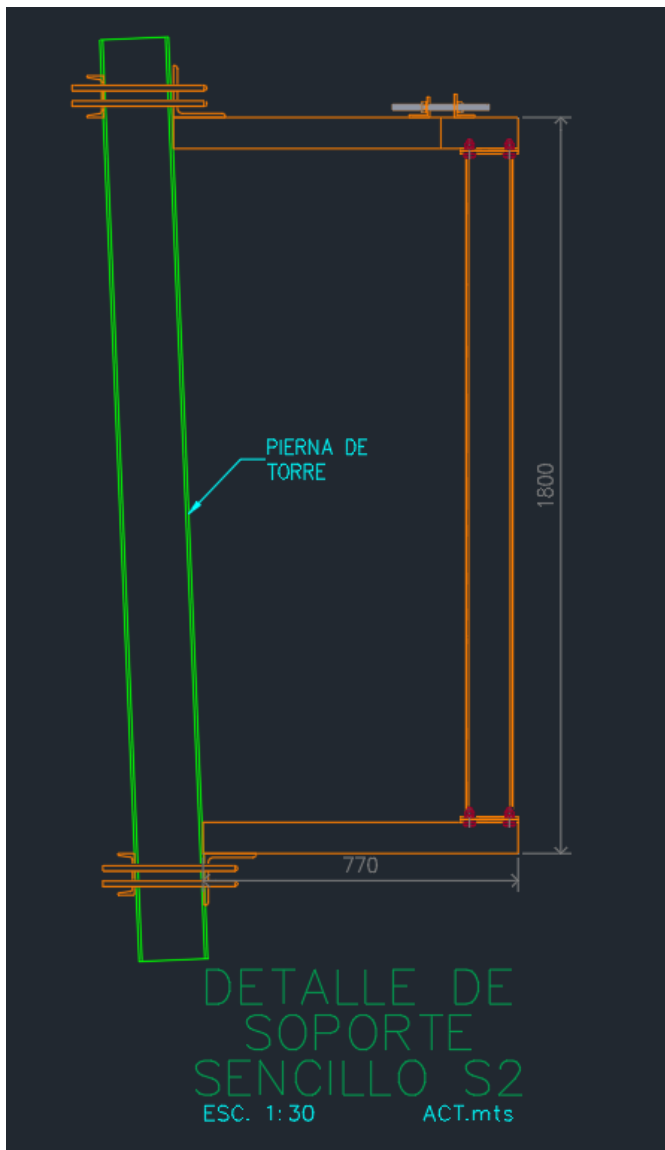


Figura 38. plano de detalle anclaje generador. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

Figura 39 soporte en torre. Autor ingytelcom. Abril 2025

La empresa suministra el generador eólico con una base tubular o poste, la cual va empotrada e instalada por medio de pernos, arandelas planas y una brida de montaje, la cual permite variedad de opciones al momento de del montaje, según sea el caso o situación en la estructura de la torre y de esta manera fijar la base sobre la cual posteriormente será insertado el generador eólico, permitiendo sujeción del sistema y evitando riesgos de desprendimiento.

Batería MUST LP16-48100

Luego de definir la instalación del generador eólico es importante identificar el banco de baterías que almacenará y distribuirá la energía que brinda el generador eólico, en esta ocasión se plantea trabajar con el sistema de almacenamiento de energía Bateria MUST LP16-48100 con un voltaje nominal de 51.2 V y una capacidad de 100 Ah que permite garantizar un rendimiento constante y prolongado, incorpora un sistema BMS 8 (Battery Management System) que protege contra sobrecargas, sobrecalentamientos y cortocircuitos, brindando un funcionamiento confiable, permite la expansión en paralelo de hasta 15 unidades.




Figura 40. Bateria MUST LP16-48100. Autor adaptada de mustenergy, s.f.

Lithium Iron Phosphate (LiFePO4) Battery

LP1600 Series

1.28-10.24KWH



MUST[®]

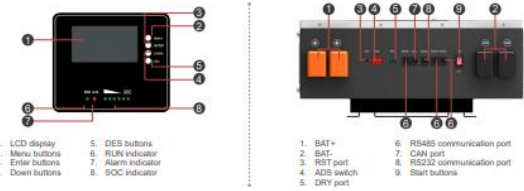
LiFePO4

CE IEC UN38.3

MUST wall mounted Lithium battery (LiFePO4 Battery) solutions are highly integrated, deep cycle backup power solutions for your solar home energy storage system. With rich experience and advanced techniques, the product has the features of the fashionable design, high energy, high power density, long service life, and easiness of installation and expansion.

* Custom capacity is acceptable.

Pic of Input & Output Port



1. LCD display
2. Menu buttons
3. Enter buttons
4. Down buttons
5. DES buttons
6. RUN indicator
7. Alarm indicator
8. SOC indicator
1. BAT+
2. BAT-
3. RS485
4. ADS switch
5. DRY port
6. RS485 communication port
7. CAN port
8. RS232 communication port
9. Start buttons

MUST[®]
Lithium Power System

LP1600 Series

Technical Data	LP16-2480	LP16-24100	LP16-24200	LP16-4880	LP16-48100	LP16-48200	
Nominal Voltage	25.8V			51.2V			
Nominal Capacity	50Ah	100Ah	200Ah	50Ah	100Ah	200Ah	
Nominal energy	1280Wh	2560Wh	5120Wh	2560Wh	5120Wh	10240Wh	
Life Cycles	6000 cycles @ 80% DOD, 25°C						
Recommended Charge Voltage	29.2V			58.4V			
Recommended Charge Current	10A	20A	40A	10A	20A	40A	
End Of Discharge Voltage	22V			44V			
Standard Method	Charge	10A	20A	40A	10A	20A	
	Discharge	25A	50A	100A	25A	50A	
Maximum Continuous Current	Charge	50A	100A	100A	50A	100A	
	Discharge	50A	100A	100A	50A	100A	
BMS Cut-Off Voltage	Charge	29.2 V (3.85V/Cell)			58.4 V (3.85V/Cell)		
	Discharge	22.0V (2x) (2.75V/Cell)			32.0V (2x) (2.0V/Cell)		
Temperature	Charge	-4 ~ 113 °F (0 ~ 45 °C)					
	Discharge	-4 ~ 131 °F (-20 ~ 55 °C)					
Storage Temperature	-23~95 °F (-5~35°C)						
Shipment voltage	±25.8V			±51.2V			
Module Parallel	Up to 15 units						
Communication	CAN2.0/RS232/RS485						
Case Material	SPPC						
Dimension (L x W x H)	340x400x140 mm	450x400x140 mm	450x400x140 mm	450x400x140 mm	580x490x145 mm	580x490x145 mm	
Approx. Weight	13.8kg	23kg	49kg	23kg	44kg	82kg	
Charge Retention And Capacity Recovery Capability	Standard charge the battery, and then put aside at room temperature for 28d or 55 °C for 7d. Charge retention rates90%, Recovery rate of charge90						
Certification & Standards	CE-EMC (EN 61000-6-3; 2007+A1; 2011+AC; 2012 EN IEC 61000-6-1; 2019) IEC62619-1:2018; IEC62619:2022; IEC62619:2017; UN38.3/ MSDS						

Figura 41. ficha técnica Batería MUST LP16-48100. Autor adaptada de mustenergy, s.f.

La energía producida por el aerogenerador en corriente alterna (AC), se almacena en los módulos de las baterías de fosfato de hierro y litio dentro del sistema, el proceso de carga puede ser monitoreado en tiempo real por el sistema de gestión de baterías que controla temperatura, tensión por celda, corriente de carga y equilibrio entre celdas, esta energía se convierte en energía continua (DC) por medio de un inversor.

Una vez cargadas las baterías almacenan la energía de forma química en las celdas de litio, gracias a la tecnología de las baterías construidas en fosfato de hierro y litio ofrecen ventajas como:

1. Mayor estabilidad térmica
2. Mayor vida útil
3. Baja auto descarga

4. Alta densidad energética para almacenamiento compacto

Las batería MUST LP16-48100 sistema de alta eficiencia, que recibe energía del generador eólico, la almacena de forma segura, generando confiabilidad, es adaptable a condiciones ambientales exigentes, ideal para torres de telecomunicaciones en zonas rurales de Colombia y asegura un rendimiento constante y una reducción significativa de costos con respecto a soluciones planteadas con generadores de combustibles fósiles o redes eléctricas inestables.

Para el proceso de implementación del generador eólico Tulipán Mediano se realiza con una cuadrilla de 2 técnicos con experiencia en montaje e instalación de equipos de telecomunicaciones, la primera fase será la instalación del generador en la parte superior de la torre de telecomunicaciones se debe ubicar en la sección más alta de la estructura. El anclaje por medio del cual se fijará el generador eólico a la estructura en un soporte para equipos de telecomunicaciones llamado soporte tipo sencillo que cuenta con una capacidad de anclaje para equipos de hasta 100 kg.

En la segunda fase el personal técnico se encargará de realizar la instalación del cableado y ajustar el recorrido del mismo, este cableado irá por medio del rack vertical que se encuentra implementado en las torres de telecomunicaciones hasta el banco de baterías que se encontrará en el nivel del suelo. En el banco de baterías esta energía eólica se transformará de energía tipo AC a energía tipo DC almacenándose en el banco de baterías.

Desde el almacenamiento de energía en el banco de baterías se realizará la distribución de energía a los equipos de telecomunicaciones cuando la energía eléctrica convencional deje de alimentar a los equipos de telecomunicaciones funcionando, así como energía eólica alternativa aplicada a torres de telecomunicaciones.

