



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM-Estelí

Desarrollo de un sistema eólico para proveer energía eléctrica y su
impacto en el desarrollo humano sostenible en la región de Las
Segovias, período 2014-2030

Tesis para optar

al grado de

Doctor en Gestión y Calidad de la Investigación Científica

Autor

Juan Alberto Betanco Maradiaga

Tutor

Dr. Emilio Pérez Castellón

Estelí, 30 de julio de 2019





UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA, ESTELÍ
FAREM-ESTELÍ

ACTA DE CALIFICACIÓN DE TESIS

Fecha: 30, Jul, 2019
Hora: 10:14 am a 12:47 pm

Nombre del Posgrado: Doctorado en gestión y calidad de la investigación científica DOGCINV

Tema: Desarrollo de un sistema eólica para proveer energía eléctrica y su impacto en el desarrollo humano sostenible en la región de Las Segovias periodo 2014-2018

Tutor(a): Emilio Enrique Pérez Castellón

CALIFICACIÓN

No.	Carné	Apellidos	Nombres	Nota final	Nota cualitativa
1	-	Belanco Masadiaga	Juan Alberto	100	Excelente

COMISIÓN EXAMINADORA

	Nombres y apellidos	Firma
Presidente(a)	Manuel Enrique Pedroza Pacheco	
Secretario(a)	Emilio Enrique Pérez Castellón	
Vocal	Máximo Andrés Rodríguez Peñ	

Nombres y apellidos del doctorando	Firma
Juan Alberto Belanco Masadiaga	X

SECRETARIA DE FACULTAD
FAREM- ESTELÍ

C.c. Expediente del estudiante

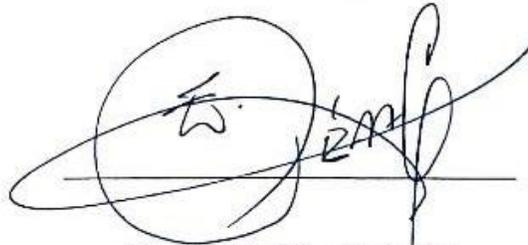
**CARTA AVAL DEL TUTOR DEL DOGCINV
DE LA TESIS DOCTORAL DEL DOCTORANTE**

Juan Alberto Betanco Maradiaga

Por este medio, hago constar que el documento de Tesis de Doctorado titulado “**Desarrollo de un sistema eólico para proveer energía eléctrica y su impacto en el desarrollo humano sostenible en la región de Las Segovias, período 2014-2030**”, elaborado por el **Juan Alberto Betanco Maradiaga**, tiene la coherencia metodológica consistente, así como los criterios estadísticos suficiente, cumpliendo de esta manera con los parámetros de calidad necesarios para su defensa final, como requisito parcial para **optar al grado de Doctor en “Gestión y Calidad de la Investigación Científica”**, que otorga la Facultad Multidisciplinaria de Estelí, FAREM Estelí, de la UNAN-Managua.

Se extiende la presente constancia en tres tantos de un mismo tenor, en la ciudad de **Estelí**, a los veinte y cinco días del mes de **junio**, del año dos mil diecinueve.

Atentamente,



Dr. Emilio Pérez Castellón

Consultor-Investigador

Especialista en Manejo de Recursos Naturales

Cédula 0012110570044r

Aportes científicos de tesis doctoral

Determinación del potencial eólico del municipio de San Nicolás, mediante el estudio del recurso eólico existente en la zona durante 40 meses, lo que contribuye a la evaluación del potencial eólico de Nicaragua.

Determinación de correlaciones estadísticas significativas de factores ambientales como Altitud y velocidad del viento, temperatura y velocidad del viento, humedad relativa y velocidad del viento, presión y velocidad del viento, dirección y velocidad del viento, temperatura y densidad del aire mediante el análisis de 236,900 registros de datos, verificando la teoría de conservación de energía para los vientos de San Nicolás.

Mediante el modelo de ANOVA se demuestran relaciones significativas de causalidad de las variables sitio sobre temperatura, sitio sobre velocidad del viento, sitio sobre potencia disponible, dirección del viento sobre potencia disponible. Horario diurno/nocturno sobre la velocidad del viento, estación sobre velocidad del viento; sitio y velocidad del viento sobre potencia energética disponible, sitio y rumbo del viento sobre potencia disponible constituyendo un aporte relevante para el área de energía eólica que permite generar una metodología sobre el análisis del recurso eólico para determinar el sitio apropiado para el emplazamiento de los aerogeneradores, su orientación y el aprovechamiento óptimo.

El conocimiento obtenido ha permitido elaborar una propuesta de un sistema eólico de 10 MW, rentable y no contaminante como una aplicación en la solución de un problema de la sociedad.

El proyecto eólico propuesto para San Nicolás, es viable ambientalmente, con alto impacto social y con alto impacto económico e innovador desde el aspecto de la innovación social. El impacto en el medio ambiente es mitigable, temporal y factible de restaurar. El proyecto presenta alto impacto social por las mejoras en las condiciones de vida, en la formación de la educación, en la transferencia tecnológica, en la participación en asociaciones como la constitución de una cooperativa eléctrica. El proyecto presenta alto impacto económico, por las mejoras en el desarrollo económico local y en la sostenibilidad económica constituyéndose en una propuesta transformadora para el territorio de San Nicolás.

Semblanza del autor

Juan Alberto Betanco Maradiaga nació en Quebrada de Agua, comarca del municipio de San Juan de Limay (Estelí), el 12 de julio de 1966. Estudió la primaria en la escuela Berta Briones y el bachillerato en el Instituto San Francisco en Estelí.

Juan Alberto Betanco estudió ingeniería electrónica en uno de los mejores centros de estudios superiores de Europa del este, el Instituto Superior de Ingeniería Electrotécnica y Mecánica, Vladimir Ilich Lenin - BMEI (1986 - 1991), en Sofía Bulgaria. Además, Juan Alberto Betanco es graduado en Administración de Empresas, estudios que realizó en la Facultad Regional Multidisciplinaria Estelí de UNAN Managua (2002 - 2006).

Motivado por el daño antropogénico causado al medio ambiente y la incidencia del modelo energético en el desarrollo socio-económico, Juan Alberto Betanco decide estudiar la maestría en **“Energía para el desarrollo Sostenible”**, título otorgado en conjunto por la Universidad Politécnica de Catalunya y UNAN Managua (2009- 2010) y completó el Diplomado sobre Gestión Integral de Riesgo en la Facultad Regional Multidisciplinaria Estelí de UNAN Managua (2011).

En cuanto a lo laboral Juan Alberto Betanco ha estado satisfecho por las experiencias vividas a nivel individual y grupal. Todos los trabajos en que ha participado han sido impulsores de su crecimiento personal en lo profesional y humano y le han permitido ampliar su red de contactos y amigos, aprender de las personas, afrontar nuevos retos y desafíos. Sus trabajos en general han sido en el área de tecnología, gerencia y educación, relacionándose con clientes en MICROSA, niños en ASDENIC y jóvenes estudiantes universitarios en UNAN Managua FAREM Estelí.

Juan Alberto Betanco es un profesional de altos valores humanos, ganándose el aprecio y respeto de sus compañeros de trabajo y del DOGCINV, con los que ha compartido tristezas y alegrías, logros y fracasos, cultivando amistad, hermandad y amor en el acaecer de cada día. Juan Alberto Betanco ingresó al programa de Doctorado DOGCINV el 7 de julio del 2016, **graduándose con la categoría de *Excelente* el 30 de julio 2019.**

Publicaciones Científicas

Betanco Maradiaga J. A., Reyes Aguilera E. A., Rodríguez Pérez M. A. (2017). Experiencias vinculantes de la universidad-empresa estado como estrategia clave para el crecimiento de la facultad regional multidisciplinaria Estelí de UNAN Managua. Revista Multi-ensayos. Volumen 3, número 5, págs. 81-90, ISSN: 2412 3285. Ubicación en línea <https://multiensayos.unan.edu.ni/index.php/multiensayos/issue/view/2>

Betanco Maradiaga J. A. (2017). Energías renovables e innovación para el desarrollo territorial, vientos de esperanza en San Nicolás, Estelí, Nicaragua. Revista Multi-ensayos. Volumen 3, número 6, págs. 50-59, ISSN: 2412 3285. Ubicación en línea <https://multiensayos.unan.edu.ni/index.php/multiensayos/issue/view/27>

Betanco Maradiaga J. A. (2017). Energía: Desde un modelo de derroche, hacia un modelo sostenible mediante energía renovable. Revista Científica de la FAREM-Estelí: medio ambiente, tecnología y desarrollo humano. Número 24, págs. 40-59, ISSN: 2305 5790. Publicado: 2017-12-15. Ubicación en línea <https://rcientificaesteli.unan.edu.ni/index.php/RCientifica/issue/view/91>

Betanco Maradiaga J. A., Pérez Castellón, E. (2019). Caracterización socioeconómica y percepción sobre energías renovables de los pobladores del municipio San Nicolás, Estelí. Revista Científica de la FAREM-Estelí: medio ambiente, tecnología y desarrollo humano. Número 31, págs. 109-130, ISSN: 2305 5790. Publicado: 2019-10-01. Ubicación en línea <https://doi.org/10.5377/farem.v0i31.8475>

Betanco Maradiaga J. A., Pérez Castellón, E. (2019). Estudio del potencial eólico en el municipio de San Nicolás, Estelí. Nicaragua. Revista Científica de la FAREM-Estelí: medio ambiente, tecnología y desarrollo humano. Número 31, págs. 131-154, ISSN: 2305 5790. Publicado: 2019-10-01 Ubicación en línea <https://doi.org/10.5377/farem.v0i31.8476>

Resumen

Con el propósito de desarrollar un sistema eólico, para proveer energía eléctrica en función del desarrollo humano sostenible en la región de Las Segovias, municipio San Nicolás, período 2014-2030, se realizó esta investigación bajo el paradigma socio crítico, con enfoque mixto, nivel de conocimiento inicial descriptivo, continua correlacional y alcance de resultados analítico de causa-efecto. Se analizaron las características socioeconómicas del municipio, recolectados en 868 hogares, se evaluó el potencial del recurso eólico, analizando datos registrados durante 40 meses por estaciones situadas en La Laguna y El Sesteo, sobre velocidad del viento, dirección del viento, humedad, temperatura y presión. Los análisis estadísticos efectuados fueron: descriptivos, contingencia, correlación no paramétrica y paramétrica, causalidad mediante ANOVA unifactoriales y bifactoriales. Se alcanzaron los siguientes resultados: San Nicolás es un municipio pobre con ingresos mensuales de C\$ 2,893 mensual, bajo nivel educativo, primaria 52.76 %, analfabetismo 23.82 %, bajos índices energéticos 573.99 W de demanda por hogar, bajo conocimiento sobre energías renovables, aceptación del proyecto y disposición para organizarse en cooperativa de electricidad. San Nicolás dispone de condiciones favorables del recurso eólico, velocidad del viento 11.19 m/s, vientos que prevalecen del Este Noreste, con potencial para generar energía. Se comprobaron correlaciones significativas entre factores como altitud, velocidad, temperatura, humedad, presión, dirección y densidad del aire. Se demostraron relaciones de causalidad entre: sitio sobre temperatura, velocidad y potencia disponible, dirección del viento sobre temperatura y velocidad del viento, entre otras. Se demostró el efecto simultáneo de los factores sitio-velocidad, sitio-dirección del viento sobre potencia energética disponible. Se diseñó el sistema eólico de 10 MW, con 10 aerogeneradores SIEMENS de 1MW, viabilidad financiera y ambiental, alto impacto social y económico.

Palabras Claves: Energías Renovables, Energía Eólica, Velocidad del viento, Impacto Ambiental, Desarrollo Sostenible

Abstract

This research was carried out while developing a wind system, to provide electricity in the municipality of San Nicolás municipality, in Las Segovias region in the 2014-2030 period. It used a socio-critical paradigm, with a mixed approach, an initial descriptive level of knowledge, continuous correlational, and scope of cause and effect analysis. The socio-economic characteristics of the municipality were determined through the study of data collected in 868 households. The evaluation of the potential of wind was carried out by analyzing data on wind speed, wind direction, humidity, temperature, and pressure collected during 40 months in the stations located in La Laguna and El Sesteo. The statistical analyses carried out were: descriptive, contingency, non-parametric and parametric correlation, causality through unifactorial and bifactorial ANOVA. The study revealed these findings: San Nicolás is a poor municipality with a monthly income of C \$ 2,893. According to these figures, the educational level is low: primary 52.76 %, illiteracy 23.82 %. The energy demand rates are under 573.99 W per household. There is little knowledge about renewable energy, project acceptance, and willingness to organize themselves in an electricity cooperative. San Nicolás has favorable conditions to use the wind as a resource. Wind speed is 11.19 m / s, prevailing winds from the Northeast, with the potential to generate energy. Significant correlations between factors such as altitude, speed, temperature, humidity, pressure, direction, and air density were verified. The study also demonstrates causality relationships between site over-temperature, speed, and available power, wind direction on temperature and wind speed, among others. It shows the simultaneous effect of the factors site-speed, site-direction of the wind on available energy power. The 10 MW wind system was designed, with 10 SIEMENS 1MW wind turbines, resulting in financial and environmental viability, high social and economic impact.

Keywords: Renewable Energies, Wind Energy, Wind Speed, Environmental impact, Sustainable Development

Dedicatoria

A Dios porque siempre está presente “iba delante de ellos de día en una columna de nube para guiarlos por el camino, y de noche en una columna de fuego para alumbrarles” Ex. 13, 21.

A la memoria de mis padres: a los que apenas conocí, Kamila y Heliodoro, porque partieron muy temprano y a los que conocí muy bien, Bertilda y Abelardo, por su ejemplo de vida y el amor que me brindaron.

A mi familia por su motivación a no desandar el camino y llegar hasta el final.

A mis hijos, en quienes espero haber sembrado la semilla de continuar estudiando... y regresar cantando la buena cosecha.

A mis estudiantes porque su voluntad de aprender y ser mejores me inspiran a profundizar mis conocimientos.

Al pueblo de San Nicolás porque tienen un viento lleno de esperanza. Aquí tienen una propuesta posible.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua; UNAN - Managua FAREM-Estelí, por la oportunidad de mejorar integralmente en lo humano y lo profesional.

A mi tutor Dr. Emilio Pérez Castellón por su seguimiento al desarrollo de la presente tesis y sus valiosos consejos llenos de experiencia y certeza.

Al Dr. Manuel Enrique Pedroza Pacheco coordinador del DOGCINV, por imprimirle toda su energía al proyecto del doctorado, por su espíritu crítico, por su apoyo moral y científico incondicional y su gran disposición para guiarnos como un tayacán, sin dejar que nadie se saliera del surco y garantizar la cosecha.

Al maestro de generaciones Eduardo López Herrera y al señor José Luis López por permitirme colocar en sus propiedades las estaciones meteorológicas.

A mis compañeros docentes Delia Moreno, Damaris Rodríguez y Edwin Reyes, por el apoyo en la recopilación de información, por estar pendiente de mis avances y ofrecer cortésmente sus consejos, Edgardo por ayudarme con los mapas.

A Wilfredo, Liseth, Onelia, Rosita; jóvenes que no me dejaron solo por los caminos de San Nicolás, en la recopilación de la información.

A los estudiantes de III año (2018) de energías renovables, que me ayudaron a instalar las torres y no dudaron en subir y bajar por los escalones en varias ocasiones para garantizar el buen funcionamiento de las estaciones.

A mis amigos por motivarme a seguir, cada vez que me preguntaban “¿Cómo vas con la tesis?”.

Siglas y Acrónimos

ACC:	Análisis de Correlaciones Canónicas
ANACORR:	Análisis de Correspondencia Múltiple
ANOVA:	Análisis de varianza
CEPAL:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
DCA:	Diseño Completamente Aleatorio
DOGCINV:	Doctorado en Gestión y Calidad de la Investigación Científica
ENATREL:	Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica
FAREM:	Facultad Regional Multidisciplinaria
GOCMA:	Grupo de Cooperación en Organización, Calidad y Medio Ambiente
INE:	Instituto Nicaragüense de Energía
INIDE:	Instituto Nacional de información de Desarrollo.
LSD:	Diferencia Significativa Mínima
MDL:	Mecanismos de Desarrollo Limpio
MEM:	Ministerio de Energía y Minas
MER:	Mercado Eléctrico Regional
MT:	Media Tensión
OLADE:	Organización Latinoamericana de Energía
SIEPAC:	Sistema de Interconexión de los Países de América Central
SWERA:	Solar and Wind Energy Assessment (Evaluación de la energía solar y eólica)
UNAN:	Universidad Nacional de Nicaragua
UNESCO:	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNFPA:	United Nations Fund for Population Activities (Fondo de Población de las Naciones Unidas)
UTM:	Universal Transversal de Mercator
WEO:	World Energy Outlook

Índice General

1.	Introducción.....	25
2.	Antecedentes.....	27
3.	Justificación.....	29
4.	Planteamiento del problema	30
4.1	Caracterización del Problema	30
4.2	Delimitación del Problema	30
4.3	Formulación del Problema.....	31
4.4	Sistematización del Problema.....	31
5.	Objetivos.....	32
5.1	Objetivo General.....	32
5.2	Objetivos Específicos	32
6.	Marco Teórico	33
6.1	Desarrollo humano sostenible.....	33
6.1.1	Modelo de desarrollo actual	33
6.1.2	Por un modelo de cambio, reintegración y de desarrollo conjunto.....	35
6.1.3	Ciencia, Tecnología y Sociedad desde la perspectiva latinoamericana	41
6.2	Energía eléctrica	46
6.2.1	Contextos energéticos actuales.....	46
6.3	Evaluación del recurso eólico	51
6.3.1	Aspectos básicos de la generación eólica.....	51
6.3.2	Variación del viento	53
6.3.3	Energética del viento: potencial eólico	57
6.3.4	Medida del viento.....	59
6.3.5	Energía Producida	63
6.4	Diseño de un proyecto eólico.....	64

6.4.1	Caracterización del aerogenerador.....	64
6.4.2	Ubicación y distribución de los aerogeneradores.....	66
6.4.3	Condiciones eléctricas.....	66
6.5	Aspectos económicos, sociales y ambientales del proyecto de un parque eólico.....	67
6.5.1	Aspecto económico	67
6.5.2	Aspectos sociales.....	69
6.5.3	Aspectos ambientales	71
6.6	Fundamentación teórica de métodos y técnicas utilizadas para investigar el problema de investigación	73
7.	Hipótesis de Investigación.....	75
8.	Diseño Metodológico	76
8.1	Tipo de Estudio.....	76
8.2	Área de Estudio.....	76
8.3	Universo y Muestra.....	77
8.4	Operacionalización de Variables (MOVI).....	79
8.5	Métodos, Técnicas e Instrumentos para la Recolección de datos e información	84
8.5.1	Métodos Cualitativos:	84
8.5.2	Métodos Cuantitativos.....	87
8.6	Procedimientos para la Recolección de datos e información	89
8.7	Plan de Tabulación y Análisis de datos e información	90
9.	Resultados.....	91
9.1	Características Socio-económicas y Demográficas del Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí.....	91
9.1.1	Aspectos Geográficos del Municipio de San Nicolás	91
9.1.2	Aspectos Socio-económicos y Demográficos de la Población del Municipio de San Nicolás	94

9.2 Potencial de Recursos Energéticos, en función de los Parámetros del Recurso Viento en el Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí	113
9.2.1 Análisis del Comportamiento de los Parámetros Eólicos en el Municipio de San Nicolás..	113
9.2.2 Análisis de Correlación y Asociación de Parámetros Vinculados a la Velocidad del Viento.....	149
9.3 Relaciones de Causalidad entre los Parámetros del Recurso Viento y el Potencial Energético en el municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí.....	154
9.3.1 Relación de Causalidad entre Sitio y Temperatura.....	154
9.3.2 Relación de Causalidad entre Sitio y la Velocidad del Viento	155
9.3.3 Relación de Causalidad entre Sitio y la Potencia Energética Disponible.....	156
9.3.4 Relación de Causalidad entre Dirección del Viento y Temperatura.....	160
9.3.5 Relación de Causalidad entre la Dirección y la velocidad del viento.....	161
9.3.6 Relación de Causalidad entre Dirección del Viento y Potencia Energética Disponible.....	163
9.3.7 Relación de Causalidad entre la Velocidad del viento y la potencia energética disponible.....	168
9.3.8 Relación de Causalidad entre Horario diurno-nocturno sobre la Velocidad del Viento.....	173
9.3.9 Relación de Causalidad entre Estación (lluviosa–seca) sobre la Velocidad del Viento.....	176
9.3.10 Relación de Causalidad Bifactorial entre Sitio y Velocidad del Viento sobre Potencia Energética Disponible	178
9.3.11 Relación de Causalidad Bifactorial entre Sitio y Dirección del Viento sobre Potencia Energética Disponible	179
9.3.12 Análisis Correlacional de Pearson (ANACORR) entre Velocidad del Viento y Potencia disponible	189

9.4 Propuesta de sistema eólico de generación distribuida que garantice la demanda eléctrica del municipio de San Nicolás	192
9.4.1 Aplicación probabilidad de Weibull	192
9.4.2 Potencial eólico de la zona.....	193
9.4.3 Diseño de la propuesta de generación eléctrica, mediante el software Retscreen	197
9.5 Determinación del impacto ambiental, económico y social probable (ex ante), que podría generar la instalación del sistema eólico	216
9.5.1 Impacto ambiental.....	216
9.5.2 Impacto social	242
9.5.3 Impacto Económico	249
9.5.4 Propuesta de innovación social en la gestión empresarial del proyecto	253
10. Discusión de Resultados.....	255
10.1 Principales Hallazgos a partir de los Resultados Obtenidos	255
10.2 Limitaciones del Estudio	257
10.3 Relación de los resultados con las conclusiones de otras investigaciones.....	258
10.4 Aplicaciones e implicaciones de los resultados obtenidos	266
11. Conclusiones.....	267
12. Recomendaciones	270
13. Bibliografía	271
14. Anexos	281

Índice de Tablas

Tabla 1. Leyes y normativas relevantes para el presente estudio	50
Tabla 2. Rugosidad de la superficie del terreno	56
Tabla 3. Clasificación de aerogeneradores (IEC 61400 -1)	64
Tabla 4. Métodos, técnicas, informantes y análisis en relación a objetivo y categoría	86
Tabla 5. Altitud comunidades.....	91
Tabla 6. Localización comunidades San Nicolás. Intervalo de confianza	93
Tabla 7. Distribución de la población.....	94
Tabla 8. Distribución por sexo. Municipio San Nicolás	94
Tabla 9. Niveles de edad de los entrevistados	94
Tabla 10. Nivel de significancia entre las variables sexo y nivel educativo	97
Tabla 11. Estadístico V de Cramer sexo-nivel educativo.....	97
Tabla 12. Análisis de contingencia entre la ocupación principal y el nivel educativo.....	99
Tabla 13. Niveles de ingresos mensuales	99
Tabla 14. Prueba correlación de Spearman entre nivel de ingreso y comunidad.....	101
Tabla 15. Gastos mensual electricidad. Intervalo de confianza	103
Tabla 16. Gastos en combustibles. Intervalo de confianza.....	103
Tabla 17. Censo de consumo energético	105
Tabla 18. Elementos categóricos de la percepción sobre energías renovables (ER).....	107
Tabla 19. Correlación de Kendall: Nivel educativo y Percepción sobre energías renovables	110
Tabla 20. Correlación de Kendall: Comunidades y Percepción sobre energías renovables....	111
Tabla 21. Medidas resumen variable temperatura.....	113
Tabla 22. Medidas resumen variable humedad relativa	114
Tabla 23. Medidas resumen variable presión absoluta.....	115
Tabla 24. Medidas resumen variable velocidad del viento	115
Tabla 25 Velocidad día/noche	119
Tabla 26 Densidad del aire de San Nicolás mediante mediciones	141
Tabla 27. Datos para el modelo logarítmico.....	142
Tabla 28. Correlación de Pearson altitud y velocidad del viento	149
Tabla 29 Correlación de Pearson temperatura y velocidad del viento	149
Tabla 30. Correlación de Pearson humedad relativa y velocidad del viento.....	150

Tabla 31. Correlación de Pearson presión absoluta y velocidad del viento	150
Tabla 32. Correlación de Pearson dirección de viento y velocidad del viento.....	151
Tabla 33. Correlación de Pearson dirección de viento y velocidad del viento.....	151
Tabla 34. Análisis de contingencia chi cuadrado entre el día/noche y velocidad del viento ..	152
Tabla 35. Análisis de contingencia chi cuadrado, estación y velocidad del viento.....	153
Tabla 36. ANOVA sitio (causa), sobre la temperatura.....	154
Tabla 37. ANOVA sitio (causa), sobre la velocidad del viento	155
Tabla 38. ANOVA efecto sitio sobre Potencia Disponible 10 m.....	156
Tabla 39. ANOVA efecto sitio sobre Potencia Disponible 20 m.....	157
Tabla 40. ANOVA efecto Sitio sobre Potencia Disponible 30 m	158
Tabla 41. ANOVA efecto Sitio sobre Potencia Disponible 40 m	159
Tabla 42. ANOVA efecto Dirección del viento (rumbo) sobre Temperatura	160
Tabla 43. ANOVA Dirección del Viento (causa), sobre la velocidad del viento.....	162
Tabla 44. ANOVA Dirección del Viento (causa), sobre la variable RANG [Pdisp_10 m]	163
Tabla 45. ANOVA Dirección del Viento (causa), sobre la RANG [Pdisp_20_m]	165
Tabla 46. ANOVA Dirección del Viento (causa), sobre la RANG [Pdisp_30_m]	166
Tabla 47. ANOVA Dirección del Viento (causa), sobre la RANG [Pdisp_40_m]	167
Tabla 48. ANOVA Velocidad del viento (causa) sobre la potencia energética 10 m	169
Tabla 49. ANOVA Velocidad del viento (causa) sobre la potencia energética 20 m	170
Tabla 50. ANOVA Velocidad del viento (causa) sobre la potencia energética 30 m	171
Tabla 51. ANOVA Velocidad del viento (causa) sobre la potencia energética 40 m	172
Tabla 52. ANOVA horario diurno/nocturno sobre la velocidad del viento a 10 m	174
Tabla 53. ANOVA horario diurno/nocturno sobre la velocidad del viento a 40 m	175
Tabla 54. ANOVA estación sobre la velocidad del viento a 10 m.....	176
Tabla 55. ANOVA estación sobre la velocidad del viento a 40 m.....	177
Tabla 56. ANOVA Bifactorial Sitio y Velocidad del Viento, sobre Potencia Disponible.....	178
Tabla 57. ANOVA Bifactorial Sitio y Rumbo del Viento, sobre Potencia Disponible 10 m .	179
Tabla 58. Test LSD Fisher Bifactorial Sitio y Rumbo, sobre Potencia Disponible 10 m	180
Tabla 59. ANOVA Bifactorial Sitio y Rumbo, sobre Potencia Disponible a 20 m	182
Tabla 60. Test LSD Fisher Bifactorial Sitio y Rumbo, sobre Potencia Disponible 20 m	182
Tabla 61. ANOVA bifactorial Sitio y Rumbo del Viento, sobre Potencia Disponible a 30 m	184

Tabla 62. Test LSD Fisher, Bifactorial Sitio y Rumbo, sobre Potencia Disponible a 30 m ...	185
Tabla 63. ANOVA Bifactorial Sitio y Rumbo Viento, sobre Potencia Disponible a 40 m	186
Tabla 64. Test LSD Fisher, Bifactorial Sitio y Rumbo, sobre Potencia Disponible 40 m	187
Tabla 65. ANACORR entre las variables Velocidad del Viento y Potencia disponible	189
Tabla 66. Probabilidad de Weibull	192
Tabla 67. Nivel de riesgo sobre el repago - capital	210
Tabla 68. Detalle de costos.....	212
Tabla 69. Actividades de la etapa de construcción.....	214
Tabla 70. Actividades de la etapa de operación	215
Tabla 71. Marco legal y regulatorio vinculado a la EIA	217
Tabla 72. Diversidad de vegetación en el municipio de San Nicolás.....	224
Tabla 73. Lista de mamíferos existentes en el municipio reportados por pobladores	225
Tabla 74. Lista de aves en la zona, reportadas por pobladores	226
Tabla 75. Listas de Chequeo para identificación de acciones impactantes del proyecto	234
Tabla 76. Matriz simple para identificar los factores impactados del proyecto	235
Tabla 77. Criterios de valoración de impactos	237
Tabla 78. Clasificación Importancia del impacto ambiental	238
Tabla 79. Resumen de la matriz de cuantificación de la importancia	239
Tabla 80. Impactos por medio ambiente afectado	239
Tabla 81. Tipos de impactos.....	240
Tabla 82. Propuesta de indicadores para aplicar el modelo S&E al proyecto eólico	247
Tabla 83. Resultado aplicación herramienta S&E para determinar el impacto social	248
Tabla 84. Propuesta de indicadores para aplicar el modelo S&E al proyecto eólico	252
Tabla 85. Resultado aplicación herramienta S&E para determinar el impacto económico ...	252

Índice de Figuras

Figura 1. Área geográfica de estudio.....	76
Figura 2. Alturas sobre el nivel del mar.	91
Figura 3. Altitud por comunidad. Municipio San Nicolás.	92
Figura 4. Latitud y longitud. Municipio San Nicolás. Mediante software estadístico SPSS. ...	93
Figura 5. Distribución por sexo.	94
Figura 6. Niveles de edad de las personas entrevistadas.	95
Figura 7. Nivel educativo. Municipio San Nicolás.	95
Figura 8. Ocupación. Municipio San Nicolás.....	98
Figura 9. Niveles de ingresos familiares por mes.....	100
Figura 10. Uso de energía eléctrica. Municipio San Nicolás.	101
Figura 11. Comunidades municipio San Nicolás sin acceso a energía eléctrica.....	102
Figura 12. Distribución de gastos mensual por hogar en combustible para alumbrarse.	104
Figura 13. Tipo de combustible usado en hogares sin acceso a electricidad.....	104
Figura 14. Nivel de conocimiento sobre energías renovables. Municipio de San Nicolás.	105
Figura 15. Percepción sobre energías renovables, municipio San Nicolás.	106
Figura 16. Percepción sobre energías renovables. Municipio de San Nicolás.	108
Figura 17. Principal obstáculo para el desarrollo de la energía renovable en Nicaragua.	109
Figura 18. Temperatura del municipio de San Nicolás. 2012-2014, 2017-2018.	113
Figura 19. Humedad relativa municipio de San Nicolás período 2017-2018.	114
Figura 20. Presión absoluta en el municipio de San Nicolás período 2017-2018.....	115
Figura 21. Frecuencia acumulada de 236909 registros de velocidades del viento.....	116
Figura 22. Frecuencia acumulada complementaria de 236,909 registros de velocidades.....	117
Figura 23. Curva de duración de velocidades durante el período de estudio.	117
Figura 24. Distribución de frecuencias velocidad del viento en horas acumuladas, durante el período de estudio.....	118
Figura 25. Distribución diurna de la velocidad del viento, durante el período de estudio.	119
Figura 26. Distribución de frecuencia velocidad del viento, durante el período 2012.....	120
Figura 27. Distribución de frecuencia velocidad del viento, período 2013.....	120
Figura 28. Distribución de frecuencia velocidad del viento, período 2014.....	121
Figura 29. Distribución de frecuencia velocidad del viento, período 2017.....	121

Figura 30. Distribución de frecuencia velocidad del viento, período 2018.....	121
Figura 31. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses enero del período de medición.	122
Figura 32. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses de febrero del período de medición.....	123
Figura 33. Distribución de frecuencia por hora y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses marzo del período de medición.	124
Figura 34. Distribución de frecuencia por hora y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses de abril del período de medición.	124
Figura 35. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses mayo del período de medición.	125
Figura 36. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses de junio del período de medición.	126
Figura 37. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses de julio del período de medición.	126
Figura 38. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses agosto del período de medición.....	127
Figura 39. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses septiembre del período de medición.	128
Figura 40. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses octubre del período de medición.	128
Figura 41. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses noviembre del período de medición.	129
Figura 42. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses diciembre, del período de medición.	130
Figura 43. Dirección del viento predominante durante el periodo de medición por horas. ...	130
Figura 44. Dirección del viento predominante. En áreas radiales velocidad del viento. Periodo 2012-2014, 2017-2018.	131
Figura 45. Dirección del viento anual predominante. 2012, 2013, 2014, 2018.	132
Figura 46. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes enero.	133

Figura 47. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes febrero.	134
Figura 48. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes marzo.	134
Figura 49. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes abril.	135
Figura 50. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes mayo.	136
Figura 51. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes junio.	136
Figura 52. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes julio.	137
Figura 53. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes agosto.	138
Figura 54. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes septiembre.	138
Figura 55. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes octubre.	139
Figura 56. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes noviembre.	140
Figura 57. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes diciembre.	140
Figura 58. Perfil vertical de la velocidad del viento. Modelo logarítmico.	142
Figura 59. Perfil vertical de la velocidad del viento. Modelo exponencial.	143
Figura 60. Recta de regresión de la distribución acumulada complementaria.	144
Figura 61. Distribución mediciones de velocidad del viento y distribución Weibull.	145
Figura 62. Distribución real y distribución Weibull 2012.	145
Figura 63. Distribución real y distribución Weibull 2013.	146
Figura 64. Distribución real y distribución Weibull 2014.	146
Figura 65. Distribución real y distribución Weibull 2017.	146
Figura 66. Distribución real y distribución Weibull 2018.	147

Figura 67. Curva de potencia disponible a 10 m, 20 m, 30 m y 40 m de altura correspondiendo a velocidades de viento a 10 m, 20 m, 30 m y 40 m.....	148
Figura 68. Perfil de densidad de potencia en relación a la altura y a media de velocidades...	148
Figura 69. Producción de energía. Aerogenerador Enercon E-53 810 KW.	194
Figura 70. Curva de potencia. Aerogenerador Enercon E-53 810 kW.....	194
Figura 71. Producción de energía calculada para el aerogenerador Vestas V52 850 kW.....	195
Figura 72. Producción de energía calculada para el aerogenerador Vestas V52 850 kW.....	195
Figura 73. Producción de energía. Aerogenerador Gamesa G87 2000 kW.	196
Figura 74. Curva de potencia. Aerogenerador GAMESA G87 2000 KW.	196
Figura 75. Ubicación municipio San Nicolás en el mapa de Nicaragua.	197
Figura 76. Determinación del modelo de energía de la turbina eólica AN Bonus 1 MW, mediante RETScreen.	198
Figura 77. Benchmark de tecnologías y referencia de costo de producción de energía.	198
Figura 78. Flujo efectivo acumulado.	199
Figura 79. Evaluación de recursos datos San Nicolás mediante nivel 2 de RETScreen.	200
Figura 80. Datos y curvas de potencia y energía del aerogenerador.	201
Figura 81. Estimación de pérdidas mediante RETScreen nivel 3.	202
Figura 82. Emisiones de GEI para el caso propuesto y equivalencias de reducción.....	203
Figura 83. Parámetros financieros del proyecto.	204
Figura 84. Ingresos anuales por exportación de electricidad.	205
Figura 85. Costos iniciales del proyecto.....	205
Figura 86. Viabilidad financiera del proyecto eólico.	206
Figura 87. Flujo de efectivo anual del proyecto.	207
Figura 88. Flujo de efectivo acumulado.	207
Figura 89. Impacto de los parámetros de entrada sobre el repago del capital.....	209
Figura 90. Distribución de frecuencias repago del capital.	211
Figura 91. Macro localización del proyecto eólico. Departamento Estelí. Municipio San Nicolás. Fuente INETER.....	218
Figura 92. Ubicación del proyecto.	218
Figura 93. Mapa geología de San Nicolás. Elaborado con ArcView, base de datos SICRE. .	220
Figura 94. Mapa litografía San Nicolás. Elaborado con ArcView, base de datos SICRE.	220

Figura 95. Geomorfología. Elaborado con ArcView, base de datos SICRE.....	221
Figura 96. Mapa de uso de suelo del municipio de San Nicolás. Fuente MAGFOR.	221
Figura 97. Variaciones de temperatura durante la estación lluviosa y seca.	222
Figura 98. Mapa de radiación solar de Nicaragua. Fuente CNE.	223
Figura 99. Paso de aves migratorias por la zona de San Nicolás.	227
Figura 100. Percepción de los pobladores sobre impactos ambientales de la energía eólica. .	228
Figura 101. Impactos totales por medios afectados.....	240
Figura 102. Impactos totales por etapa. Basados en matriz de evaluación de impactos.	241
Figura 103. Percepción pobladores de San Nicolás sobre impacto social del proyecto.....	242
Figura 104. Percepción pobladores de San Nicolás sobre impacto económico del proyecto. .	249

Índice de Anexos

Anexo 1. Instrumentos

Instrumento 1.1. Encuesta	281
Instrumento 1.2. Grupo Focal.....	285
Instrumento 1.3. Entrevistas	286
Instrumento 1.4. Cuadros de recopilación de datos.....	287

Anexo 2. Figuras

Figura 2.1. Ubicación puntos de medición. 1 Rancho de don Luis. 2 San José de La Laguna. Fuente Google Map.	288
Figura 2.2. Diagnóstico de Normalidad de los residuos de la variable temperatura.	289
Figura 2.3. Diagnóstico independencia de los residuos de la temperatura.	289
Figura 2.4. Normalidad de los residuos de la variable velocidad del viento.	290
Figura 2.5. Diagnóstico de Normalidad de los residuos de la variable velocidad del viento.	290
Figura 2.6. Normalidad de los residuos de la variable Rang Pdisp 10, 20, 30 40 m.	290
Figura 2.7. Independencia de los residuos de la variable RangPdisp10, 20, 30 40 m.	291
Figura 2.8. Diagnóstico independencia de los residuos de la variable temperatura.	291
Figura 2.9. Diagnóstico normalidad de los residuos de la variable temperatura.	291
Figura 2.10. Diagnóstico independencia de los residuos de la variable velocidad del viento.	292
Figura 2.11. Diagnóstico normalidad de los residuos de la variable velocidad del viento.	292
Figura 2.12. Diagnóstico normalidad de los residuos de las variables RANG[Pdisp10m], RANG[Pdisp20m], RANG[Pdisp30m], RANG[Pdisp40m].	292
Figura 2.13. Diagnóstico independencia de los residuos de la variable RANG[Pdisp].	293
Figura 2.14. Normalidad de los residuos variable RANG[Pdisp] a 10, 20, 30 y 40 m.	294
Figura 2.15. Independencia de los residuos de la variable RANG [Pdisp] 10, 20, 30, 40 m.	295
Figura 2.16. Normalidad de los residuos variable velocidad del viento a 10 y 40 m.	295
Figura 2.17. Independencia de los residuos variable velocidad del viento a 10 y 40 m.	296
Figura 2.18. Normalidad de los residuos variable velocidad del viento a 10 y 40 m.	296
Figura 2.19. Independencia de los residuos variable velocidad del viento a 10 y 40 m.	297
Figura 2.20. Normalidad de los residuos de las variables Rang [Pdisp] a 10, 20, 30 y 40 m.	297
Figura 2.21. Independencia de los residuos y predichos de la variable Rang [Pdisp] a 10 m.	298

Figura 2.22. Normalidad de los residuos de las variables Rang [Pdisp] a 10, 20, 30 y 40 m.	298
Figura 2.23. Independencia de los residuos de la variable Rang[Pdisp] a 10, 20, 30 y 40 m.	299
Figura 2.24. Análisis de sensibilidad sobre prepago – capital.	299
Figura 2.25. Mapa geológico de Nicaragua. Fuente INETER. Escala 1:200000.	300

Anexo 3. Tablas

Tabla 3.1. Análisis de contingencia entre las variables comunidad y nivel educativo.....	301
Tabla 3.2. Análisis de contingencia entre las variables comunidad y nivel educativo.....	302
Tabla 3.3. Distribución categorías de percepción sobre energías renovables	303
Tabla 3.4. Frecuencias de velocidades de viento.....	304
Tabla 3.5. Homogeneidad de la varianza residuos de temperatura. Prueba de Levene	305
Tabla 3.6. Homogeneidad de la varianza residuos viento10m. Prueba de Levene	305
Tabla 3.7. Diagnóstico de homogeneidad de la varianza de los residuos de Rang [Pdisp10m], Rang [Pdisp20m], Rang [Pdisp30m], Rang [Pdisp40m]	305
Tabla 3.8. Diagnóstico de homogeneidad de la varianza de los residuos temperatura	306
Tabla 3.9. Diagnóstico de homogeneidad de la varianza de los residuos velocviento10 m....	306
Tabla 3.10. Homogeneidad de la varianza residuos RANG [Pdisp] a 10, 20, 30 y 40 m	307
Tabla 3.11. Homogeneidad de la varianza de los residuos Rang [Pdisp] a 10, 20, 30, 40 m..	308
Tabla 3.12. Homogeneidad de la varianza velocidad de viento 10 y 40 m	309
Tabla 3.13. Homogeneidad de la varianza velocidad de viento 10 y 40 m	309
Tabla 3.14. Homogeneidad de la varianza de los residuos, Rang [Pdisp] a 10, 20, 30,40 m..	310
Tabla 3.15. Homogeneidad de la varianza de los residuos de Rang [Pdisp10m].....	311
Tabla 3.16. Datos meteorológicos introducidos al RETScreen.....	311
Tabla 3.17. Acumulado durante 20 años del proyecto	312
Tabla 3.18. Prueba de Phi. Variables percepción de pobladores sobre impacto ambiental	312
Tabla 3.19. Matriz de importancia.....	315
Tabla 3.20. Matriz de cuantificación de impactos.....	327
Tabla 3.21. Prueba de Phi para variables de percepción de pobladores sobre impacto social	329
Tabla 3.22. Prueba Phi para variables percepción de pobladores sobre impacto económico .	331
Tabla 3.23. Participantes en grupo focal y entrevistas	334

1. Introducción

El modelo actual de crecimiento ha creado grandes asimetrías sociales en las condiciones de vida de las personas. El factor energético ha sido relevante desde la revolución industrial con el uso del carbón y el petróleo, contribuyendo a crear una sociedad insostenible en relación a los recursos naturales y grandes desigualdades entre las personas. La dependencia del petróleo o la falta de acceso a energía eléctrica requieren de propuestas integrales que aprovechen los recursos locales y beneficien a los territorios.