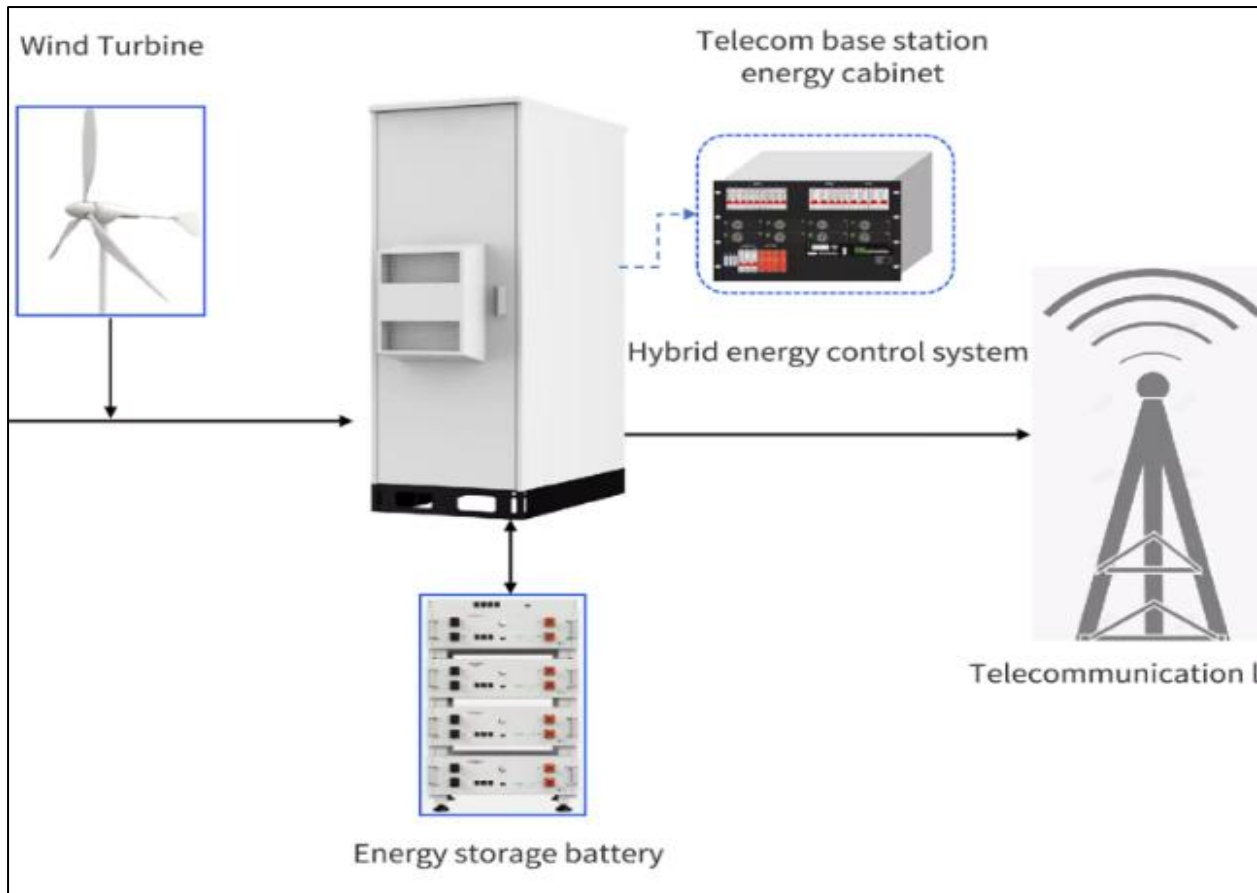


Figura 44 Diagrama de instalación del sistema eólico para torres de telecomunicaciones.



Figura 43 Generador eólico anclado a torre de telecomunicaciones

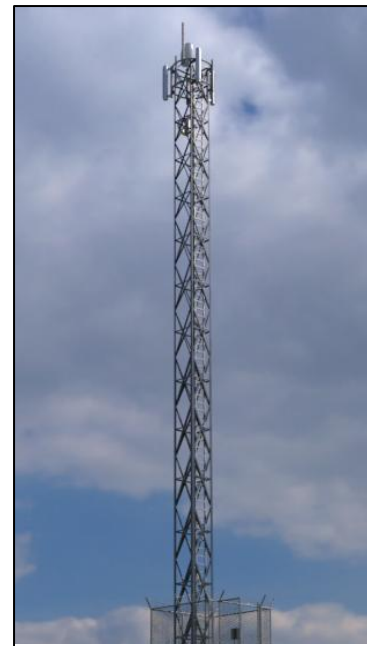


Figura 42 Generador eólico anclado a torre de telecomunicaciones. Vista #2

3. Suministro e instalación de sistema de energía eólica alterna aplicada a torre de telecomunicaciones.

3.1. Nombre e imagen del servicio.

Generador eólico aplicado a torres de telecomunicaciones

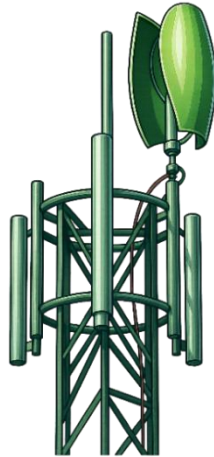


Figura 45. generador eólico aplicado a torres de telecomunicaciones. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

3.2. Composición del servicio sistema de energía eólica alterna aplicada a torre de telecomunicaciones.

3.2.1. Insumos, elementos y componentes del servicio sistema de energía eólica alterna aplicada a torre de telecomunicaciones.

El sistema de energía eólico aplicado a torre de telecomunicaciones tiene unas características especiales y únicas ya que el sistema eólico es adaptado para el suministro de energía producida por el generador y almacenada para después ser distribuida en los equipos de telecomunicaciones, el sistema cuenta con los siguientes insumos:

Insumo #1: Generador eólico de la marca Flower turbines, referencia mediano tulipán. (1 unidad)



Figura 46 Generador eólico de la marca flower turbines. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

Insumo #2: Batería de almacenamiento de energía de la marca MUST, Batería de Litio 48V 100Ah MUST LP16-48100, (1 unidad).



Figura 47. Batería de almacenamiento MUST LP16-48100. Autor adaptada de mustenergy, s.f.

Insumo #3: Convertido o inversor de energía de almacenamiento, energía AC/energía DC, de la marca MUST. Serie PH1100 PRO. (1 Unidad)



Figura 48. Inversor MUST Serie PH1100 PRO. Autor adaptada de mustenergy, s.f.

Insumo #4: Soporte metálico de acero inoxidable o galvanizado de 3mm de espesor tipo bandera, para torre de telecomunicaciones. Se fabrica bajo pedido. (1 unidad)



Figura 49. Detalle soporte generador eólico. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

3.2.2. Especificaciones técnicas del servicio sistema de energía eólica alterna aplicada a torre de telecomunicaciones.

No.	PASOS PARA LA ELABORACIÓN DE SU PRODUCTO	ACCIÓN REALIZADA	TIEMPO EN MINUTOS
1	Identificación de la necesidad del servicio	DOCUMENTO	30
2	recoleccion de datos basicos de la torre	PROCESO	45
3	solicitud y revision de cotizacion	PROCESO	60
4	validacion de proveedores y permisos	PROCESO	20
5	programacion visita tecnica	PROCESO	20
6	aprovacion del alcance y firma del servicio	PROCESO	30
7	coordinación logística de personal y equipos	PROCESO	30
8			

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PRODUCTO

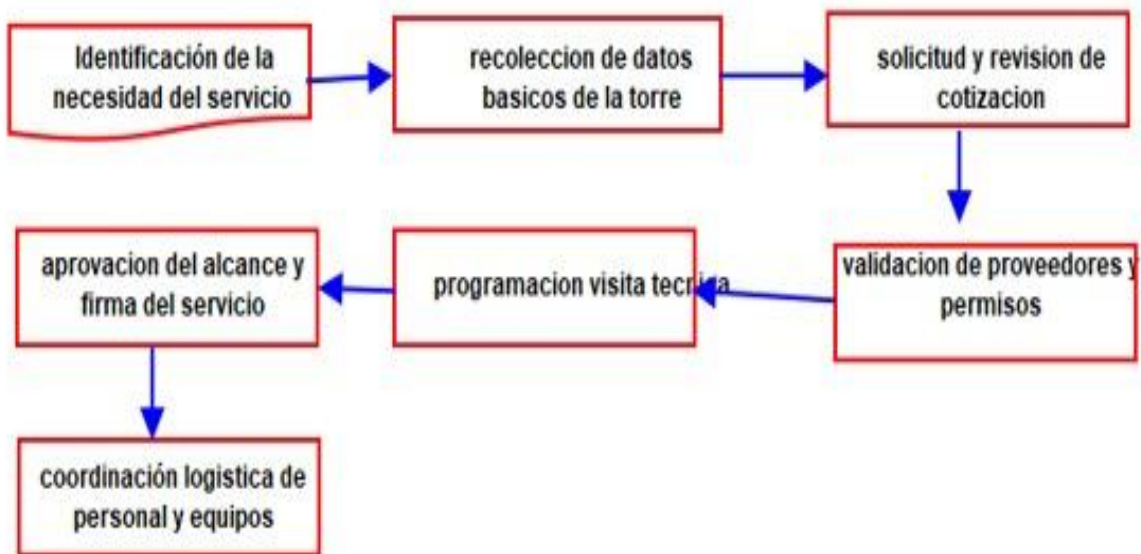


Figura 50. Diagrama de flujo pre servicio. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

SERVICIO		Generador eolico aplicado a torres de telecomunicaciones.	
No.	PASOS PARA LA ELABORACIÓN DE SU PRODUCTO	ACCIÓN REALIZADA	TIEMPO EN MINUTOS
1	Recepcion de OC	INICIO - FIN	2
2	Realizar KMZ	OBTENCION DE DATOS	120
3	Solicitud de accesos a los sitios	PROCESO	60
4	Compra de insumos y accesorios	PROCESO	180
5	Recepcion de insumos y accesorios	ALMACENAMIENTO	300
6	Tranporte persona e insumos	PROCESO	180
7	Traciago de insumos a estacion	PROCESO	120
8	Instalacio e implementacion sistema	PROCESO	960
9	Pruebas electrica y de funcionamiento	OBTENCION DE DATOS	60
10	Registro fotografico	DOCUMENTO	60
11	Orden aseo	PROCESO	90
12	Documentacion de informes y fotografias	DOCUMENTO	120
13	Envido de informes y solictud de IDA	INICIO - FIN	10

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SERVICIO



Figura 51. Diagrama de flujo durante el servicio. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

SERVICIO

Generador eólico aplicado a torres de telecomunicaciones

No.	PASOS PARA LA ELABORACIÓN DE SU PRODUCTO	ACCIÓN REALIZADA	TIEMPO EN MINUTOS
1	Registro fotográfico	DOCUMENTO	10
2	Capacitación al cliente	PROCESO	60
3	Asesoría continua	PROCESO	60
4	Mantenimientos preventivos	PROCESO	60
5	Atención a garantías	PROCESO	120
6	Soporte técnico	PROCESO	90

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SERVICIO

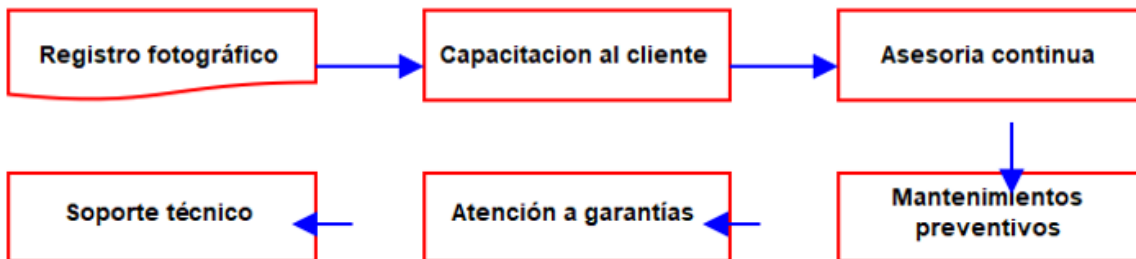


Figura 52. Diagrama de flujo post servicio. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

3.2.3. Características físicas, químicas y mecánicas del servicio.

A continuación, brinda las características físicas y mecánicas del Aerogenerador Medium Tulip Wind Turbine, así como los materiales que lo conforman, de acuerdo con la información extraída de su página oficial.



Figura 53. Turbina mediana. Autor. Adaptado de Flowerturbines.

TIPO	ITEM	ESPECIFICACIÓN
Características Físicas	Altura total	3,0m
	diámetro total de rotor	1,0m
	Altura de aspas (palas)	2,0m
	Ancho total	1,18m
	Peso	100kg
	Material de aspas	Termoplástico
Rendimiento	velocidad de viento mínima de arranque	0,7m/s
	Velocidad mínima en funcionamiento	2mph
	Velocidad Máxima	54m/s
	Durabilidad	40 años realizando mantenimientos anuales
	Potencia	300-500w
	producción anual estimada	1000-4000 según el viento
	RPM máxima	200rpm
	Ruido	Inferior a 25db a una distancia de 5 metros
Protección	Pintura anticorrosiva en estructura de montaje	

Características físicas y químicas de la batería MUST LP16-48100



Figura 54. Batería de almacenamiento MUST LP16-48100. Autor adaptada de mustenergy, s.f.

tiene un diseño modular y compacto, con un peso aproximado de 45 a 50 kg, dimensiones aproximadas de 44.2* 42* 13.2 cm, su voltaje nominal es 51.2 v y su capacidad de 100 Ah, rango operativo de temperatura oscila entre 20° C y 60° C, lo que permite un funcionamiento estable en zonas rurales y con variación térmica.

Esta batería utiliza celdas de fosfato de hierro y litio, una composición química que se caracteriza por una alta estabilidad térmica y electroquímica su voltaje nominal por celda es de 3.2 V, y el conjunto de 16 celdas en serie produce los 51.2 V.

La batería está diseñada para soportar condiciones de operación exigentes. Su estructura interna cuenta con celdas cilíndricas o prismáticas encapsuladas, que están protegidas por materiales amortiguadores que ayudan a reducir el efecto de vibración y movimientos, el sistema

incorpora un BMS (Battery Management System), que monitorea la temperatura y corriente evitando esfuerzos o deformaciones por sobrecalentamiento, su robustez estructural permite un uso continuo en entornos rurales y telecomunicaciones.

Tabla 5 características físicas y químicas batería

Categoría	Propiedad	Descripción técnica
Físicas	Dimensiones	440 × 410 × 177 mm (aprox.)
	Peso	Entre 45 y 50 kg, según el modelo y carcasa
	Voltaje nominal	51.2 V (16 celdas de 3.2 V en serie)
	Capacidad nominal	100 Ah (energía total: 5.12 kWh)
	Densidad energética	100–150 Wh/kg, superior al plomo-ácido
	Temperatura de operación	Descarga: -20 °C a 60 °C / Carga: 0 °C a 45 °C
	Diseño estructural	Módulo compacto tipo rack, apilable y ampliable
	Resistencia física	Carcasa metálica reforzada, tolerante a vibraciones y humedad moderada
	Configuración ampliable	Permite conexión en paralelo de hasta 15 unidades
Químicas	Tipo de celda	Fosfato de hierro y litio (LiFePO ₄)
	Cátodo	LiFePO ₄ (fosfato de hierro y litio)
	Ánodo	Grafito
	Electrolito	Solución orgánica líquida con sales de litio
	Reacción electroquímica	Migración reversible de iones de litio entre el cátodo y el ánodo durante carga/descarga
	Ciclos de vida útil	Más de 6.000 ciclos al 80% DOD (a 25 °C)
	Eficiencia energética	>95% en procesos de carga y descarga
	Seguridad química	Alta estabilidad térmica, bajo riesgo de fuga o combustión
	Sostenibilidad ambiental	Libre de plomo y cadmio; materiales reciclables y de baja toxicidad

3.2.4. Ventajas comparativas.

A continuación, se presenta de manera comparativa, cada sistema posiblemente utilizado para el sistema de energía en torres de telecomunicaciones, teniendo en cuenta que el más viable es el aerogenerador, por sus características mecánicas, de consumo, medio ambiente y transporte. Cada sistema ofrece características mecánicas, técnicas y operativas diferentes, lo cual permite obtener como resultado que el aerogenerador FLOWER MEDIUM, constituye a la mejor opción siendo adecuada en costos, sostenibilidad, precio y funcionabilidad

ITEM	PLANTAS DIESEL	KITS SOLARES	AEROGENERADOR FLOWER MEDIUM
Precio	65,000,000-85,000,000	50,000,000-70,000,000	45,000,000-50,000,000
Potencia	15kw	10kw	500w
Mantenimiento y durabilidad	Debe tener un mantenimiento constante y puede durar menos que paneles solares y el aerogenerador	Cuentan con 20-25 años de vida útil realizando mantenimientos preventivos y limpieza constante	Vida útil de 30 años o más, con mantenimientos preventivos y limpieza
energía producida	Puede operar constantemente, pero requiere de combustible DIESEL lo cual es muy costoso	Necesita luz solar constante para producir energía (hasta 27kh diarios)	Funciona tanto en el día como en la noche, únicamente depende del viento y puede generar más que los paneles solares
Costo por uso	Muy alto: mantenimiento, combustible y logística para encendido y apagado en sitio	Medio: mantenimientos preventivos y genera larga durabilidad	Bajo: solamente necesita de viento para producir energía y sus mantenimientos son preventivos anuales

Utilización en zonas rurales	Trasiego complicado, maquinaria necesaria para su transporte, debe haber acceso a combustible, logística necesaria	Buena, siempre y cuando se cuente con lugar para disposición del equipo	Muy buena: ubicada en altura, vientos disponibles, no es necesario espacio adicional, se puede usar como fuente principal
Dependencia de insumos	Combustible, lubricantes, aceites, repuestos, logística en zonas complicadas para puesta en marcha y apagado de motor	Se debe contar con el suficiente espacio para su adecuada ubicación	Depende el viento y puede funcionar tanto en el día como en la noche a diferencia de los paneles solares
Impacto ambiental	Muy alto: Emite óxidos de nitrógeno, azufre y requiere sistemas de escape lo cual emite gases con impacto negativo en la huella de carbono. Generan ruido muy elevado entre 70-90db y generan desechos en cada mantenimiento	Bajo: no hay combustión, ni emisiones de gases, uso de litio y silicio	Muy bajo: solo depende del viento, genera una contaminación acústica muy mínima inferior a 40db y no depende de recursos no renovables, además evita impacto acústico con aves

3.2.5. Presentación del servicio, dimensiones, modalidades, requisitos, periodicidad, características de uso.

La incorporación del Aerogenerador como energía aplicada a torres de telecomunicaciones se presenta como un servicio de instalación y puesta en marcha, el cual tiene como objetivo suplir energía a las torres de telecomunicación ubicadas en zonas rurales o de difícil acceso. Contemplando dentro del servicio el suministro del aerogenerador y un banco de baterías con sistema de control debidamente instalados por personal calificado para dicha actividad.

Este sistema está diseñado para entrar en funcionamiento una vez exista algún tipo de falla eléctrica en la torre de telecomunicaciones , asegurando la continuidad y prestación de servicio de los equipos. A continuación, se presenta de manera grafica el servicio y puesta en marcha del equipo.

Turbina Eólica:



figura 55. turbina eólica tulipán mediana. Autores Marciales, Mican y Robayo. 2025

Torre de telecomunicaciones con sistema implementado:



figura 56. torre de telecomunicaciones con sistema implementado. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

Cableado eléctrico:

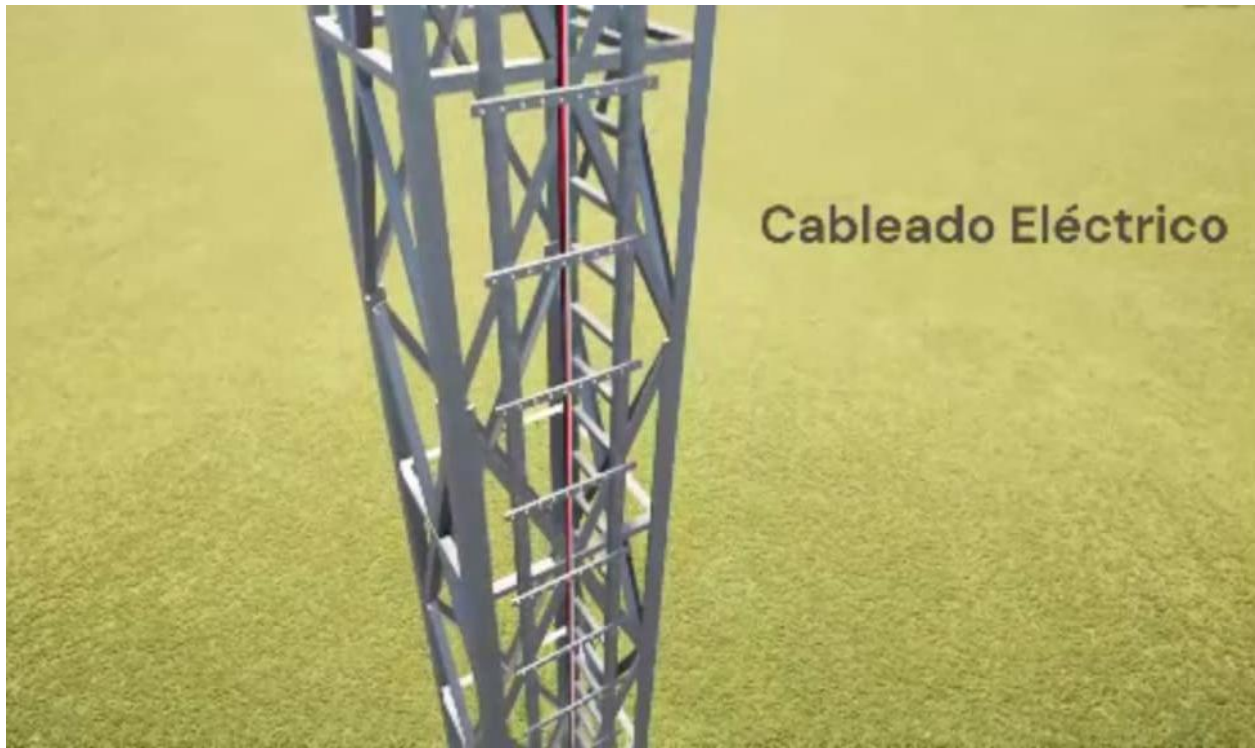


figura 57. cableado electrico del sistema. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025



figura 58. batería con inversor de corriente. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