Es imprescindible la necesidad de cambiar a nuevos paradigmas de desarrollo humano que considere el crecimiento demográfico, la calidad de vida de las personas, las futuras generaciones, el capital natural, la cultura y el desarrollo local asociadas al uso de la tecnología y la innovación para garantizar desarrollo sostenible. Las energías renovables son una alternativa para llevar energía a zonas sin acceso, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. A nivel mundial se ha logrado progreso en el acceso a la electricidad mediante energía eólica, alcanzando capacidad instalada de 288,275 MW; siendo en total 100 países y regiones las que utilizan la energía eólica para la generación de electricidad (World Wind Energy Association, 2012).

El Banco Central de Nicaragua (BCN, 2017), precisó que el 50.4 % de la generación de energía eléctrica de Nicaragua en 2016 fue térmico, mientras que el 49.6 % se produjo por fuentes renovables. Nicaragua alcanzó un 90 por ciento de cobertura eléctrica a nivel nacional; constituido en la mitad por energía eólica, solar, biomasa, geotérmico e hidroeléctrico, como parte de la transformación y diversificación de la matriz energética. Nicaragua está entre los cuatro países a nivel mundial con los mejores vientos para generar energía eólica. Actualmente existen 5 parques eólicos que aportan casi el 30 % de la generación total con un potencial eólico de 800 MW. A partir del año 2007 el país comenzó a invertir en energía renovable y a facilitar un marco jurídico atractivo para el desarrollo de este sector.

De acuerdo al informe de resultado del Proyecto SWERA (OLADE, 2012), el cual ha desarrollado mapas globales y preliminares del potencial eólico, se ha identificado potencial en

las regiones del departamento de Estelí, como San Nicolás. El presente estudio aporta el diseño de un proyecto eólico para abastecer la demanda de energía eléctrica de la población del municipio de San Nicolás y aportar energía eléctrica a la red, basado en la existencia de condiciones paramétricas aprovechables del recurso eólico local y en las evaluaciones positivas del impacto ambiental, social y económico; creando la posibilidad real de aportar al desarrollo humano sostenible en la región de Las Segovias.

La investigación se fundamenta en el paradigma socio crítico, bajo el enfoque mixto, con nivel inicial de conocimiento descriptivo, continua correlacional y alcance de resultados analítico de causa-efecto. Se han recopilado datos en visita a 868 familias de 30 comunidades del municipio. Se han aplicado entrevista y grupo focal. En relación a los datos climáticos se recopilaron 260,936 registros en 2 estaciones meteorológicas situadas en las comunidades San José de La Laguna y El Sesteo. El análisis de los datos se ha realizado mediante estadísticas descriptivas, correlacional paramétrica y no paramétrica y análisis de causalidad mediante ANOVA y ANACORR. Para la evaluación de impacto ambiental se utilizó la metodología simplificada de Conesa y para el impacto social y económico la metodología de sostenibilidad y empoderamiento. El diseño de la propuesta del sistema eólico se realizó mediante el software RETScreen.

2. Antecedentes

Se han realizado múltiples estudios en el área de energía eólica a nivel internacional y algunos estudios a nivel nacional.

Tudela Serrano y Molina Ruiz (2006), en la Región de Murcia, España, realizaron investigación sobre la percepción social acerca de promover el uso e implantación de energías renovables en varias poblaciones afectadas del noroeste, resultando que el 83,3 % de la población entrevistada considera beneficiosa la implantación de energías alternativas, en particular de parques eólicos, en su municipio (pág. 148).

La división de investigación y desarrollo tecnológico del instituto tecnológico de Canarias (Rodríguez, 2010), desarrolló un estudio sobre evaluación del potencial eólico máximo instalable en la isla de Gran Canaria, calculando el potencial eólico máximo posible en unos 590 MW con una producción de energía anual de 1,600 GWh aproximada (pág. 23).

Hernández Escobedo, Espinoza Arenal, Saldaña Flores y Rivera Blanco (2012), realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el recurso eólico, para su posible utilización en la generación de energía eléctrica en el Estado de Veracruz, México. Para ello se llevaron a cabo mediciones de viento registradas cada 10 minutos a 50 m de altura durante los años 2008 y 2009 en 16 estaciones anemométricas distribuidas dentro del Estado. Se encontró que existen regiones con velocidad promedio del viento de 5.45 m/s, valor que se ajusta para producir energía eléctrica aproximada de 14,432 kW. Para evaluar la potencia eléctrica, se utilizó un aerogenerador marca ACCIONA modelo AW 70/1500 Clase I que según el fabricante tiene una capacidad de 1,500kW. Instalando un aerogenerador por cada zona estudiada se suministraría energía eléctrica a la red de 10,694 MWh/año, con lo cual se podrán ahorrar 9,933.1 toneladas equivalentes de petróleo (TEP), y una reducción anual bruta de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) equivalentes a 28,806.10 toneladas de CO₂ (tCO₂) (pág. 215).

En Venezuela, Rigoberto Andressen L. y Carlos La Rosa (2012), realizaron evaluación meteorológica del aprovechamiento eólico. En este trabajo, a partir de los datos de vientos obtenidos en 30 estaciones meteorológicas distribuidas en el territorio nacional, se hace una

evaluación preliminar de la potencia eólica estimada. Se concluye que los lugares con alta potencialidad para generación de energía eólica, se encuentran en la Isla de Margarita, la Guajira y en localidades insulares. Mediana potencialidad encontró la península de Paraguaná. El resto del país, no presenta buenas perspectivas para generación de energía eólica (pág. 84).

En estudio realizado en Ecuador, Enríquez Lorenzo (2015), aplicó modelos matemáticos, para el estudio de emplazamientos eólicos en la provincia de Chimborazo, desarrollando una metodología basada en escenarios eólicos que posee la provincia, para proporcionar energía eléctrica con un alto grado de acoplamiento con la demanda. Se recopiló información sobre la demanda y la producción energética durante siete años usando fuentes renovables y no renovables propias de la provincia, para tener un panorama claro sobre la producción eléctrica que se debe obtener (pág. 205).

Jacinto, Clementi, Carrizo y Nogar (2014), realizaron un trabajo, que presenta a las cooperativas de distribución de electricidad de la provincia de Buenos Aires, como eslabones centrales del proceso de distribución a escala local y regional. En este contexto las cooperativas han dado un mayor impulso a la diversificación de la matriz energética, a la multiplicación de proyectos de generación de electricidad a partir de fuentes eólicas. En el estudio se plantea la necesidad de fortalecer procesos de planificación y coordinación del sistema eléctrico en el mediano y largo plazo y la adecuación de los marcos regulatorios que debe ser uno de los puntos centrales de debate para que los sectores interesados en la generación encuentren un escenario donde armonizar sus iniciativas energéticas con proyectos de desarrollo territorial locales y regionales (pág. 79).

Fiallos y asociados consultores (2011), realizaron un estudio para determinar los impactos ambientales que causaría el proyecto del parque eólico EOLONICA WIND POWER en Rivas, concluyendo que el impacto es mitigable, temporal y factible de restaurar el medio ambiente afectado por el proyecto. Con las medidas de mitigación que se proponen aplicar se garantiza la disminución de impactos residuales, que unidos a los importantes impactos positivos, tanto en el ámbito local como en el ámbito nacional, repercuten favorablemente en la calidad de vida y la condición socioeconómica de los nicaragüenses (pág. 115).

3. Justificación

En Nicaragua, ante la dependencia del combustible fósil, la existencia de un sector de habitantes que no tienen acceso a la energía eléctrica, los efectos de la pobreza, la necesidad de reducir las emisiones de CO₂, es conveniente desarrollar investigaciones sobre el aprovechamiento de los recursos naturales para la generación de energía renovable que contribuya a la transformación de la matriz energética y al desarrollo sostenible de las comunidades locales.

La energía eólica en Nicaragua tiene un gran potencial de 1000 MW, sin embargo no existen evaluaciones detalladas de sitios identificados tradicionalmente en los que sopla viento fuerte. La revaloración del viento como capital natural aprovechable para generar energía crea la pertinencia de estudios eólicos.

El municipio de San Nicolás se ha caracterizado por poseer vientos fuertes y ha sido identificado mediante imágenes satelitales de datos recopilados por archivo de mapas de SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment) con velocidades de viento que se podrían aprovechar para generar energía. En ese sentido el presente estudio es muy importante para recopilar y analizar en profundidad datos, sobre el comportamiento del viento en la zona de San Nicolás.

La obtención de energía renovable mediante el aprovechamiento del viento local, implica oportunidades de desarrollo para la población de San Nicolas en varios aspectos, pero principalmente en lo productivo, social y económico, abriendo las puertas para solucionar problemas relacionados a la pobreza del municipio.

El presente estudio es importante para Las Segovias, por su valor teórico ya que permitiría ser un modelo para el desarrollo de proyectos similares en cuanto a metodología y la generalización de resultados en otros sitios y de utilidad para el desarrollo de zonas empobrecidas.

4. Planteamiento del problema

4.1 Caracterización del Problema

A nivel mundial, más de 1000 millones de personas viven sin electricidad y otros 3000 millones utilizan combustibles contaminantes como leña u otra biomasa para cocinar o calefaccionar sus viviendas. Cada año se emite más cantidad de CO₂, en el año 2018 se alcanzó cifra record de 33,1 gigatoneladas de CO₂, lo que representa un 1,7% más que el año anterior. La demanda de electricidad aumentó a 23,000 TWh (AEI, IRENA, Banco Mundial, OMS, 2018).

En Nicaragua han ocurrido significativos avances en el uso de energías renovables alcanzando un 53 %; sin embargo, aún se utiliza un 47 % de energía dependiente de combustible fósil, así mismo se ha logrado que un 90 % de la población tenga acceso a la energía eléctrica; hay que hacer esfuerzos en conjunto academia – estado, para disminuir el 10 % de habitantes que aún no tienen acceso (ENATREL, 2016). En este país el sector residencial es el de mayor consumo en el país, incrementándose en un 19 %. La tarifa eléctrica disminuyó en el año 2016 apenas en un 4 % (INE, 2016), lo que no es suficiente para los bolsillos de los consumidores y los estragos del cambio climático a través de las sequías ha perjudicado enormemente los caudales de los ríos, lo que tendrá impacto en las hidroeléctricas.

4.2 Delimitación del Problema

Según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo INIDE (2008), “el municipio de San Nicolás, cuenta con 1409 viviendas. Los habitantes presentan un índice alto de pobreza extrema de 57,9 % y pobreza no extrema de 30,1 %”. El municipio cuenta con un capital natural importante que manejado justo y equitativamente, puede aprovecharse para contribuir al desarrollo humano sostenible de los miembros de la comunidad. El viento que posee el municipio debe evaluarse para medir su potencial de generación de energía renovable y fomentar el desarrollo socio económico. En julio del 2016, ENATREL reporta que San Nicolás, posee un 70 por ciento de electrificación en su territorio.

4.3 Formulación del Problema

A partir de la caracterización y delimitación del problema antes expuesto, se plantea la siguiente pregunta principal del presente estudio: ¿Cómo desarrollar un sistema eólico para proveer energía eléctrica en función del desarrollo humano sostenible en la región de las Segovias, período 2014-2030?

4.4 Sistematización del Problema

Las preguntas de sistematización correspondientes se presentan a continuación:

1. ¿Cuáles son las características demográficas, sociales y económicas de la zona de San Nicolás?
2. ¿Cuál es la percepción de los pobladores de San Nicolás sobre las energías renovables en general y la energía eólica en particular?
3. ¿Cómo evaluar el potencial eólico solar de la zona de estudio?
4. ¿Cuál es la relación entre los parámetros del recurso viento, la potencia energética y la tecnología a utilizar?
5. ¿Cómo se podría diseñar un sistema eólico para proveer energía eléctrica en el municipio de San Nicolás?
6. ¿Cuál es el impacto ambiental, económico y social del sistema eólico para proveer energía eléctrica en función del desarrollo humano sostenible y la innovación social en la región de las Segovias?

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema eólico de generación distribuida, para proveer energía eléctrica en función del desarrollo humano sostenible en la región de Las Segovias, período 2014-2030.

5.2 Objetivos Específicos

1. Describir las características socio-económicas y demográficas del municipio de San Nicolás, para conocer las necesidades energéticas de la población en este territorio.
2. Evaluar los potenciales de los recursos energéticos, en función de los parámetros del recurso viento en el municipio de San Nicolás.
3. Establecer relación de causalidad entre los parámetros del recurso viento, la potencia energética y la tecnología a utilizar.
4. Proponer un sistema eólico de generación distribuida que garantice la demanda eléctrica del municipio de San Nicolás; ante actores decisorios como autoridades, organizaciones y comunitarios.
5. Determinar el impacto ambiental, económico y social probable (ex ante), que podría generar la instalación del sistema eólico para proveer energía eléctrica en función del desarrollo humano sostenible y la innovación social en la región de las Segovias.

6. Marco Teórico

6.1 Desarrollo humano sostenible

6.1.1 Modelo de desarrollo actual

El desarrollo humano se ha caracterizado por el afán de vivir y no de vivir bien. Ese afán de vivir por vivir unido a la acumulación de dinero empezó a tener forma con la revolución industrial en el sistema de compra y venta del libre mercado, volcada a la producción de excedente, profundizando la desigualdad y la brecha entre ricos y pobres. Lo definió el propio Adam Smith (1776), en su libro la riqueza de las naciones “Todo hombre es rico o pobre según el grado en que pueda gozar de la cosas necesarias, convenientes y gratas de la vida”.

El vivir se liga a ganar dinero para gozar y se confunde riqueza con dinero. Se excluye de la riqueza la ecología, lo social y la cultura; dejando por fuera el sol, el aire que respiramos, las plantas, los animales, el agua, las relaciones familiares y sociales, como asuntos gratos para la vida. Como señala Fernández y González (2014), se han centrado en “la creación y el fomento del sentido de escasez y, sobre todo, la constante generación de nuevos caprichos y deseos, apelando sobre todo a las emociones” (pág. 446). Este modelo de desarrollo en vez de reducir las desigualdades sociales ha abonado la pobreza, manifestándose mediante la escasez, alimentando el ciclo vicioso de trabajar honradamente, pero víctima del consumo desordenado.

La ciencia y la tecnología a lo largo de la historia se han desarrollado, pero no todo es positivo; han servido de soporte al modelo impulsando la compra indiscriminada de novedades costosas e ineficientes y a la vez han convertido a los países pobres en compradores de equipos de descarte. Las nuevas tecnologías crean nuevos problemas éticos relacionados al medio ambiente. García y Tejado (2012), al respecto manifiestan; “ni internet, ni las redes sociales ni ninguna herramienta tecnológica nos hará más libres, al igual que no nos ha hecho más iguales, ya que han sido diseñadas para acelerar el consumo, no para alimentar la revolución” (pág. 5).

La crisis energética es irreversible ya que los combustibles fósiles están cercanos a su pico de extracción y no hay energía que pueda sustituir al petróleo. Fernández y González (2014), al respecto mencionan que “el detonante del colapso civilizatorio será el final de los combustibles

fósiles baratos y abundantes, pero los elementos que determinarán un nuevo contexto serán el cambio climático y la pérdida de biodiversidad” (pág. 26).

La energía se vincula al modelo de desarrollo. La revolución industrial introduce la tecnología del carbón, explotándola de manera intensiva. Las ventajas del carbón sobre leña las menciona Fernández y González (2014), “densidad energética netamente mayor, la tecnología y su poder calorífico permitieron un uso muy versátil; eran abundantes y baratos; son fácilmente almacenables”, sobre esta base el capitalismo logro su hegemonía económica y social. Este cambio en la matriz energética transformó el mundo produciendo cantidades enormes de energía que consumieron las nuevas máquinas tanto para su funcionamiento como para su construcción como lo indican Fernández y González, “los desarrollos tecnológicos en general han supuesto un mayor consumo de energía y no un ahorro. Con este derroche se consiguió, básicamente, potencia y capacidad de obtener cantidades mayores de energía” (pág. 124).

Los impactos son numerosos. Implica una nueva relación con la naturaleza ya que comenzó la explotación de los recursos naturales y fósiles muy por encima de su recuperación. Para Posso (2000), se contaminó el aire, agua, el suelo por el uso excesivo del carbón liberando grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera. La sustitución del trabajo humano por las máquinas, crea desempleo y permite bajar los salarios, generando una gran plusvalía para la clase capitalista y otorgándoles mayor poder. Las máquinas podían funcionar las 24 horas, las jornadas laborales se hicieron extensas. La productividad por persona aumentó, la competitividad se incrementó y el mundo fue obligado a sumarse a la lógica del nuevo modo de producción capitalista.

Con la llegada del petróleo y el motor de combustión interna, la hegemonía de Estados Unidos se consolidó. Junto al petróleo crecieron otras fuentes como el gas natural, el carbón, la energía nuclear y la hidráulica. La biomasa con la leña siguió siendo utilizada por las poblaciones pobres. La electricidad implicó un gran salto en la industria de la comunicación y la iluminación, la que se convirtió en un nuevo interés de inversión en generación, transporte y distribución de electricidad. A principios del siglo XXI los combustibles fósiles aseguraban un 86 % de las necesidades energéticas mundiales. Según Fernández y González (2014), el petróleo supera al carbón por sus características “físico-químicas del petróleo, que le dotan de versatilidad,

concentración energética, facilidad y seguridad de transporte y un fácil almacenaje” (pág. 167), además es fácil de extraer y se pueden obtener sub productos mediante refinamiento.

La crisis energética ha sido determinante para la quiebra del keynesianismo¹ y neoliberalismo² (Rosero, 2009). El petróleo sube sus precios debido a dos conflictos en el medio oriente; el embargo árabe y a que Estado Unidos había alcanzado su pico máximo de extracción. Se presenta la crisis económica incrementada por la baja productividad, sobre abundancia de capital y el colapso a escala mundial de los mercados de propiedad inmobiliario. A pesar de que el dólar se devaluó, Estados Unidos, a través de políticas neoliberales mantuvo su poder hegemónico provocando la guerra por petróleo. Se instala la economía global. Se crean grandes contrastes con ciudades globales y ciudades en miseria.

La expansión del capitalismo basado en energía fósil ha destruido las culturas populares clasificándolas como retrasada, valorando el conocimiento global como superior a lo local como lo menciona Sousa Santos (2010), dentro de la sociología de las ausencias como aquellos conceptos que son desterrados como no válidos por la cultura dominante; los saberes tradicionales frente a la ciencia, la diversidad cultural como momento del pasado en la línea ascendente del progreso, la distribución de los privilegios en base a la etnia y el sexo, la valoración de la naturaleza y del trabajo humano solo si son económicamente productivos.

6.1.2 Por un modelo de cambio, reintegración y de desarrollo conjunto

El modelo de crecimiento está en crisis, ya no se puede crecer infinitamente con recursos finitos. Ante tal situación de caos, deterioro, contaminación, deforestación, pérdida de la biodiversidad, desigualdades, fantasías, es que se deben presentar nuevas alternativas para el desarrollo de los seres humanos. El planeta desbordó su biocapacidad. Se debe crear consciencia de la realidad de lo que se tiene en el presente, de los límites, para hacer propuesta para el mismo presente y

¹Es una teoría económica propuesta por John Maynard Keynes, basada en el análisis de las causas y consecuencias de las variaciones de la demanda agregada y sus relaciones con el nivel de empleo y de ingresos.

²Es la corriente económica y política capitalista, que apoya una amplia liberalización de la economía, el libre comercio en general y una drástica reducción del gasto público y de la intervención del Estado en la economía en favor del sector privado, que pasaría a desempeñar las competencias tradicionalmente asumidas por el Estado.

para el mañana. El Informe sobre los Límites del crecimiento (1972), mejor conocido como Informe Meadows³, ponía en reflexión al mundo de una grave crisis medioambiental.

Han surgido nuevos paradigmas, algunos siempre basados en la parte económica, otros como disfraces del modelo actual y otros que deben analizarse para guiar junto a la realidad cultural, social y ambiental en la toma de decisiones de lo que cada pueblo quiere alcanzar. En el informe Brundtland (1987), se impulsa el concepto de desarrollo sostenible. Para Fernández y González (2014), esta concepción se “vinculaba directamente el deterioro ambiental a la pobreza, al tiempo que se resaltaba que el desarrollo (crecimiento) en el Centro estaba permitiendo resolver los problemas ambientales” (pág. 458). Para otros es un término ambiguo como señala Murray (2012), “el sustantivo, “desarrollo” (o, mejor dicho, crecimiento), se imponía claramente sobre el adjetivo, “sostenible”. Sin embargo, el término era lo suficientemente ambiguo como para contentar a todo el mundo”.

En la cumbre de la tierra (Naciones Unidas, 1992), se asigna al término desarrollo sostenible, la manera de terminar con la pobreza y resolver la problemática ambiental. Esto fue considerado por Fernández y González (2014), como un disfraz “un gran simulacro para transmitir al mundo que, a partir de entonces, se encaminaba hacia la sostenibilidad. Ese mensaje perduró hasta los primeros años del nuevo milenio” (pág. 458); mientras los capitales seguían fluyendo en las élites de la aldea global. Lo nuevo fue el partenariado mercantil inspirado por el protocolo de Kioto de compra y venta de emisiones o de servicios ambientales.

Jiménez Herrero (2000), liga el concepto a una forma de vida, “el desarrollo sostenible se puede vislumbrar ahora como un conjunto de relaciones entre sistemas (naturales y sociales), dinámica de procesos (energía, materia e información) y escalas de valores (ideas y ética)” (pág. 109). Este sistema debe soportar los cambios y mantener la unidad de funcionamiento para que sea estable.

³Presentado por Dennis Meadows en 1972, y en el que por primera vez en la historia de la humanidad se plasma la grave crisis ecológica que afecta al planeta, un hecho sin precedentes, ya que es creado por el propio ser humano y pone en riesgo una gran parte de la vida en la tierra. Sus previsiones a 50 años fueron tratadas de alarmistas, pero, unos 40 años después, muchas de sus conclusiones han ido cumpliéndose, por lo que se hace extremadamente importante sentar las bases de un cambio en la gestión de los recursos. Gracias a este informe, la conciencia social despertó.

Se aborda el desarrollo sostenible, desde la construcción consciente que implica un cambio que permita integrar al ser humano a la biosfera. Las fuentes teóricas son varias; la teoría de la complejidad, la teoría de sistemas, la filosofía intercultural, el pensamiento ecológico que proviene de diversos tejidos sociales y la conciencia personal. Jabareen (2008), identifica siete conceptos que juntos sintetizan y establecen una propuesta de marco conceptual, como son: paradoja ética, capital natural, equidad, ecoforma, gestión integral, utopía y agenda política global.

Un modelo macro del medio ambiente y de impacto humano fue propuesto por Herlich y Holdren (1971), llamado ecuación IPAT y que, permite evaluar el impacto ambiental (I), a partir del producto de tres variables: la población (P), que produce ese impacto, el consumo (C) de bienes y servicios que ella realiza para satisfacer sus necesidades y, el impacto ambiental (T) producido por la tecnología disponible para producir esos bienes y servicios. De esta manera se toma en cuenta el crecimiento poblacional, el consumo y la eficiencia de la tecnología.

La variable población (P) determina el análisis que se debe realizar desde la dimensión demográfica. El consumo (C) de bienes es una variable que se puede realizar desde la dimensión personal y comunitaria, la variable tecnología (T) aporta a la dimensión técnica y social y la variable I se enmarca en la dimensión ambiental como resultado de la interrelación de las otras variables. A cada dimensión se le relaciona con principios o verdades fundamentales relacionadas a sostenibilidad con el fin de dar fundamento al enfoque.

En la dimensión ambiental es importante establecer el principio de conservación del capital natural. Este es el mejor indicador de la riqueza de un país. El capital natural aporta las condiciones que hacen posible la vida y es la base de la producción aportando bienes y servicios ecosistémicos. El país cuenta con variadas fuentes naturales de energías como recursos geotérmicos, hídricos, eólicos, biomásicos, solar y marítimo como parte de su capital natural.

La dimensión demográfica presenta una situación de urgencia del planeta, ya que la población crece según tasas que los recursos ambientales no pueden sostener, ni dar las condiciones básicas

de salud, alimentación y energía. A nivel mundial en los últimos años se observan algunos cambios de tendencias demográficas, donde contrastan el escaso crecimiento y envejecimiento poblacional en los países desarrollados, en contraste con el dinamismo demográfico de la región asiática. Según documento elaborado por Maritza Delgadillo (2010), para del fondo de población de las naciones unidas UNFPA, Nicaragua cuenta con una población de 5,962,782 habitantes, que creció aceleradamente entre 1950 y 2015 en un 4.2 mientras que desde el 2005 hasta el 2050 crecerá en un 1,4 veces.

El aspecto de la migración de nicaragüenses a Costa Rica, Estados Unidos, El Salvador y España estimada en un millón de personas que envían remesas a Nicaragua, tiene su influencia en el consumo. La variable consumo se analiza desde, la dimensión personal, comunitaria y el principio de calidad de vida. El fin no es hablar del desarrollo material sino de la calidad de vida como principio de sostenibilidad relacionado al bienestar integral, que requiere de satisfacer ciertas necesidades humanas, pero considerando el impacto ambiental de los productos y servicios consumidos. El desarrollo se refiere a las personas y no a los objetos. Para los diversos tipos de organizaciones comunitarias este objetivo de calidad de vida puede lograrse de diversas maneras. Max-Neef (1998, pág. 40), afirma que “el mejor proceso de desarrollo será aquel que permita elevar más la calidad de vida de las personas”.

Para saber a qué, se refiere el concepto de calidad de vida, el mismo Max-Neef la determina así; “La calidad de vida dependerá de las posibilidades que tengan las personas de satisfacer adecuadamente sus necesidades humanas fundamentales” (1998, pág. 40). Y las necesidades las categoriza en “existenciales y axiológicas”, clasificándolas, por una parte, “en las necesidades de ser, tener, hacer y estar”; y, por la otra, “las necesidades de subsistencia, protección, afecto, entendimiento, participación, ocio, creación, identidad y libertad”. Sigue mencionando que “una sociedad sana debe plantearse, como objetivo ineludible, el desarrollo conjunto de todas las personas y de toda la persona”.

Así mismo, Brenda Boardman (1991), introduce el concepto "pobreza energética", basado en tres factores fundamentales nivel de ingresos del hogar, costo de la energía y eficiencia energética de las viviendas “La pobreza energética se produce en un hogar con bajos ingresos y

energéticamente ineficiente [...] la utilización de la energía de forma ineficiente genera una contaminación innecesaria”.

En Nicaragua se implementa un modelo socialista, cristiano y solidario centrado en el desarrollo del ser humano y de las familias nicaragüenses, que garantice la calidad de vida en educación, salud, seguridad alimentaria, respeto al medio ambiente que garantice el bien común y la equidad social de la familia nicaragüense. El modelo del GRUN (2012, pág. 7), se basa en valores cristianos, ideales socialistas y prácticas solidarias que guían la construcción de círculos virtuosos de desarrollo humano con recuperación de valores, la restitución de derechos, y el fortalecimiento de capacidades que han permitido ir superando los círculos viciosos de pobreza y subdesarrollo.

La siguiente dimensión se relaciona a la variable tecnología que viene a ser el impacto ambiental del uso de la tecnología en la producción de los bienes y servicios. Sobre la tecnología Wolfgang Sachs⁴ (1999, citado en Cendra Garreta y Stahel, 2006), señala; “los instrumentos técnicos modernos más que instrumentos aislados se presentan como un inmenso sistema tecno-social formado por el conjunto de sus requisitos técnicos, socioculturales y ambientales” (pág. 12).

Con respecto al impacto ambiental de la tecnología se propone el principio de biocompatibilidad o ecoforma. La tecnología ha tenido su impacto ambiental desde la revolución industrial, sin embargo; es desde hace dos décadas que se ha prestado interés a las evidencias del impacto ambiental y se han elaborado nuevas propuestas tecnológicas menos agresivas con el medio ambiente; como la ecología industrial, la edificación sostenible, la ecología urbana, la agricultura ecológica, la química verde, la permacultura, la escala adecuada de los sistemas técnicos tanto en su dimensión espacial como temporal.

Las variables, población, consumo y tecnología de la ecuación IPAT, se analizan en conjunto, desde la dimensión global local por el impacto ambiental que tienen las diversas poblaciones.

⁴Nació en Múnich (Alemania) es investigador, escritor y profesor universitario en el ámbito del medio ambiente, el desarrollo y la globalización. Editó y fue coautor del *Diccionario del Desarrollo: Una guía del Conocimiento como Poder que ya un 'clásico' en los estudios del Post-Desarrollo y que ha sido traducido a varios idiomas.*

A esta dimensión se relaciona la equidad y la solidaridad inter e Intrageneracional. En el modelo actual de desarrollo se está derrochando la herencia de las futuras generaciones. Otro principio es el de sostenibilidad global ya que no se puede pensar en sostenibilidad local a costa de importar su impacto ambiental a otros lugares. También debe considerarse el principio de la sostenibilidad local conceptualizado por Cendra, Cruz y Stahel (2007): “tanto desde el punto de vista ambiental como social, todo lo que pueda resolverse a nivel local debe de primar frente a cualquier solución planteada a niveles superiores” (pág. A17).

Por último, la dimensión cultural abarca toda la ecuación, ya que se relaciona a los demás cambios. Para Canadell Prat (2007), los ejes sobre los cuales vertebrar la sostenibilidad como visión del mundo son: Interdependencia, expresa la interconexión mutua entre todos los fenómenos, seres y dimensiones de la realidad. La materia y la conciencia; el cosmos y los seres humanos. No-dualidad, indica la estructura relacional de la realidad. No-linealidad, el tiempo no es una línea unidireccional ni tampoco una fórmula abstracta con la que podemos hacer cálculos. Relacionalidad, todo lo que existe es relativo a un contexto, a un lugar, a una cultura (págs. 5-7).

Ligado a la dimensión cultural se encuentra el principio de la educación integral que resume Delors (1997), en su informe a UNESCO; “aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser”. La cultura es pilar importante en el desarrollo sostenible por la cohesión que proporciona a las comunidades locales, pudiendo incidir en las decisiones políticas, económicas, financieras y ambientales y de esta manera vincular la cultura con el desarrollo de los pueblos. La diversidad cultural crea un mundo de capacidades, visiones y valores humanos que unidos y tomados en cuenta representan una gama de alternativas para solucionar problemas, Definitivamente la cultura representa gran potencial para contribuir a disminuir la pobreza, el hambre, las enfermedades, el analfabetismo para lograr calidad de vida, igualdades humanas y sociedades inclusivas.

6.1.3 Ciencia, Tecnología y Sociedad desde la perspectiva latinoamericana

La UNESCO (1999), sostiene: “Hoy, más que nunca, no puede haber desarrollo sin ciencia y sus aplicaciones”. Analizar el impacto de la ciencia y la tecnología en el ámbito latinoamericano no es fácil, puesto que las problemáticas, que enfrentan las personas son innumerables y no todo se resuelve con ciencia y tecnología. Polcuch (2000), al respecto mencionaba “Al considerar propuestas para la medición del impacto social de la ciencia y tecnología en América Latina, no debe dejarse de lado la necesidad de tener en cuenta las características particulares de las sociedades periféricas, en especial las dificultades de diversa índole de los actores sociales para apropiarse del conocimiento, ya sea transferido del exterior, o producido localmente” (pág. 19).

En estos países es importante determinar la relación entre desarrollo científico y tecnológico y el nivel de desarrollo social. El quehacer de la ciencia en América Latina, está destinada a estudiar asuntos que no tienen utilidad práctica o está enfocada en estudios relacionados a la pobreza, el desempleo, las desigualdades, el conocimiento local. Se investiga para el capital o se investiga para la sociedad, Huffman (2005), al respecto menciona que la idea más difundida de lo que debiera ser la ciencia en los países en desarrollo parece ser ésta: debiera ser empírica antes que teórica, regional antes que universal, aplicada antes que pura, natural antes que social, y en todo caso filosóficamente neutral, lo que indica que el reparto no solo es de tierras y riqueza sino también de la ciencia.