3.3. Proceso de Prestación del servicio.

3.3.1. Identificación de las actividades necesarias para el servicio (planos estructura soporte), puesta en marcha, prueba de inicio y entrega de servicio.

El servicio del generador eólico aplicado a torres de telecomunicaciones cuenta una serie de fases para su correcta implementación en torres de telecomunicaciones en zona rurales:

Fase #1

Se realiza validación de las coordenadas y ubicación de la estación de telecomunicaciones, se utiliza el software Google maps o Google earth para realizar el KMZ o KML (Keyhole Markup Language), el cual tiene todos los datos geográficos y marcadores de la ruta para el ingreso de materiales, insumos, herramientas, personal técnico, generando la ruta mas segura, con menos riesgo y económica para el trasiego del servicio.



Figura 59. Ubicación estación de telecomunicaciones. Autor adaptado de consejoderedaccion.org. 2023

Fase #2

En esta fase se realiza la selección del personal técnico que ejecutara la implementación del generador eólico y todo el sistema de generación de energía, almacenamiento de energía eólico y distribución de energía. Se recolectará documentación correspondiente a la seguridad social, prestaciones sociales, cursos de alturas y exámenes médicos que avalen al personal con las competencias y actitudes físicas de acuerdo con las normas exigidas para realizar trabajo en alturas y actividades riesgo 5, esta documentación es enviada por medio de correo electrónico al área de HSEQ de la parte contratante o cliente con la información del sitio o los sitios donde se realizara la actividad.



Figura 60. HSEQ. Autor adaptado de ohse.ca. s.f.

Fase #3

Se realiza la solicitud y compra de insumos, materiales y accesorios a los proveedores, programando una fecha de recepción en la ciudad principal de donde se encuentre ubicada la estación de telecomunicaciones.

Fase #4

En esta fase se realizará la recepción de los materiales, insumos y accesorios en el punto físico de recolección de la transportadora indicada por el proveedor, el personal técnico recepcionar los insumos y materiales para iniciar la ruta del trasiego ya estipulada y sincronizadas con los tiempos de desplazamiento y descanso del personal técnico.

Fase #5

Una vez el personal técnico finaliza el trasiego y se encuentra ya en la estación de telecomunicaciones, procederá a realizar el acopio de materiales e insumos en la estación de telecomunicaciones, seguidamente el personal técnico iniciará el ascenso de la torre y la ubicación del punto donde se realizará la instalación del generador eólico, en el punto designado se instalará el soporte metálico tipo bandera el cual se encargara de soportar y anclar el generador eólico a la torre de telecomunicaciones.

El personal técnico Procede a realizar el despliegue de sogas y poleas para el izaje del generador eólico, una vez instalado el generador eólico sobre la torre de telecomunicaciones, se izará el cableado eléctrico desde el generador hasta el banco de baterías ubicado en piso, este ingresará por medio de tubería hacia las baterías y equipos al interior de banco de baterías. Del banco de baterías el cableado el cableado saldrá por medio de tubería hasta los equipos de telecomunicaciones.



Figura 61. Generador eólico con batería. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

Fase #6

Una vez el sistema este totalmente instalado y conectado el personal técnico ejecutara un protocolo que consta de mediciones eléctricas por medio de las pinzas amperimétricas o multímetro en varios puntos del sistema como lo son, las baterías de almacenamiento, el controlador o conversor de energía y en los equipos de telecomunicaciones. Confirmando que los voltajes sean los correcto para el funcionamiento de los equipos, se documentara y se tomara evidencia por medio de un registro fotográfico georeferenciado con la informacion del sitio, seguidamente se procede a retirarse de la estacion.

Fase #7

Para esta fase se realizará el informe de ejecución y registros fotográficos de validación, como evidencia de el correcto funcionamiento e implementación del generador eólico, envió de actas de conformidad y aceptación.

El servicio de implementación del generador eólico requiere de 5 fases de gran importancia como se evidencia en la secuencia del video adjunto:

Video:

La puesta en marcha, pruebas de inicio y entrega del sistema de energía eólica para torre de telecomunicaciones se realizarán con mediciones eléctricas por medio de las pinzas amperimétricas o multímetro en varios puntos del sistema como lo son, las baterías de almacenamiento, el controlador o convertidor de energía y en los equipos de telecomunicaciones.



Figura 62. Pinza Amperimétricas. Autor adaptado de osakaelectronicsltda. S.f.

Para la entrega del Servio se realizará por medio de un registro fotográfico de todo el sistema eólico en correcto funcionamiento y los resultados de las mediciones eléctricas que cumplan con los voltajes exigidos para el funcionamiento de cada equipo, se contará con un ingeniero superviso o interventor de obra asignado por el cliente el cual se le realizará la entrega y firma de actas de conformidad y satisfacción.



ACTA DE ACEPTACIÓN

La empresa _____, hace entrega al señor _____, los trabajos realizados de impermeabilización para el sitio _____ y se cumplieron las condiciones pactadas.

Yo _____ recibo los trabajos realizados dentro de la propiedad a satisfacción, que las actividades realizadas corresponden a lo solicitado y también certifico que el contratista se encuentra a paz y salvo bajo todo concepto.

Firmado a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Se adjunta registro fotográfico de la actividad realizada.

Propietario / Administrador	Supervisor en sitio Nombre: C.C:
-----------------------------	--

Figura 63. Acta de aceptación del servicio. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

3.3.2. Duración del ciclo de prestación servicio.

El ciclo de prestación del servicio de instalación del aerogenerador aplicado a torres de telecomunicación, comprende varios momentos desde la solicitud del servicio, hasta la instalación y capacitación al cliente para su adecuada utilización.

El proceso comienza directamente con la compra del aerogenerador y posteriormente se realiza el transporte y trasiego del equipo al sitio por medio del equipo especializado el cual realiza todo el servicio de montaje, conexión y puesta en marcha. Finalizando el proceso se brinda una breve capacitación de uso adecuado del equipo al personal que contrato el servicio. La duración de este proceso es llevado a cabo en 3 jornadas laborales equivalentes a 24 horas o 3 días de trabajo

3.3.3. Capacidad instalada.



Figura 64. grafica capacidad instalada vs capacidad requerida.

VENTAS capacidad instalada vs capacidad necesaria



Figura 65. grafica capacidad instalada ventas vs capacidad requerida ventas.

INVERSION Maq Y Equip capacidad instalada vs capacidad

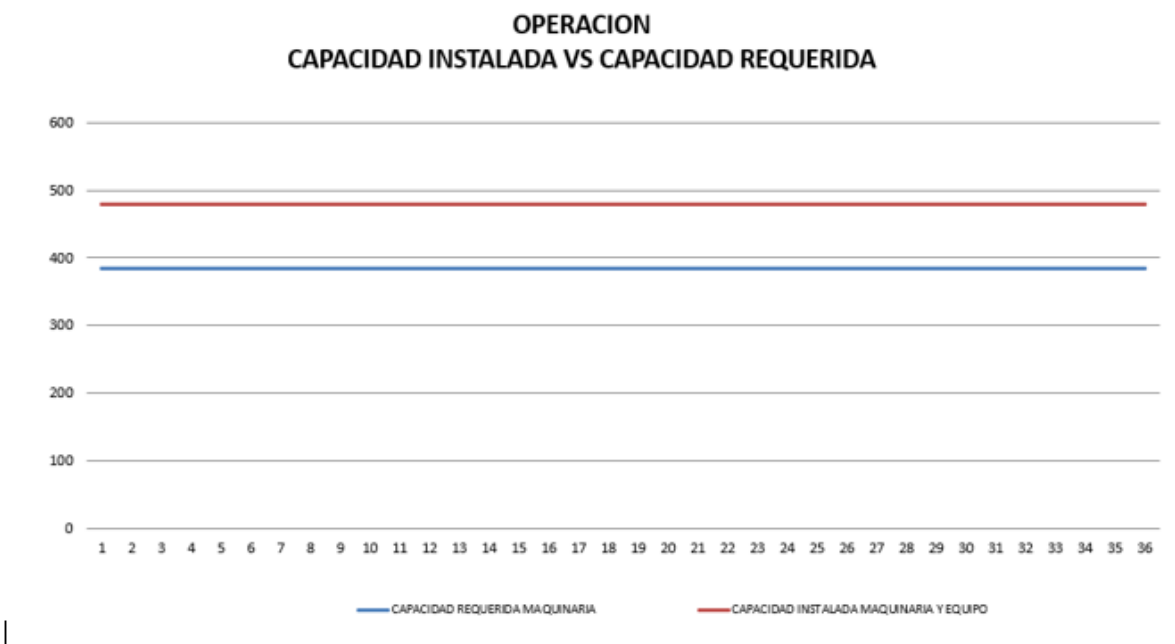


Figura 66. grafica capacidad instalada maquinaria y tiempo vs capacidad requerida maquinaria y tiempo.

3.3.4. Proceso de control de calidad.

El proceso de control de calidad se realizará por medio de mediciones eléctricas que cumplan con los voltajes exigidos para el funcionamiento de cada equipo, esto se reportará en un formato check list compartido al personal técnico, se utilizarán las pinzas amperimétricas o voltímetro para obtener los voltajes y mediciones del control de calidad, este formato se enviará al cliente para su validación.



CÓDIGO DEL SITIO	
CIUDAD	
NOMBRE DEL SITIO	
GENERAL	
CONCEPTO	
CONCEPTO ESTADO DE ACCESO (LONG. APROX.)	
CONCEPTO ESTADO DE ACCESO (LONG. APROX.) TIPO DE ACCESO (CALLE PAVIMENTADA - CALLE DESTAPADA - CAMINO HERRADURA - FLUVIAL)	ESTADO BIEN REG. MAL N/A
PUERTA DE ACCESO	
TIPO Y ESTADO DE CANDADO (CON LLAVE - CLAVE -INTELIGENTE- CERRADURA)	
ESTADO DE CERRAMIENTO- TIPO (MALLA/MAMPOSTERIA)	
ALAMBRE DE PÚAS Y CONCERTINA	
TIPO DE PISO (CESPED - PLACA CONCRETO - TIERRA - GRAVILLA- AZOTEA)	
SISTEMA ELÉCTRICO	
CONCEPTO	
CONCEPTO ESTADO CABLE DE ACOMETIDA ELÉCTRICA Y DUCTOS	
CONCEPTO ESTADO CABLE DE ACOMETIDA ELÉCTRICA Y DUCTOS ESTADO TABLERO DE DISTRIBUCION	ESTADO BIEN REG. MAL N/A
ESTADO DE MEDIDORES DE ENERGIA (CUANTOS)	
NUMERO DE MEDIDOR	
TRANSFORMADOR (KVA)	

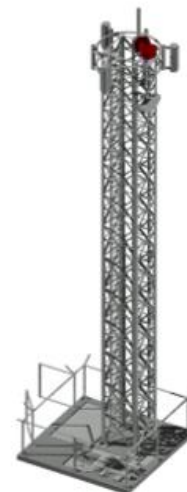


Figura 67. Proceso de control de calidad. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

3.3.5. Proceso de seguridad industrial.

Como se valida seguridad industrial, registro fotográfico y actas

Con el fin de prevenir algún tipo de accidentes y mantener a cabalidad la integridad física de cada trabajador, es necesaria la rigurosa aplicación procedimientos de seguridad y salud en el trabajo.

Este tipo de tareas son consideradas de alto riesgo por lo que se deben implementar medidas de seguridad y control para cada trabajador según la resolución 5018 de 2019 la cual regula el trabajo el alturas y la resolución 0312 del año 2019 la cual ofrece los estándares de seguridad y salud en el trabajo.

Es por esto que se presenta a continuación un listado de quipos obligatorios y necesarios para la ejecución de dicha actividad


- a. Casco dieléctrico
- b. Guantes certificados dieléctricos
- c. 2 líneas de vida
- d. Arnés
- e. Botas dieléctricas con punta reforzada
- f. Gafas

Cada trabajador debe realizar inspección de sus equipos, corroborar que todo este en optimas condiciones para la utilización, diligenciar los formatos preoperacionales indicando cada actividad a realizar. Adicionalmente se debe realizar delimitación del lugar de trabajo por medio de cinta de señalización y acompañamiento de un inspector de seguridad.

3.3.6. Puesta en marcha al final de la prestación servicio.

Para finalización de la prestación de servicio, luego del registro de validación, protocolo y verificar el correcto fruncimiento, se realizara la entrega de manera física y digital de la documentacion relacionada a la prestación del Servio, incluye check list del protocolo eléctrico, registro fotográfico georreferenciado actas firmadas por las dos partes, un informe en PDF del proceso paso ha pasado de la instalación del generador y el certificado de la calidad de los materiales e insumos que integran el generador eólico aplicado a torres de telecomunicaciones.

CÓDIGO DEL SITIO					
CIUDAD					
NOMBRE DEL SITIO					
GENERAL					
CONCEPTO					
CONCEPTO ESTADO DE ACCESO (LONG. APROX.)					
CONCEPTO ESTADO DE ACCESO (LONG. APROX.) TIPO DE ACCESO (CALLE PAVIMENTADA - CALLE DESTAPADA - CAMINO HERRADURA - FLUVIAL)	BIEN	REG.	MAL	N/A	COMENTARIOS
PUERTA DE ACCESO					
TIPO Y ESTADO DE CANDADO (CON LLAVE - CLAVE -INTELIGENTE- CERRADURA)					
ESTADO DE CERRAMIENTO- TIPO (MALLA/MAMPOSTERIA)					
ALAMBRE DE PÚAS Y CONCERTINA					
TIPO DE PISO (CESPED - PLACA CONCRETO - TIERRA - GRAVILLA- AZOTEA)					
SISTEMA ELÉCTRICO					
CONCEPTO					
CONCEPTO ESTADO CABLE DE ACOMETIDA ELÉCTRICA Y DUCTOS					
CONCEPTO ESTADO CABLE DE ACOMETIDA ELÉCTRICA Y DUCTOS ESTADO TABLERO DE DISTRIBUCION	BIEN	REG.	MAL	N/A	COMENTARIOS
ESTADO DE MEDIDORES DE ENERGIA (CUANTOS)					
NUMERO DE MEDIDOR					
TRANSFORMADOR (KVA)					



ACTA DE ACEPTACIÓN

La empresa _____ hace entrega al señor _____ los trabajos realizados de impermeabilización para el sitio _____ y se cumplieron las condiciones pactadas.

Yo _____ recibo los trabajos realizados dentro de la propiedad a satisfacción, que las actividades realizadas corresponden a lo solicitado y también certifico que el contratista se encuentra a paz y salvo bajo todo concepto.

Firmado a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Se adjunta registro fotográfico de la actividad realizada.

Propietario / Administrador

Supervisor en sitio
 Nombre:
 C.C.

Figura 68. documentos de entrega. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

3.4. Necesidades y requerimientos.

3.4.1. Materias primas e insumos



. Autor. Generado por chatgpt. 2025



Figura 69. Cableado eléctrico. Autor. Generado por chatgpt. 2025

3.4.2. Pruebas y ensayos.

1. Informe de sitio

Se incluye un análisis detallado del entorno donde será instalado el sistema, considerando el estudio del viento basado en mediciones preliminares y datos históricos de velocidad y dirección. Se evalúa la capacidad estructural de la torre existente para soportar la carga adicional del aerogenerador y su soporte metálico, verificando deformaciones, momentos y factores de seguridad. Así mismo, se describen las condiciones del terreno, accesibilidad para transporte de equipos, puntos de anclaje y riesgos ambientales presentes en la zona.

2. Planos y diagramas

Se anexan los planos de montaje del generador eólico y el soporte estructural adaptado a la torre, incluyendo cotas, materiales y puntos de fijación. También se agregan los esquemas

eléctricos del sistema: conexión del generador al controlador, interconexión con el inversor, diagrama del banco de baterías, elementos de protección, seccionamiento, puesta a tierra y rutas de cableado. Cada plano está acompañado de su simbología y especificaciones técnicas.

3. Memorias técnicas

Las memorias recopilan los cálculos de capacidad energética del sistema, estimaciones de autonomía en función del viento disponible, y el análisis de cargas reales del sitio (equipos de radio, transmisión y respaldo). Incluye la justificación del dimensionamiento del generador, el banco de baterías y las protecciones, así como el comportamiento esperado del sistema durante fallas de la red convencional.

4. Cumplimiento normativo

El diseño y los procedimientos de instalación cumplen con la normatividad local vigente en aspectos eléctricos, mecánicos y ambientales. Se contemplan los requerimientos de RETIE para sistemas de baja tensión, normas estructurales para cargas de viento, requisitos de seguridad industrial durante el montaje y los permisos necesarios para actividades en terreno, incluyendo consideraciones ambientales mínimas.

5. Pruebas en sitio

Se registrarán todas las pruebas efectuadas durante y después del montaje, documentando condiciones iniciales, instrumentos empleados (anemómetro, multímetro, pinza amperimétrica, cámara térmica, etc.), datos obtenidos, comportamiento del generador, respuesta del banco de

baterías y flujo de energía hacia la carga. Este apartado incluirá un registro fotográfico del antes, durante y después de la instalación, garantizando trazabilidad y evidencia técnica del proceso.

3.4.3. Tecnología herramientas, equipos y maquinaria.

Generador eólico: dispositivo que transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica para alimentar los equipos de telecomunicaciones.



Figura 70. Generador eólico de la marca flower turbines. Autores. Marciales, Mican y Robayo. 2025

batería MUST LP16-48100: almacenar energía para garantizar autonomía en el sistema.



Figura 71. Batería de almacenamiento MUST LP16-48100. Autor adaptada de mustenergy, s.f.

Convertidor o inversor de energía: adaptar la energía generada a los quipos de telecomunicaciones.



Figura 72. Inversor MUST Serie PH1100 PRO. Autor adaptada de mustenergy, s.f.

Sensores meteorológicos: medir condiciones del viento para optimizar el rendimiento.



Figura 73. sensores metereologicos. Autor. adaptado de sevensensor.2022.

Llaves combinadas y torquímetro: herramientas de ajuste mecánico para ensamblar componentes del generador y soporte.



Figura 74. Llaves con torquímetro. Autor. Adaptado de bigdaishowa.com. s.f.

Taladros industriales y brocas: para fijación de soportes y componentes en estructuras metálicas o de concreto.



Figura 75. Taladro industrial y brocas. Autor. adaptado de corporación ferremax. S.f.

Multímetros y pinzas amperimétricas: instrumentos de medición eléctrica para verificar continuidad, voltaje y corriente.



Figura 76. Multímetro y pinzas amperimétricas. Autor. Adaptado de fluke. S.f.

Equipos de izaje: poleas y cables para elevar el generador a la altura de instalación garantizando un montaje seguro.



Figura 77. Polea para cable y soga. Autor. Adaptado de prowinch. S.f.

Equipos de protección personal: arnés, casco, guantes eléctricos, botas y líneas de vida para proteger el personal durante la instalación.



Figura 78. equipo de protección personal. Autor. adaptado de segusa. S.f.