En la práctica estas falsas filosofías del desarrollo científico se han aplicado y de allí se deriva el atraso de la ciencia en los países latinoamericanos. Bunge plantea la solución con reemplazar la filosofía fragmentada, con una filosofía integral de la investigación científica sintetizada de la siguiente manera “Una adecuada filosofía de la investigación científica deberá reconocer que esta es una empresa multifacética: que tiene un lado teórico y otro empírico; que es universal en cuanto a su método y su finalidad, aun cuando en cada región posea objetos o temas típicos; que tiene un lado puro y otro aplicado; que se ocupa tanto de la naturaleza como del hombre; y que tiene supuestos filosóficos tanto como resultados de importancia filosófica” (1968, pág. 7).

En Nicaragua también se apuesta por una filosofía de investigación integral, como se menciona en el PNDH⁵ “La política de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) debe ser integral y reformar todo el proceso de generación de tecnología y su aplicación en el sistema productivo” (GRUN, 2012). Para alcanzar tales retos es necesario vincular a investigadores, innovadores, desarrolladores de tecnologías y usuarios de la ciencia y tecnología, ya que existen limitantes como menciona el PNDH “Nicaragua es uno de los países con más baja inversión en investigación y desarrollo (I+D) a nivel de América Latina. Mientras Brasil y Chile invierten el 1.0 y 0.7 por ciento de su PIB respectivamente; y Costa Rica, otro país centroamericano, invierte 0.32 por ciento; Nicaragua solamente invierte 0.05 por ciento” (GRUN, 2012). Las PYMES trabajan con tecnología atrasada y prácticas obsoletas, influyendo negativamente en la producción.

La problemática de la ciencia y tecnología en América Latina se debe analizar desde la perspectiva estructural, porque no es un problema lineal de etapas, sino que es un estado en el que nos ha metido el propio sistema para garantizar el atraso. Por lo tanto, no se resuelve solamente con la parte material de asignación de más tiempo a la investigación, de creación de laboratorios, o de mejoras salariales, de evitar la fuga de cerebros, de tener asesoría técnica internacional como muchos piensan. Tiene que ver con otros asuntos que señala Osvaldo Sunkel (1969).

En América Latina como en otros lugares, los procesos de producción han incorporado avances tecnológicos a lo largo de los años; pero, a diferencia de las regiones del mundo hoy altamente industrializadas, dicha incorporación se ha llevado a cabo, no por esfuerzo propio de investigación y adaptación, sino por simple traslación desde otros países sin considerar suficientemente las condiciones y necesidades fundamentales del país y, por tanto, sin contribuir a ampliar su base científica y tecnológica. Ello ha dado lugar a que, además de un considerable rezago tecnológico general, subsistan en América Latina graves desequilibrios internos: junto a los métodos más modernos de producción y

⁵El Plan Nacional de Desarrollo Humano PNDH; persigue la prosperidad que conduce a nuestra sociedad por la senda del buen vivir, en paz, armonía, en comunidad; que a su vez promueve nuevas opciones de acción social, de consenso. El PNDH es un plan vivo, en continua construcción, abierto a los aportes de la sociedad nicaragüense, que es actualizado de manera periódica para ajustarse a los procesos cambiantes internos y externos.

consumo, de investigación y educación, hay en amplios sectores formas primitivas, de escaso rendimiento, y niveles culturales y científicos bajos (pág. 62).

Desde la revolución industrial, se produjo división del trabajo entre los países que hacen ciencia y tecnología moderna de transporte, comunicación, salud, energía y los que hacen materia prima alimentos, insumos, minerales. De igual manera se reparte la creación de tecnología en aquellos países para avanzar su desarrollo y aplicarlas en la producción, comunicación, salud y energía, mientras que los países en subdesarrollo recurren a traer tecnología cuando se presentan problemas, creándose una dependencia en ciencia y tecnología.

La universidad no ha jugado ningún papel clave en esta transferencia ya que la tecnología ha venido por otros canales. El físico brasileño José Leite López es más crudo en su análisis respecto al papel que ha jugado la universidad “Si se llegara a cerrar una de las grandes universidades de un país de América Latina, el sistema económico de ese país no sufriría ninguna alteración. [...] La economía continuaría, como ha sucedido en el pasado, dependiente de la técnica externa que el país compra o arrienda, como si fuese una fatalidad histórica” (1969). En su análisis Leite afirma:

Por consecuencia, es perfectamente claro que las dificultades del sistema educacional, la estructura inadecuada de nuestras universidades, las deficiencias crónicas existentes en nuestros institutos científicos, no son fortuitas. Ellas provienen del hecho de que, en el sistema económico, la industria, la agricultura, se basan en un sistema de trabajo, en una organización política, económica y social que no exige que nuestro sistema educacional o universitario y la investigación científica y tecnológica produzcan elementos para ser absorbidos por ese sistema económico.

La industrialización en la empresa, se da con unas bases precarias de infraestructura, estructura y superestructura industrial y la ausencia casi total de la actividad científica, que al final terminó convirtiéndose en una industria de bienes y consumos. La energía en vez de impulsar la industria pesada y la transformación de la producción rural se convirtió en un subsidio para estimular la utilización indiscriminada de artefactos eléctricos de consumo. Como menciona Sunkel, aparece

“la misma especialización del centro en la generación del nuevo conocimiento científico y tecnológico, y de la periferia, en su consumo y utilización rutinaria”.

Ante estas situaciones, se deben definir políticas de desarrollo que se enfoquen en economías nacionales autónomas y dinámicas como señalan Sabato y Botana (1968), “La superación del desarrollo de América Latina resultará de la acción simultánea de diferentes políticas y estrategias. En todo caso, y cualesquiera sean los caminos elegidos, el acceso a una sociedad moderna –que es uno de los objetivos que se pretenden alcanzar por el desarrollo– supone necesariamente una acción decisiva en el campo de la investigación científico-tecnológica” (pág. 59). Ellos consideran que, “La investigación científico-tecnológica es una poderosa herramienta de transformación de una sociedad”. Por lo que se debe impulsar la investigación científica tecnológica, “América Latina, deberá cambiar su papel pasivo de espectador por el activo de protagonista, procurando conquistar la máxima participación”.

Sunkel (1969), manifiesta “para crear una nueva estructura productiva interna, se requiere un parque científico y tecnológico apropiado para nuestras necesidades, la capacidad de exportación de productos manufacturados, la capacidad de penetración dinámica en una gran variedad de mercados externos, la capacidad de resistencia ante los efectos de las sociedades avanzadas de consumo” (pág. 22). Sabato y Botana (1968), refiriéndose a la infraestructura científico tecnológico, sugieren los siguientes elementos:

El sistema educativo, que produce en la calidad y cantidad necesaria los hombres que protagonizan la investigación: científicos, tecnólogos, ayudantes, asistentes, operarios, administradores; los laboratorios, institutos, centros, plantas piloto donde se hace investigación; el sistema institucional de planificación, promoción, coordinación y de estímulo a la investigación, los mecanismos jurídico-administrativos que reglan el funcionamiento de las instituciones y actividades y los recursos económicos financieros aplicados a su funcionamiento (pág. 4).

En cuanto a la innovación es necesario construir el camino, orientándolo hacia un nuevo enfoque que funcione en Latinoamérica totalmente diferente a como se ha manejado hasta ahora,

iniciando por cambiar a las personas, antes de usar tecnología, para cambiar a las personas. La innovación moviliza la imaginación, capacidad y compromiso de los que desean construir “algo diferente”, o “hacer de forma distinta” lo que se hace de forma ordinaria y hasta una nueva forma de interpretar la realidad.

La innovación autóctona tiene que considerarse desde los territorios con sus recursos humanos, naturales, económicos, institucionales, culturales que son el potencial del desarrollo endógeno. Brunet y Baltar (2010), enfatizan en el factor clave que beneficie a las fuerzas locales “existencia de un sistema regional de innovación o aprendizaje, basado en mecanismos sociales y relacionales, y apoyado en instituciones adaptadas a las características y necesidades del sistema productivo local” (pág. 14). Sin embargo, hay que considerar las dinámicas locales y los distintos niveles de gobierno. Para Ricardo Méndez (2002), las condiciones para la innovación están dadas por “la presencia de un sistema productivo vinculado a una o varias actividades, en el que buena parte de las empresas existentes realizan esfuerzos en el plano de la innovación tecnológica, incorporando mejoras en los diferentes procesos asociados a su cadena de valor y en los productos (bienes materiales/servicios) que ofrecen” (pág. 69).

En Nicaragua, en los territorios se implementa un modelo sistémico de innovación tecnológica que para Pedroza Pacheco (2010), debe ser “integral e integrador, con énfasis en los enfoques, sistémico, IESA⁶, participativo, competitivo, cadenas productivas del agro-negocio, guiado por la demanda tecnológica de los productores, conservacionista, colaborativo, multidisciplinario, e interinstitucional, que contribuya por esta vía a erradicar la pobreza rural y urbana en el país. Este modelo está desarrollando capacidades locales en los territorios que promueven el aprendizaje local y socializa el conocimiento” (pág. 81). En Nicaragua se están desarrollando acciones innovadoras en el área de energías renovables como el uso de la biomasa en sistemas de cogeneración en los ingenios, eco fogones, mini hídricas, biogás, eólicos y solares fotovoltaicos para iluminación y bombeo.

⁶ *Enfoque integrado de investigación y extensión en sistemas agropecuarios. Es una vía para la adopción y aplicación de nuevas tecnologías, como clave de la innovación tecnológica.*

6.2 Energía eléctrica

6.2.1 Contextos energéticos actuales

Según el informe de la IEA (2017), el panorama energético mundial del 2017 estuvo marcado por 4 grandes cambios:

El rápido despliegue y la baja en los costos sostenidos en las tecnologías de energía renovable variable durante el 2016, originaron que los desarrollos en energía fotovoltaica crecieran más que cualquier otra tecnología de generación; desde el año 2010 los costos de las tecnologías fotovoltaica han bajado un 70%, las tecnologías eólicas un 25% y los desarrollos con baterías en un 40%.

El uso creciente de la energía eléctrica produjo durante el año 2016 que el gasto en energía eléctrica de los consumidores alcanzara la paridad con los gastos en petróleo. Es decir, se presentó una equiparación del gasto en energía eléctrica con el gasto en combustible líquido.

El cambio en la economía China tendiente a una mezcla entre servicios y energía limpias. La demanda de este país creció en promedio un 8% por año desde el 2000 al 2012, después de este año bajó a un 2% y si se implementan las nuevas políticas bajará a un 1% por año hasta el 2040. Sin políticas de eficiencia energética el consumo aumentará un 40% al 2040.

La consolidación de los Estados Unidos como el mayor productor mundial combinado de petróleo y “Shale Gas”, a precios competitivos y bajos. (Estados Unidos representa más de la mitad del crecimiento de la producción mundial de petróleo y gas para 2025, casi un 75% para el petróleo y un 40% para el gas).

Según Pascual (2016), La India acelera su modernización y su base industrial. Está entrada en un periodo de crecimiento de consumo energético, aumentando la demanda de carbón en la generación eléctrica e industrial. Hay que recordar que La India es uno de los países con menos acceso a la energía eléctrica, se estima que unos 7,5 millones de familia no tienen acceso a la

energía eléctrica. El empuje energético es de interés y de vigilancia por el enorme compromiso de capital, las tecnologías a usar, el impacto ambiental que se puede provocar y el consumo de bienes y servicios.

El profundo desplazamiento del consumo energético hacia Asia afecta a todos los combustibles y tecnologías, así como a las inversiones energéticas. Asia representa la mitad del crecimiento mundial de gas natural, el 60% del aumento de las energías eólica y solar FV, más del 80% del crecimiento de petróleo y más del 100% del incremento del carbón y la energía nuclear. Hoy seis de las diez mayores empresas eléctricas son chinas (IEA, 2017).

La electricidad se va a posicionar como el principal energético final a nivel mundial para el año 2040, con un incremento del 40%; el mismo crecimiento que experimentó el petróleo en los últimos 25 años, el mundo adquiere, en promedio, 45 millones de nuevos consumidores de electricidad al año, debido al aumento de la electrificación de más y más territorios (IEA, 2017).

En América latina y del Caribe el panorama energético según OLADE (2018), se resume: entre 2016 y 2017 hemos observado un avance en materia de acceso a electricidad, la región ha pasado de 20 millones de personas sin acceso a la electricidad a 19 millones en 2017. El gas natural ha pasado de representar el 29 % de la matriz de energía primaria en 2012 al 34 % en 2017.

A nivel centroamericano según la CEPAL (2018), en la región predominan los modelos descentralizados con inversiones privadas en generación. El año 2017 representó un hito para la participación de las fuentes renovables de energía en la región. En los seis países interconectados por el SIEPAC las fuentes renovables de energía representaron el 73.6 % de la producción eléctrica. En la región se generó energía eléctrica a partir de las siguientes fuentes: hidráulica (42.7 %), hidrocarburos y combustibles fósiles (39.8 %), geotermia y viento (5.2 % cada una), bagazo de caña en ingenios azucareros (4.8 %), solar (2.2 %) y una muy pequeña fracción a partir de biogás (0.1 %). En 2017 las fuentes renovables no convencionales (eólica y solar fotovoltaica y en menor medida el biogás) continuaron incrementando su participación, 5,142 GWh en total. La participación por país la encabeza Honduras con 29.2 %; Costa Rica 25.1 %; Nicaragua y Panamá rebasan el 12 %.

En 2017 el consumo de energía eléctrica (a nivel de alta y media tensión) de los países del SIEPAC fue del orden de 52,535 GWh, registrando un crecimiento de 2.5 %. A diciembre de 2017 se estima que 90.7 % a nivel de los países centroamericanos tenían acceso a servicios de energía eléctrica, en su mayor parte por medio de conexiones a la red. Por países, ese indicador muestra los siguientes valores: Costa Rica 99.4 %; la República Dominicana 97.6 %; El Salvador 96.7 %; Belice 94.8 %; Panamá 92.9 %; Guatemala 92.4 %; Nicaragua 92.3 % y Honduras 77.2 % (CEPAL, 2018).

En 2017 el volumen anual de transacciones internacionales (importaciones más exportaciones) en Centro América, tuvo un significativo avance registrando la cifra récord de 5,785 GWh (26 % más alto que en 2016). Guatemala sigue siendo el mayor exportador, responsable del 70 % de las exportaciones hacia el mercado eléctrico regional (MER) del SIEPAC, seguido de Panamá (13 %) y Costa Rica (8 %). En posiciones importadoras están El Salvador (65 %) y Honduras y Nicaragua (ambas con 13 %) (CEPAL, 2018).

Incrementos en los precios en 2017 ocasionados por condiciones de sequía en 2016 y el incremento en precios del petróleo. Los precios promedio al consumidor final fueron (centavos de dólar /kWh): Belice 18.9; Guatemala y Nicaragua 18.8; El Salvador 17.4; Panamá 17.3; la República Dominicana 17; Costa Rica 14.7 y Honduras 14.5 (CEPAL, 2018).

En Nicaragua según INE⁷, “durante el 2015 la economía nacional continuó fortaleciéndose, las estimaciones preliminares indican que el PIB creció el 4.0 por ciento y la inflación fue del 3.5 por ciento” (2016). Desde el año 2007 Nicaragua ha dado un vuelco a su matriz energética. De producir solo el 25 por ciento de su energía con fuentes renovables, a 52 por ciento en el 2016.

Según el ente regulador INE (2018), la capacidad instalada en Nicaragua para el año 2018 fue de 1,428 MW, distribuida en 9.61 % hidroeléctrica, 10.42 % geotérmica, 12.56 % eólica, 0.94 % solar, 11.91 % térmica bagazo de caña, 45.64 % térmica bunker y 8.92 % térmica diésel. La generación neta de energía eléctrica en el año 2018 fue de 4.18 GWh, distribuida en 0.3 GWh del sector público y 3.8 GWh del sector privado. Las importaciones durante el año fueron 0.2 GWh y las exportaciones 227. 81 MWh.

⁷Instituto Nicaragüense de Energía

6.2.2 Estructura del sector eléctrico y marco regulatorio nicaragüense

Según la ley de la industria eléctrica nicaragüense (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2017), se entiende por generación distribuida; la generación de energía eléctrica destinada al autoconsumo y conectada al sistema de distribución y por generador distribuido se concibe la persona propietaria de una instalación de generación distribuida sin considerarse agente económico.

La base para desarrollar cualquier actividad en el mercado eléctrico lo constituye el marco jurídico que rige el sector energético del país. Lo constituyen diferentes actores involucrados, restricciones de operación, beneficios fiscales, incentivos establecidos por ley y todas las regulaciones que determinen el desarrollo de proyectos.

El MEM (2013), reconoce que “El mercado eléctrico de Nicaragua está constituido por todo los agentes económicos, domiciliados en el país que realizan transacciones en el sector eléctrico bajo cualquier régimen de propiedad. Los agentes económicos se convierten en Agentes del Mercado (entregan y reciben energía del sistema Nacional de Transmisión) para participar y realizar operaciones en el Mercado Mayorista de Electricidad”.

En la estructura, el MEM - Ministerio de Energías y Minas es el ente regulador y el INE - Instituto Nicaragüense de energía es el ente regulador y fiscalizador. El Agente Productor es un agente económico que vende la generación de energía eléctrica a nivel mayorista, ya sea, producción propia o de terceros que comercializa. Incluye a los generadores, autos productores, cogeneradores y las importaciones. El agente de transporte lo constituye ENATREL - Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica, la distribución está a cargo de Disnorte y Dissur y los agentes consumidores lo constituyen los pequeños concesionarios rurales, agente gran consumidor habilitado y el agente consumidor.

El país ha venido teniendo avances en materia de leyes para contar con una estructura legal que regule y facilite las inversiones, fortalezca el sector e incentive la generación de energía eléctrica con recursos renovables. Las leyes, normativas y decretos del sector energético de Nicaragua se ordenan en el digesto jurídico del sector energético, aprobado por decreto de asamblea nacional número 6497 (2011).

En el análisis se identificaron doce leyes principales que han sufrido reformas, adiciones o derogaciones, procediendo a consolidarlas y actualizarlas, lo cual conllevó dos años de trabajo en más de treinta sesiones de trabajo del MEM y con el INE. En el artículo 1 se menciona el objetivo (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2011): “El Digesto Jurídico del Sector Energético tiene como objetivo ordenar, depurar y consolidar el marco jurídico regulatorio del sector energético, integrado por las materias: a) Energía Eléctrica, b) Hidrocarburos, y c) Minas”. En el digesto se identifican algunas leyes y normativas relevantes para el presente estudio (tabla 1).

Tabla 1. Leyes y normativas relevantes para el presente estudio

Ley	Identificación	Gaceta No.
554	Ley de estabilidad energética	224
272	Ley de la industria eléctrica	74
467	Ley de promoción al subsector eléctrico hidroeléctrico	169
661	Ley para distribución y uso responsable del servicio público de energía eléctrica	143
532	Ley para la promoción de generación eléctrica con fuentes renovables	102
11-D	Ley sobre la industria eléctrica	86
42-98	Reglamento de la ley de la industria eléctrica	116
INE 06-2000	Normativa del servicio eléctrico	
Resolución INE 05-11-2005	Normativa reguladora del mercado de ocasión	236
Acuerdo Inter Ministerial No. 01-2008	Procedimiento para exoneraciones otorgadas a empresas dedicadas a la actividad energética	49
Resolución INE 14-2000	Normativa de tarifas	
Resolución 017-INE-1999	Normativa de concesiones y licencias eléctricas	
Acuerdo ministerial No.144A-DGERR-008-2015	Aprobación de modificaciones a la normativa de operación (MEM)	35 19-12- 16
Ley 901	Ley de reforma a la ley No 532, ley para la promoción de generación eléctrica con fuentes renovables	106 09-06-15
Iniciativa de ley	Ley de eficiencia energética	22-06-17
Iniciativa de ley	Reformas y adiciones a la Ley 272, Ley de la Industria Eléctrica.	20-06-17

En el año 2017, la asamblea nacional aprueba importantes reformas y adiciones a la ley 272, ley de la industria, la cual permitirá al usuario generar energía para su autoconsumo y si tiene excedente vender a la red de distribución. El artículo 32 de la reforma establece que los agentes económicos dedicados a la actividad de distribución, podrán suscribir contratos de compra-venta de energía eléctrica con el generador, distribuidor y gran consumidor, así mismo, podrán comprar en el mercado de ocasión e importar energía eléctrica. Estas reformas son positivas para el desarrollo del presente proyecto.

Para la ejecución del proyecto se deben tener en cuenta las leyes ambientales y las de las municipalidades. Las disposiciones que regulan el Sistema de Evaluación Ambiental de Nicaragua se encuentran en el decreto No. 76-2006, gaceta n° 248 (Poder ejecutivo MARENA, 2006), y es aplicable a planes y programas de inversión sectoriales y nacionales, proyectos, obras e industrias sujetos a realizar estudios de impacto ambiental como la explotación de la energía eólica que se ubica en la categoría III.

Antes de iniciar la etapa de construcción, debe de gestionarse ante la Alcaldía Municipal de su Jurisdicción, el permiso de construcción. Según Ruiz, López, Barberena y Sevilla (2012), los proyectos que no están considerados en las categorías I, II y III del decreto No. 76-2006 son considerados proyectos de bajo impacto ambiental por lo que no están sujetos a un estudio de impacto ambiental requerido por MARENA, en tales casos se debe de gestionar el permiso ambiental y el permiso de gestión de proyecto municipal.

6.3 Evaluación del recurso eólico

6.3.1 Aspectos básicos de la generación eólica

Evangelista Torricelli (1643), fue el primero en explicar científicamente que, los vientos son producidos por diferencias en la temperatura del aire, y por tanto de la densidad, entre dos regiones de la tierra.

El origen del viento es diverso, siendo los factores que influyen en la generación del viento básicamente tres: la radiación solar, la rotación de la tierra y la acción sobre el aire de las

diferencias de presión atmosférica, distintos tipos de superficie terrestre y la orografía. La radiación solar provoca los gradientes de presión que generan fuerzas horizontales de presión (F_p) que van en dirección perpendicular desde las isobaras de alta presión a las de baja presión. Debido al gradiente de presión producido por la radiación solar el aire al calentarse subiría a una altura de unos 10 kilómetros yendo del ecuador a los polos, donde bajaría para volver al ecuador, pero la tierra gira y aparece el fenómeno de la fuerza de Coriolis (Segalás Coral, 2008).

Los desplazamientos verticales del aire son pequeños en relación a los desplazamientos horizontales, por lo que se puede considerar que la dirección del viento es sensiblemente horizontal y se determina y refiere mediante el ángulo que conforma respecto a una dirección fija, que es la del norte geográfico, este es el principio de la construcción de la rosa de los vientos. Por otra parte, se debe tener en cuenta que la dirección del viento medida a algunos metros sobre el nivel del suelo está fuertemente influenciada por la situación topográfica del lugar considerado. Finalmente, la frecuencia de las direcciones está relacionada con la presión atmosférica, la densidad del aire y la topografía. Así por ejemplo, en las faldas de las montañas el aire se calienta durante el día y se va hacia las alturas, mientras en la noche el aire frío, más pesado baja hacia los valles (Fernández Díez, 2000).

El viento de superficie es el viento que se obtiene a una altura inferior a 100 m, siendo el viento de relevancia para los estudios de aprovechamiento energético eólico. Se ve afectado por todas las fuerzas; gradiente, Coriolis, centrífuga y de rozamiento, siendo esta última la de mayor influencia para un viento de gradiente dado. La rugosidad de la superficie terrestre y los obstáculos disminuyen la velocidad y crean turbulencias (Segalás Coral, 2008). La rugosidad la define Marrero Santana (2011), como las características geométricas de las superficies asociadas a la eficiencia de ésta, como sumidero de la cantidad de movimiento del flujo turbulento, debido a la generación de fuerzas de arrastre y el incremento de la cizalla vertical del viento (Coldeira Medrano, 2017).

Las turbulencias se definen como fluctuaciones aleatorias, de la velocidad instantánea del viento con respecto a su velocidad media, en una escala corta de tiempo (segundos). Se deben a la disipación de energía cinética en térmica, mediante la creación y destrucción progresiva de

ráfagas cada vez más pequeñas. Se caracterizan por su amplitud y variación máxima en velocidad, sus tiempos de desarrollo y de caída. Ocurren en todas las direcciones: longitudinal (en la dirección del viento), lateral (perpendicular a la del viento medio) y vertical. Los valores habituales: varían entre 0.1 y 0.4; los mayores, corresponden a las velocidades de viento más lentas, los límites, en un sitio dado, dependen de la orografía y rugosidad de la superficie terrestre en él (Coldeira Medrano, 2017).

La línea del ecuador es la zona más cálida de la tierra, es una zona de baja presión, el aire más caliente asciende hasta llegar a la troposfera, donde no puede seguir ascendiendo y comienza a enfriarse de una forma gradual mientras se desplaza en dirección a los polos. Al llegar esta masa de aire a una altura aproximada a los 30° de latitud norte (lo mismo ocurre en el hemisferio sur), se ha ido enfriando lo suficiente en su camino y comienza a descender hacia la superficie de la tierra. Una parte de este aire vuelve a calentarse y vuelve a ascender para proseguir su camino hacia los polos, la otra parte de esta masa de aire retrocede de nuevo sobre la superficie de la tierra en dirección a la baja presión del ecuador. Este movimiento de aire, desde los 30° de latitud en dirección al ecuador, forma lo que llamamos los **vientos alisios**. A esta célula de circulación cerrada de viento que va entre el 0 ° y los 30° tanto en las latitudes norte como en las latitudes sur, se le llama **celda de Hadley**. Una circulación análoga ocurre entre las latitudes 30° y 60° formando las celdas de Ferrel y para completar el camino hacia los polos, entre los 60° y cada uno de los polos se cierra el último sistema de circulación, las celdas polares (Segalás Coral, 2008).

6.3.2 Variación del viento

La teoría cinética de los gases según Bernoulli (1738), Maxwell (1867) y Boltzmann (1871), explica las características y propiedades de la materia en general, y establece que el calor y el movimiento están relacionados, que las partículas de toda materia están en movimiento hasta cierto punto y que el calor es una señal de este movimiento. "Toda materia está compuesta de moléculas (átomos) que están en constante movimiento térmico caótico". La teoría cinética de gases relaciona las propiedades macroscópicas del gas (presión, volumen, temperatura) con propiedades microscópicas (velocidad y energía mecánica de las moléculas que componen el gas).

Variabilidad del viento a corto plazo

La velocidad del viento está siempre fluctuando, por lo que el contenido energético del viento varía continuamente. La fluctuación depende tanto de las condiciones climáticas como de las condiciones de superficie locales y de los obstáculos. La producción de energía de una turbina eólica variará conforme varíe el viento, aunque las variaciones más rápidas serán hasta cierto punto compensadas por la inercia del rotor de la turbina (Asociación danesa de la industria eólica, 2003).

Variaciones diurnas (noche y día) del viento

En la mayoría de las localizaciones del planeta, el viento sopla más fuerte durante el día que durante la noche. Esta variación se debe sobre todo a que las diferencias de temperatura. El viento presenta también más turbulencias y tiende a cambiar de dirección más rápidamente durante el día que durante la noche. Desde el punto de vista de la generación, el hecho de que la mayor parte de la energía eólica se produzca durante el día es una ventaja, ya que el consumo de energía es mayor que durante la noche. Por lo general se cobra más por la electricidad producida durante las horas en las que hay picos de carga.

Vientos de valle y montaña, vientos locales generados por diferencias de presiones. Durante el día, el aire caliente de las pendientes de la montaña se eleva y se desplaza al aire frío y denso que se encuentra arriba. En la noche el proceso se invierte, el aire frío baja por las pendientes hasta el valle y se estanca en el piso del valle. Los vientos del valle montaña del día son llamados “vientos anabáticos” y los de la noche “vientos catabáticos” (Esquivelzeta Rabell, 2010).

Variación vertical del viento

La porción de la atmósfera que interesa en la discusión de los perfiles de la velocidad del viento, es la parte inferior de la capa límite la cual es denominada capa atmosférica superficial de altura variable con máxima entre 60 y 100 metros sobre la superficie del suelo, agua o hielo. En esta capa superficial de la atmósfera, existe una alta interacción de flujo de calor, humedad y de momento entre la atmósfera y la superficie, los cuales son estudiados dentro del campo específico de la micrometeorología y microclimatología (Guevara Díaz, 2013). La teoría de

capa limite fue introducida por Prandtl⁸, establece que, para un fluido en movimiento, todas las pérdidas por fricción tienen lugar en una delgada capa adyacente al contorno del sólido (llamada capa limite), y que el flujo exterior a dicha capa puede considerarse como carente de viscosidad (Pérez Saborid & González , 2015).

En la capa atmosférica superficial, se conoce por mucho tiempo, que la velocidad del viento tiende a incrementarse a medida que se asciende y que la superficie terrestre ejerce una acción de fricción o de retardo sobre la velocidad el viento. La representación de este comportamiento de la velocidad del viento con la altura, es lo que se conoce como el perfil vertical del viento y es expresado mediante fórmulas matemáticas, unas empíricas, como los modelos exponencial y logarítmico del viento y otras, con fundamentos teóricos, como la basada en la teoría de similitud (Guevara Díaz, 2013).

La rugosidad de una superficie se determina por el tamaño y distribución de los elementos de rugosidad que contiene. Lettau (1969), propuso la ecuación que evalúa la rugosidad, mediante el parámetro denominado longitud de rugosidad Z_o , que nos da la altura a la cual la velocidad media es cero cuando el viento tiene una variación logarítmica con la altura:

$$Z_o = 0.5 * S * h / A_h \quad (1)$$

h y S es la altura y sección cara al viento de los elementos de rugosidad. A_h es el área horizontal media correspondiente a cada obstáculo. En la tabla 2, aparecen los valores de rugosidad asociados a cada una de las distintas superficies.

⁸ Ludwig Prandtl fue un ingeniero y físico alemán, especializado en la teoría de la aerodinámica, la mecánica de fluidos y el comportamiento mecánico de los materiales. Identificó la capa límite

Tabla 2. Rugosidad de la superficie del terreno

Clase de rugosidad	Longitud de rugosidad(m)	Índice de energía (%)	Tipo de territorio
0.0	0.0002	100	Superficie del agua
0.5	0.0024	73	Terreno completamente abierto con superficie lisa (Pistas de hormigón de aeropuertos, césped cortado, etc.)
1.0	0.03	52	Área agrícola abierta sin barreras y con edificios muy dispersos y con algún cerro redondeado.
1.5	0.055	45	Terreno agrícola con algunas casas y bardizas de 8 m de altura a una distancia aproximada de 1250 m.
2.0	0.1	39	Terreno agrícola con algunas casas y bardizas de 8 m de altura a una distancia aproximada de 500 m.
2.5	0.2	31	Terreno agrícola con muchas casas, arbustos y plantas, o bardizas de 8m de altura a una distancia aproximada de 250 m.
3.0	0.4	24	Pueblos, ciudades pequeñas, terreno agrícola con muchas bardizas protectoras, bosques y terreno accidentado y muy desigual.
3.5	0.8	18	Ciudades más grandes con edificios altos.
4.0	1.6	13	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos

Fuente: Segalás Coral (2008).

Fórmula exponencial del perfil vertical del viento

$$v = v_{ref} \left(\frac{h}{h_{ref}} \right)^{\alpha} \quad (2)$$

Fórmula logarítmica del perfil vertical del viento

$$\frac{v}{v_{ref}} = \frac{\ln \left(\frac{h}{h_0} \right)}{\ln \left(\frac{h_{ref}}{h_0} \right)}, \quad (3)$$

Densidad del aire

La energía cinética de un cuerpo en movimiento es proporcional a su masa. Así, la energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa por unidad de volumen.

(Cuanto más pesado sea el aire, más energía recibirá la turbina). Bayón, Cebadera y del Castillo (2008), mencionan que a presión atmosférica normal y a 15 ° C el aire pesa unos 1.225 kilogramos por metro cúbico, aunque la densidad disminuye ligeramente con el aumento de la humedad. Además, el aire es más denso cuando hace frío que cuando hace calor. A grandes altitudes (en las montañas) la presión del aire es más baja y el aire es menos denso.

La turbulencia, se expresa como el cociente entre la desviación típica y la velocidad media del viento en el periodo de tiempo en que se ha hecho cada media: $I_m = \sigma / V_m$; Siendo: I_m la turbulencia en un periodo de tiempo. V_m velocidad media en ese periodo de tiempo. σ desviación típica en ese periodo de tiempo (Hernández, 2015).

6.3.3 Energética del viento: potencial eólico

Existen tres componentes del viento que determinan su energía disponible, estos son: la velocidad del viento, su variación en el tiempo y la densidad del aire.

6.3.3.1 Potencial eólico disponible

Una masa de aire en movimiento a una velocidad v tiene una energía cinética

$$E = 1/2 \cdot m \cdot v^2 \quad (4)$$

La energía cinética por unidad de volumen será $e = 1/2 \cdot \rho \cdot v^2$, (5)

siendo ρ la densidad del aire, que a efectos prácticos puede suponerse prácticamente constante.

El flujo de aire a través de una superficie es $\Phi = v \cdot A$. (6)

La potencia contenida en el viento, soplando con una velocidad V y pasando a través de un área

A perpendicular a V , es: **$P_d = 1/2 \rho V^3 A$ [W]** (7)

P_d es potencia eólica disponible, ρ es la densidad del aire (1.2 Kg/m³ a nivel del mar en condiciones estándar de 15° C de temperatura y presión de 1 atm), V velocidad del viento en m/s, A es la superficie atravesada por el viento. La potencia eólica disponible es proporcional al cubo de la velocidad del viento. Un incremento de velocidad de viento en 1 m/s, por ejemplo, de 5 a 6 m/s, representa un aumento sustancial en potencia: 125 contra 216 (73 % de incremento). Por tanto, la potencia disponible en las masas de aire en movimiento es

directamente proporcional a la densidad, al área perpendicular enfrentada al rotor y al cubo de la velocidad. En unidades del S.I, dicha potencia vendrá expresada en W (Mur Amada, 2010).

6.3.3.2 Potencia eólica aprovechable

La ley de **conservación de la masa** hace que no toda esa potencia disponible en el aire pueda aprovecharse. Además de las características del viento, la potencia aprovechable depende también de las características de funcionamiento de la máquina. Habrá que considerar, además, las pérdidas mecánicas en la transmisión y la eficiencia eléctrica del generador. Se define el coeficiente de potencia de un aerogenerador como la fracción de potencia contenida en el viento incidente que es realmente capturada por el aerogenerador (Mur Amada, 2010).

La expresión que relaciona estos parámetros queda de la siguiente forma:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p, \quad (8)$$

C_p , es el coeficiente de potencia, que expresa la fracción de potencia extraída por el rotor eólico, y es un parámetro de diseño de cada máquina, como también de la velocidad del viento a la que se realizó el diseño.

Un procedimiento más fiable para evaluar el potencial eólico aprovechable es a partir de la **curva característica del coeficiente de potencia** de una máquina determinada $C_p(v)$ y de la **distribución de probabilidades de velocidad de viento** en un lugar, $p(v)$.

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A \int_0^{\infty} v^3 \cdot p(v) \cdot C_p \cdot dv \quad (9)$$

El factor de capacidad, C_f es la relación entre la potencia eólica media aprovechable por la máquina, y la potencia nominal durante el periodo considerado.

$$C_f = \int_0^{\infty} \frac{C_p(v)v^3 p(v) dv}{C_p(V_n)V_n^3} \quad (10)$$

6.3.4 Medida del viento

Se caracteriza el viento mediante representaciones de medias diarias, estacionales, anuales tomando datos de 10 minutos a 1 hora de promedio de las condiciones meteorológicas como temperatura, presión atmosférica, humedad relativa y densidad del aire, se hacen cálculos de distribución de frecuencias de dirección, variación temporal de la velocidad, potencial eólico disponible.

En relación al funcionamiento del sistema se hacen medidas y cálculos de datos de 10 minutos a 1 hora de promedio para perfil vertical de velocidad horizontal, variaciones temporales, relaciones con la dirección., variación de la velocidad vertical, relaciones entre el viento vertical y la dirección, relaciones entre el viento vertical y el horizontal y de datos estimados de 1 minuto a 10 minutos de promedio para factores de ráfaga y sus relaciones entre la velocidad, dirección y factor de ráfagas. Se caracteriza la turbulencia y sus relaciones con dirección y velocidad.

Instrumentación

En energía eólica se utilizan principalmente cuatro instrumentos de medida meteorológicos: anemómetros para medir la velocidad del viento, veletas para medir la dirección del viento, termómetros para medir la temperatura y barómetros para medirla presión. Para la medida del viento (dirección y velocidad) la altura normalizada de lectura es 10 metros sobre el nivel del suelo. En el caso que se desee evaluar el funcionamiento y operación de un aerogenerador determinado, las lecturas se realizan a la altura de su eje (Segalás Coral, 2008).

La medida de la temperatura se utiliza para la determinación de la potencia suministrada, así como para evaluar la climatología local en emplazamientos de parques eólicos. La presión atmosférica se utiliza para la determinación de la potencia suministrada en una instalación eólica. Generalmente se utiliza un barómetro meteorológico.

La duración de las medidas depende de la aplicación de los datos. Para evaluar la posibilidad de la instalación de aerogeneradores en una ubicación determinada se recomienda: Medir durante el periodo de tiempo más largo, práctico y económico posible. A mayor número de lecturas menor incertidumbre. Medir en cada estación del año, dado que los patrones de

velocidad y dirección del viento son relativamente estacionales. Se ha de medir como mínimo durante un año. Comparar con medidas en lugares cercanos donde estén disponibles largos periodos de lectura. Se considera que los valores son representativos a partir de históricos de 30 años de medidas. Se recomienda usar series de lecturas que como mínimo incluyan promedios de 5 a 10 años (Segalás Coral, 2008).

Tratamiento de los datos eólicos

La distribución de direcciones de viento es de vital importancia a la hora de ubicar las turbinas eólicas en terrenos no uniformes, e incluso para conocer la variabilidad direccional del régimen de vientos al que debe responder el sistema de orientación de la máquina.

La representación más habitual es la de la rosa de los vientos, en la que se expresa el porcentaje de tiempo en el que el viento tiene una determinada dirección. Normalmente, también se refleja la distribución de velocidades de viento para cada intervalo direccional.

El conocimiento de la distribución de probabilidades de velocidades de viento $p(v)$ es muy importante a la hora de determinar el potencial eólico disponible y otros parámetros energéticos de interés. Las distribuciones analíticas de la velocidad son las expresiones matemáticas que permiten predecir el comportamiento de la velocidad del viento durante un determinado periodo de tiempo, normalmente un año. Las más utilizadas en energía eólica son: Distribución de Raleigh y la distribución de Weibull.

La distribución de Raleigh se da por la siguiente expresión:

$$P(\mathbf{u}) = \frac{U}{\sigma^2} e^{-\left(\frac{u^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (11)$$

Siendo U la velocidad del viento y σ la desviación estándar.

La distribución chi es una generalización de la distribución de Raleigh. Se suele presentar cuando un vector bidimensional (por ejemplo, el que representa la velocidad del viento) tiene sus dos componentes, ortogonales, independientes y siguen una distribución normal. El

parámetro σ da información del rango de valores donde probablemente se encontrará siempre la velocidad del viento. Se usa cuando se dispone solamente de la velocidad media del viento en un periodo largo de tiempo, en un día, una semana, un mes (García A. F., 2016).

Ley de distribución de la velocidad del viento de Weibull.

La variación de la velocidad del viento en un emplazamiento se suele describir mediante la ley de distribución de Weibull (1951). El conocimiento de esta ley (función densidad de probabilidad) es importante para conocer la energía media disponible, el factor de irregularidad, la energía recuperable, o para estimar la probabilidad de que la velocidad esté comprendida dentro de un intervalo de velocidades dado. Se expresa por medio de la relación:

$$dp(V) = \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] \quad (12)$$

La distribución de Weibull, que describe anemológicamente un lugar, queda totalmente determinada conociendo únicamente dos parámetros: el factor de escala c ; el factor de forma k .

El factor de escala (c), expresado en m/s, se relaciona de forma directa con la velocidad media. El factor de forma (k), adimensional, modifica la simetría de la distribución: valores cercanos a 1 corresponden a distribuciones muy asimétricas, mientras que valores elevados ($k > 2-3$) corresponden a distribuciones simétricas, similares a las de Gauss.

La distribución de Weibull permite analizar diferentes propiedades del viento en función de los parámetros c y k , entre las que pueden destacarse:

Probabilidad de que existan velocidades de viento superiores a una dada, v_x :

$$P(V \geq V_x) = e^{-\left(\frac{V_x}{c}\right)^k} \quad (13)$$

Probabilidad de que existan velocidades de viento entre dos límites de interés:

$$P(V_x < V < V_y) = e^{-\left(\frac{V_x}{c}\right)^k} - e^{-\left(\frac{V_y}{c}\right)^k} \quad (14)$$

La velocidad media se obtiene de la distribución de Weibull mediante

$$\bar{V} = c \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (15)$$

La desviación estándar de la distribución se obtiene

$$\sigma^2 = c^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right) \right] \quad (16)$$

La velocidad media cúbica viene dada por

$$\bar{V}^3 = c^3 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (17)$$

El factor de potencia eólica, FPE, viene dado por

$$\mathbf{FPE} = \frac{\bar{V}^3}{V^3} = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right)}{\Gamma^3\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \quad (18)$$

Donde $\Gamma(x)$ es la función estadística Gamma.

Aunque la dirección e intensidad del viento son magnitudes estocásticas, es decir, tienen un comportamiento no determinista, se pueden tratar muy bien mediante variables estadísticas.

Calculo de factores de forma y de escala

Determinar el potencial eólico, está relacionado con establecer los parámetros de la ecuación de distribución de Weibull, correspondientes al parámetro de escala c en m/s que determina la velocidad promedio del viento en el lugar de estudio y el parámetro de forma k que indica el grado de dispersión de los registros, con estos se puede establecer la frecuencia con la que se manifiesta una velocidad determinada del viento, con la distribución de la velocidad del viento de Weibull (Álvarez C., William F., Martínez T., & Alvarado F., 2013).

$$p(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (19)$$

Para determinar los parámetros de la ecuación de Weibull, se utiliza el ajuste de mínimos, que corresponde a la ecuación de probabilidad de Weibull (Espinosa Arenal, Saldaña Flores, & Rivera Blanco, 2011).

$$p_i(v \leq v_i) = e^{-\left(\frac{v_i}{c}\right)^k} \quad (20)$$

Esto se logra utilizando el método de regresión lineal propuesto por Touré 2005 (citado en Álvarez C., et al, 2013), donde relaciona las variables, el proceso se ve reflejado por las ecuaciones. Estos valores son posibles de obtener a partir de la ecuación distribución de frecuencia acumulada complementaria de los datos registrados y aplicando logaritmo neperiano se obtiene la regresión lineal a partir de los datos obtenidos de la medición.

$$\ln (-\ln(\text{FAC})) = k \ln V_x - k \ln c \quad (21)$$

6.3.5 Energía Producida

Método estático. Se hace gráficamente a partir de la curva de duración de viento del lugar correspondiente y del periodo representativo, y de la curva de funcionamiento del aerogenerador. La curva de probabilidades de velocidades de viento da la probabilidad de ocurrencia, o el porcentaje estimado de tiempo que ocurre cada intervalo de velocidad. La curva de potencia del aerogenerador da la potencia producida para cada intervalo de velocidad. De su comparación, se obtiene la curva de probabilidad de ocurrencia de cada intervalo de potencia, cuya integral da como resultado la producción energética estimada para el periodo considerado. La ventaja del método es la simplicidad, aunque se ignoran determinados efectos no estacionarios, pérdidas por cambios de dirección, periodos de mantenimiento (Segalás Coral, et al., 2007).

Método semiestático. Una serie temporal de valores de viento se compara con la curva de funcionamiento del aerogenerador para obtener una serie temporal de la potencia eólica suministrada, e integrando en el tiempo, da la producción energética. La ventaja es que se puede proporcionar información acerca de los arranques y paradas experimentados por la aeroturbina, así como investigar sobre las estrategias de arranque y parada, y de orientación de la máquina. Como desventaja, es que se basa en la curva de potencia idealizada (Mur Amada, 2010).

Modelo cuasidinámico. Utiliza una serie temporal de datos de viento como entrada a un modelo numérico de funcionamiento de la aeroturbina. De este modo pueden obtenerse de forma más

fiable la energía producida, el comportamiento ante la orientación y los arranques y paradas, así como el estudio de diversas opciones de control de aeroturbina (Segalás Coral, et al, 2007).

6.4 Diseño de un proyecto eólico

6.4.1 Caracterización del aerogenerador

Conceptualización de un aerogenerador. El aerogenerador convierte la energía mecánica del viento en energía eléctrica. Los aerogeneradores son algo inusuales, si se les compara con los otros equipos generadores que suelen encontrarse conectados a la red eléctrica. Una de las razones es que el generador debe trabajar con una fuente de potencia, el rotor de la turbina eólica, que suministra una potencia mecánica muy variable (Fiallos y asociados consultores, 2011).

En la normativa se indican cuatro tipos de turbinas de vientos para ajustarse a diferente viento en sitio, designados con clases designadas con números crecientes que corresponden a reducciones en la velocidad del viento. Para la selección del aerogenerador se debe tener en cuenta la clase, determinada en la normativa IEC 61400-1 (tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de aerogeneradores (IEC 61400 -1)

Clases	I	II	III	IV	S
Vref (m/s)	50	43.5	37.5	30	Valores que deben ser especificados por el diseñador
Vpro (m/s)	10	8.5	7.5	6	
A I ₁₅ (-)	0.18	0.18	0.18	0.18	
a(-)	2	2	2	2	
B I ₁₅ (-)	0.16	0.16	0.16	0.16	
a(-)	3	3	3	3	

Fuente: Normativa IEC 61400-1

Vref: Velocidad máxima en 10 minutos con período de retorno de 50 años (C. Rotor), Vpro: Velocidad promedio anual a la altura del centro del rotor. A y B: Categoría para características de turbulencia alta y turbulencia baja, I15: Valor de la intensidad de turbulencia a 15 m/s, a: Parámetro usado para cálculo de desviación estándar en el modelo normal de turbulencia.

Cada aerogenerador consiste básicamente en un rotor, dotado normalmente de tres palas con diseño aerodinámico, que capta la energía del viento y la transforma en energía mecánica de rotación. El movimiento rotacional se transmite a través de un eje y varias etapas multiplicadoras a un generador generalmente síncrono o asíncrono doblemente alimentado cuya función es la producción de energía eléctrica. Los elementos citados se sitúan sobre una góndola o bastidor soportado, a su vez, por una torre. La clasificación de los aerogeneradores, se realiza según la potencia generada o según el diseño (Hernández, 2015).

Según la potencia eléctrica generada, se pueden distinguir los siguientes tres tipos de aerogeneradores: Los equipos de baja potencia, proporcionan potencias menores a los 50 kW Se utilizan también junto con sistemas de respaldo como motores de gasolina para suministro de energía en zonas rurales o edificios; los equipos de media potencia, se encuentran en el rango de 50 kW a 250 kW, se suelen emplear conectados a red o junto a equipos de respaldo; los equipos de alta potencia se utilizan para la producción comercial de energía, se encuentran conectados a red y en grupos formando centrales eólicas, ya sea en tierra o en entorno marino (off-shore). Su producción llega hasta el orden del gigavatio, siendo el diseño de eje horizontal, tripala con torre tubular el elegido mayoritariamente para esta aplicación.

Según su diseño, los aerogeneradores se pueden clasificar en dos grandes grupos, dependiendo de la posición del eje de giro de los aerogeneradores respecto a la dirección del viento: Aerogeneradores de eje vertical y aerogeneradores de eje horizontal.

La producción de energía por un aerogenerador va en función de la velocidad del viento. La relación entre la velocidad del viento y la energía está definida por la curva de potencia, que es única para cada modelo de turbina y que define el funcionamiento del mismo (Hernández, 2015).

Estados de funcionamiento y control de un aerogenerador

El aerogenerador está normalmente en modo automático. Durante el mantenimiento y la puesta en servicio es necesario operar manualmente o semiautomáticamente la planta. Los estados de funcionamiento temporales solamente pueden estar activos durante un tiempo máximo. Después de que el máximo tiempo se ha sobrepasado, se comienza la desconexión debido a que hay que

suponer que hay un fallo en el sistema. En todos los estados de funcionamiento, las condiciones de operación normal deben ser comprobadas continuamente. Solamente el cambio de una condición puede provocar el cambio a parada (stop), apagado (shut-down), desconexión debido a fallo (fault disconnection) o parada de emergencia (Hernández, 2015).

6.4.2 Ubicación y distribución de los aerogeneradores

Los emplazamientos óptimos han de cumplir una serie de características: Elevada velocidad media, las velocidades medias han de ser lo más altas posibles, el emplazamiento ha de tener buena exposición al flujo de aire y sin obstáculos, variaciones diurnas y estacionales aceptables, aceptables niveles de vientos extremos y turbulencia. Son estos factores que afectarán a la integridad estructural y vida útil del sistema. Hay que conocer la velocidad máxima alcanzada además de la probabilidad de que esta se produzca (DL2G Consultoría de Formación, 2013).

Los emplazamientos que suelen cumplir estas características se pueden incluir dentro de la siguiente lista: Pasos entre montañas en áreas de altos gradientes de presión, largos valles descendiendo de cadenas montañosas, llanos y llanuras elevados, llanuras y valles con vientos altos asociados a fuertes vientos de gradientes de presión, elevaciones con buena exposición, cimas de montañas de áreas de fuertes vientos de altura, lugares costeros bien expuestos en áreas de fuertes vientos de altura o fuertes gradientes térmicos o de presión, lugares con vegetación acusadamente deformada por la acción de los vientos dominantes (Mur Amada, 2010).

Se calculan las horas equivalentes de funcionamiento de los modelos analizados. Con este concepto se conocen el número total de horas al año que, con el aerogenerador a la potencia nominal se produciría la misma energía que en las condiciones reales de funcionamiento.

$$\text{Horas equivalentes} = \text{Producción (kWh)} / \text{Potencia Nominal (kW)} \quad (22)$$

6.4.3 Condiciones eléctricas

El sistema eléctrico de un parque eólico tiene por objeto la transferencia de energía eléctrica producida por cada aerogenerador hacia la red de la compañía eléctrica en unas condiciones

óptimas tanto desde el punto de vista del parque como de la compañía. El tipo de diseño y trazado depende principalmente de la potencia de la instalación, número y localización de los aerogeneradores instalados, características de la red en el punto de entronque y distancia hacia el mismo. Hoy en día, con aerogeneradores de 500 kW a varios MW la configuración utilizada es la conexión en MT de aerogeneradores entre sí, por lo que cada uno de ellos debe contar con su centro de transformación (Bayón Gómez, et al, 2008).

La infraestructura eléctrica del parque eólico está constituida por un conjunto de instalaciones que tienen asignadas las funciones descritas a continuación: Aerogeneradores, elementos principales en la producción de la energía, centros de transformación, línea de aerogeneradores de MT, subestación, la interconexión de la red de media tensión del parque con la red de alta tensión de la compañía eléctrica (Hernández, 2015).

La conexión entre los aerogeneradores entre sí y a la subestación del parque eólico se realiza a través de una red de media tensión. La instalación es subterránea para evitar el impacto ambiental. Se podrán utilizar cables unipolares con aislamiento de material sintético. Para la protección del lado de media tensión se suele emplear un interruptor seleccionador que protege al transformador contra sobrecargas, asociado con un fusible que realiza la protección frente a cortocircuitos (Bayón Gómez, et al, 2008).

6.5 Aspectos económicos, sociales y ambientales del proyecto de un parque eólico

6.5.1 Aspecto económico

Según Narbona Acevedo (2014), una vez realizada la selección del emplazamiento y el estudio del recurso eólico, se lleva a cabo el análisis de la viabilidad económica del parque. Estimando todos los costes e ingresos, es posible predecir la posible rentabilidad del proyecto y, a partir de este cálculo, tomar una decisión acerca de su puesta en marcha. Son muchos los factores que influyen en la rentabilidad de un parque eólico, entre los más importantes se encuentran la inversión inicial, los costos de explotación, los costos financieros, el que haya en el emplazamiento y el precio de venta de la electricidad inyectada a la red.

Los costos de inversión más importantes en el proyecto de un parque eólico terrestre se presentan seguidamente: Costos de estudios de viabilidad: < 2%. Incluyen el estudio del recurso eólico, análisis del emplazamiento, diseño inicial, estudio de impacto ambiental, estudio de rentabilidad y gestión de proyecto, entre otros gastos iniciales. Costos de equipamiento (aerogenerador): 65-84%. Incluyen los de producción de la turbina y equipos auxiliares, y la transportación hasta el sitio de emplazamiento e instalación. Costos de obra civil: 4-16%, incluyen la transportación interna dentro del emplazamiento de la turbina y la torre, la construcción de la cimentación y carreteras y otros costos relacionados con la infraestructura necesaria para la instalación y puesta en marcha de las turbinas. Costos de conexión a la red: 9-14%. Incluyen el cableado, las subestaciones y las líneas eléctricas necesarias. Otros costos de inversión: 4-10%. Por ejemplo, costos financieros durante la construcción, ingeniería, permisos legales y de uso del terreno, licencias, consultas, seguros y los sistemas de monitoreo (Moreno Figueredo, 2012).

VAN (valor actual neto) se define para un cierto periodo. El VAN de una inversión se calcula sumando todos los flujos de caja anuales actualizados originados por la inversión. Para actualizar los flujos de caja es preciso fijar una tasa de descuento k , que representa la tasa mínima a la que está dispuesta a invertir la empresa sus capitales, y que suele fijarse como la suma del costo de capital más una cierta cuota riesgo. Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada.

TIR: Se denomina Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) a la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (VAN) de una inversión sea igual a cero. ($\text{VAN} = 0$). Representa el tipo de interés compuesto que se percibe, durante la vida de la inversión, por la inmovilización del capital invertido, es decir, a qué interés se remunera el capital inmovilizado. Se considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor.

Plazo de recuperación: Es el número de años que la empresa tarda en recuperar la inversión. Este método selecciona aquellos proyectos cuyos beneficios permiten recuperar más rápidamente la inversión, es decir, cuanto más corto sea el período de recuperación de la inversión mejor será el proyecto (Hernández, 2015).

Costo Beneficio: Un análisis de costo – beneficio consiste de cuatro pasos principales: 1. Identificación de los costos y beneficios relevantes 2. Medición de los costos y de los beneficios 3. Comparación de los flujos de costos y beneficios procedentes durante el periodo de vida del proyecto 4. Selección del proyecto.

6.5.2 Aspectos sociales

Según Sáñez (2013, pág. 17), el modelo S&E (sostenibilidad y empoderamiento) es una metodología de evaluación que comenzó a desarrollarse en el año 2008, con la finalidad de medir el impacto de los MDL en las condiciones de vida a nivel local. La metodología consiste en un sistema de principios, criterios e indicadores y ha sido diseñada dentro del marco conceptual del desarrollo humano. La metodología se construye sobre cuatro principios: sociales, económicos, ambientales y empoderamiento. Dentro de cada uno de los principios, se definen tres criterios. Para la evaluación es necesario definir indicadores. Los indicadores serán medibles y por tanto verificables. Estos tres elementos conforman una metodología muy flexible, pues mientras los criterios y principios están predeterminados, los indicadores se pueden ajustar con libertad en función del tipo de proyecto y del contexto local.

El modelo puede aplicarse en diferentes momentos del ciclo del proyecto. Si se utiliza antes de su ejecución (evaluación ex ante), permitirá conocer la posible contribución del proyecto al desarrollo, ayudando a identificar las áreas en las que será necesario redefinir estrategias para poder alcanzar los mejores resultados de cara a contribuir a las mejoras en las condiciones de vida de la comunidad.

Principios y criterios

Principio económico. Los proyectos de energía renovable pueden actuar como motor de desarrollo económico de las poblaciones donde estos se llevan a cabo. Para analizar si realmente este tipo de beneficio alcanzan o no a las comunidades locales, la herramienta establece los criterios: **Desarrollo de la economía local** puede producirse al fortalecerse la actividad empresarial local, el impulso de actividades productivas, los turistas que llegan a la comunidad o la reducción del costo de la energía. **Generación de empleo local de tipo directo o indirecto**, para su valoración considera el alcance de los empleos generados y la cualificación académica de los puestos. **Mejora en la infraestructura y servicios locales**, como mejora de carreteras, saneamiento de la comunidad, acceso y disponibilidad de agua potable y el acceso y uso sostenible de la energía. **Sostenibilidad económica**, existencia de sistemas de pago por los servicios energéticos adaptados al contexto local, la capacidad voluntad de pago de los usuarios, el uso de servicios de mantenimiento locales y la rentabilidad del proyecto (Sández, 2013).

Principio social, el acceso a energía sostenible a los hogares, escuelas y edificios públicos contribuye a modificar las prioridades de las actividades sociales, favorecer el desarrollo de servicios básicos de educación y salud en las poblaciones. Los criterios definidos son: **Mejora en las condiciones de vida y los derechos humanos**, permite percibir cambios en el aumento de las seguridades de las comunidades y en la mejora del confort doméstico. **Fomento de la educación**, con el acceso a la energía se favorece la mejora en el acceso a la enseñanza primaria, porque se mejora las condiciones de los centros de enseñanza como la disponibilidad de tiempo de madres e hijos para asistir a clases, también mejorar los procesos de aprendizaje. **Contribución a la salud.** La sustitución de combustibles tradicionales favorecería la disminución de las tasas de enfermedades, acceso a los puestos de salud, uso de refrigeradoras para la conservación de medicamentos, usos de equipos médicos especializados (Sández, 2013).

Principio de empoderamiento clave en la aceptación del proyecto, en el involucramiento en la toma de decisiones y en el uso adecuado donde se lleva a cabo el proyecto. Los criterios definidos son: **transferencia de tecnología**, evalúa el proceso de difusión y desarrollo de la nueva tecnología para la comunidad, se realiza mediante capacitaciones técnicas, se valora si existe una verdadera apropiación. **Participación de los grupos de interés y generación de**

capital social, valora mecanismos de participación de los beneficiarios a lo largo del proyecto, nivel de aceptación en relación a su contribución a la mejora de vida, valora si el proyecto favorece iniciativa como constitución de asociaciones o cooperativas. **Empoderamiento de los grupos vulnerables**, valora como se toma en consideración igualdad de oportunidades, necesidades de discapacitados, ancianos, niños y el respeto de los derechos de la minoría (Sández, 2013).

6.5.3 Aspectos ambientales

El impacto ambiental se determinó por las fases del proyecto: Construcción, ocupación del terreno, despeje y desbroce, uso de maquinaria pesada, cimentación, montaje de los aerogeneradores, ampliación o construcción de nuevas vías o almacenamiento de materiales y residuos, funcionamiento del parque, producción de residuos y etapa de abandono.

Se aplicó la metodología para la Evaluación del Impacto Ambiental Conesa Simplificado. La metodología propuesta se deriva de la Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental propuesta por Conesa Fernández y sus colaboradores (1993), que a su vez se deriva de la metodología del instituto Batelle Columbus y la matriz de Leopoldo, que plantean la obtención de valores de impacto ambiental a partir de la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales identificados.

La metodología de evaluación de impacto simplificada

- Definición del entorno del proyecto
- Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes
- Identificación de los factores del medio potencialmente impactados
- Identificación de relaciones causa-efecto entre acciones del proyecto y factores del medio, matriz de importancia y valoración del impacto

La metodología para evaluar el impacto ambiental parte de realizar una línea base de los recursos de la zona, luego identificar las acciones susceptibles de generar impactos en cada fase del proyecto, los elementos del medio natural que puedan verse afectados, los elementos

socioeconómicos afectados. Luego se valorarán cualitativa y cuantitativamente los impactos ambientales.

Él método se justifica por proveer una alta certidumbre en la identificación de impactos, una valoración que limita en gran medida la subjetividad al considerar por separado los aspectos de manifestación no cuantitativa de los impactos para determinar la importancia y la cuantificación de efectos con el uso de indicadores numéricos y su posterior transformación a unidades conmensurables para determinar la magnitud, la interpretación de los resultados, por su tratamiento numérico es objetiva y fácil de comunicar (Conesa Fernández, 1993).

Los impactos con valores:

Entre 0 y 24 son bajos o irrelevante

Entre 25 y 50 son impactos moderados

Entre 50 y 75 son severos

Superiores a 75 son críticos

La importancia se determina:

$$I = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC) \quad (23)$$

IN= intensidad, Ex= extensión, MO=momento, PE= persistencia, RV= reversibilidad, SI= sinergia, AC=acumulación, EF=efecto, PR= periodicidad, MC=recuperabilidad.

A continuación, se expone la explicación de estos conceptos: Signo (+/-) El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados. Intensidad (i), se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa. La escala de valoración estará comprendida entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 una afección mínima. Extensión (EX), se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Momento (MO), el plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t0) y el comienzo del efecto (tj) sobre el factor del medio considerado (Conesa Fernández, 1993).

Persistencia (PE), se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. Reversibilidad (RV), se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto. Recuperabilidad (MC), se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras). Sinergia (SI), contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. Acumulación (AC), da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Efecto (EF), se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

Periodicidad (PR) La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). De esta manera queda conformada la llamada Matriz de Impactos Sintética, la cual está integrada por un número que se deduce mediante el modelo de importancia propuesto, en función del valor asignado a los símbolos considerados (Conesa Fernández, 1993).

6.6 Fundamentación teórica de métodos y técnicas utilizadas para investigar el problema de investigación

Correlación no Paramétrica de Spearman y Tau C de Kendall. Si se desea determinar el grado de asociación entre dos variables cualitativas nominales transformadas a categorías, tal asociación se mide por el *Coefficiente de Correlación “r” de Spearman*, y si el grado de asociación que se determina ocurre entre dos variables cualitativas ordinales, tal asociación se mide por el *Coefficiente de Correlación de Tau B o C de Kendall* (Ferrán Arranz, 1996).

Para la interpretación, del *Coefficiente de Correlación Tau B o C de Kendall*, debe de tomarse en cuenta que el *Coefficiente de Tau B o C de Kendall* toma valores entre -1 y +1. Valores de “r” próximos a 1, indican una fuerte asociación positiva; a medida que aumentan los valores de

una variable, aumentan los de la otra. Por el contrario, valores próximos a -1, indican una fuerte asociación negativa, es decir, a medida que aumenta una variable, disminuyen los valores de la otra variable. Valores próximos a 0, indican **no** asociación entre las variables, lo que significa que no significa que no pueda existir otro tipo de asociación (Ferrán Arranz, 1996).

Análisis de la Varianza (ANOVA), constituye la técnica cuantitativa fundamental para el análisis de datos, en muchas disciplinas del saber humano en que se aplican los métodos de investigación conocidos como Observación y Experimentación (Pedroza M. E., 1993).

El ANOCORR, consiste en determinar el grado de asociación entre dos variables cuantitativas continuas, o **calificar** tal relación, lo cual se mide por el *Coefficiente de Correlación “r” de Pearson* y se realiza bajo la hipótesis nula de **H₀: ρ = 0** (Casanoves, 2007).

De acuerdo a Rodríguez (2012), para la interpretación del *Coefficiente de Correlación “r” de Pearson*, éste toma valores entre -1 y +1. Valores próximos a -1, indican una fuerte a perfecta asociación negativa, valores cercanos a -0.5, indican una asociación moderada negativa y valores próximos a 0 indican una débil asociación entre las variables. Por otra parte, valores próximos a 1, indican una fuerte a perfecta asociación positiva, valores cercanos a 0.5 indican una asociación moderada positiva. El algoritmo que se desarrolla para el cálculo del *“r” de Pearson* es el siguiente:

$$R = \frac{n \sum X_i Y_i}{\sqrt{n \sum X_i^2} * \sqrt{n \sum Y_i^2}} \quad (24)$$

Requisitos para el ANOVA

La prueba de **Shapiro Wilks** para el diagnóstico de normalidad, se realiza bajo la hipótesis nula de **H₀: Los errores tienen distribución normal** (Casanoves, 2007). La prueba de Levene consiste en realizar un análisis de varianza a los residuos de la variable respuesta que se desea diagnosticar y se realiza bajo la hipótesis nula de **H₀: Los errores tienen varianzas homogéneas**, el resultado debe ser *ns* para que se demuestre la Homogeneidad de Varianza, (Casanoves, 2007).

7. Hipótesis de Investigación

En base a la existencia de condiciones paramétricas aprovechables del recurso eólico en la zona del municipio de San Nicolás, se podría elaborar el diseño de un proyecto eólico que abastezca la demanda de energía eléctrica de la población con impactos positivos para el desarrollo humano sostenible en la región de Las Segovias, siempre y cuando los aspectos tecnológicos, económicos, sociales y ambientales sean aceptables.

8. Diseño Metodológico

8.1 Tipo de Estudio

De acuerdo al método de investigación el presente estudio es experimental (Pedroza M. E., 1993) y según el nivel de profundidad del conocimiento es descriptivo (Piura López, 2006). De acuerdo a la clasificación de Hernández, Fernández y Baptista (2014), el tipo de estudio es correlacional. De acuerdo, al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información, el estudio es retro-prospectivo, por el período y secuencia del estudio es longitudinal y según el análisis y alcance de los resultados el estudio es analítico de causa-efecto (Canales, Alvarado, & Pineda, 1994).

8.2 Área de Estudio

En cuanto al área de conocimiento, el área de estudio se relaciona a ingenierías. El área de estudio a la que pertenece el tema de la presente investigación es el **Área 6: Fuentes alternativas de energía** y responde a la **Línea de Investigación 3: Eficiencia energética en viviendas, edificios públicos y PYMES**, dentro del Programa de Doctorado en Gestión y Calidad de la Investigación Científica (DOGCINV).

El área geográfica se enfoca en Las Segovias de Nicaragua, específicamente en el Municipio de San Nicolás, departamento de Estelí (figura 1), que cuenta con tres barrios, 10 microrregiones y está ubicado en la posición geográfica con latitud 12.9333 y longitud -86.3333.



Figura 1. Área geográfica de estudio.

8.3 Universo y Muestra

La evaluación del potencial eólico requiere de un conocimiento exhaustivo del comportamiento del viento, cuyos parámetros obedecen a factores ambientales que ocurren en la naturaleza. El estudio de este tipo de perturbaciones que ocurren en el campo se conoce como *experimentos de la naturaleza* en el que las variables independientes no se pueden controlar (Diamond, 1986).

El estudio del viento puede abordarse bajo el principio de persistencia de las condiciones climáticas de la región de estudio. Se parte de una técnica de muestreo basada en velocidades promedio las cuales, parten de un registro continuo de las velocidades del viento, que representan a ciertos intervalos de tiempo. En trabajos realizados por Van der Hoven (1957), mostró que la velocidad promediada por intervalos de diez minutos puede considerarse estable.

Para desarrollar el experimento de trayectoria natural, se realizaron mediciones en dos sitios (emplazamiento en la zona correspondiente a San Nicolás), en el 2012, 2013, 2014, parte del 2017 y 2018. En cada experimento, las estaciones meteorológicas realizaron mediciones de parámetros de viento a una altura de 10 m, registrando datos cada 10 minutos durante 40 meses.

En cada sitio de control se establecieron **las unidades experimentales que son estaciones meteorológicas a 10 metros de altura, equipadas con sensores como anemómetros, veletas, barómetros**. Estas **unidades experimentales**, midieron medias cada 10 minutos de las condiciones generales del viento y meteorológicas como velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, densidad del aire.

Se analizaron las características del perfil vertical de velocidad horizontal, en sus variaciones temporales y sus relaciones con la dirección del viento. Para la cuantificación del perfil del viento se utilizaron los modelos exponenciales y logarítmicos del viento. Para estimar el perfil del viento se usó el software de utilidad “calculador web”. Solo requieren introducir la velocidad del viento a una altura dada y la rugosidad Z_0 de la superficie.

La escala espacial del experimento natural se situó en las localidades seleccionadas de San Nicolás: San José de La Laguna y en el Sesteo (Rancho de don Luis), situados a distancia de 1 kilómetro. Se seleccionaron estos sitios por la altura al nivel del mar, el viento que sopla fuerte según los pobladores, la infraestructura eléctrica cercana y la organización local (figura 2.1 en anexos 2).

Con el propósito de recopilar información demográfica, socioeconómica, conocimiento sobre energías renovables, percepción sobre energías renovables, aceptación del proyecto se visitaron 868 familias de 30 comunidades del municipio de San Nicolás.

Con el fin de estimar el consumo promedio de energía se realizó un censo general de carga en los 868 hogares del municipio de San Nicolás para recopilar datos de los equipos consumidores de energía eléctrica que se encuentran en el hogar o que se encontrarán en los hogares en los que no hay energía eléctrica.

Con el propósito de compartir una visión sobre el grado de conocimiento, aceptabilidad, accesibilidad y usabilidad de la energía eléctrica producida por tecnología eólica, así como la aceptación e interés por el proyecto se realizó grupo focal con ciudadanos, actores institucionales y dirigentes municipales.

Para valorar el posible impacto social y ambiental del proyecto se realizaron entrevistas a pobladores y actores clave de la comunidad. Para conocer la importancia de la energía eléctrica en beneficio de la educación se entrevistaron a pobladores que no saben leer ni escribir. Con el propósito de recoger opiniones sobre los beneficios de tener energía eléctrica se entrevistaron a pobladores que aún no tienen energía eléctrica.

8.4 Matriz de Operacionalización de Variables (MOVI)

Matriz de Operacionalización de Variables (MOVI).

Objetivo General: Desarrollar un sistema eólico para proveer energía eléctrica en función del desarrollo humano sostenible en la región de Las Segovias, período 2014-2030

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariables, o Dimensiones	Variable Operativa Indicador	Técnicas de Recolección de Datos e Información y Actores				
				Participantes				
				<u>Encuesta (censo)</u>	<u>Entrevista</u>	<u>G- Focal</u>	<u>Experimento</u>	<u>Anal. Doctal</u>
Objetivo Especifico No. 1 1. Describir las características socio económico y demográfico del municipio de San Nicolás, para conocer las necesidades energéticas de la población.	Equidad	Accesibilidad	Número total de hogares Población total. Distribución por sexo. Habitantes por hogar. Hogares sin electricidad. Uso de energía total Consumo de electricidad	Pob				
		Asequibilidad	ingresos de los hogares dedicados a combustibles y electricidad	Pob				
		Disparidades	Uso de energía en los hogares por grupo de ingresos y combinación de combustibles utilizados	Pob			Pob, inst, org	
	Educación	Beneficios en educación	Nivel educativo analfabetismo Tiempo dedicado al estudio Mejora del rendimiento Uso de TIC para la enseñanza Cantidad de institutos, escuelas y preescolares	Pob	Pob, maestras	Pob, inst, org		
Salud	Mejoras en la salud	Atención nocturna en el puesto de salud Cobertura en la atención Uso de aparatos médico	Pob			Pob, inst, org		

	Energías renovables	conocimiento percepción	nivel de conocimiento sobre ER Obstáculo para el desarrollo de las ER Beneficios ambientales, sociales y económicos	Pob Pob		Pob, inst, org		
Objetivo Específico 2 Evaluar el potencial eólico en función de los parámetros del recurso en el municipio de San Nicolás.	Recursos eólicos	Velocidad del Viento	Se mide en metros por segundo [m/s] y se especifica la altura de medida. Se mide con anemómetros				Estaciones de medición	
		Dirección del viento	Se mide en grados o rumbos. Se utilizan veletas.					
		Temperatura	Se mide en grados centígrados [°C] con termómetros					
		Presión atmosférica	En meteorología se mide en milibar [mb]. Se utiliza barómetro para su medida					
		Humedad relativa	Relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener [%]					
		Orografía del terreno	Rugosidad se mide mediante la longitud de la rugosidad				Cálculos	
		Potencia eólica disponible	Es la potencia eólica disponible por unidad de área perpendicular al viento y se mide en watt por metros cuadrados [W/m ²]				Cálculos	

<p>Objetivo Específico 3</p> <p>Establecer la relación de causalidad entre los parámetros del recurso viento, la potencia energética y la tecnología a utilizar.</p>	<p>relación de causalidad entre los parámetros del recurso viento, la potencia energética y la tecnología</p>	<p>Factores ambientales</p> <p>Potencia eólica</p> <p>Tecnología</p>	<p>Sitio y temperatura</p> <p>Sitio y velocidad del viento</p> <p>Sitio y potencia disponible</p> <p>Dirección del viento y potencia disponible</p>				<p>Cálculos, uso de gráficas</p>	<p>catálogos</p>
<p>Objetivo Específico 4</p> <p>Diseñar un sistema eólico para proveer energía eléctrica en el municipio de San Nicolás.</p>	<p>Componentes del sistema eólico</p>	<p>Aerogeneradores</p>	<p>Demanda de consumo</p> <p>Potencia eólica aprovechable</p> <p>Potencia que el generador aprovecha, se obtiene multiplicando la potencia disponible por el coeficiente de potencia del aerogenerador</p> <p>Se determina mediante la curva de potencia</p> <p>Cantidad de aerogeneradores para abastecer la demanda</p> <p>Energía eléctrica a producir</p> <p>Costos iniciales</p> <p>Ingresos por venta electricidad</p> <p>Viabilidad financiera</p>	<p>Hogares</p>			<p>cálculo</p> <p>cálculo</p> <p>cálculo</p> <p>cálculo</p> <p>cálculo</p>	
<p>Objetivo Específico 5.</p> <p>Determinar el impacto ambiental, económica y social del sistema eólico para proveer energía eléctrica en función del desarrollo humano sostenible en la región de las Segovias.</p>	<p>impacto del sistema eólico</p>	<p>Impacto ambiental</p>	<p>Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero calculado mediante la diferencia de cantidad de combustible fósil utilizado y la cantidad de energía producida con renovable.</p> <p>Efecto en el suelo relacionado a contaminación por desechos sólidos y líquidos, compactación y erosión</p>	<p>Pob</p>	<p>Pob, inst,</p> <p>Pob, inst,</p>	<p>Pob, inst, org</p>	<p>Cálculo</p>	

			<p>Efecto en la calidad del agua superficial y subterránea.</p> <p>Efecto en la flora y fauna por corte de la vegetación y huida de la fauna terrestre.</p> <p>Medio perceptual relacionado a la estética y la vista panorámica</p> <p>período de recuperación de la inversión</p> <p>valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR)</p> <p>Costo beneficio</p> <p>Desarrollo de la economía local</p> <p>Mejora en empleo directo e indirecto</p> <p>Mejora en la infraestructura y servicios</p>	<p>Pob</p> <p>Pob</p> <p>Pob</p> <p>Pob</p> <p>Pob</p> <p>Pob</p> <p>Pob</p> <p>Pob</p>	<p>Pob, inst, org</p> <p>Pob, Docentes</p> <p>Pob, Docentes</p> <p>Pob, Docentes</p> <p>Pob, inst, org</p> <p>Pob, inst, org</p> <p>Pob, inst, org</p>	<p>Cálculo</p> <p>Cálculo</p> <p>Cálculo</p> <p>Cálculo</p>	
		<p>Impacto económico</p>	<p>Impacto social</p> <p>Educación</p> <p>Mejora en el estudio de los estudiantes medido en el aumento del tiempo de estudio, las horas dedicadas en la noche</p> <p>Mejora de los medios en los centros educativos medido en la utilización de materiales educativos multimedia y en la iluminación del centro.</p> <p>Mejora en el rendimiento académico</p> <p>Salud</p> <p>Mejora de los servicios de salud</p>				

			<p>Mejora de los servicios sanitarios, medido en las atenciones nocturnas y la conservación de medicamentos y vacunas</p> <p>Tics</p> <p>Mayor acceso a la información exterior medido en las diferencias de tiempo de uso de radio, tv e internet.</p> <p>Aumento de las posibilidades de comunicación medido en las posibilidades de acceso al internet y al uso de computadoras, el correo.</p> <p>Confort y recreación</p> <p>Penetración del servicio eléctrico, medido en porcentajes de familia que se conectarían a la electricidad</p> <p>Mejora de confort en la vivienda, medido en cantidad de</p> <p>Aumento de actividades socio - culturales y recreativas medido con el número de actividades nocturnas que se realizarían, eventos nocturnos</p>	<p>Pob,</p> <p>Pob</p> <p>Pob</p> <p>Pob</p> <p>Pob</p>	<p>Pob, inst</p>	<p>Pob, inst, org</p> <p>Pob, inst,</p> <p>Pob, inst, org</p> <p>Pob, inst, org</p> <p>Pob, inst, org</p> <p>Pob, inst, org</p>		
--	--	--	---	---	------------------	---	--	--

Pob Pobladores. Inst Instituciones. Org organizaciones.