3.4.4. Pruebas piloto, secuencia de uso, planes de manejo.

Para garantizar la viabilidad técnica y operativa del sistema de energía eólica propuesta para torres de telecomunicaciones rurales, se contempla.

Pruebas piloto que permiten validar el rendimiento del aerogenerador y el banco de baterías bajo condiciones reales del viento y demanda eléctrica, estas pruebas están enfocadas en medir variables como la velocidad del viento, potencia generada, autonomía de respaldo y eficiencia de carga y descarga, mediante el uso de instrumentos de monitoreo y análisis de datos obtenidos con el software meteoblue.

Determinar la eficiencia de carga y descarga de la batería controlando variables como la tensión, la corriente, y la temperatura a través del sistema de gestión BMS.

Se implementarán pruebas de autonomía operativa para establecer el tiempo de respaldo que el sistema puede ofrecer a los equipos de telecomunicaciones considerando el consumo promedio y el tiempo de descarga completo.

Prueba de integración del sistema que se enfoca en analizar la coordinación entre el generador, el banco de baterías y el inversor para verificar la estabilidad eléctrica y la sincronización del voltaje y corriente mediante registradores de datos, finalmente se realiza una prueba de seguridad eléctrica para comprobar la respuesta del sistema ante sobrecargas, cortocircuitos o fallas, evaluando la actuación del BMS, el control de temperatura y la activación de las alarmas preventivas.

La energía cinética captada por el aerogenerador se convierte en energía eléctrica alterna que es almacenada en la batería luego se dirige hacia los equipos de telecomunicaciones pasando por el inversor, convirtiendo en energía continua para posteriormente alimentar los equipos de telecomunicaciones

los planes de manejo se estructuran en cuatro componentes:

- a. Técnico, que está orientado al mantenimiento preventivo y correctivo del sistema, para garantizar su continuidad operativa, realizando una inspección visual periódica del aerogenerador, verificación de pernos, lubricación de rodamientos, limpieza, reemplazo de celdas dañadas, revisión de inversores y BMS.
- b. Ambiental, enfocado en la gestión responsable de residuos eléctricos y el control del ruido.
- c. Social, dirigido a la capacitación del personal local y a la sensibilización sobre el uso de energías limpias.

- d. De riesgos, que establece protocolos de seguridad eléctrica y estructural ante eventos meteorológicos o fallas del sistema. Como uso de para rayos, fusibles y sistemas de puesta a tierra según RETIE.

3.4.5. Sistema de presentación, empaque y embalaje.



Figura 79. Presentación y empaque aerogenerador. Autor. Adaptado de Flower turbines. S.f.

3.5. Costos.

3.5.1. Precios unitarios.

Los valores de los precios unitarios expresados en el siguiente formato son valores reales de los insumos y materiales correspondientes al año vigente 2025.

		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS		PÁGINA 1 DE 1	
OBJETO DEL PROCESO:		Garantizar el suministro de energía en la estación durante fallas eléctricas.			
DATOS ESPECÍFICOS					
ITEM DE PAGO				UNIDAD	
ESPECIFICACIONES		Suministro e instalación de generador eólico para torres de telecomunicaciones		GL	
I. INSUMOS					
		UNIDAD	CANTIDAD	VR/UNIT	VR/TOTAL
1	Generador eólico Small Tulip	und	1,00	\$ 39.570.860	\$ 39.570.860
2	Banco de baterías	und	1,00	\$ 4.771.200	\$ 4.771.200
3	Soporte tipo sencillo para torre de telecomunicaciones y accesorios de andaje	und	1,00	\$ 500.000	\$ 500.000
4	Amarres plástico o anclajes (Paquete)	und	0,50	\$ 3.900	\$ 1.950
5	Cinta aislante	und	0,25	\$ 2.000	\$ 500
6	Gabinete metálico para intemperie accesorios de andaje	und	1,00	\$ 400.000	\$ 400.000
7	candado combinación tipo intemperie	und	1,00	\$ 69.000	\$ 69.000
8					
9					
10					
11					
12					
				SUBTOTAL	\$ 45.313.510
II. MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR/UNIT	VR/TOTAL
1	HERRAMIENTA MENOR	Glb	2%	\$ 200.000	\$ 4.000
2	cortador				\$ -
3	pinsas mediciones				\$ -
				SUBTOTAL	\$ 4.000
III. TRANSPORTE					
	MATERIAL o EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	VR / UNIT.
1	CAMIONETA	DIA	0,00	\$ -	\$ -
2					\$ -
				SUBTOTAL	\$ -
IV. MANO DE OBRA					
	ACTIVIDADES A EJECUTAR	UNIDAD	CANTIDAD	VR/UNIT	VR/TOTAL
1	Técnico electricistas, alcance en alturas	DIA	3,0	\$ 104.130	\$ 312.390
2	Técnico electricistas, alcance en alturas	DIA	3,0	\$ 104.130	\$ 312.390
3					\$ -
4					\$ -
				SUBTOTAL	\$ 624.780
				TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 45.942.290

Figura 80. Análisis de precio unitarios. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025

PRODUCTO Y SERVICIO	PRECIO DE VENTA DE LA COMPETENCIA	QUÉ PESO POSEE EN LA TOMA DE TU DECISIÓN	PRECIO SEGÚN SU COSTO (1 - M/C)	QUÉ PESO POSEE EN LA TOMA DE SU DECISIÓN	PRECIO SEGÚN PERCEPCIÓN DEL CLIENTE	QUÉ PESO POSEE EN LA TOMA DE TU DECISIÓN	PRECIO DE VENTA SUGERIDO	AJUSTE DEL PRECIO DE VENTA
Suministro e instalación de aerogenerador eólico para torres de telecomunicaciones	\$ 112.000.000	33,00%	\$ 105.000.000	33,00%	\$ 100.000.000	34,00%	\$ 105.610.000	\$ 105.000.000

Figura 81. cuadro 4901 cámara de comercio. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025

En el cuadro anterior se aprecia como se establecen los precios de venta de los diferentes productos, es de resaltar que el producto Suministro e instalación de aerogenerador eólico para torres de telecomunicaciones prevalece la variable COMPETENCIA, al cual se le asigno un 33%. El COSTO tiene alta repercusión en el producto Suministro e instalación de aerogenerador eólico para torres de telecomunicaciones donde su peso en el precio de venta es del 33%. Por último, se aprecia que la PERCEPCIÓN tiene un valor sobresaliente en el producto, Suministro e instalación de aerogenerador eólico para torres de telecomunicaciones asignando un 34% de peso en su valor final.

No.	PRODUCTO Y SERVICIO	PRECIO DE VENTA DEL PRODUCTO	PORCENTAJE DE COMISIÓN POR VENTA (DISTRIBUCIÓN) DEL PRODUCTO.	GASTO DE DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO
1	Suministro e instalación de aerogenerador eólico para torres de telecomunicaciones	\$ 105.000.000	7%	\$ 7.350.000

Figura 82. cuadro 4902 cámara de comercio gastos de distribución. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025

Los gastos de distribución son del 7%. La comisión por venta es de Suministro e instalación de aerogenerador eólico para torres de telecomunicaciones \$ 7.350.000 Suministro e instalación de aerogenerador eólico para torres de telecomunicaciones. En promedio genera gastos de ventas del 7%

TIPO DE CAMPAÑA	COSTO POR CAMPAÑA	PERIODICIDAD	PRESUPUESTO ANUAL
REVISTAS ESPECIALIZADAS O SELECTIVAS	1.023.000	ANUAL	1.023.000
DIRECTORIO TELEFÓNICO			
INTERNET (PÁGINA WEB)	3.000.000	ANUAL	3.000.000
INTERNET (BANNERS, POP-UPS Y POP UNDERS)	1.450.000	ANUAL	1.450.000
PUBLICIDAD EXTERIOR, AFICHES, AVISOS			
PUBLICIDAD DIRECTA (TARJETAS, VOLANTES PORTAFOLIOS)			
MUESTRAS GRATIS			
PARTICIPACIÓN EN FERIAS Y EVENTOS PROMOCIONALES			
GASTO TOTAL PRESUPUESTO DE PUBLICIDAD ANUAL.			5.473.000

Figura 83. cuadro 4903 c.c presupuesto de publicidad anual. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025.

El presupuesto de publicidad del proyecto es de \$ 5.473.000 anuales. Se establece una campaña en INTERNET (PÁGINA WEB) por valor de \$ 3.000.000 que corresponde al 54,81% del total del presupuesto, el segundo rubro en importancia, por el valor que se asigna del total, es INTERNET (BANNERS, POP-UPS Y POP UNDERS) el cual representa un 26,49% (\$ 1.450.000/año).

3.5.2. Costos globales del servicio

Producto	Año 1		Año 2		Año 3	
	Unidades	Pesos	Unidades	Pesos	Unidades	Pesos
1	48	\$ 5.040.000.000	52	\$ 5.460.000.000	55	\$ 5.775.000.000
2	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
3	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
4	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
5	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
6	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
7	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
8	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
9	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
10	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
11	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
12	0	\$ 0	0	\$ 0	0	\$ 0
total		\$ 5.040.000.000		\$ 5.460.000.000		\$ 5.775.000.000



figura 84. cuadro 4904 c.c proyecciones de ventas. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025.

3.5.3. Valor comercial del producto.

PRODUCTO Y SERVICIO	PROYECCIÓN DE VENTA AÑO 1	PRECIO DE VENTA	COSTO VARIABLE	MARGEN DE CONTRIBUCIÓN	VENTAS ESPERADAS	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN EN VENTAS	% DE MARGEN DE CONTRIBUCIÓN	MARGEN DE CONTRIBUCIÓN PROMEDIO PONDERADO
Suministro e instalación de aerogenerador eolico para torres de telecomunicaciones	48	\$ 105.000.000	\$ 47.762.190	\$ 57.237.810	\$ 5.040.000.000	100,00%	55%	54,51%
					\$ 5.040.000.000	100,00%		54,51%

Figura 85.cuadro 4910 cámara de comercio valor comercial del servicio. Autor. Marciales, Mican y Robayo. 2025

En el cuadro se observa una proyección financiera del primer año para el suministro e instalación de aerogeneradores en torres de telecomunicaciones, estimando la venta en 48 unidades con un precio de \$105.000.000, lo que equivale a ingresos totales de \$5.040.000.000, manejando un 55% en el margen de contribución, con un margen de contribución promedio ponderado de 54.51.