8.5 Métodos, Técnicas e Instrumentos para la Recolección de datos e información

En cuanto al enfoque filosófico, por el uso de los instrumentos de recolección de la información, análisis y vinculación de datos, el presente estudio se fundamenta en la integración sistémica de los métodos y técnicas cualitativas y cuantitativas de investigación, por tanto, se realiza mediante un Enfoque Mixto de Investigación (Hernandez, et al. 2014).

El enfoque de la investigación antes descrito, se sustenta en el Paradigma Socio–Crítico. Esta perspectiva surge como respuesta a las tradiciones positivistas e interpretativas y pretenden superar el reduccionismo de la primera y el conservadurismo de la segunda, admitiendo la posibilidad de una ciencia social que no sea ni puramente empírica ni solo interpretativa. El Paradigma Socio–Crítico tiene como sus principios: 1) Conocer y comprender la realidad como praxis; 2) Unir teoría y práctica (conocimiento, acción y valores); 3) Orientar el conocimiento a emancipar y liberar al hombre; 4) Implicar al docente mediante la autorreflexión, (Alvarado & García, 2008).

La teoría crítica nace como una crítica al positivismo transformado en científicismo; como una crítica a la racionalidad instrumental y técnica preconizada por el positivismo y exigiendo la necesidad de una racionalidad substantiva que incluya los juicios, valores y los intereses de la humanidad. En este paradigma se considera como fundamental la relación entre teoría y praxis, porque ella misma surge de la revisión de esta relación, y es por ello que la concepción de la relación teoría-praxis es el criterio que utiliza el paradigma socio-crítico para diferenciar los distintos paradigmas de la investigación (Castro, 2012).

8.5.1 Métodos Cualitativos

El aspecto cualitativo se soporta en la meta teoría naturalista, la teoría interpretativa y la estrategia metodológica etnográfica por su utilidad en el análisis holístico de la sociedad, la gestión de datos orales, textuales, y de imágenes y el énfasis en el desarrollo de teorías.

Se utilizó el método de medición sumario en la fase primaria por su utilidad en aplicar procedimientos ágiles y precisos para la obtención de la información y en la creación de unidades de análisis jerarquizadas.

Se usaron la encuesta y la entrevista como técnica de obtención de datos individual (Campoy Aranda & Gomes Araújo, 2009), por su utilidad en analizar la diversidad de las características de los miembros de una muestra teórica, en establecer la variación significativa del grupo investigado y el análisis de datos de primer orden con el fin de describir las categorías codificadas, conceptualizaciones, definiciones, significados y la generación de nueva teoría, hipótesis y explicaciones y búsqueda de nuevos datos. Estas encuestas se dirigieron a los pobladores y las preguntas serán incluidas en la misma guía del censo de carga que se aplicará.

Para la segunda fase se utilizaron métodos grupales por su utilidad en el manejo de grupos de personas y en el intercambio de experiencias sobre las percepciones. Se propuso la técnica de grupos focales por su utilidad para obtener la opinión, explicar y profundizar las percepciones y la interpretación de los significados de los comportamientos, opiniones y actitudes de los individuos de los participantes sobre energías renovables eólica. Los grupos focales se dirigieron a pobladores, miembros de instituciones y líderes. En el siguiente mapa (tabla 4) se visualiza la interrelación entre los objetivos, las técnicas para la recolección de datos, los informantes y el análisis:

Tabla 4. Métodos, técnicas, informantes y análisis en relación a objetivo y categoría

OBJETIVO ESPECÍFICO	CATEGORÍA	FASES DE DESARROLLO						INFORMANTES			PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS Y CRITERIOS DE VALIDEZ				
		Exploratoria		Profundización		Validez Acumulativa									
		Método	Técnica	Método	Técnica	Método	Técnica								
Describir las características socio demográficas del municipio de San Nicolás, para conocer las necesidades energéticas de la población en este territorio	Caracterización socio demográfica de los pobladores del municipio de San Nicolás	Escala sumaria de Likert	Encuesta	Métodos Grupales	Grupo Focal, entrevistas	Heurística	Sistemas	Pobladores	instituciones	Organizaciones	Teoría Basada en datos	Validez interna	Validez externa	Triangulación	Fiabilidad
Determinar el impacto ambiental, económico y social del sistema eólico para proveer energía eléctrica en función del desarrollo humano sostenible en la región de las Segovias.	Impacto socio económico, ambiental de proveer energía eléctrica con un sistema eólico	Escala sumaria de Likert	Encuesta	Métodos Grupales	Entrevista	Heurística	Sistemas	Pobladores	Instituciones		Análisis no paramétrico	Validez interna	Validez externa	Triangulación	

8.5.2 Métodos Cuantitativos

Para el aspecto cuantitativo de la investigación, se utilizó la teoría positivista y el método deductivo para comprobar la hipótesis de investigación. Sigue un proceso lineal y secuencial que inicia con la recopilación de la información mediante las mediciones, el análisis estadístico y el establecimiento de patrones.

Con relación a la **evaluación de los potenciales de los recursos energéticos**, en función de los parámetros del recurso viento en el municipio de San Nicolás. El experimento se centró en el estudio de la variable no controlada, viento, en su ambiente natural en comunidades de San Nicolás por lo que se refiere a un experimento de la naturaleza. Se establecieron dos sitios experimentales con un punto de control en cada sitio. En cada sitio de control se establecieron las unidades experimentales que son estaciones meteorológicas a 10 metros de altura, equipadas con sensores como anemómetros, veletas, barómetros.

Los datos de viento obtenidos se trataron estadísticamente, con el fin de obtener la distribución por rumbos de las direcciones y la distribución por frecuencias de las velocidades, medias de la velocidad del viento, medias de la velocidad cúbica, dirección del vector medio de la velocidad, presión y temperatura medias. La distribución de direcciones se representó por la rosa de los vientos, en la que se expresó el porcentaje de tiempo en el que el viento tiene una determinada dirección, la distribución de velocidades de viento para cada intervalo direccional. Se hicieron las respectivas pruebas estadísticas de correlación de Pearson entre las variables.

Para establecer la **relación de causalidad** entre los parámetros del recurso viento, la potencia energética y la tecnología a utilizar. Se realizaron pruebas estadísticas de causalidad mediante ANOVA y ANACORR.

Para el cálculo de la densidad de potencia, se utilizó la distribución de Weibull, se calculó la distribución de energía eólica a diferentes velocidades del viento. Por métodos de cálculo matemático, se determinó la relación entre velocidad del viento y la potencia eólica disponible, así mismo se calculó la potencia eólica que puede ser aprovechada por un aerogenerador. Para

seleccionar la tecnología se usó la curva de potencia del aerogenerador con la que se indica la potencia eléctrica disponible en el aerogenerador.

Para el **diseño un sistema eólico** para proveer energía eléctrica en el municipio de San Nicolás. Se utilizó la curva de potencia de cada aerogenerador que define cada fabricante. Y se define el valor medio de la Potencia entre los intervalos 0-1; 1-2; 3-4 m/s, así hasta los 25 m/s. este valor se multiplica por el número de horas que ha estado el anemómetro marcando ese intervalo y se tiene una lista de la energía que hubiera dado ese aerogenerador en caso de estar colocado en la posición del anemómetro, de esta manera se obtuvo una primera aproximación para poder elegir el más idóneo. Se determinó la cantidad de aerogeneradores para abastecer la demanda de energía eléctrica del municipio. En segundo momento se utilizó el software RETScreen (Minister of Natural Resources Canada 1997 - 2017), que permitió la identificación, evaluación y optimización de la viabilidad técnica y financiera del proyecto.

Para la determinación del **impacto** ambiental, económico y social del sistema eólico se realizó una evaluación “ex antes” del proyecto, que estuvo basada en las metodologías de evaluación de impacto ambiental simplificada de Conesa y el impacto social y económico se basó en la metodología S&E sostenibilidad y empoderamiento.

El impacto ambiental se determinó por el número y emplazamiento de los aerogeneradores. La potencia instalada, el tipo de aerogenerador, la generación de residuos y se considerara para las fases de construcción y explotación o funcionamiento del parque. Se identificó primeramente la línea base en cuanto a recursos naturales del municipio y luego por el método de matrices que relaciona las acciones en las etapas del proyecto y el efecto sobre los factores de los medios y el método del índice de significancia para la valoración de los impactos, cuyo principio básico consiste, inicialmente, en señalar las posibles interacciones entre las acciones y los factores para luego establecer el nivel de importancia.

El método para el estudio del impacto social y económico factibilidad económica se basó en la recopilación de información sobre indicadores de los criterios establecidos por los principios de la metodología S&E.

8.6 Procedimientos para la Recolección de datos e información

Mediante encuestas (instrumento 1 en anexos 1), grupos focales (instrumento 2 en anexos 1) y entrevistas (instrumento 3 en anexos 1) se recolectaron los datos relacionados a la caracterización socio - económica del municipio (OE1) y a la determinación del impacto ambiental, económico y social (OE5).

Las encuestas se aplicaron desde el inicio de la fase de ejecución de la investigación destinándose tres meses (enero a marzo del 2018) para aplicar todas las encuestas en las 30 comunidades del municipio. El grupo focal se organizó por grupos constituidos por pobladores, miembros de instituciones y organizaciones, realizándose en el mes de diciembre del 2018. Las entrevistas se realizaron a pobladores y actores claves. Los datos de las encuestas se introdujeron en bases de datos electrónicas mediante el software SPSS.

Los datos para la medición del viento se obtuvieron mediante anemómetros, veletas, barómetros, termómetro, que se colocaron en dos sitios de la zona de San Nicolás; San José de La Laguna en casa del Sr. Eduardo López y en El Sesteo en finca Rancho de Luis. Los instrumentos fueron colocados en lugares expuestos a todas las direcciones y sin obstáculos en su entorno que puedan crear turbulencias. Las medidas se realizaron a la altura normalizada de lectura de 10 metros sobre el nivel del suelo. Se midió durante 40 meses correspondientes a periodos de medición en los años 2012, 2013, 2014, 2017 y 2018.

Los datos que provienen de los instrumentos de medida se registraron en data logger y mensual se transfirieron a un sistema de registro electrónico en una computadora personal. Finalmente, los registros fueron almacenados en bases de datos utilizando el software estadístico Infostat.

Los datos relacionados al objetivo de causalidad también provinieron de las mediciones. Los datos para alcanzar el diseño del sistema eólico, se obtuvieron mediante cálculos matemáticos y mediante el software de gestión de proyectos energéticos RETScreen.

8.7 Plan de Tabulación y Análisis de datos e información

A partir de los datos recolectados, se diseñaron la base datos correspondientes, utilizando el software estadístico SPSS, v. 20 para Windows (IBM Corp., 2011). Una vez que se realizó el control de calidad de los datos registrados, se realizaron los análisis estadísticos pertinentes.

De acuerdo a la naturaleza de cada una de las variables (*cuantitativas o cualitativas*) y guiados por el compromiso definido en cada uno de los objetivos específicos, se realizaron los análisis descriptivos correspondientes a las variables nominales y/o numéricas, entre ellos: (a) El análisis de frecuencia, (b) las estadísticas descriptivas según cada caso. Además, se **realizaron** gráficos del tipo: (a) pastel o barras de manera univariadas para variables de categorías en un mismo plano cartesiano, (b) barras de manera univariadas para variables dicotómicas, que permitieron describir la respuesta de múltiples factores en un mismo plano cartesiano, (c) gráfico de cajas y bigotes, que describieron en forma clara y sintética, la respuesta de variables numéricas, discretas o continuas.

Se **realizaron** los Análisis de Contingencia pertinentes, (crosstab análisis), para todas aquellas variables **no** paramétricas, a las que se les podía aplicar la prueba de Correlación no Paramétrica de Spearman (Rho de Spearman) y Tau C de Kendall, estas pruebas se tratan de una variante del coeficiente de correlación de Pearson, los cuales permitieron demostrar la correlación lineal entre variables de categorías, mediante la comparación de la probabilidad aleatoria del suceso, y el nivel de significancia pre-establecido para la prueba entre ambos factores, de manera que cuando $p \leq 0.05$ se estuvo rechazando la hipótesis nula planteada de $\rho = 0$.

Así mismo, se **realizaron** los análisis inferenciales específicos o prueba de hipótesis, de acuerdo al compromiso establecido en el objetivo específico tres, tal como: (a) el Análisis de Varianza Univariado (**ANOVA de Fisher**) y el test de Fisher (**prueba de LSD**). Asimismo, se realizaron para las variables pertinentes, el Análisis de Correlación Pearson (**ANACORR**). Los análisis inferenciales antes descritos, se realizaron utilizando el software estadístico *Infostat v 2016* para Windows, de acuerdo a los procedimientos estadísticos descritos en Pedroza y Dicoskiy, (2006).

9. Resultados

9.1 Características Socio-económicas y Demográficas del Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí

9.1.1 Aspectos Geográficos del Municipio de San Nicolás

Con el fin de identificar algunas características socio económicas y demográficas del municipio de San Nicolás se visitaron 868 familias de 30 comunidades del municipio. San Nicolás fue constituido en municipio en el año 1892. Pertenece al departamento de Estelí. Se encuentra ubicado a 25 Km. al sur de la ciudad de Estelí y a 135 km al norte de Managua. Sus límites son al norte con Estelí, al sur Santa Rosa del Peñón, al este con La Trinidad y San Isidro y al oeste limita con El Sauce – León.

Las comunidades del municipio se encuentran a diferentes alturas sobre el nivel del mar. En partes altas la altura máxima es de 1392 msnm y en partes bajas altura mínima de 356 msnm. Se presentan los niveles de altitud de localización de las casas, quienes tienen un promedio de 895 metros sobre el nivel del mar, con un intervalo de confianza para la media al 95%, con un Límite Inferior (L.I.) de 877,21 msnm y un Límite Superior (L.S.) de 912.82 msnm (tabla 5).

Tabla 5. Altitud comunidades

			Estadístico
Altitud del lugar donde Ud. vive, en msnm	Media		895,0173
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	877,2100
		Límite superior	912,8246

Se presenta el gráfico de caja y bigotes, que permite interpretar un rango intercuartílico (Q3 - Q1) que acumula el 50 % centrado de las alturas sobre el nivel del mar, **entre 718 msnm y 1031 msnm**. En el Q1 se acumula el 25% de las casas situadas con **menor** nivel de altura por debajo de 718 msnm y en el Q4 se acumula el 25% de las casas **con mayor** nivel de altura por encima de 1031 msnm (figura 2).

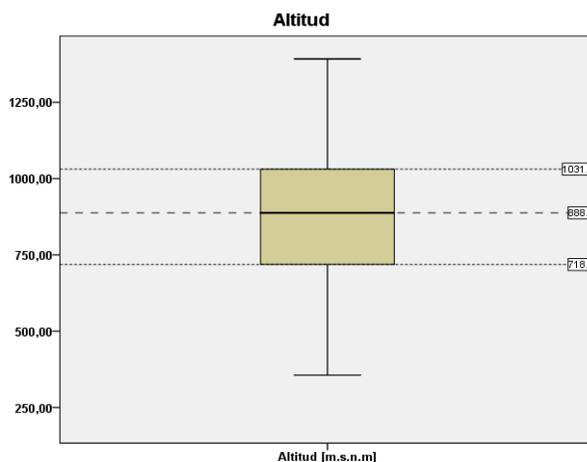


Figura 2. Alturas sobre el nivel del mar.

Entre las comunidades con mayor altura, entre 1201 a 1500 msnm, se mencionan San José de La Laguna, La Garnacha, La Tejera, El Sesteo, La Sirena y El Barro. En el mismo municipio hay comunidades que están a niveles bajo de altura entre 300 y 600 msnm, tales como Los Limones Número 1, Paso Real, Santa Clara y Palo Blanco (figura 3).

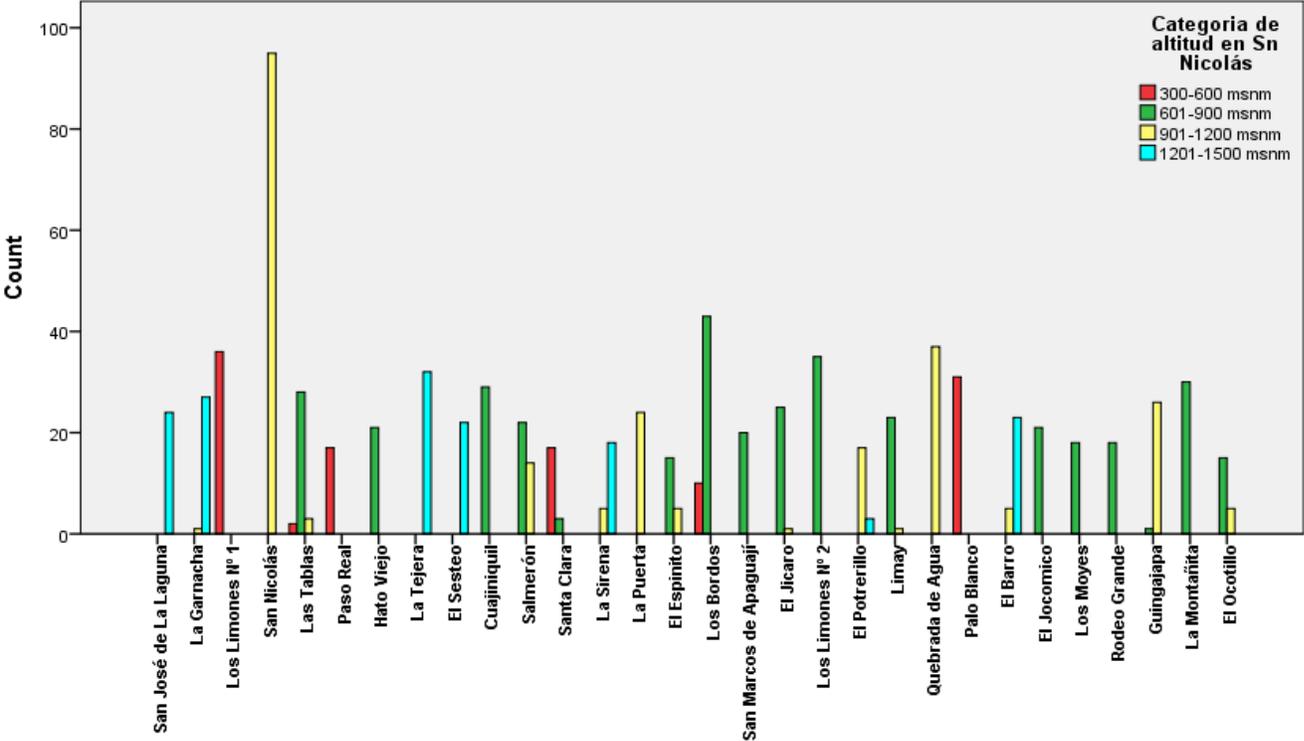


Figura 3. Altitud por comunidad. Municipio San Nicolás.

San Nicolás tiene una extensión de 163 km² y se localiza en las coordenadas 12.9273 de latitud norte y -86.3634 de longitud oeste. Se presentan los niveles de latitud y longitud de localización de las casas de las comunidades del municipio de San Nicolás, quienes tienen un promedio de latitud N 12,92735021 y longitud O -86,35485900, con un intervalo de confianza para la media al 95%, con un Límite Inferior (L.I.) de latitud N 12,92545634 y un Límite Superior (L.S.) de 12,92924408 N, así mismo un Límite Inferior (L.I.) de longitud O -86,36622462 y un Límite Superior (L.S.) de -86,36064253 (tabla 6).

Tabla 6. Localización comunidades San Nicolás. Intervalo de confianza

			Estadístico	Error típ.
Latitud coordenada geográfica	Media		12,92735021	,000964927
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	12,92545634	
		Límite superior	12,92924408	
Longitud. coordenada geográfica	Media		86,36343358	,001422041
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	-	
		Límite superior	-86,36064253	

Se presentan los gráficos de caja y bigotes, que permite interpretar un rango intercuartílico (Q3 - Q1) que acumula el 50 % centrado de la latitud Norte, entre 12.902744 N y 12.952224 N. En el Q1 se acumula el 25% de las casas situadas con menor nivel de latitud por debajo de 12.902744 N y en el Q4 se acumula el 25% de las casas con mayor nivel de latitud por encima de 12.952244 N. Así mismo, se presentan los gráficos de caja y bigotes, que permite interpretar un rango intercuartílico (Q3 - Q1) que acumula el 50 % centrado de la longitud oeste, entre - 86.403720 O y 86.332406 O. En el Q1 se acumula el 25% de las casas situadas con menor nivel de longitud oeste, por debajo de -86.403720 O y en el Q4 se acumula el 25% de las casas con mayor nivel de altura por encima de 86.332406 O (figura 4).

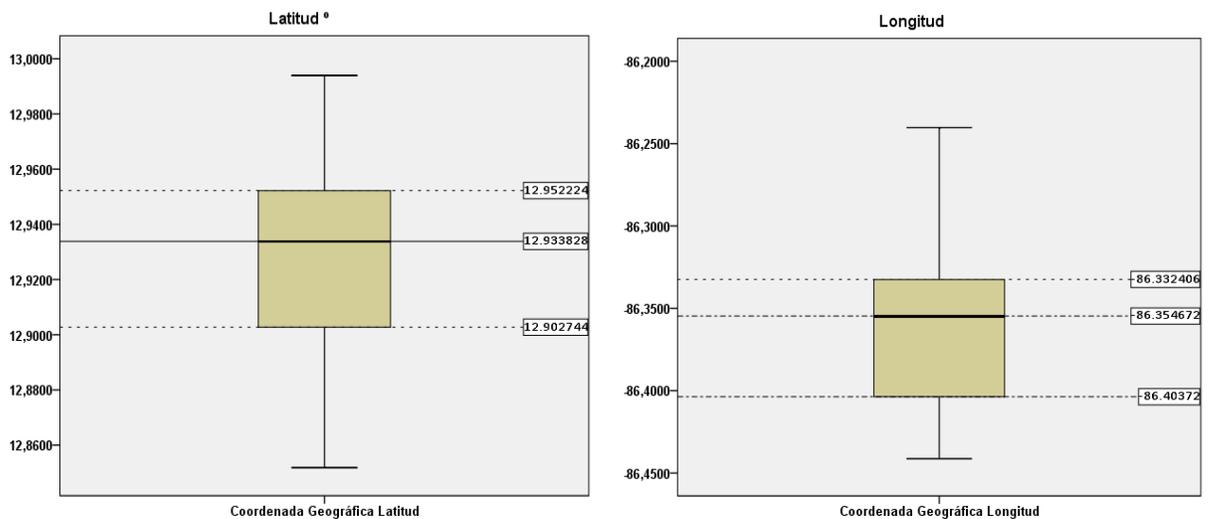


Figura 4. Latitud y longitud. Municipio San Nicolás. Mediante software estadístico SPSS.

9.1.2 Aspectos Socio-económicos y Demográficos de la Población del Municipio de San Nicolás

En cuanto a la distribución por sexo de la población. En las 868 familias visitadas habitan 3774 personas distribuidas en 1983 varones y 1786 mujeres; habitan una media de 4 personas por hogar, como se muestra en la tabla 7 y en la figura 5, se observa la existencia de mayor porcentaje de varones con 53 % en relación al 47 % de mujeres.

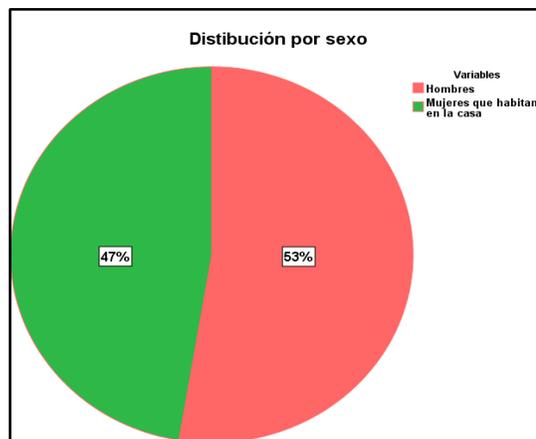


Figura 5. Distribución por sexo.

Tabla 7. Distribución de la población

		Personas que habitan en la casa	hombres	mujeres
N	Valid	868	868	868
	Missing	0	0	0
Mean		4,35	2,28	2,06
Median		4,00	2,00	2,00
Mode		4	2	2
Sum		3774	1983	1786

El 70 % son originarios de la comunidad donde viven y el 30 % proceden de otra comunidad.

Composición de los jefes de hogar por sexo

En el municipio de San Nicolás, en la distribución por sexo de los jefes de hogar prevalecen las mujeres con un 56 % (tabla 8).

Tabla 8. Distribución por sexo. Municipio San Nicolás

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Femenino	489	56,3	56,3	56,3
Valid Masculino	379	43,7	43,7	100,0
Total	868	100,0	100,0	

Edad de las personas entrevistadas

La edad media de las personas entrevistadas en el municipio de San Nicolás fue de 41 años. Se presentan los niveles de edad de los habitantes entrevistados, quienes tienen un promedio de 41 años de edad, con

Tabla 9. Niveles de edad de los entrevistados

	Estadístico	Error típ.
Media	41.34	.572
Edad Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	40.21
	Límite superior	42.46

un intervalo de confianza para la media al 95%, con un Límite Inferior (L.I.) de 40 años y un Límite Superior (L.S) de 42 años (tabla 9).

En la figura 6, se presenta el gráfico de caja y bigotes, que permite interpretar un rango intercuartílico (Q3 - Q1) que acumula el 50 % centrado de la edad de las personas, **entre 29 años y 50 años**. En el Q1 se acumula el 25% de los más jóvenes con **menor** nivel de edad por debajo de 29 años y en el Q4 se acumula el 25% de las personas con **mayor** nivel de edad por encima de 50 años.

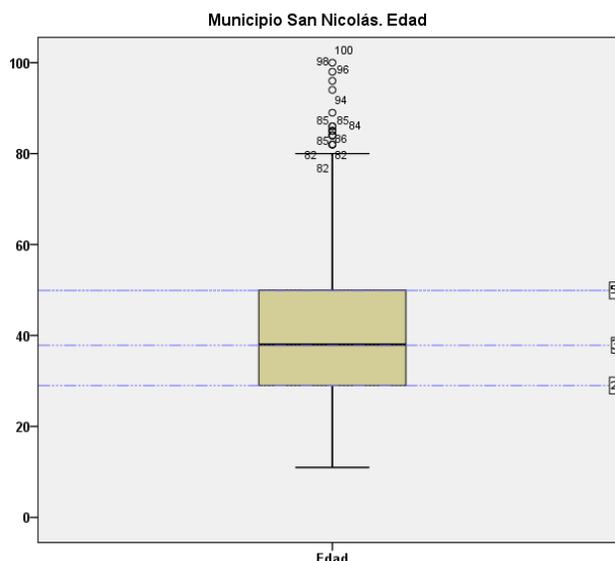


Figura 6. Niveles de edad de las personas entrevistadas.

9.1.2.1 Características sociales

Educación

En el municipio de San Nicolás, prevalece el nivel primario de educación con 52.76 % y se observa un 23.62 % de personas que no saben leer, ni escribir, 18.43 % con estudios secundarios, solamente 0.92 % con estudios técnicos y 4.26 % con estudios universitarios (figura 7).

Se consultó a la técnica delegada para el municipio de San Nicolás sobre la cantidad de centros educativos y mencionaba que

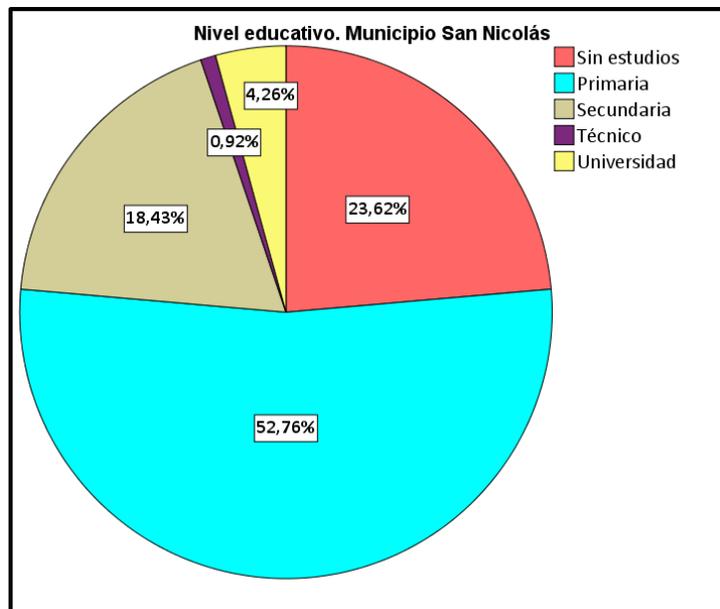


Figura 7. Nivel educativo. Municipio San Nicolás.

existen 37 preescolares, 1 primaria regular, 30 primarias multigrado, 1 secundaria regular, 1 secundaria por encuentro y 3 secundarias de campo.

Comunidad donde vive y Nivel educativo

El análisis de contingencia aplicado a las variables comunidad y nivel educativo reveló, que las comunidades como Los Limones número 1, Las Tablas, Paso Real, Cuajiniquil, Salmerón, El Espinito, San Marcos de Apaguají, El Jícaro, Los Limones número 2, Limay, Palo Blanco, El Barro, El Jocomico, Los Moyes, La Montañita, El Ocotillo no presentan personas con nivel educativo universitario. Para todas las comunidades, tienen estudios primarios 52.8 %, seguido de 23.6 % de personas que no saben leer ni escribir, 18.4 % con estudios de secundaria, 4.3 % con estudios universitarios y 0.9 % con estudios técnicos. En relación a todas las comunidades la cabecera municipal San Nicolás, presenta un mayor porcentaje de estudios en de los pobladores con 10.9 %, que se distribuye de la siguiente manera 4 % tienen estudios primarios, 3.6 % estudios de secundaria, 1.6 % con estudios superiores frente a 1.6 % sin estudios. Por tanto, el nivel educativo tiene que ver con la comunidad donde vive, mediante una relación débil ya que las diferencias entre educación primaria, sin estudios y los niveles de educación secundaria, técnica y universitaria tienen porcentajes similares en todas las comunidades excepto en la cabecera municipal San Nicolás (tabla 3.1 en anexos 3).

La prueba de Correlación de Spearman, apporto las evidencias estadísticas de un Valor de $P = 0.001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, la prueba de correlación de Spearman demostró que existe correlación significativa entre el nivel educativo y la comunidad donde viven los pobladores.

En contexto la prueba de Correlación de Spearman indicó que el nivel educativo, medida en niveles de educación; sin estudios, primarios, secundarios, técnicos y universitarios **si está correlacionada** con la comunidad donde se vive, que se refiere a 30 comunidades del municipio de San Nicolás.

Sexo y Nivel educativo

El análisis de contingencia entre las variables, sexo y nivel educativo reveló, el 56.3 % de los encuestados son de sexo **femenino**, distribuyéndose por nivel educativo en primario 28.9 %, seguido de un 12.4 % de personas sin estudios y de un 10.8 % con estudios secundarios, frente

a 0.8 % con estudios técnicos y 3.3 % con estudios universitarios. El **43.7 %** son de sexo **masculino**, siendo este porcentaje mayor en los que tienen estudios primarios 23.8 %, seguidos de 11.2 % sin estudios y 7.6 % con estudios secundario frente a 0.9 % de varones con estudios universitarios y 0.1 % con estudios técnicos. En todos los niveles educativos, las mujeres presentan mayor porcentaje que los varones (tabla 10).

Tabla 10. Nivel de significancia entre las variables sexo y nivel educativo

		Nivel educativo (variable nominal codificada)					Total
		Sin estudios	Primaria	Secundaria	Técnico	Universidad	
Sexo	Femenino	Recuento 108	251	94	7	29	489
	% del total	12.4%	28.9%	10.8%	0.8%	3.3%	56.3%
Masculino	Recuento	97	207	66	1	8	379
	% del total	11.2%	23.8%	7.6%	0.1%	0.9%	43.7%
Total	Recuento	205	458	160	8	37	868
	% del total	23.6%	52.8%	18.4%	0.9%	4.3%	100.0%

La prueba de relación, estadístico V de Cramer, realizada a las variables sexo y nivel educativo demostró ser significativa con una significancia de 0.015 que es

Tabla 11. Estadístico V de Cramer sexo-nivel educativo

		Valor	Sig. aproximada
Nominal por nominal	Phi	.119	.015
	V de Cramer	.119	.015
N de casos válidos		868	

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

menor que el nivel de comparación $\alpha=0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa, por lo que existe asociación entre las variables sexo y nivel educativo (tabla 11).

Salud San Nicolás cuenta con un moderno centro de salud familiar y comunitario llamado “German Pomares”, que cuenta con servicio de emergencia, un edificio de consulta externa con 4 consultorios: 2 de medicina general, 1 de odontología y 1 de ginecología.

9.1.2.2 Características económicas

Ocupación

La encuesta realizada en 868 familias del municipio de San Nicolás permitió conocer la ocupación de los pobladores. El 48.50 % trabajan en casa, el 40.32 % laboran en el campo, el 2.42 % en tiendas, 0.69 % se desempeñan en servicios turísticos, 0.35 % como oficinistas y 7.72 % en otros oficios (figura 8).

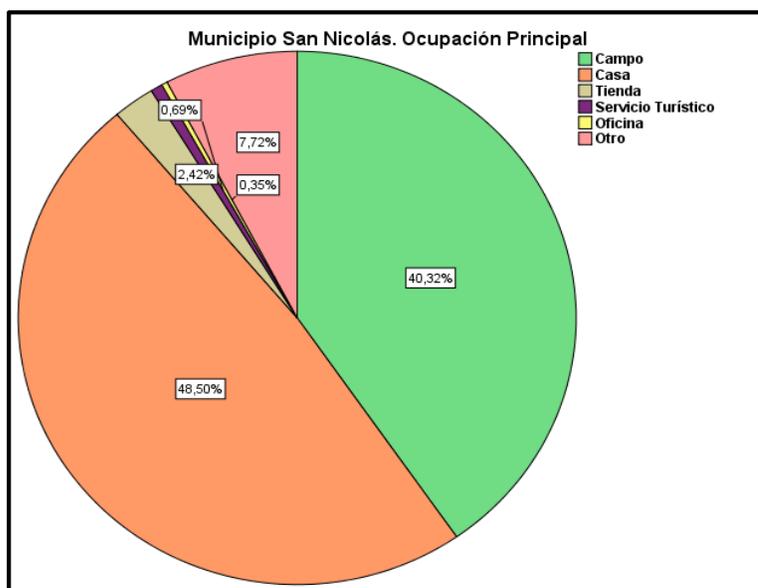


Figura 8. Ocupación. Municipio San Nicolás.