4. CONCLUSIONES.

4.1. De la investigación del servicio

- A. El proyecto representa una solución sostenible e innovadora para el desarrollo tecnológico en zonas rurales de Colombia fortaleciendo la infraestructura de torres de telecomunicaciones.
- B. El proyecto es una iniciativa que da gran aporte a la transición energética en el sector de las telecomunicaciones, que promueve el uso de energías limpias reduciendo la huella de carbono.
- C. El proyecto presenta una ventaja competitiva de gran importancia frente a sistemas de paneles fotovoltaicos, al ofrecer independencia energética incluso en condiciones nocturnas o de baja radiación solar, opera de forma continua siempre que exista recurso eólico, elimina el consumo de combustible y emisiones contaminantes a diferencia de las plantas diésel.
- D. El análisis de autonomía demostró que el sistema con el banco de batería LiFePO₄ MUST LP16-48100 y el generador eólico Flower Turbines, puede mantener la operación de la torre de telecomunicaciones durante x tiempo sin aporte eólico, con el aerogenerador trabajando durante el ciclo de descarga de la batería la autonomía se extiende hasta x tiempo o mas

dependiendo la velocidad del viento y el consumo promedio de los equipos de la torre de telecomunicaciones.

- E. El proyecto requiere una inversión inicial moderada, superior a la de una planta eléctrica diésel, pero es inferior al costo de un sistema de paneles fotovoltaicos, sin embargo, al analizar el ciclo de vida completo, el sistema eólico resulta mas rentable en mediano y largo plazo, gracias a su bajo mantenimiento, ausencia de consumo de combustibles y prolongada vida útil, lo que lo hace una opción económicamente sostenible.
- F. El proyecto menora la continuidad del servicio de telecomunicaciones, asegurando el funcionamiento ininterrumpido de los equipos durante cortes de energía o fallas en la red principal, garantizando disponibilidad del servicio en zonas rurales con redes eléctricas inestables.
- G. En la evaluación de madurez comercial se llevo al nivel 6.2, se desarrollo un plan de ventas y de marketing que incluye documentación del producto tecnológico y requisitos del mercado.

5. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y VOCABULARIO ESPAÑOL A INGLES

5.1. De la investigación del servicio

GLOSARIO ESPAÑOL:

1. Aerogenerador: Maquina de viento que convierte la energía del viento en electricidad
2. Energía eólica: energía que se obtiene por medio del aire
3. Torre de telecomunicaciones: Estructura que sostiene equipos y antenas de comunicaciones
4. Batería de litio: Dispositivo que almacena la energía
5. Respaldo energético: Sistema de respaldo que suministra energía ante fallas eléctricas
6. Viento: Movimiento que por medio del aire se aprovecha para generar energía
7. Energía Renovable: Fuentes que se regeneran naturalmente
8. Panel solar: Dispositivo que convierte la luz solar en energía eléctrica
9. Sostenibilidad: Capacidad de mantener equilibrado el ambiente, lo económico y lo social
10. Meteoblue: Aplicación digital que analiza los cambios climáticos
11. Velocidad de viento: Rapidez con la que el viento se mueve
12. Banco de baterías: Baterías que en conjunto almacenan cierta cantidad de energía
13. Red eléctrica: Sistema encargado de transportar electricidad desde los equipos
14. Zona rural: Lugar alejado de la ciudad con accesos limitados
15. Falla eléctrica: Interrupción del sistema eléctrico
16. Corte de energía: Suspensión momentánea de electricidad
17. Sistema eólico: Equipos que en conjunto generan energía por medio del viento
18. Eficiencia energética: Relación entre la energía usada y la energía aprovechada
19. Transformador: Equipo que regula el voltaje de corriente

20. Red de Telecomunicaciones: Conjunto de sistemas de transmisión de información
21. Internet: Red que conecta dispositivos para compartir datos
22. Telefonía móvil: Servicio que permite la comunicación por medio de redes inalámbricas
23. Datos móviles: Información que se puede transmitir por medio de redes móviles
24. Antena: Elemento que recibe y emite frecuencias para radio o televisión
25. Señal: Onda que transmite información
26. Voltaje: Medida con la que se mide la fuerza de circulación de la electricidad
27. Corriente eléctrica: Flujo de electrones por un conductor
28. Mantenimiento: Acciones preventivas que mantienen la vida útil de un sistema
29. Instalación: Proceso para montar y poner en funcionamiento algún equipo
30. Cimentación: Base que sostiene una torre o edificación
31. Corte programado: Interrupción planeada de energía
32. Suministro eléctrico: Provisión de energía hacia algún elemento eléctrico
33. Autonomía energética: Capacidad de funcionamiento sin necesidad de depender de una red eléctrica
34. Energía limpia: Electricidad producida que no es obtenida por medio de la contaminación del ambiente
35. Huella de carbono: Cantidad de gases que contaminan el entorno generador por alguna actividad
36. Generador eólico Tulipán: Modelo de turbina utilizado para generar energía
37. Ciclo de carga: Proceso de carga y descarga de una batería
38. Gestión energética: Administración eficiente del uso de energía
39. Prototipo: Modelo inicial de un producto o servicio
40. Capacidad instalada: Potencia que puede generar un sistema instalado

41. Energía alterna: Energía utilizada como método de respaldo
42. Sistemas híbridos: Unión o combinación de dos o más sistemas
43. Diagrama: Presentación grafica de un sistema o de un proceso
44. Ensayo técnico: Prueba para corroborar el comportamiento de algo
45. Entrevista: Método de obtención de información por medio de expertos
46. Encuesta: Método de recolección de datos por medio de encuestas
47. Variable: Elemento que puede cambiar y afectar el resultado final
48. Indicador: Dato que se utiliza para la medición de características o resultados
49. Metodología: Pasos guiados para la elaboración de una investigación
50. Marco teórico: Conceptos que explican un tema
51. Marco histórico: Antecedentes de un tema de estudio
52. Marco normativo: Conjunto de normas y leyes que tienen relación con lo investigado
53. Marco productivo: Contexto en la producción dentro del enfoque investigado
54. Justificación: Explicación del por qué se realiza una investigación
55. Objetivo general: Propósito original o principal de una investigación o proyecto
56. Objetivos específicos: propósito concreto que ayuda a cumplir el objetivo general
57. Conclusión: Resultado final de la investigación
58. Cronograma: Plan gráfico que define las fechas para la realización de un objetivo
59. Presupuesto: Estimación de costos necesario para la ejecución de un proyecto
60. Ficha técnica: Documento con características de un sistema o equipo y sus características
61. Análisis comparativo: Estudio que contrasta diferentes elementos
62. Impacto ambiental: Efecto que traen de actividades con el medio ambiente
63. Efecto invernadero: Calentamiento global por causa de gases contaminantes
64. Recurso eólico: Potencial energético del viento en una zona especifica

65. Potencia: Energía producida o consumida por unidad de tiempo
66. Eficiencia: Capacidad de obtener mejores resultados con la menor cantidad de recursos
67. Recurso renovable: Elemento natural que tiene la capacidad de generarse de forma continua
68. Energía convencional: Energía que proviene de combustibles fósiles
69. Sostenibilidad ambiental: Uso adecuado y responsable de recursos naturales
70. Desarrollo sostenible: Crecimiento que no trae consecuencias a las futuras generaciones
71. Infraestructura: Estructuras necesarias para el adecuado funcionamiento de un servicio
72. Tecnología: Todo aquello que nace a partir de una necesidad
73. Innovación: Creación o mejora de un producto
74. Telecomunicaciones: Comunicación distanciada a través de elementos electrónicos
75. Microondas: Onda usada para transmitir señales
76. Fibra óptica: Cable que transmite datos mediante luz
77. Energía eléctrica: Manifestación de la electricidad usada para el funcionamiento de equipos electrónicos
78. Generador: Equipo que produce energía eléctrica
79. Rotor: Parte móvil del generador que convierte el movimiento en energía
80. Palas: Aspas del generador que captan la energía del viento
81. Torre auto soportada: Estructura que no necesita más que su propia estructura para soportarse
82. Torre atirantada: Torre que se sostiene por medio de cables presados y anclados al suelo
83. Monopolo: Tipo de torre de un único cuerpo
84. Altura de instalación: Nivel al que se colocan los equipos sobre la torre
85. Diagrama de flujo: Representación paso a paso de un proceso o actividad
86. Energía alternativa: Tipo de energía que es diferente a lo convencional

87. Electricidad: Energía que es producida debido al movimiento de los electrones
88. Sistema Inteligente: Conjunto de equipos que operan de manera autónoma
89. Corte de servicio: Interrupción del sistema por fallas
90. Emisiones: Liberación de partículas y gases en el ambiente
91. Desconexión: Pérdida momentánea de conexión eléctrica
92. Consumo energético: Cantidad de energía utilizada por un equipo
93. Capacitación: Aprendizaje que permite mejorar habilidades técnicas
94. Energía almacenada: electricidad que se guarda en baterías o bancos de baterías
95. Suministro continuo: Flujo constante de energía
96. Impacto social: Consecuencias que trae un proyecto sobre la comunidad
97. investigación aplicada : Estudio que se enfoca en resolver un problema real

GLOSSARY ENGLISH

1. Wind Turbine: Machine that converts wind energy into electricity.
2. Wind Energy: Energy obtained from the movement of air.
3. Telecommunication Tower: Structure that supports communication antennas and equipment.
4. Lithium Battery: Device that stores electrical energy.
5. Energy Backup: System that supplies power during electrical failures.
6. Wind: Air movement used to generate energy.
7. Renewable Energy: Energy sources that regenerate naturally.
8. Solar Panel: Device that converts sunlight into electricity.
9. Sustainability: Ability to keep environmental, economic, and social balance.
10. Meteoblue: Digital application that analyzes climate changes.