En el análisis de contingencia para las variables *ocupación principal de los pobladores* y *el nivel educativo* resultó; el **40.3 %** de los encuestados en San Nicolás trabajan en el **campo**. El nivel educativo de los que trabajan en el campo es, primaria 22.9 %, seguido de un 11.9 % de personas sin estudios, 5.3 % secundaria, 0.1 % técnicos y 0.1 % con estudios universitarios. Dijeron trabajar en la casa, el **48.5 %**, siendo este porcentaje mayor en los que tienen estudios primarios 26.7 %, 11.1 % sin estudios, 9.1 % con estudios secundarios, frente a 1.6 % de universitarios. Solamente el **2.42 %** de las personas manifestaron trabajar en **tienda**, siendo este porcentaje mayor en los que tienen estudios primarios 1.4 %, 0.6 % con estudios secundarios, sin estudios 0.3 % y 0.1 % con estudios universitarios. Ocupados en **servicios turísticos** mencionaron un **0.69 %**, siendo 0.5 % los que han terminado secundaria, 0.1 % primaria y 0.1 % universitarios. En **oficina** trabajan un **0.3 %**, teniendo todos educación universitaria y finalmente el **7.72 %** de los encuestados afirmaron dedicarse a **otras ocupaciones** como oficios de soldador, carpinteros entre otros siendo mayoría los que tienen estudios de secundaria y universitarios. Por tanto, el nivel educativo sí explica la ocupación, mediante una relación fuerte ya que las diferencias entre educación primaria, sin estudios y los niveles de educación secundaria, técnica y universitaria son medianamente considerables en las diversas categorías de ocupación (tabla 12).

Tabla 12. Análisis de contingencia entre la ocupación principal y el nivel educativo

		Sin estudios	Primaria	Secundaria	Técnico	Universidad		
Ocupación Principal	campo	Count	103	199	46	1	1	350
		% of Total	11,9%	22,9%	5,3%	0,1%	0,1%	40,3%
	casa	Count	96	232	79	0	14	421
		% of Total	11,1%	26,7%	9,1%	0,0%	1,6%	48,5%
	Tienda	Count	3	12	5	0	1	21
		% of Total	0,3%	1,4%	0,6%	0,0%	0,1%	2,4%
	Servicio Turístico	Count	0	1	4	0	1	6
		% of Total	0,0%	0,1%	0,5%	0,0%	0,1%	0,7%
	Oficina	Count	0	0	0	0	3	3
		% of Total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%
	Otro	Count	3	14	26	7	17	67
		% of Total	0,3%	1,6%	3,0%	0,8%	2,0%	7,7%
	Total	Count	205	458	160	8	37	868
		% of Total	23,6%	52,8%	18,4%	0,9%	4,3%	100,0%

Ingresos mensuales

En la tabla 13, se presentan los niveles de ingresos mensuales por familia, quienes tienen un promedio de C\$ 2,893.68 de ingresos mensuales, con un intervalo de confianza para la media al 95 %, con un Límite Inferior (L.I.) de C\$ 2,783.14 y

Tabla 13. Niveles de ingresos mensuales

			Estadístico
Ingresos mensuales en general en la familia	Media		2893,6866
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	2783,1491
		Límite superior	3004,2241

un Límite Superior (L.S.) de C\$ 3,004.22 de ingresos mensuales.

En la figura 9, se presenta el gráfico de caja y bigotes, que permite interpretar un rango intercuartílico (Q3 - Q1) que acumula el 50 % centrado de los ingresos mensuales, **entre C\$ 1925 y C\$ 4000 de ingresos mensuales**. En el Q1 se acumula el 25% de los ingresos menores con **menor nivel de ingresos por debajo de C\$ 1925.00** y en el Q4 se acumula el 25% de los ingresos mayores **con mayor nivel de ingreso por encima de C\$ 4000.00**.

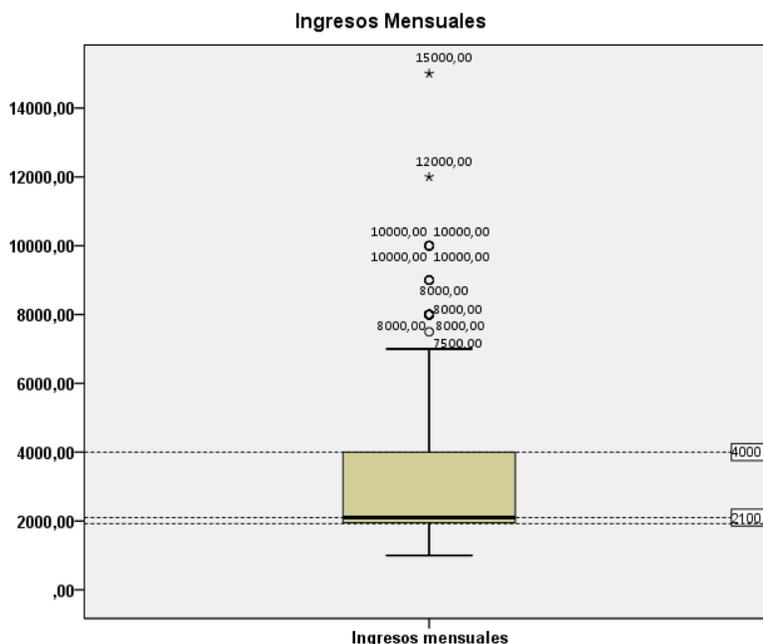


Figura 9. Niveles de ingresos familiares por mes.

En análisis de contingencia entre las variables **comunidad y categoría de ingreso** mensuales se reveló que los mayores ingresos de las comunidades de San Nicolás se encontraron en la cabecera municipal San Nicolás con 10.9 %, Los Bordos con 6.1 % y Quebrada de Agua con 4.3 %. Los mayores porcentajes de ingresos se encontraron en los rangos entre 1,000 y 2,000 córdobas con 44 % y entre 2,001 y 4,000 con 45.9 %. Existen 14 comunidades, cuyos ingresos son menores que 4,000 córdobas como: La comunidad Los Limones número 1, Las Tablas, Paso Real, Hato Viejo, Salmerón, El Espinito, San Marcos de Apaguají, Palo Blanco, El Barro, El Jocomico, Los Moyes, La Montañita y El Ocotillo. Se encontraron salarios en el rango 10,000 y 15,000 en 2 comunidades San Nicolás y El Potrerillo con 0.1 % (tabla 3.2 en anexos 3).

Tabla 14. Prueba correlación de Spearman entre nivel de ingreso y comunidad

Intervalo por intervalo	R de Pearson	-.142	.033	-4.212	.000 ^c
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	-.121	.034	-3.589	.000^c
N de casos válidos		868			

- a. Asumiendo la hipótesis alternativa.
- b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.
- c. Basada en la aproximación normal.

La prueba de Correlación de Spearman, aportó las evidencias estadísticas de un Valor de $P=0.000$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha=0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, la prueba de correlación de Spearman demostró que existe correlación significativa entre el nivel de ingreso y la comunidad donde viven (tabla 14).

Energía Eléctrica

La encuesta realizada en 868 familias del municipio de San Nicolás permitió conocer el tipo de energía eléctrica que usan en la casa. El 77.07 % tiene acceso a energía convencional, el 10.83 % usan energía renovable consistente en paneles solares, el 10.14 % no tiene energía eléctrica, y el 1.96 % utilizan energía combinada convencional y panel solar (figura 10).

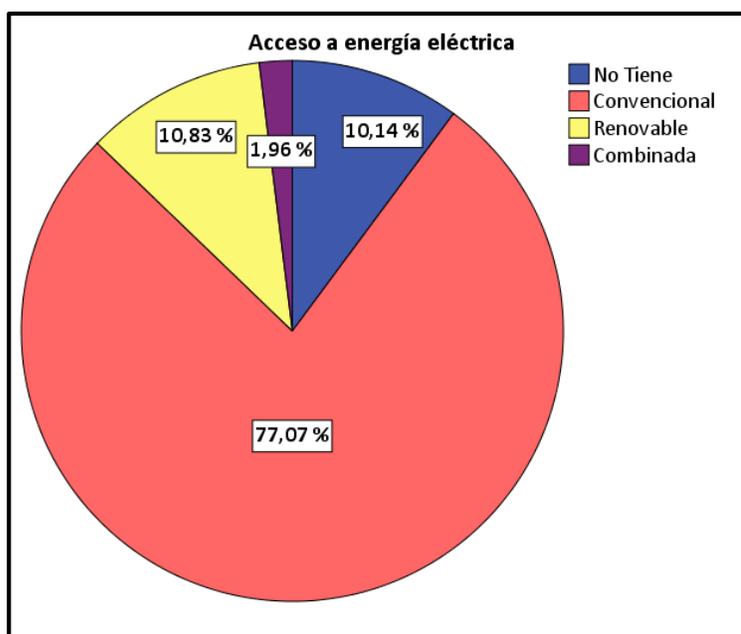


Figura 10. Uso de energía eléctrica. Municipio San Nicolás.

Comunidades con casas sin acceso a energía eléctrica

Las encuestas realizadas en las 868 familias del municipio de San Nicolás, revelaron que un 10.14 % de las casas no tienen energía eléctrica. Este porcentaje se distribuye en 19 comunidades del municipio. En la comunidad Hato Viejo 1.51 %, comunidad El Ocotillo 1.40 %, comunidad Paso Real 1.16 %, comunidad Las Tablas 1.05 %. El resto de las 15 comunidades tienen porcentajes menores del 1 % (figura 11).

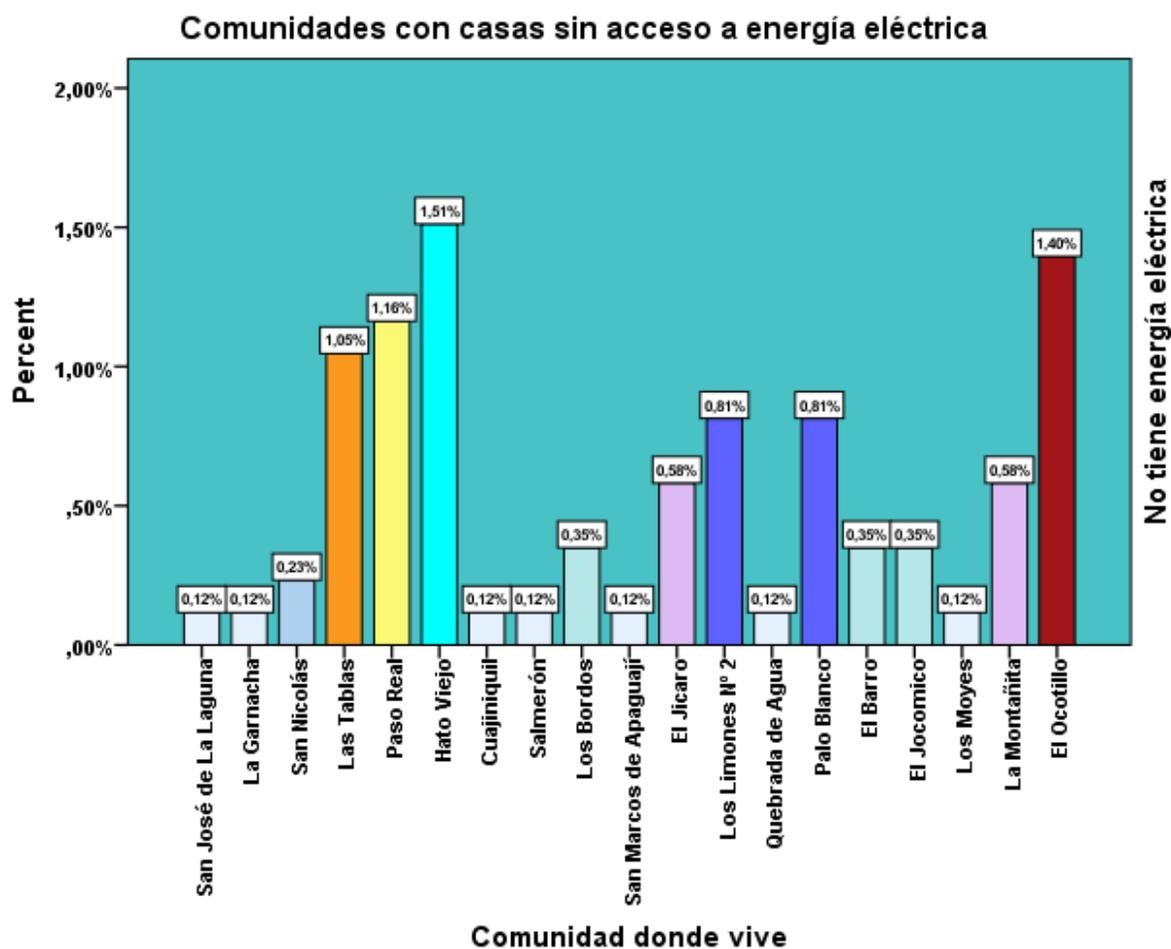


Figura 11. Comunidades municipio San Nicolás sin acceso a energía eléctrica.

Gasto mensual de energía eléctrica

Se consultó al 79 % de pobladores que consumen energía eléctrica sobre el pago mensual, lo que permitió elaborar el intervalo de confianza. Se presentan los niveles de pago mensual por energía eléctrica, quienes tienen un promedio de C\$

Tabla 15. Gastos mensual electricidad. Intervalo de confianza

			Estadístico
Pago por mes de energía eléctrica	Media		89,5408
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	77,9717
		Límite superior	101,1099

89.54 de pago mensual, con un intervalo de confianza para la media al 95 %, con un Límite Inferior (L.I.) de C\$ 77.97 y un Límite Superior (L.S.) de 101.10 de pago mensual (tabla 15).

Gastos en combustible en casas que no tienen energía eléctrica convencional

Se consultó al 10 % de pobladores que no poseen energía eléctrica sobre sus gastos en combustible para alumbrarse.

En la tabla 16, se presentan los niveles de gastos en combustible para alumbrarse mensuales por familia, quienes tienen un promedio de C\$ 55 de gastos mensuales, con un intervalo de confianza para la media al 95 %, con un Límite Inferior (L.I.)

Tabla 16. Gastos en combustibles. Intervalo de confianza

			Estadístico
Cantidad gastada en combustible por mes	Media		54,9485
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	50,9661
		Límite superior	58,9308

de C\$ 51 y un Límite Superior (L.S.) de C\$ 59 de gastos mensuales en combustibles para alumbrarse.

Se consultó mediante entrevista al 10.83 % que usan energía renovable sobre la utilidad de los paneles solares y manifestaron que los usan para cargas básicas como tres o cuatro luminarias, radio y televisor pequeño.

En la figura 12, se presenta el gráfico de caja y bigotes, que permite interpretar un rango intercuartílico (Q3 - Q1) que acumula el 50 % centrado de los gastos mensuales en combustible por casa para alumbrarse, **entre C\$ 52 y C\$ 58 de gastos mensuales**. En el Q1 se acumula el 25 % de los gastos menores con **menor** nivel de gastos por debajo de C\$ 52.00 y en el Q4 se acumula el 25 % de los gastos mayores **con mayor** nivel de gasto por encima de C\$ 58.00.

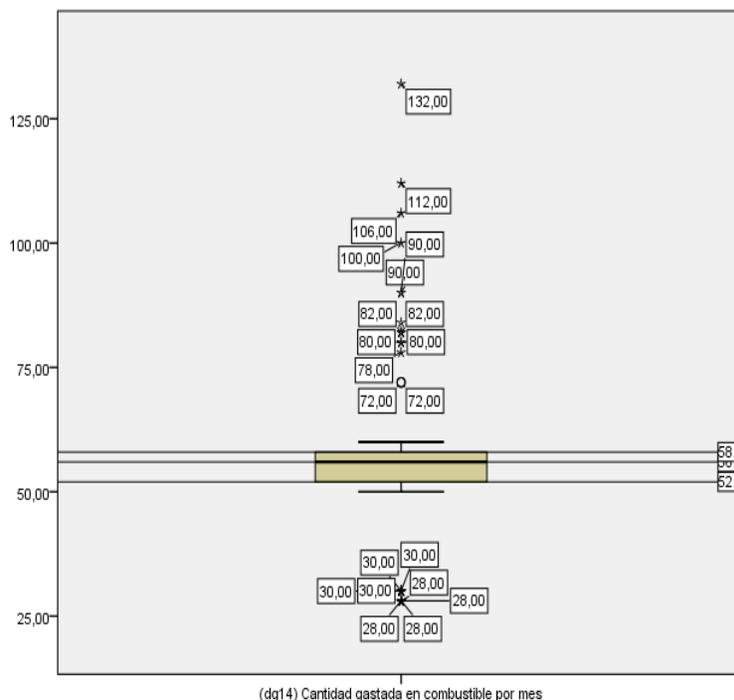


Figura 12. Distribución de gastos mensual por hogar en combustible para alumbrarse.

La distribución de frecuencias sobre el tipo de combustible utilizados en las casas sin acceso a energía eléctrica, para alumbrarse reveló, el 52.58 % se debe a la compra de pilas para focos, seguido de 28.87 % de casas que tienen gastos combinados de ocote y pilas, el 9.28 % es gasto en diésel para candiles, usan ocote el 4.12 %, velas el 3.09 %, querosene el 1.03 % y gasolina 1.03 % (figura 13).

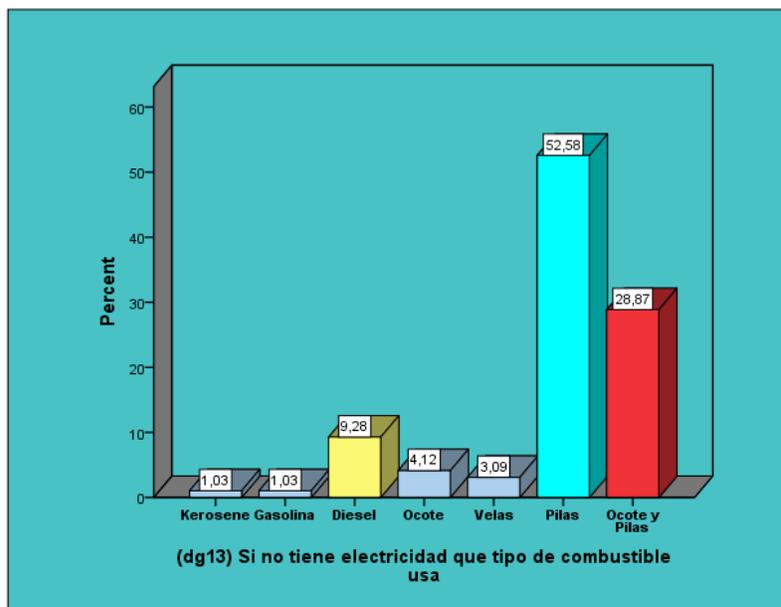


Figura 13. Tipo de combustible usado en hogares sin acceso a electricidad.

Censo de consumo energético

Se realizó censo de consumo de energía en 868 casas del municipio de San Nicolás. Se incluyó el consumo de casas que no tienen energía eléctrica, consultando a las familias sobre los aparatos que quisieran poseer cuando tengan acceso. La potencia eléctrica de los aparatos se determinó por la tabla de consumo de artefactos eléctricos emitida por el gobierno de Nicaragua y en otros casos mediante las placas características. Se consultó el tiempo de uso de los aparatos. Se obtuvo una demanda de potencia calculada para 2,000 casa de 1,147. 989 kW, energía consumida al día de 1,576.025 kWh/día, 47.28 MWh/mes y 567. 36 MWh/año (tabla 17).

Tabla 17. Censo de consumo energético

Cantidad de casas	Potencia [W]	Energía consumida al día [Wh/día]	Energía consumida al mes [Wh/mes]	Energía consumida anual [Wh/año]
868	498,227.60	683,995.00	20,519,850.0	246,238,200
1	573.99	788.01	23,640.38	283,684.56
2000	1,147,989.86	1,576,025.34	47,280,760.36	567,369,124

9.1.2.3 Energías Renovables

Conocimiento sobre energías renovables

La encuesta realizada en 868 viviendas del municipio de San Nicolás permitió conocer el grado de conocimiento sobre energías renovables. El 72 % de los habitantes encuestados mencionan tener poco conocimiento sobre energías renovables (figura 14).

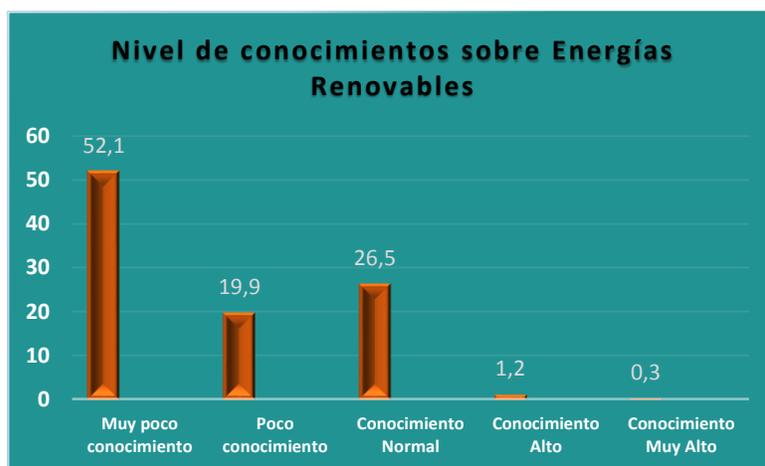


Figura 14. Nivel de conocimiento sobre energías renovables. Municipio de San Nicolás.

Percepción sobre energías renovables

La encuesta realizada en 868 familias en el municipio de San Nicolás permitió conocer opiniones de los pobladores sobre energías renovables visualizadas en el gráfico univariado para variables dicotómicas (figura 15).

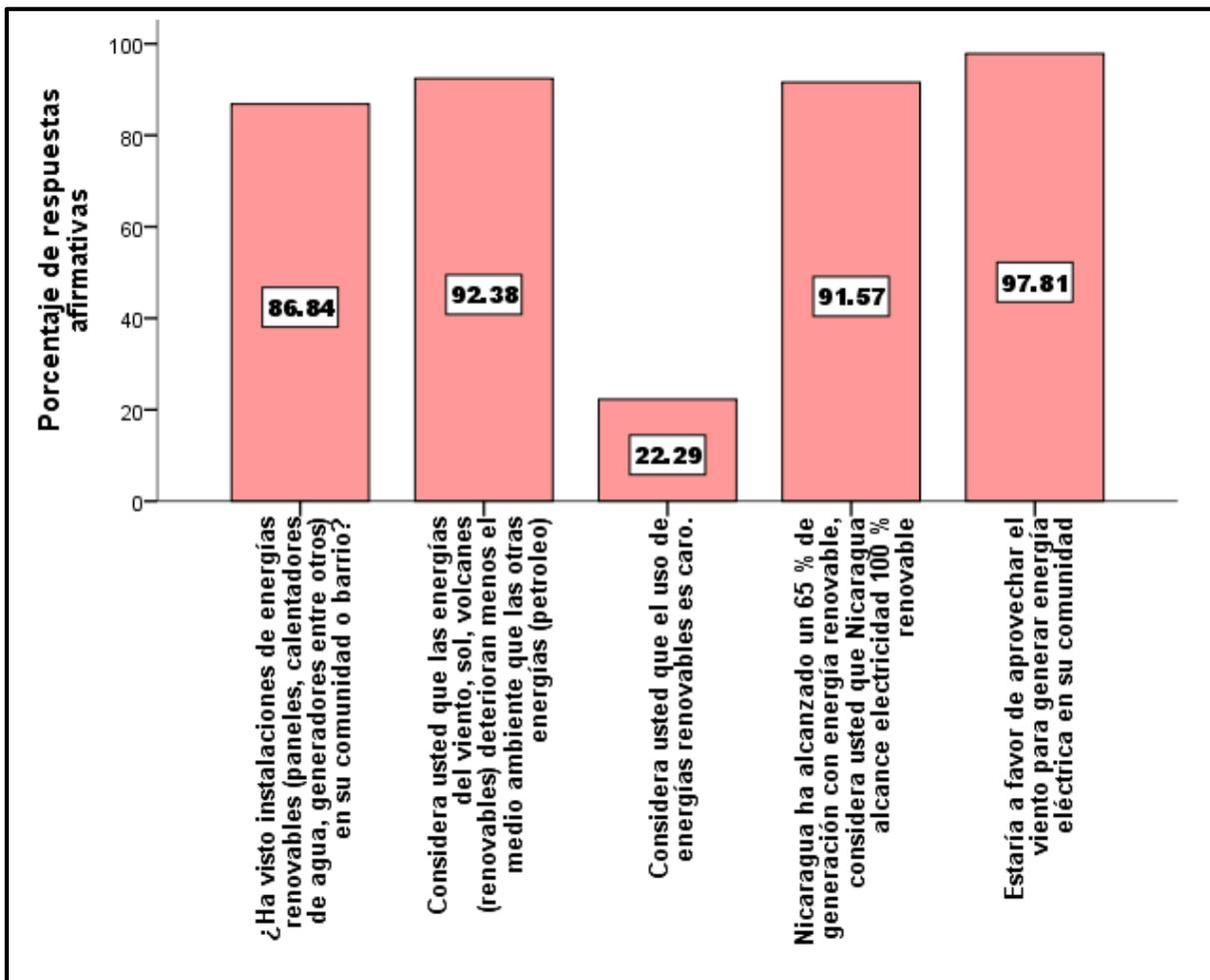


Figura 15. Percepción sobre energías renovables, municipio San Nicolás.

El 86.84 % de los encuestados han visto instalaciones de energías renovables en su comunidad, el 92.38 % consideran que las energías renovables deterioran menos el medio ambiente, el 22.29 % consideran que la energía renovable es cara, el 91.67 % creen que Nicaragua pueda alcanzar el 100 % de energía renovable y el 97.81 % opinan estar a favor de aprovechar el viento para generar energía eléctrica en su comunidad.

La encuesta realizada en 868 viviendas de 30 comunidades del municipio de San Nicolás permitió conocer la percepción que tienen los habitantes del municipio sobre energías renovables. Los resultados se categorizaron (tabla 18).

Tabla 18. Elementos categóricos de la percepción sobre energías renovables (ER)

Perc. Respeto medio ambiente	La electricidad procedente de energías renovables (sol, viento, volcanes, residuos), es más respetuosa con el medioambiente que la basada en petróleo
Perc. Beneficios socioeconómicos	El uso de energías renovables tiene beneficios socioeconómicos para la comunidad
Perc. Beneficio en comunicación	Tener energía eléctrica permite estar más informado a través de la radio, la televisión y el internet
Perc. Beneficio en educación	La instalación de un proyecto que aproveche el viento de San Nicolás para producir energía traiga mejora en el rendimiento académico de los estudiantes
Perc. Más tiempo al estudio	El poseer energía eléctrica en la comunidad permite dedicar más tiempo al estudio
Perc. Beneficio en servicios básicos	Para las comunidades que no cuentan con energía eléctrica, la energía a partir del viento (eólica) es una oportunidad para tener los servicios de electricidad
Perc. Sobre tecnología en relación a daño a la vegetación	La Instalación de aparatos (tecnología) para generar energía del viento provoca efectos negativos en la vegetación
Perc. En precio	Consideraciones de los habitantes de San Nicolás sobre el precio del consumo de energía basada en el viento.
Perc. sobre obstáculos para el desarrollo de ER	Apreciaciones de los habitantes de San Nicolás sobre principal obstáculo para el desarrollo de la energía renovable en Nicaragua
Actitud de apoyo al desarrollo de ER	Apoyo de los habitantes de San Nicolás a favor del desarrollo de energías renovables en Nicaragua

Se refleja la distribución de frecuencia de las categorías según escala Likert (tabla 3.3 en anexos 3).

La encuesta realizada a 868 familias en las comunidades del municipio de San Nicolás ha permitido conocer la percepción que tienen los pobladores sobre energías renovables. El 59 % perciben que las energías renovables respetan el medio ambiente, el 62 % piensan que las energías renovables traen beneficios socio económicos al municipio, el 87 % opinan que trae beneficios en la comunicación, el 79 % manifiestan que la instalación de un proyecto que aproveche el viento de San Nicolás para producir energía conllevaría beneficios en la educación como la mejora en el rendimiento académico de los estudiantes y el 77 % perciben que se dedicaría más a tiempo al estudio. En la opinión de los habitantes que no cuentan con energía eléctrica, la energía a partir del viento (eólica) es una oportunidad para tener los servicios de electricidad. Los pobladores de San Nicolás en un 50 %, consideran el precio del consumo de

energía basada en el viento es más barata que la producida por petróleo y el 46 % manifiestan que no saben al respecto. El 37 % perciben que la instalación de aparatos (tecnología) para generar energía del viento provoca efectos negativos en la vegetación y el 53.5 % no saben si provoca efectos negativos a la vegetación. El 77 % de los habitantes de San Nicolás manifiestan su apoyo a favor del desarrollo de energías renovables en Nicaragua (figura 16).

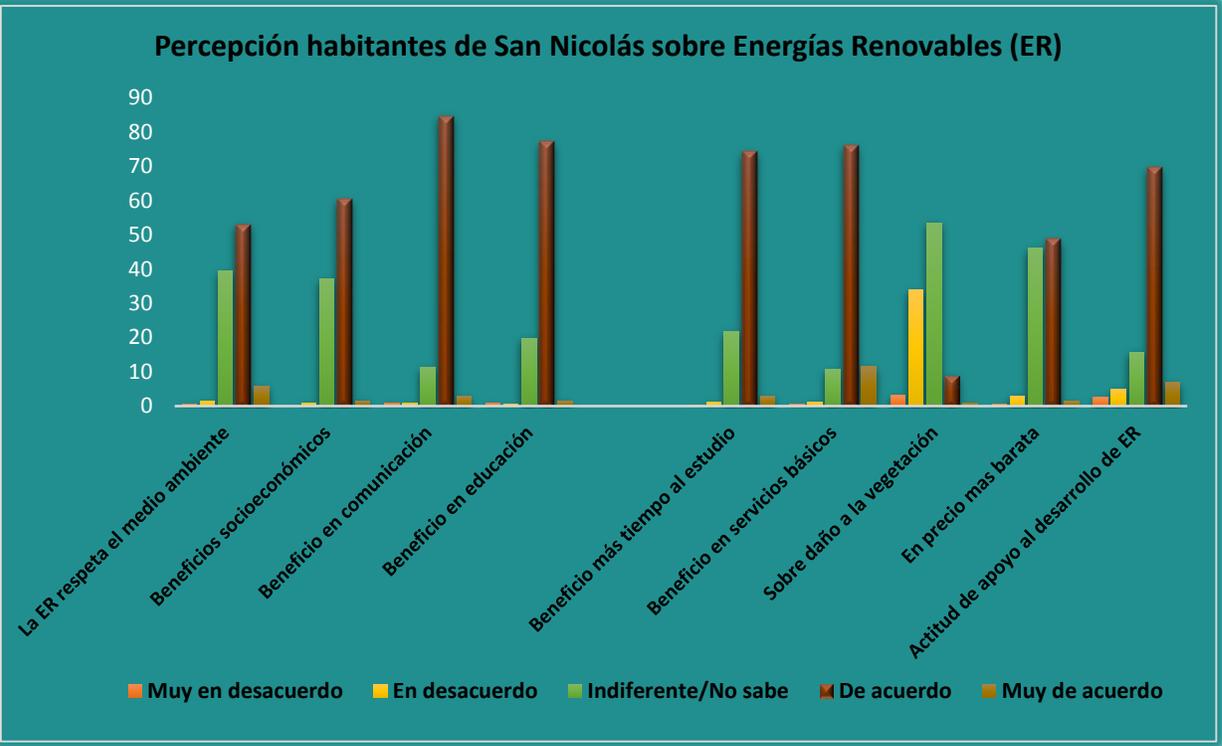


Figura 16. Percepción sobre energías renovables. Municipio de San Nicolás.

Principal obstáculo para el desarrollo de las energías renovables

Según la encuesta realizada en 868 familias de 30 comunidades de San Nicolás se logró conocer la opinión sobre el principal obstáculo para el desarrollo de la energía renovable en Nicaragua. El 38.36 % mencionaron que el principal obstáculo es financiero y el 32.14 % opinaron que es institucional y regulatorio, el 12.9 % indicaron que es debido a la falta de preparación de los recursos humanos especializados, 9.68 % refirieron a aspectos tecnológicos y el 6.91 % a factores sociales en las comunidades (figura 17).

Principal obstáculo para el desarrollo de la energía renovable en Nicaragua

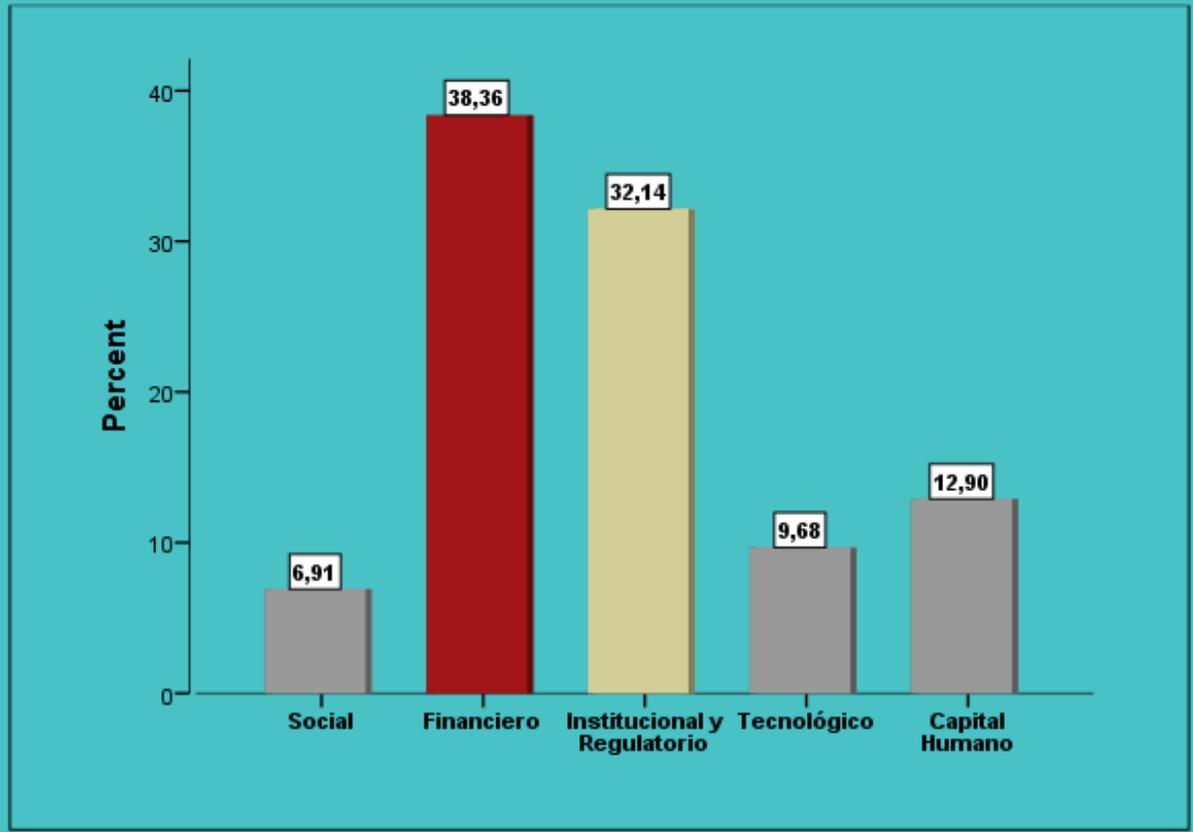


Figura 17. Principal obstáculo para el desarrollo de la energía renovable en Nicaragua.

Se aplicó la prueba de correlación de Kendall, realizada entre las variables nivel educativo y variables relacionadas a la percepción sobre energías renovables demostrando significancia en todos los casos, excepto en un caso (tabla 19).