11. Wind Speed: Rate at which the wind moves.
12. Battery Bank: Group of batteries that store a certain amount of energy.
13. Electrical Grid: System that transports electricity from power sources.
14. Rural Area: Place far from the city with limited access.
15. Power Failure: Interruption of the electrical system.
16. Power Outage: Temporary suspension of electricity.
17. Wind System: Set of equipment that generates energy through the wind.
18. Energy Efficiency: Relationship between energy used and energy obtained.
19. Transformer: Device that regulates voltage levels.
20. Telecommunication Network: Group of systems that transmit information.
21. Internet: Network that connects devices to share data.
22. Mobile Telephony: Service that allows communication through wireless networks.
23. Mobile Data: Information transmitted through mobile networks.
24. Antenna: Element that receives and emits radio or television frequencies.
25. Signal: Wave that carries information.
26. Voltage: Measure of the electric force or pressure.
27. Electric Current: Flow of electrons through a conductor.
28. Maintenance: Preventive actions that keep a system in good condition.
29. Installation: Process of assembling and putting equipment into operation.
30. Foundation: Base that supports a tower or structure.
31. Scheduled Outage: Planned interruption of electricity.

32. Power Supply: Delivery of electricity to an electrical device.
33. Energy Autonomy: Ability to operate without depending on the main grid.
34. Clean Energy: Electricity produced without polluting the environment.
35. Carbon Footprint: Amount of gases emitted by an activity that pollute the environment.
36. Tulipán Wind Generator: Turbine model used to produce energy.
37. Charge Cycle: Process of charging and discharging a battery.
38. Energy Management: Efficient administration of energy use.
39. Prototype: Initial model of a product or service.
40. Installed Capacity: Total power that a system can generate.
41. Alternative Energy: Energy used as a backup or different source.
42. Hybrid Systems: Combination of two or more energy systems.
43. Diagram: Graphic representation of a process or system.
44. Technical Test: Test to verify the behavior of equipment or a system.
45. Interview: Method to obtain information from experts.
46. Survey: Method to collect data through questionnaires.
47. Variable: Element that can change and affect the final result.
48. Indicator: Data used to measure characteristics or results.
49. Methodology: Set of guided steps for research development.
50. Theoretical Framework: Concepts that explain a study topic.
51. Historical Framework: Background of a study topic.
52. Normative Framework: Set of laws and regulations related to the research.

53. Productive Framework: Production context within the research focus.
54. Justification: Explanation of why the research is carried out.
55. General Objective: Main purpose of a research or project.
56. Specific Objectives: Concrete purposes that support the general objective.
57. Conclusion: Final result obtained after the research.
58. Schedule: Graphic plan that defines dates for achieving objectives.
59. Budget: Estimated costs required for project execution.
60. Technical Sheet: Document describing a system or equipment and its characteristics.
61. Comparative Analysis: Study that contrasts different elements.
62. Environmental Impact: Effect that an activity produces on the environment.
63. Greenhouse Effect: Global warming caused by pollutant gases.
64. Wind Resource: Energy potential of the wind in a specific area.
65. Power: Energy produced or consumed per unit of time.
66. Efficiency: Ability to obtain better results with fewer resources.
67. Renewable Resource: Natural element that can regenerate continuously.
68. Conventional Energy: Energy obtained from fossil fuels.
69. Environmental Sustainability: Responsible and proper use of natural resources.
70. Sustainable Development: Growth that does not harm future generations.
71. Infrastructure: Structures needed for the proper operation of a service.
72. Technology: Knowledge or tools created to solve needs.
73. Innovation: Creation or improvement of a product.

74. Telecommunications: Communication at a distance through electronic means.
75. Microwave: Type of wave used to transmit signals.
76. Optical Fiber: Cable that transmits data through light.
77. Electric Energy: Electricity used to operate electronic devices.
78. Generator: Device that produces electric power.
79. Rotor: Moving part of a generator that converts motion into energy.
80. Blades: Turbine parts that capture wind energy.
81. Self-Supported Tower: Structure that stands on its own without cables.
82. Guyed Tower: Tower supported by cables anchored to the ground.
83. Monopole: Type of tower with a single vertical body.
84. Installation Height: Level at which equipment is placed on the tower.
85. Flow Diagram: Step-by-step representation of a process or activity.
86. Alternative Energy: Type of energy different from conventional sources.
87. Electricity: Energy produced by the movement of electrons.
88. Smart System: Group of devices that operate autonomously.
89. Service Interruption: System shutdown due to failures.
90. Emissions: Release of particles and gases into the environment.
91. Disconnection: Temporary loss of electrical connection.
92. Energy Consumption: Amount of energy used by a device.
93. Training: Learning process to improve technical skills.
94. Stored Energy: Electricity kept in batteries or energy banks.

95. Continuous Supply: Constant flow of energy.
96. Social Impact: Consequences that a project has on a community.
97. Applied Research: Study focused on solving a real problem.
98. Preventive Maintenance: Regular actions to prevent system failures.
99. Data Transmission: Process of sending information from one point to another.
100. Energy Converter: Device that changes one form of energy into another.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía básica

Bibliografía

America, G. d. (2013). *Alistan esquema para energía eólica*. Colombia: El Tiempo. Recuperado el 25 de 03 de 25, de <https://app-vlex-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/search/jurisdiction:CO/energia+eolica/vid/441400774>

América, G. d. (26 de 09 de 2021). *Por primera vez llega Internet a la zona más rural de Medellín*. Miami: El tiempo. Recuperado el 25 de 03 de 25, de <https://app-vlex-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/search/jurisdiction:CO/internet+rural/vid/876226325>

América, G. d. (2022). *Crece brecha urbano-rural de internet de calidad en A. Latina*. Miami: El Tiempo. Recuperado el 24 de 03 de 25, de <https://app-vlex-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/vid/916902711>

andes, u. d. (2023). *Jorge Pulido el 'teso' de la energía eólica*. Colombia: Universidad de los andes. Recuperado el 24 de 03 de 25, de <https://ingenieria.uniandes.edu.co/es/noticia/jorge-pulido-galardonado-premios-globales-energia-eolica-2023>

andes, U. d. (2023). *Jorge Pulido, el 'teso' de la energía eólica*. Colombia: universidad de los andes. Recuperado el 22 de 03 de 25, de <https://ingenieria.uniandes.edu.co/es/noticia/jorge-pulido-galardonado-premios-globales-energia-eolica-2023>

BBVA. (2024). *Historia de la energía eólica del origen a la actualidad*. Argentina: BBVA. Recuperado el 24 de 03 de 25, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/historia-de-la-energia-eolica-del-origen-a-la-actualidad/>

BBVA, B. (2024). *Historia de la energía eólica: del origen a la actualidad*. Argentina: BBVA. Recuperado el 24 de 03 de 25, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/historia-de-la-energia-eolica-del-origen-a-la-actualidad/>

BOGOTÁ, A. M. (01 de MARZO de 2023). *RÉGIMEN LEGAL DE BOGOTÁ D.C.* Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=137757#:~:text=Art%C3%ADculo%201.&text=E1%20presente%20decreto%20tiene%20por,Ordenamiento%20Territorial%20de%20Bogot%C3%A1%20D.C.%E2%80%9D>.

DGA. (s.f.). Por primera vez llega el internet a la zona mas rural de colombia. *El Tiempo*.

- Diarios, A. G. (2021). *Por primera vez llega Internet a la zona más rural de Medellín*. Miami: El Tiempo. Recuperado el 24 de 03 de 25, de <https://app-vlex-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/search/jurisdiction:CO/internet+rural/vid/876226325>
- DISTRITAL, S. J. (30 de Julio de 2009). Obtenido de REGIMEN LEGAL DE BOGOTÁ: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal1.jsp?i=36913>
- GDA. (19 de Junio de 2013). Alistan esquema para energía eólica. *El Tiempo*, págs. 10-11.
- GDA. (2021). *Por primera vez llega internet a la zona mas rural de medellin*. Florida: Grupo de diarios de america.
- GDA. (26 de 9 de 2021). Por primera vez llega internet a la zona mas rural de Medellin. *Vlex*, 5-6.
- Hernández, M. J. (2019). *Las energías renovables no convencionales y sus desafíos regulatorios en Colombia*. Colombia: Universidad El Rosario. Recuperado el 24 de 03 de 25, de <https://app-vlex-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/vid/829680613>
- Muñoz, J. C. (2022). *Las energías renovables no convencionales y sus desafíos regulatorios en Colombia*. Colombia: universidad el rosario.
- Ortiz Quevedo , D. a., & Rosas Cadena, D. (noviembre de 2021). Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/3a774e48-26e9-4755-a0c2-9587e10cb890/content>
- PÚBLICA, F. (26 de MAYO de 2015). *Decreto 1078 de 2015 Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77888>
- Reascos, B. F. (2022). *Diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica de respaldo para estaciones multiservicio de telecomunicaciones en Chiriboga-Santo Domingo*. Quito: Universidad Politecnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22566/1/UPS%20-%20TTS802.pdf#page=39&zoom=100,148,94>
- Rodríguez Romero , r., & García Escalona, L. (enero de 2005). *Ciencias Holguín*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1815/181517913002.pdf>
- William A. Darity, J. (2008). *Industria de las telecomunicaciones*. USA: Gale. Recuperado el 24 de 03 de 2025, de https://go-gale-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/ps/retrieve.do?resultListType=RELATED_DOCUMENT&userGroupName=ucmc&inPS=true&contentSegment=&prodId=GVRL&isETOC=true¤tPosition=&docId=GALE|CX3045302722#content

7. ANEXOS

7.1. Anexos del ESTUDIO DE MERCADO (Documento trabajado en la asignatura de Administración)

Anexo estudio de mercado ubicado en carpeta: Grupo 5/ anexos proyecto de investigación, carpetas 1-3

7.2. Anexos del PLAN DE MARKETING (Documento trabajado en la asignatura de administración)

Anexo plan de marketing ubicado en carpeta: Grupo 5- anexos proyecto de investigación, carpeta 4

7.3. Entrevistas.

Anexo entrevista ubicado en carpeta: Grupo 5-anexos proyecto de investigación, carpeta 6

7.4. Presentación en power point

Anexo presentación power point ubicado en carpeta: Grupo 5-anexos proyecto de investigación, carpeta 9

7.5. Fotografías (identificación de la problemática)

Anexo fotografías ubicado en carpeta: Grupo 5-anexos proyecto de investigación, carpeta 11

7.6. Prototipo o maqueta virtual o maqueta física o videos

Anexo prototipo ubicado en carpeta: Grupo 5-anexos proyecto de investigación, carpeta 5

7.7. Poster

Anexo poster ubicado en carpeta: Grupo 5-anexos proyecto de investigación, carpeta 8

7.8. Formato de identificación del proyecto para el repositorio institucional.