Tabla 19. Correlación de Kendall. Nivel educativo y Percepción sobre energías renovables

Relación	Valor	P	Interpretación
Nivel educativo * Nivel de conocimiento sobre energías renovables	0.200	0.000 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre el nivel educativo y el nivel de conocimiento sobre energías renovables
Nivel educativo * Electricidad procedente de energías renovables, es respetuosa con el medioambiente	0.125	0.000 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre el nivel educativo y la electricidad procedente de energía renovable es respetuosa con el medio ambiente
Nivel educativo * El uso de energías renovables tiene beneficios socioeconómicos para la comunidad	0.125	0.000 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre el nivel educativo y el uso de energías renovables trae beneficios socioeconómicos sobre la comunidad
Nivel educativo * Tener energía eléctrica permite estar más informado	0.088	0.000 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre el nivel educativo y el acceso a energía eléctrica permite estar más informado
Nivel educativo (variable nominal codificada) * Estar a favor del desarrollo de energías renovables en Nicaragua	0.106	0.000 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre el nivel educativo y el estar a favor de del desarrollo de las energías renovables en Nicaragua
Nivel educativo * El principal obstáculo para el desarrollo de la energía renovable en Nicaragua		0.246 ns	Se demostró que NO existe relación entre el nivel educativo y el principal obstáculo para el desarrollo de la energía renovable en Nicaragua
Nivel educativo * La instalación de un eólico en San Nicolás trae mejora en el rendimiento académico de los estudiantes	0.064	0.000 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre el nivel educativo y proyecto eólico en San Nicolás traiga mejora en el rendimiento académico
Nivel educativo * Poseer energía eléctrica en la comunidad permite dedicar más tiempo al estudio	0.064	0.001 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre el nivel educativo y el poseer energía eléctrica en la comunidad permite dedicar más tiempo al estudio
Nivel educativo * Para las comunidades sin acceso a energía eléctrica, la energía eólica es una oportunidad para tener los servicios de electricidad	0.085	0.000 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre el nivel educativo y la energía eólica es una oportunidad para tener los servicios de electricidad
Nivel educativo * La Instalación de tecnología eólica provoca efectos negativos en la vegetación	-0.080	0.001 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre el nivel educativo y la Instalación de tecnología para generar energía eólica provoca efectos negativos en la vegetación
Nivel educativo * El consumo de energía eólica es barata	0.050	0.035 *	Se demostró que si existe una correlación significativa entre el nivel educativo y el consumo de energía eólica es barata

Se aplicó la prueba de correlación de Kendall, realizada entre las variables comunidad donde vive y variables relacionadas a la percepción sobre energías renovables demostrando la existencia de correlación para ciertas percepciones (tabla 20).

Tabla 20. Correlación de Kendall. Comunidades y Percepción sobre energías renovables

Relación	P	Interpretación
Comunidad donde vive * (perp1) Nivel de conocimiento sobre las energías renovables	0.029 *	Se demostró que si existe una correlación significativa entre la comunidad donde vive y el nivel de conocimiento sobre energías renovables.
Comunidad donde vive * (perp2) Electricidad procedente de energías renovables, es respetuosa con el medioambiente	0.005 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre la comunidad donde vive y la electricidad procedente de energía renovable es respetuosa con el medio ambiente
Comunidad donde vive * (perp3) El uso de energías renovables tiene beneficios socioeconómicos para la comunidad	0.006 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre la comunidad donde vive y el uso de energías renovables trae beneficios socioeconómicos sobre la comunidad
Comunidad donde vive * (perp4) Tener energía eléctrica permite estar más informado	0.358 ns	Se demostró que NO existe correlación entre la comunidad donde vive y el acceso a energía eléctrica permite estar más informado
Comunidad donde vive * (perp5) Estar a favor del desarrollo de energías renovables en Nicaragua	0.665 ns	Se demostró que NO existe una correlación entre la comunidad donde vive y el estar a favor de del desarrollo de las energías renovables en Nicaragua
Comunidad donde vive * (perp6) El principal obstáculo para el desarrollo de la energía renovable en Nicaragua	0.010 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre la comunidad donde vive y proyecto eólico en San Nicolás traiga mejora en el rendimiento académico
Comunidad donde vive * (perp7) La instalación de un eólico en San Nicolás trae mejora en el rendimiento académico de los estudiantes	0.912 ns	Se demostró que NO existe una correlación entre la comunidad donde vive y la instalación de un eólico en San Nicolás trae mejora en el rendimiento académico de los estudiantes
Comunidad donde vive * (perp8) Poseer energía eléctrica en la comunidad permite dedicar más tiempo al estudio	0.130 ns	Se demostró que NO existe una correlación entre la comunidad donde vive y el poseer energía eléctrica en la comunidad permite dedicar más tiempo al estudio
Comunidad donde vive * (perp9) Para las comunidades sin acceso a energía eléctrica, la energía eólica es una oportunidad para tener los servicios de electricidad	0.044 *	Se demostró que si existe una correlación significativa entre la comunidad donde vive y la energía eólica es una oportunidad para tener los servicios de electricidad
Comunidad donde vive * La Instalación de tecnología eólica provoca efectos negativos en la vegetación	0.004 **	Se demostró que si existe una correlación significativa entre la comunidad donde vive y la Instalación de tecnología para generar energía eólica provoca efectos negativos en la vegetación
Comunidad/barrio donde vive * El consumo de energía eólica es barata	0.985 ns	Se demostró que NO existe una correlación entre la comunidad donde vive y el consumo de energía eólica es barata

Potencial del viento según los pobladores de San Nicolás

Se abordó la opinión de los pobladores de San Nicolás sobre el potencial del viento para producir energía eléctrica, mediante entrevista a 5 pobladores entre los cuales 3 son docentes de

diferentes comunidades, 1 escultor y 1 productor y grupo focal a 11 actores de la comunidad; 2 son dirigentes, 6 de instituciones públicas, 2 líderes juveniles y 1 estudiante universitaria.

Expresaron la existencia de viento fuerte que puede ser aprovechado: “[...] porque yo pienso que **este recurso que tenemos nadie lo utiliza**; pero si llega, la oportunidad de que le saquemos algo. Siento que de ahí vamos a **sacar provecho para ayudar a las comunidades [...]** (P1GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018), “[...] pero **sí, hay lugares donde ventila bastante el viento, un corredor en toda esta parte alta**, que siempre está el viento [...] Pero yo creo que es una fuente que está sub explotada, **no se le ha sacado el máximo provecho** (P11GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018), “mi punto de vista de la experiencia que yo tengo. **San Nicolás tiene un potencial** para desarrollar ese tipo de proyecto, **pero no en todo el municipio** (P5GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “Sí, creo que el viento se puede aprovechar para producir energía porque **siempre hay** (PE3, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”.

Mencionaron los meses de mayor viento: “El viento en esta zona **sopla fuerte**, durante diciembre, enero y febrero (PE3, comunicación personal, 3 de marzo de 2018)”, “como habitante de aquí **conocemos de que los meses de noviembre y diciembre hace unos vientos fuertes y es un viento casi permanente [...]** (P2GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “De acuerdo a los periodos de tiempo los **meses más fuertes son noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo** casi hasta abril, pero en esa zona se mantiene un poquito (P5GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

Identificaron los sitios con vientos fuertes “[...] **el punto más alto es** donde yo por lógica puedo decir es donde **sopla más el viento** y donde puede existir **mayor potencial** (P2GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018) “; “Estos lugares son lo que mencionábamos en el **Barro, Hato Viejo, Rodeo grande, Quebrada de Agua, La Garnacha** (P5GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018) “;” Toda esta franja del **Portillo** es donde constantemente está el viento (P11GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

9.2 Potencial de Recursos Energéticos, en función de los Parámetros del Recurso Viento en el Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí

9.2.1 Análisis del Comportamiento de los Parámetros Eólicos en el Municipio de San Nicolás

Las mediciones se realizaron en dos sitios del municipio de San Nicolás: San José de La Laguna y El Sesteo, mediante dos estaciones anemométricas, situadas a 10 m de altura. Las mediciones se realizaron durante 40 meses, de abril a diciembre 2012, 2013, 2014, diciembre 2017, enero a julio 2018. Se recopilaban datos sobre variables como temperatura, velocidad del viento, dirección del viento, presión atmosférica, humedad relativa cada 10 minutos.

9.2.1.1 Serie Temporales de Temperatura 2012-2014, 2017-2018

Durante el período de medición, se registraron 236,903 datos de temperatura, con valores mínimos de 9.25 ° C y valores máximos de 41.75 ° C. La velocidad media es 19.54 ° C (tabla 21).

Tabla 21. Medidas resumen variable temperatura

Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.	Mediana
Temperatura	236903	19,54	4,08	9,25	41,75	18,50

Se registraron las temperaturas más altas durante los meses de marzo, abril y mayo (20.23, 21.74, 20.70 ° C) y las más bajas durante los meses noviembre, diciembre y enero (18.53, 18.27, 18.59 ° C) (figura 18).

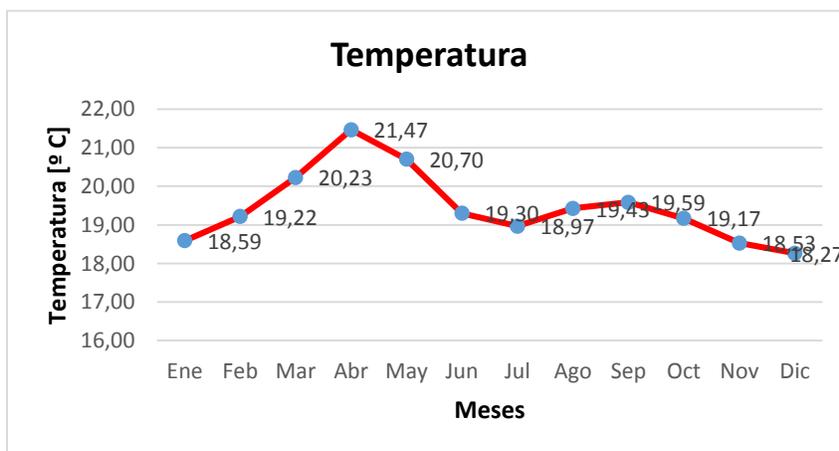


Figura 18. Temperatura del municipio de San Nicolás. 2012-2014, 2017-2018.

9.2.1.2 Serie Temporales de Humedad Relativa 2017-2018

La humedad relativa media obtenida durante el período de medición es de 63.71 % con mínimos de 22 % y máximo de 94 % (tabla 22).

Tabla 22. Medidas resumen variable humedad relativa

Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.
Humedad	34938	63,71	15,44	22,00	94,00

La humedad relativa obtuvo valores en el periodo de medición, desde 51.16 % en los meses de mayo, hasta 80.92 % en los meses de octubre del periodo de medición. Las humedades relativas altas se obtuvieron para los meses agosto, septiembre y octubre y las más bajas para los meses abril, mayo y julio (figura 19).

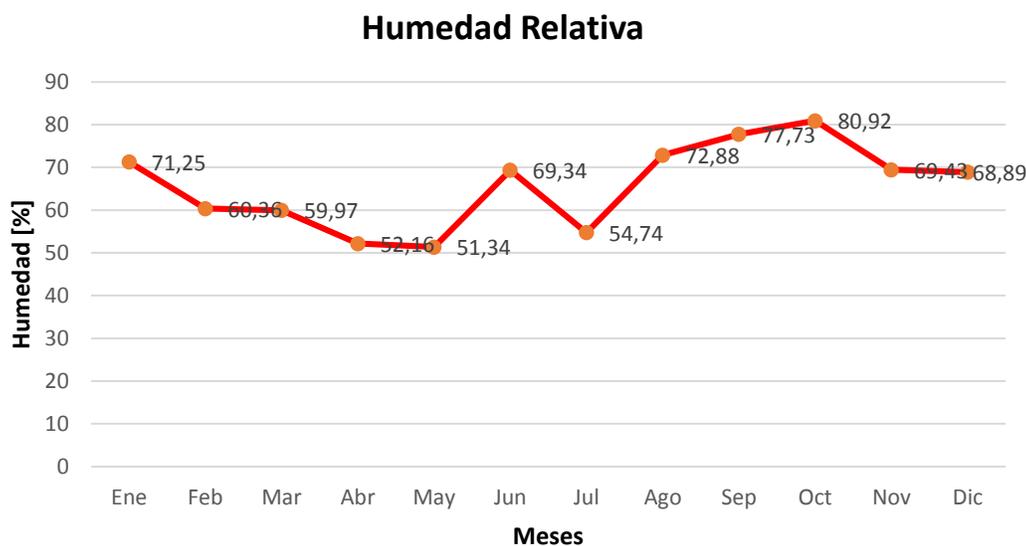


Figura 19. Humedad relativa municipio de San Nicolás período 2017-2018.

9.2.1.3 Serie temporales de Presión Absoluta 2017-2018

En el período 2017-2018 en el municipio de San Nicolás, para la variable presión absoluta, se obtuvieron datos desde el valor mínimo 861.20 hPa, hasta valores máximo de 918.90 hPa. La media de la presión absoluta obtenida es de 863.03 hPa, con una desviación estándar de 1,94 (tabla 23).

Tabla 23. Medidas resumen variable presión absoluta

Variable	n	Media	D.E.	Mín	Max	Mediana
Presión Absoluta [hPa]	34944	863,03	1,94	861,20	918,90	862,60

En el municipio de San Nicolás, se obtuvieron datos de presión absoluta, indicando los meses de enero a mayo con valores de menor presión absoluta y los meses de junio a diciembre con mayor presión absoluta (figura 20).

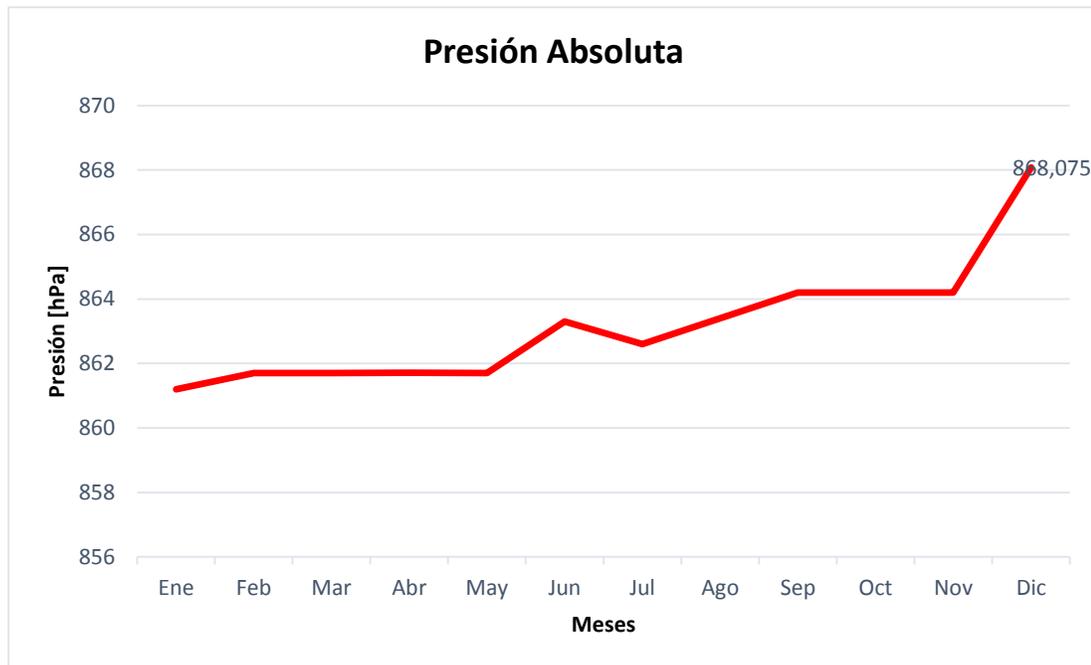


Figura 20. Presión absoluta en el municipio de San Nicolás período 2017-2018.

9.2.1.4 Velocidad del viento

La velocidad del viento medida en San José de La Laguna y El Sesteo a 10 m de altura, presenta una media de 11.19 m/s y una mediana de 10.89 m/s. Velocidades del viento mínimas de calma y máximas de 33 m/s (tabla 24).

Tabla 24. Medidas resumen variable velocidad del viento

Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín.	Máx.	Mediana	Kurtosis
Vel del Viento10m	236909	11,19	6,36	40,43	0,00	32,88	10,89	-0,73

Curva de frecuencia acumulada

Para determinar el potencial eólico existente en la zona de San Nicolás, se clasifican las velocidades registradas según la frecuencia con la que ocurrió cada una de ellas. La clasificación realizada a los datos se hace por intervalos, de manera que inicie en valores cuya velocidad este entre 0 m/s y 0.5 m/s, luego 0.5 m/s y 1.5 m/s, seguida por velocidades entre 1.5 m/s y 2.5 m/s; la clasificación continúa aumentando en 1 m/s hasta terminar. Esto es necesario para tener una mejor caracterización de los datos y determinar la frecuencia de los vientos óptimos para la generación de energía.

La siguiente tabla muestra los valores de intervalo y marca de categoría, horas de aparición, frecuencia de aparición, frecuencia relativa, frecuencia relativa acumulada, frecuencia acumulada complementaria, número de horas acumuladas en el período. El número de horas acumuladas (HA) se obtuvo multiplicando la frecuencia acumulada complementaria por el número de horas totales de la muestra. La frecuencia de datos en calma es del 3 % y la frecuencia de datos activos es del 97 % (tabla 3.4 en anexos 3).

La curva de frecuencia acumulada (figura 21) permitió determinar el porcentaje de apariciones de una velocidad determinada. Por ejemplo, la velocidad de 10 m/s apareció durante el estudio en un 50 % de veces. La velocidad media del viento (11.18 m/s) es menor o igual a un cierto valor de frecuencia, por ejemplo, en el presente caso, se observa que para un 45 % de los días se alcanzan velocidades menores a la

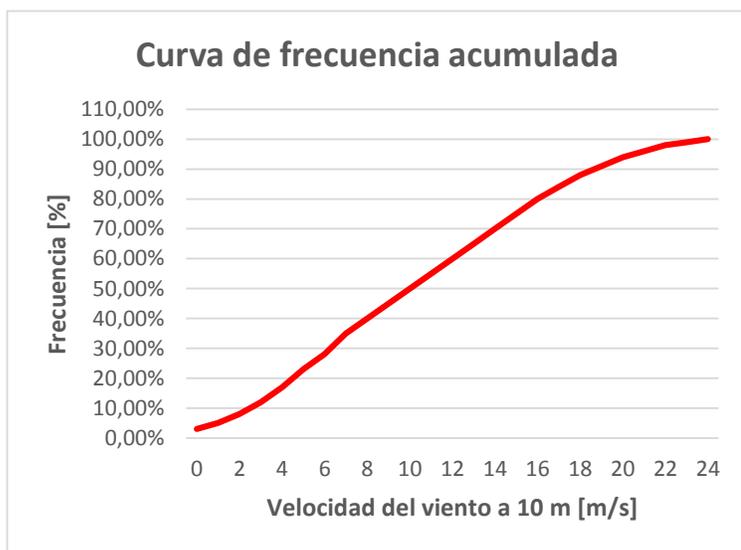


Figura 21. Frecuencia acumulada de 236909 registros de velocidades del viento.

velocidad media de 11.18 m/s, y que el 55 % de los días las velocidades medidas superan la velocidad media. La velocidad de 3 m/s se alcanza con una frecuencia del 12 %.

La frecuencia acumulada complementaria (figura 22), indicó como se van disminuyendo los porcentajes en cuanto se avanza en los intervalos de velocidad del viento. Se utiliza para saber cuánto falta aún de la distribución y para estimar la línea de regresión que nos facilitara el cálculo de los parámetros de forma y escala de la distribución de Weibull.

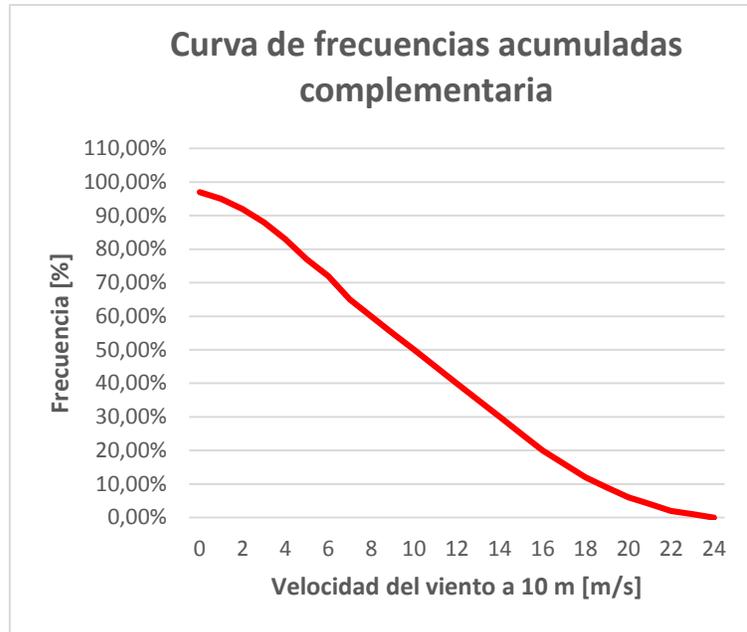


Figura 22. Frecuencia acumulada complementaria de 236,909 registros de velocidades.

Curva de duración de velocidades

La curva de duración de velocidades permitió conocer el tiempo en que la velocidad se mantiene superior a un cierto valor. Se observa que existen 1448 días con velocidades de viento equivalentes a 34,747 horas (88.0 %) superiores a la velocidad de 3 m/s, que es la velocidad de arranque del aerogenerador (figura 23).

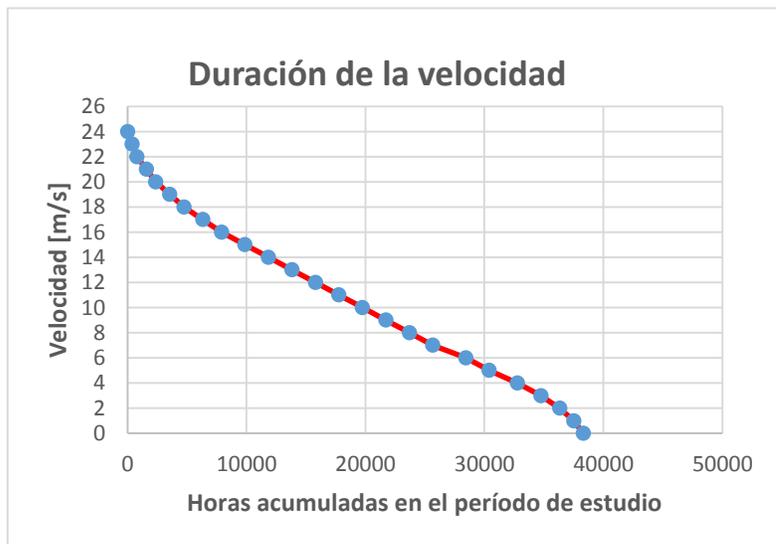


Figura 23. Curva de duración de velocidades durante el período de estudio.

9.2.1.5 Series Temporales de Velocidad y Dirección del Viento durante el período de mediciones

Distribución de frecuencias de velocidad del viento

Las mediciones han permitido determinar la cantidad de horas que ha permanecido el viento a determinada velocidad. Se observa en el histograma de distribución de frecuencias de las velocidades de viento, que destacan 1,817 horas en velocidades de 12 a 13 m/s. Se registraron 1037 horas de calma y las velocidades de viento entre 4 m/s y 20 m/s presentaron más de 1000 para cada categoría (figura 24).

Wind m/s	Hours
0-1	1037,67
1-2	680,83
2-3	828,33
3-4	955,67
4-5	1095,33
5-6	1177
6-7	1315,33
7-8	1447,67
8-9	1431,17
9-10	1441,83
10-11	1522
11-12	1704,33
12-13	1817,67
13-14	1701,67
14-15	1676,83
15-16	1607,33
16-17	1521,83
17-18	1361,83
18-19	1222,33
19-20	1057,5
20-21	917,33
21-22	754,67
22-23	593,67
23-24	396,17
24 +	272,17

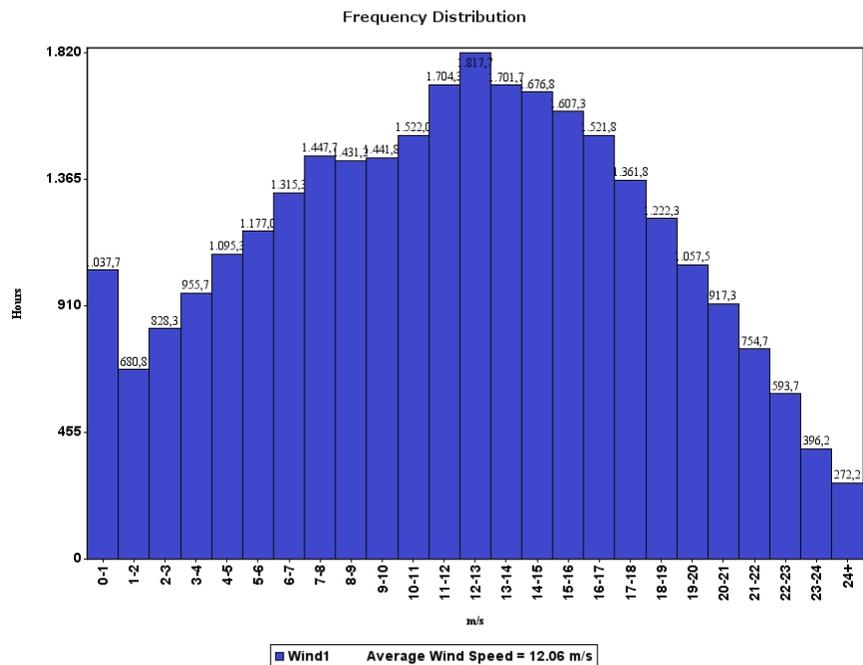


Figura 24. Distribución de frecuencias velocidad del viento en horas acumuladas, durante el período de estudio.

9.2.1.6 Distribución Diurna (día y noche) de la Velocidad del Viento

Las mediciones realizadas durante los 40 meses permitieron conocer la distribución diurna de la velocidad del viento en el municipio de San Nicolás. El viento sopla más fuerte durante el día hasta 13.8 m/s y baja por la noche hasta 11.3 m/s (figura 25).

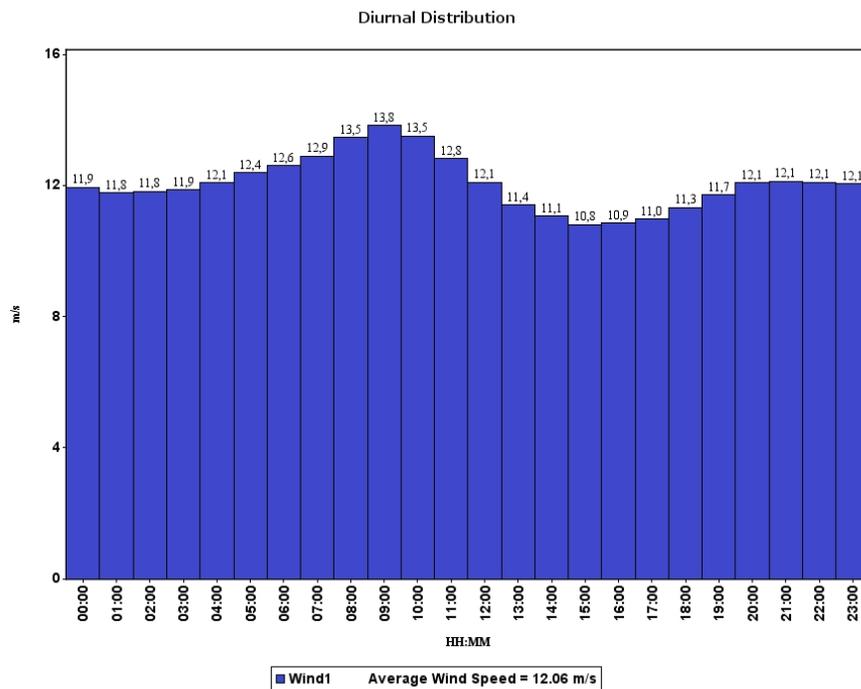


Tabla 25 Velocidad día/noche

Hours	Wind [m/s]
0:00:00	11,94
1:00:00	11,78
2:00:00	11,81
3:00:00	11,86
4:00:00	12,07
5:00:00	12,39
6:00:00	12,61
7:00:00	12,9
8:00:00	13,46
9:00:00	13,83
10:00:00	13,51
11:00:00	12,82
12:00:00	12,1
13:00:00	11,4
14:00:00	11,06
15:00:00	10,81
16:00:00	10,85
17:00:00	10,97
18:00:00	11,32
19:00:00	11,72
20:00:00	12,08
21:00:00	12,12
22:00:00	12,1
23:00:00	12,05

Figura 25. Distribución diurna de la velocidad del viento, durante el período de estudio.

Se obtuvieron velocidades de viento durante la noche de 11.32 m/s desde las 6 de la tarde, hasta 12.39 m/s a las 5 am. Durante el día aparecieron velocidades de viento de 12.61 m/s desde las 6 am hasta 10.97 m/s a las 5 pm (tabla 25).

9.2.1.7 Series temporales de velocidad anual

De abril a diciembre del 2012, se obtuvieron velocidades promedio de 10.15 m/s. Las velocidades entre 7 y 9 m/s, alcanzaron mayor cantidad de horas con 398. Las horas de calma (0-1 m/s) fueron 277 (figura 26).

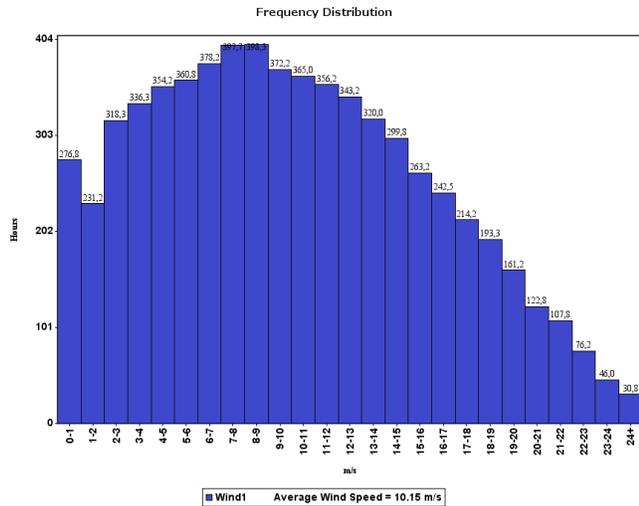


Figura 26. Distribución de frecuencia velocidad del viento, durante el período 2012.

En el año 2013 el promedio de velocidad del viento fue de 11.6 m/s. las velocidades mayores se produjeron en el intervalo 11-12 m/s, durante 509 horas. En este año se registraron 440 horas de calma (figura 27).

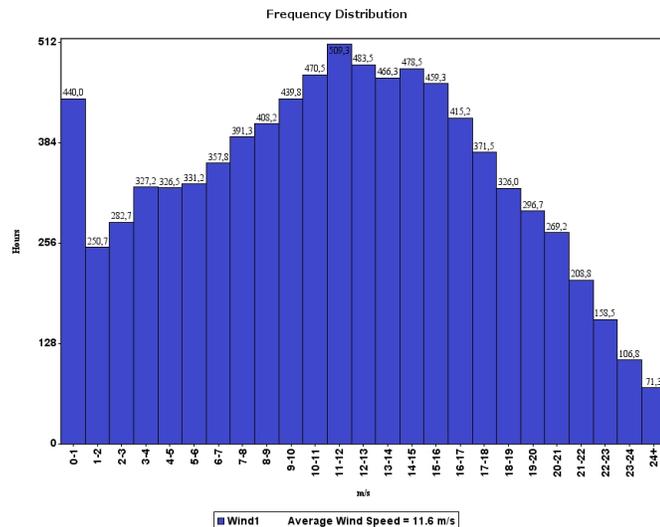


Figura 27. Distribución de frecuencia velocidad del viento, período 2013.

En el año 2014 se registraron velocidades promedio de 12.95 m/s. las mayores velocidades se alcanzaron en el intervalo de 14 a 15 m/s, alcanzand 590 horas. Las horas de calma registradas fueron 209 (figura 28).

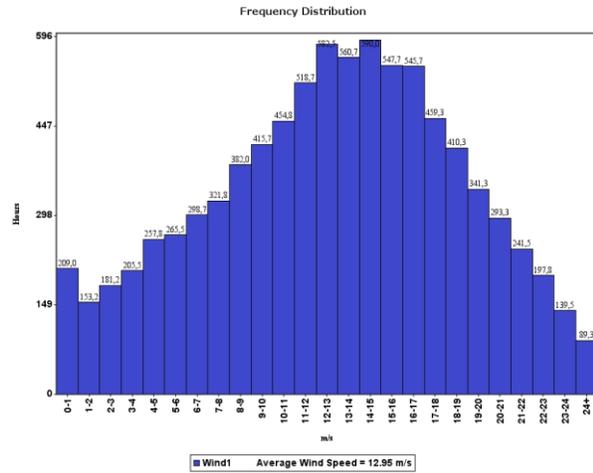


Figura 28. Distribución de frecuencia velocidad del viento, período 2014.

En el 2017, se midió para el mes de diciembre velocidad media de 14.88 m/s. Las mayores velocidades alcanzadas fueron en el rango de 16 a 17 m/s durante 65.7 horas. En este mes se registraron 10 horas de calma (figura 29).

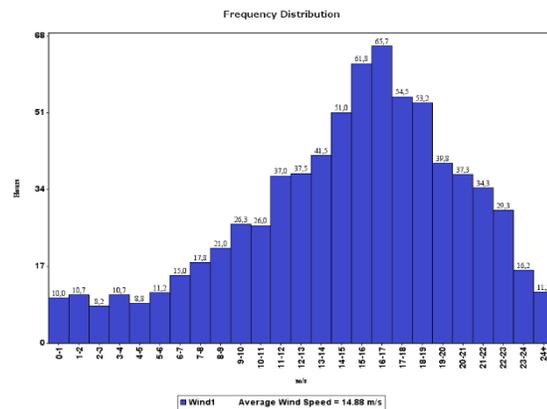


Figura 29. Distribución de frecuencia velocidad del viento, período 2017.

De enero a julio 2018 la media de la velocidad del viento es de 13.35 m/s, alcanzando durante 371 horas velocidades de 12 a 13 m/s. También se registraron 119 horas para velocidades de 6 a 7 m/s. Se registraron 102 horas de calma en este período (figura 30).

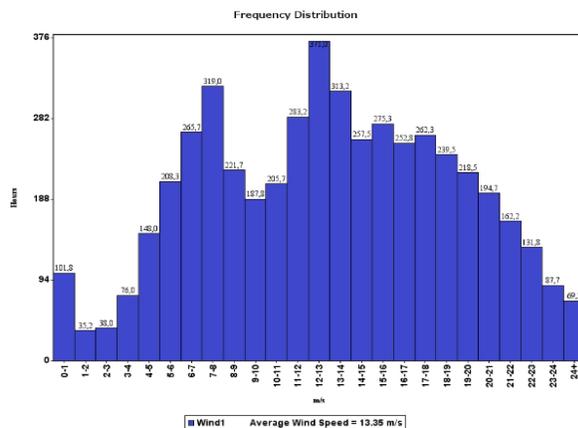


Figura 30. Distribución de frecuencia velocidad del viento, período 2018.

9.2.1.8 Series Temporales de Velocidad del Viento Mensual

La gráfica de la velocidad de viento representa, un mes en particular durante un período desde el 2012, 2013, 2014, 2017 y 2018. El mes que presenta mayor velocidad es julio con 16.7 m/s y el mes con menor velocidad octubre con 7.5 m/s.

En todos los meses hay presencia de calma siendo menor en los meses de la estación seca como enero, febrero, julio, agosto y los meses con más horas de calma corresponden a septiembre, octubre y noviembre meses de la estación lluviosa. En las gráficas de distribución diurna para todos los meses la velocidad del viento es mayor durante el día que durante la noche.

Mes Enero

Los meses de enero presentan velocidad media de 14.3 m/s. Indica la mayor cantidad de horas (154 horas) con velocidades de 12 a 13 m/s, le suceden velocidades de de 17 a 18 m/s con 151.5 horas. Se observan velocidades significativas desde el intervalo de 3 a 4 m/s (figura 31). Además durante los meses de enero, por el día se alcanzan velocidades de 15.5 m/s y se reducen hasta 13.7 m/s por la noche.

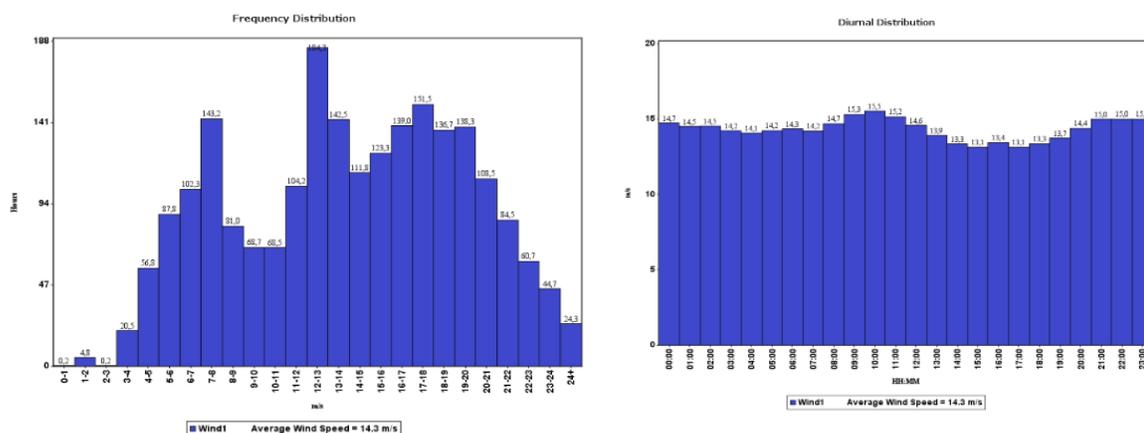


Figura 31. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses enero del período de medición.

Mes Febrero

Los meses de febrero presentan velocidad media del viento de 14.97 m/s. La mayor cantidad de horas (142 horas) la presenta para velocidades de 14 a 15 m/s. Presenta calma por 25.5 horas. Se observan velocidades de viento significativas a partir del intervalo de 4 a 5 m/s (figura 32). Además durante los meses de febrero, por el día se alcanzan velocidades de 16.4 m/s y se reducen hasta 13.1 m/s por la noche.

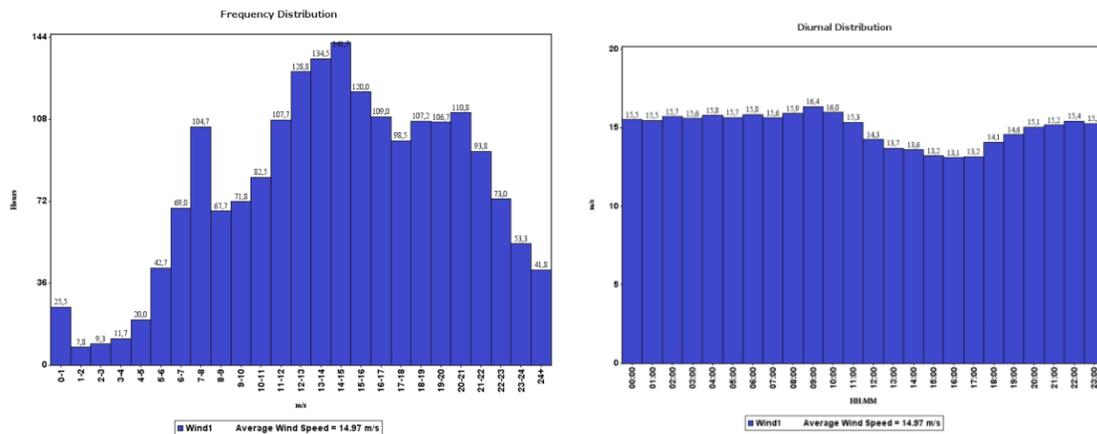


Figura 32. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses de febrero del período de medición.

Mes Marzo

Los meses de marzo presentan velocidad media del viento de 13.68 m/s. La mayor cantidad de horas (276 horas) la presenta para velocidades de 16 a 18 m/s. Presenta calma por 64.7 horas. Se observan velocidades de viento con horas significativas a partir del intervalo de 2 a 3 m/s (figura 33). También durante los meses de marzo, por el día se alcanzan velocidades de 15.6 m/s y se reducen hasta 13.0 m/s por la noche.

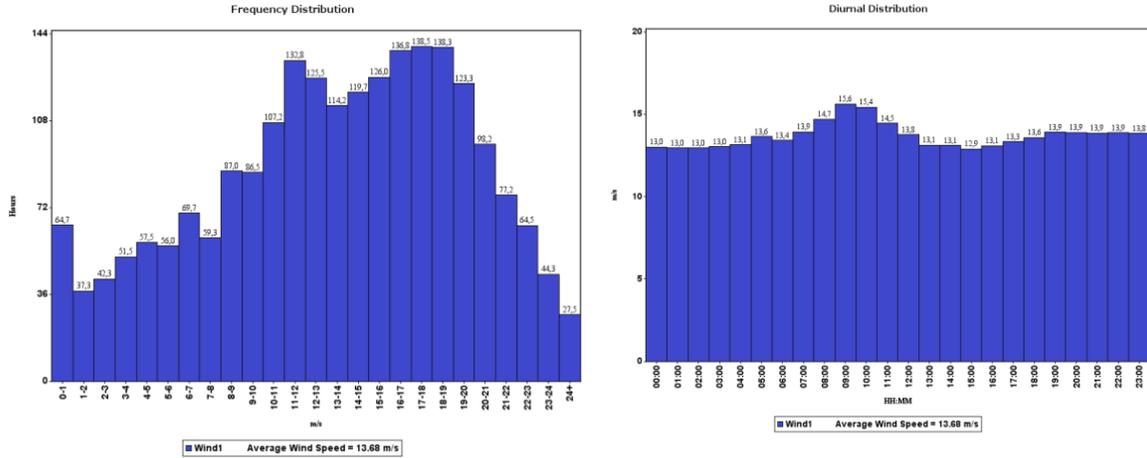


Figura 33. Distribución de frecuencia por hora y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses marzo del período de medición.

Mes Abril

Los meses de abril presentan velocidad media de 10.13 m/s. La mayor cantidad de horas (217 horas) la presenta para velocidades de 10 a 11 m/s. Presenta calma por 128 horas. Se observan velocidades de viento con horas significativas a partir del intervalo de 1 a 2 m/s (figura 34). Además durante los meses de abril, por el día se alcanzan velocidades de 11.9 m/s y se reducen hasta 8.9 m/s por la noche.

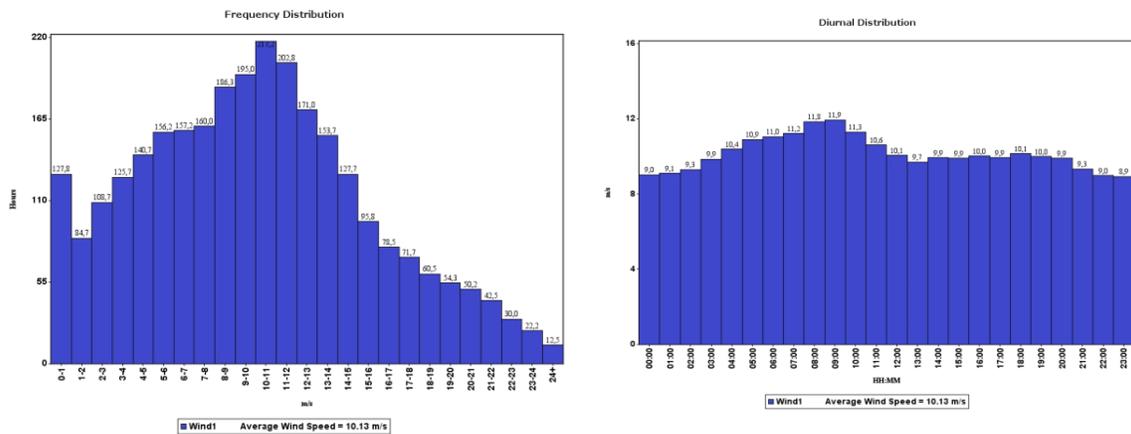


Figura 34. Distribución de frecuencia por hora y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses de abril del período de medición.

Mes Mayo

Los meses de mayo presentan velocidad media de 9.62 m/s. La mayor cantidad de horas (198.7 horas) la presenta para velocidades de 7 a 8 m/s. Presenta calma por 137 horas. Se observan velocidades de viento con horas significativas a partir del intervalo de 1 a 2 m/s (figura 35). Además durante los meses de mayo, por el día se alcanzan velocidades de 11.2 m/s y se reducen hasta 8.6 m/s por la noche.

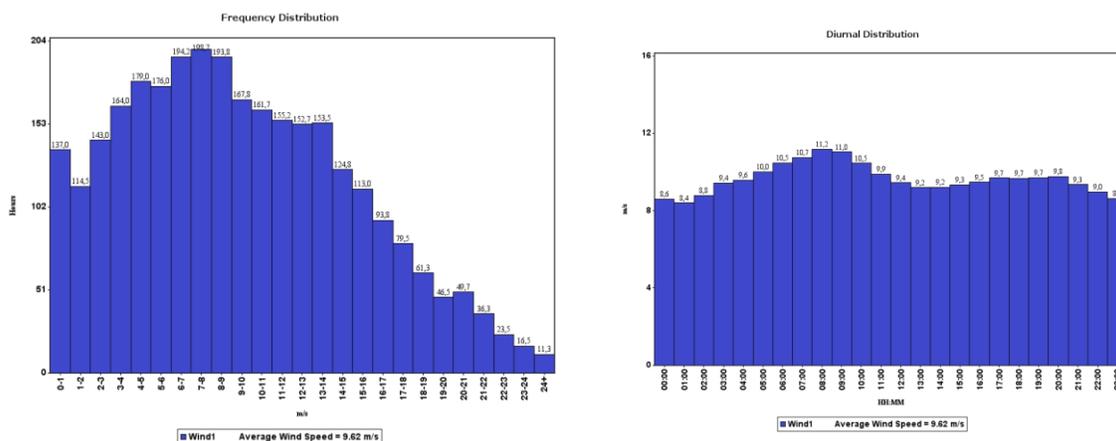


Figura 35. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses mayo del período de medición.

Mes Junio

Los meses de junio presentan, velocidad media del viento de 10.9 m/s. La mayor cantidad de horas (183.5 horas) la presenta para velocidades de 15 a 16 m/s. Presenta calma por 131.7 horas. Se observan velocidades de viento con horas significativas a partir del intervalo de 1 a 2 m/s (figura 36). También durante los meses de junio, por el día se alcanzan velocidades de 12.2 m/s y se reducen hasta 10.7 m/s por la noche.

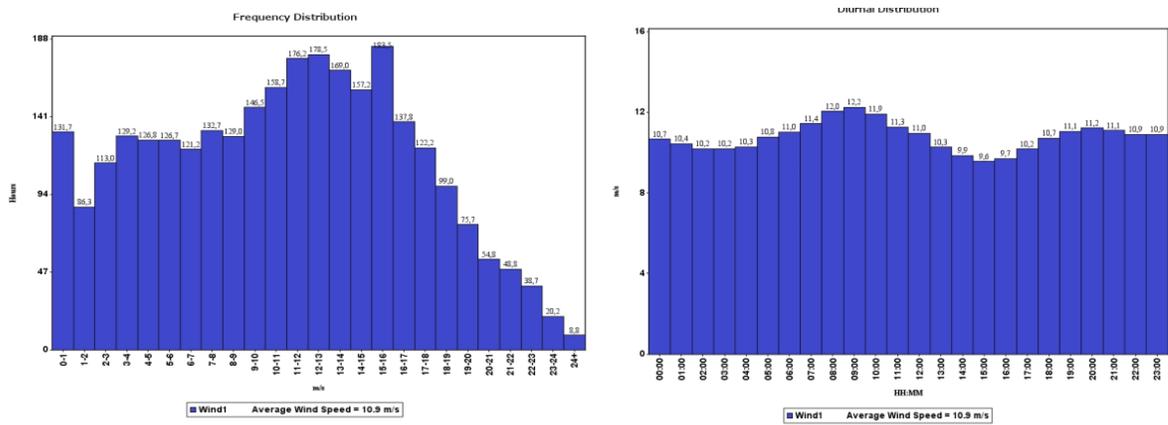


Figura 36. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses de junio del período de medición.

Mes Julio

Los meses de julio presentan velocidad media del viento de 16.7 m/s. La mayor cantidad de horas (508 horas) la presenta para velocidades de 16 a 18 m/s. Presenta pocas horas de calma por 27.5 horas. Se observan velocidades de viento con horas significativas a partir del intervalo de 5 a 6 m/s (figura 37). Además durante los meses de julio, por el día se alcanzan velocidades de 19 m/s y se reducen hasta 15.6 m/s por la noche.

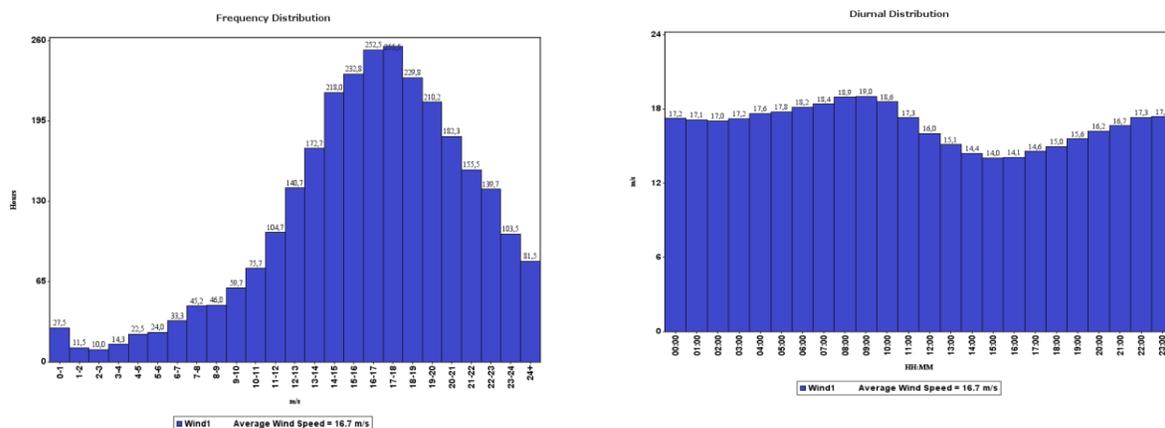


Figura 37. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses de julio del período de medición.

Mes Agosto

Los meses de agosto, presentan velocidad media del viento de 10.73 m/s. La mayor cantidad de horas (323.8 horas) la presenta para velocidades de 10 a 12 m/s. Presenta horas de calma por 65.2 horas. Se observan velocidades de viento con horas significativas a partir del intervalo de 2 a 3 m/s (figura 38). Además durante los meses de agosto, por el día se alcanzan velocidades de 13 m/s y se reducen hasta 10.2 m/s por la noche.

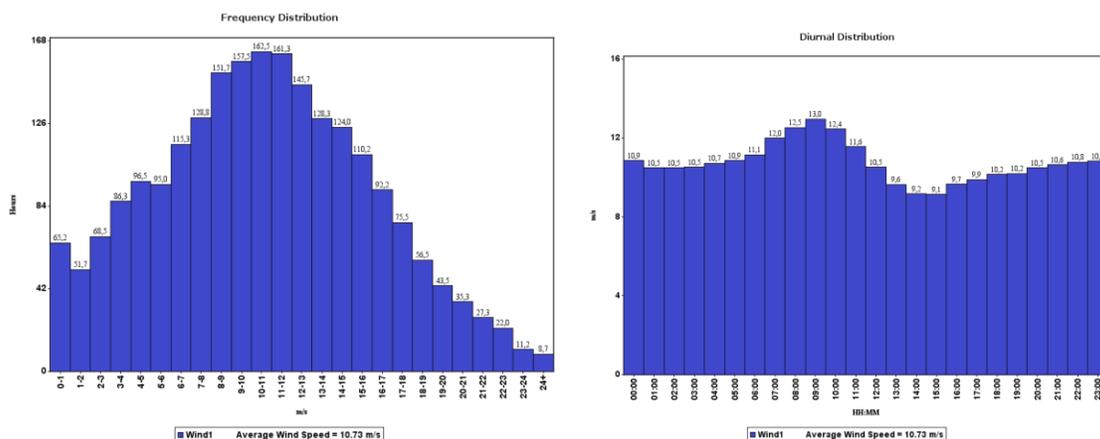


Figura 38. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses agosto del período de medición.

Mes Septiembre

Los meses de septiembre, presentan velocidad media del viento de 9.2 m/s. La mayor cantidad de horas (179.5 horas) la presenta para velocidades de 12 a 13 m/s. Presenta la mayor cantidad de horas de calma en relación a todos los meses por 170.3 horas. Se observan velocidades de viento con horas significativas a partir del intervalo de 1 a 2 m/s (figura 39). También durante los meses de septiembre, por el día se alcanzan velocidades de 11 m/s y se reducen hasta 8.9 m/s por la noche.

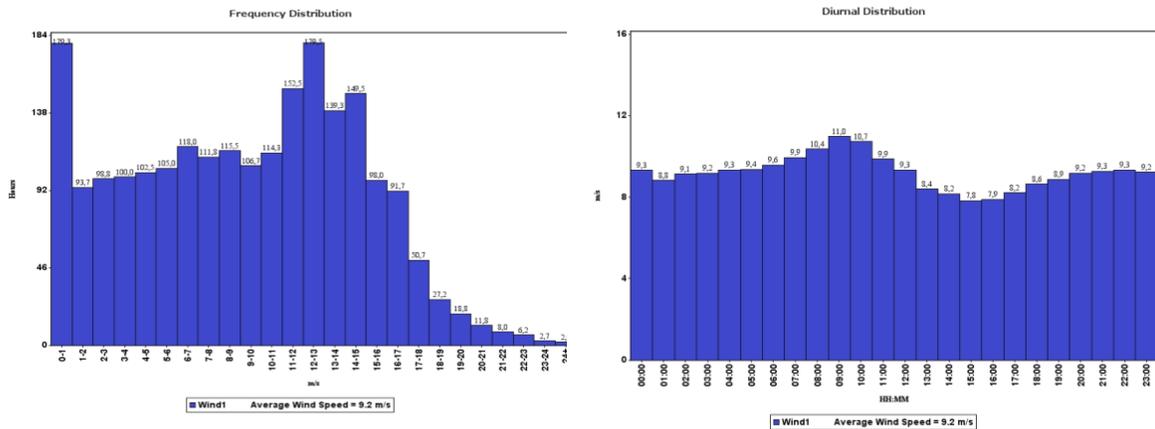


Figura 39. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses septiembre del período de medición.

Mes Octubre

Los meses de octubre presentan velocidad media de 7.35 m/s. La mayor cantidad de horas (182.5 horas) la presenta para velocidades de 4 a 5 m/s y le suceden 176.3 horas para 7 a 8 m/s. Presenta altas horas de calma con 166.8 horas. Se observan velocidades de viento con horas significativas a partir del intervalo de 1 a 2 m/s (figura 40). Durante los meses de octubre, por el día se alcanzan velocidades de 9.1 m/s y se reducen hasta 6.7 m/s por la noche.

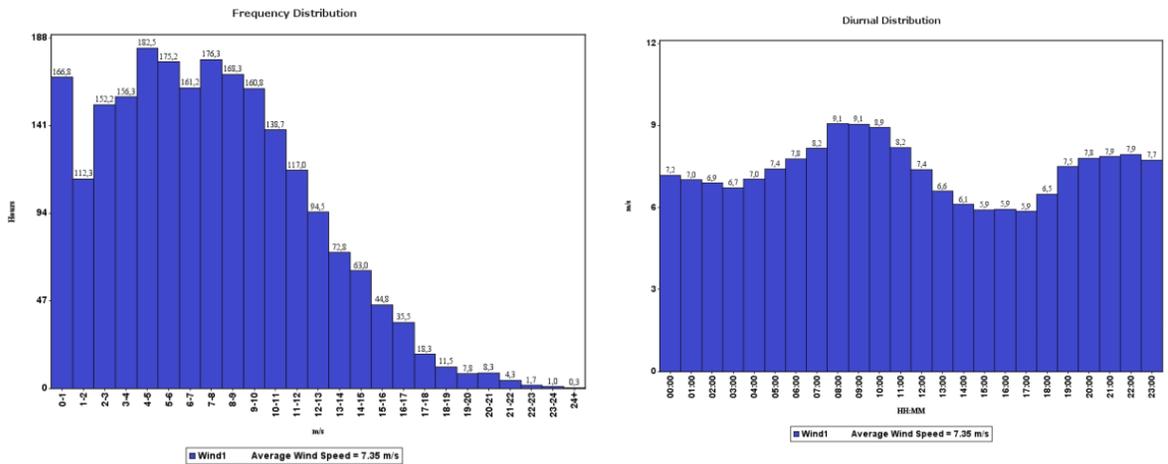


Figura 40. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses octubre del período de medición.

Mes Noviembre

Los meses de noviembre, presentan velocidad media del viento de 11.67 m/s. La mayor cantidad de horas (151.8 horas) la presenta para velocidades de 12 a 13 m/s. Presenta 85.3 horas de calma. Se observan velocidades de viento con horas significativas a partir del intervalo de 2 a 3 m/s (figura 41). Durante los meses de noviembre, por el día se alcanzan velocidades de 13.8 m/s y se reducen hasta 9.8 m/s por la noche.

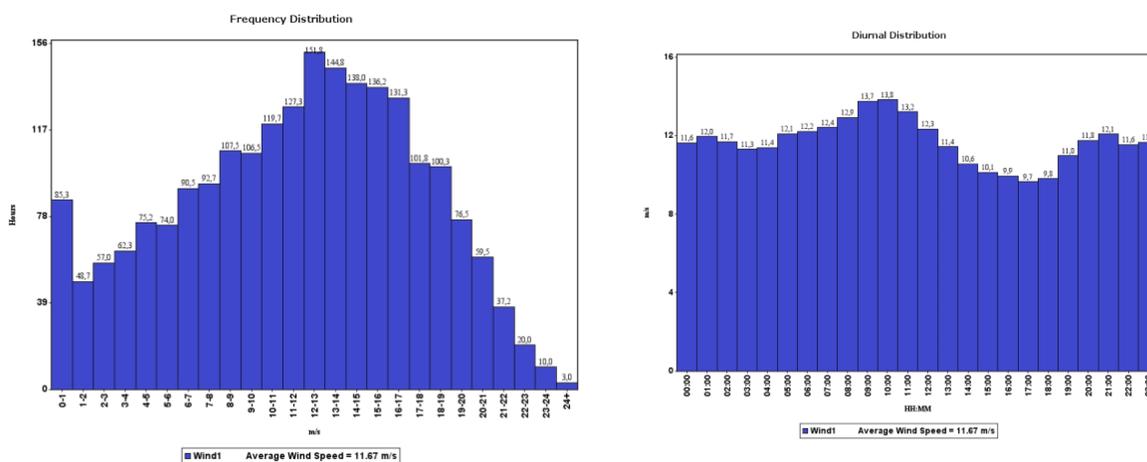


Figura 41. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses noviembre del período de medición.

Mes Diciembre

Los meses de diciembre presentan velocidad media del viento de 14.83 m/s. La mayor cantidad de horas (223.7 horas) la presenta para velocidades de 15 a 17 m/s. Presenta pocas horas de calma por 26.5 horas. Se observan velocidades de viento con horas significativas a partir del intervalo de 4 a 5 m/s (figura 42). Durante los meses de agosto, por el día se alcanzan velocidades de 16.5 m/s y se reducen hasta 13.5 m/s por la noche.

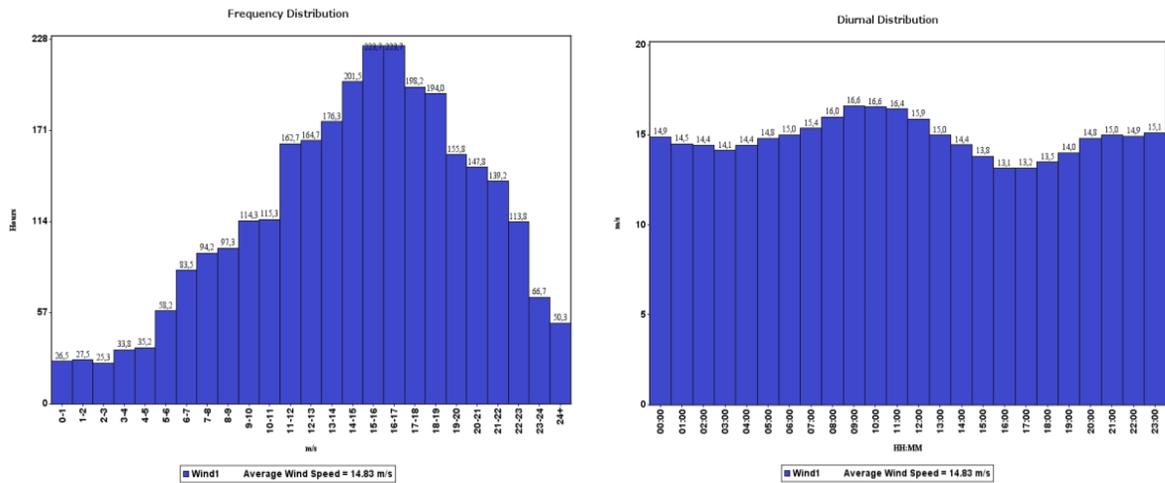


Figura 42. Distribución de frecuencia por horas y distribución diurna de la velocidad del viento, durante los meses diciembre, del período de medición.

9.2.1.9 Dirección del Viento Predominante 2012-2014, 2017-2018

Para el período de mediciones se observa que la dirección del viento prevaeciente es la proveniente del Este Noreste ENE (67. 50 °) con 927.98 horas reflejadas en la parte radial de la gráfica. En segundo lugar, se observa también que la dirección del viento es del NNW Norte Noroeste (337.50 °) durante 837.55 horas (figura 43).

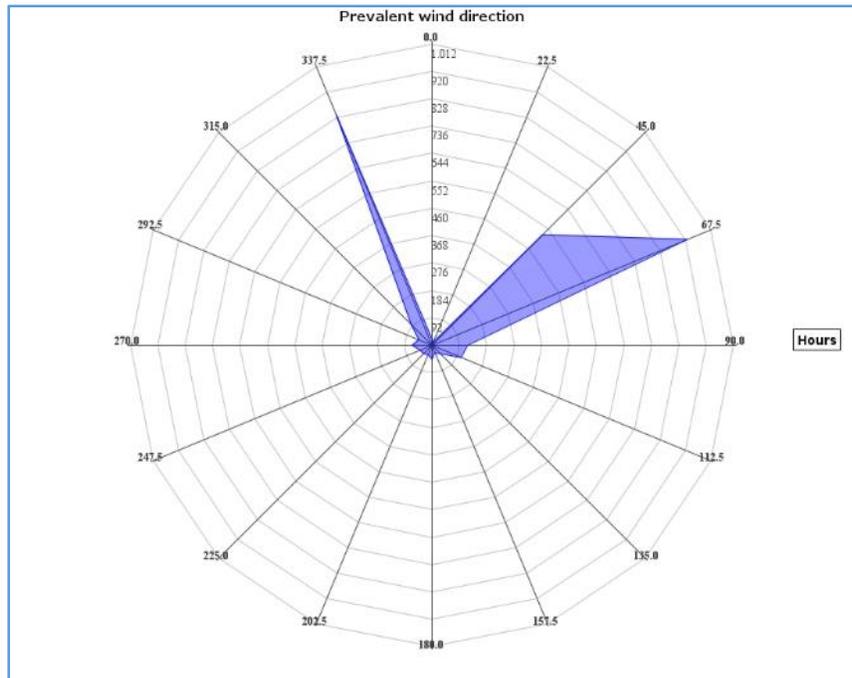


Figura 43. Dirección del viento predominante durante el periodo de medición por horas.

9.2.1.10 Dirección media de la velocidad del viento periodo 2012-2014, 2017-2018

En la rosa de los vientos de distribución de velocidad, obtenida con los datos durante el período de medición predominan los vientos del Noreste NE (45 °) - Este Noreste ENE (67.50 °), con velocidades de viento que alcanzan entre los 13.94 m/s y 14.04 m/s y del Norte Noroeste con velocidades que alcanzan 11.9 m/s (figura 44).

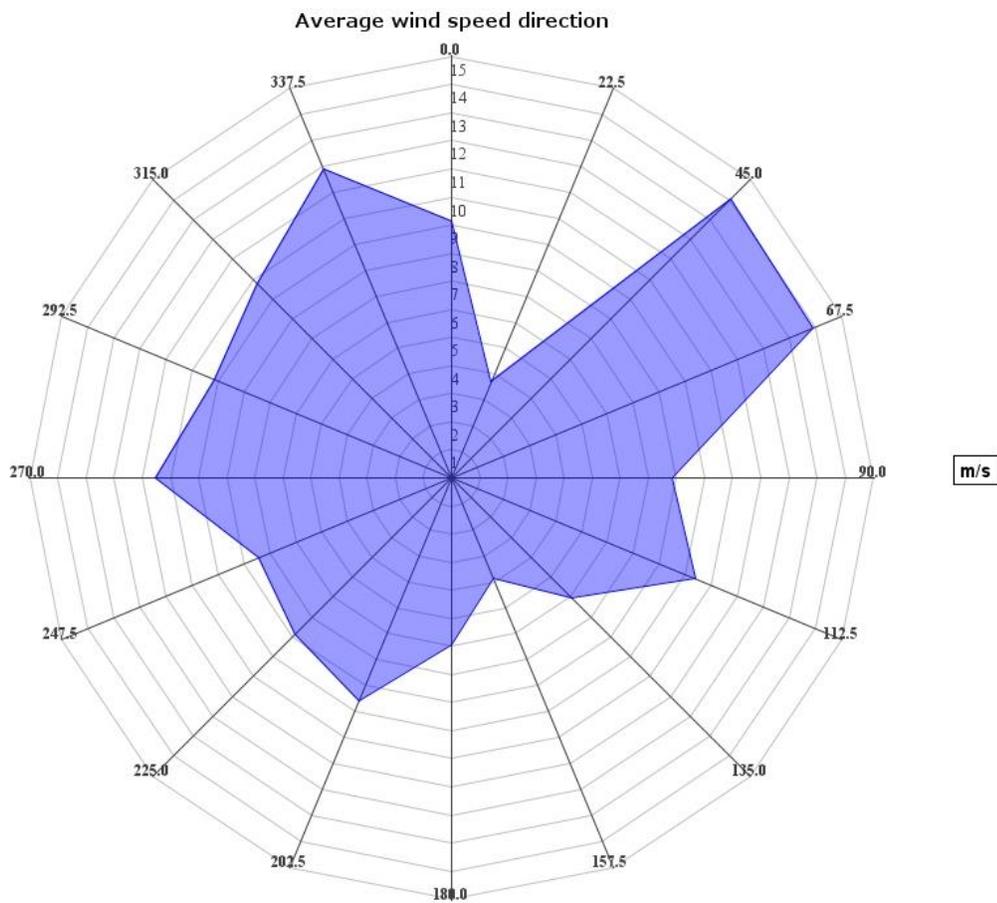


Figura 44. Dirección del viento predominante. En áreas radiales velocidad del viento. Periodo 2012-2014, 2017-2018.

9.2.1.11 Serie Temporal Dirección del Viento Anual 2013, 2014, 2018

De abril - diciembre del 2012 se observa una dirección del viento que prevalece del Este Noreste (ENE, 67.5 °), que se mantienen muy parecidas para el año 2013 y 2014. En el año 2018 prevalecen vientos del NW Nor Oeste (315 °). En todos los casos se observan también vientos predominantes del Norte noroeste (figura 45).

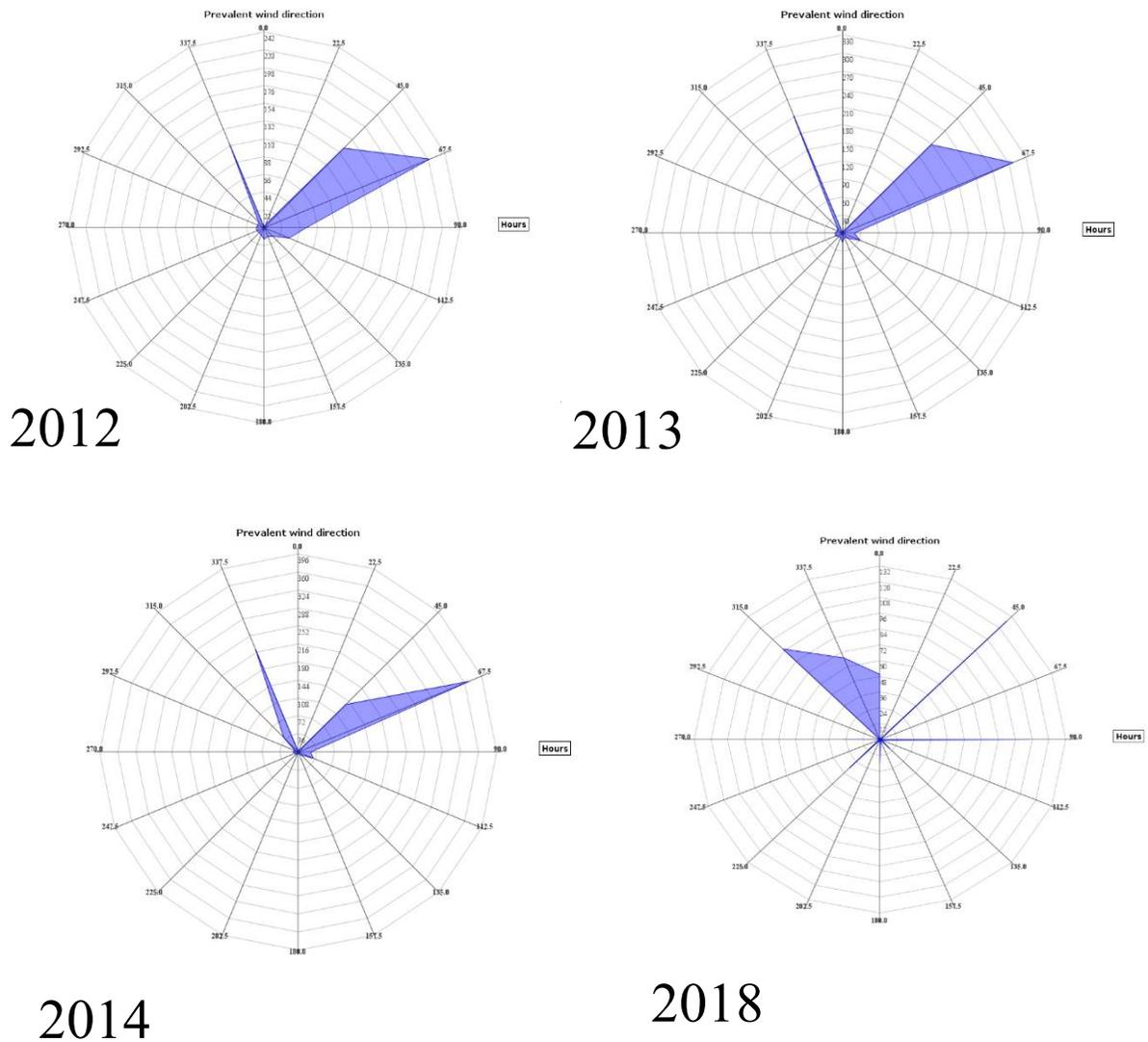


Figura 45. Dirección del viento anual predominante. 2012, 2013, 2014, 2018.

9.2.1.12 Series Temporales de Dirección del Viento Mensual

Mediante rosas de los vientos, se mostró la distribución de frecuencia para cada mes del período de medición.

Mes Enero

En la rosa de los vientos se observa que para el mes de enero predominan vientos del rumbo ENE Este Nordeste (67.50°) durante 77 horas y del rumbo NNW Norte noroeste durante 28 horas (figura 46). Además, para el rumbo ENE Este Nordeste (67.50°), se registraron velocidades de 17 m/s y velocidades de 15 m/s desde los 337.50° NNW.

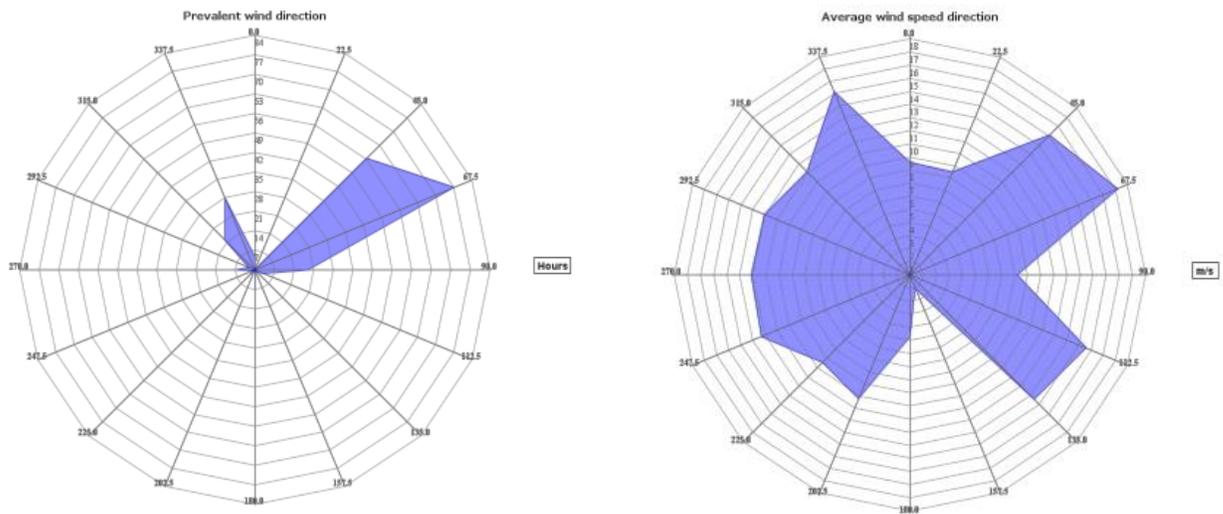


Figura 46. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes enero.

Mes Febrero

La rosa de los vientos proporciona para el mes de febrero vientos predominantes del rumbo NNW Norte Noroeste (337.50°) durante 82 horas y del rumbo ENE Este Nordeste 67.50° durante 52 horas. Para el rumbo NNW Norte Noroeste (337.5°), se registraron velocidades de 16.4 m/s y de 15 m/s desde los 67.50° ENE (figura 47).

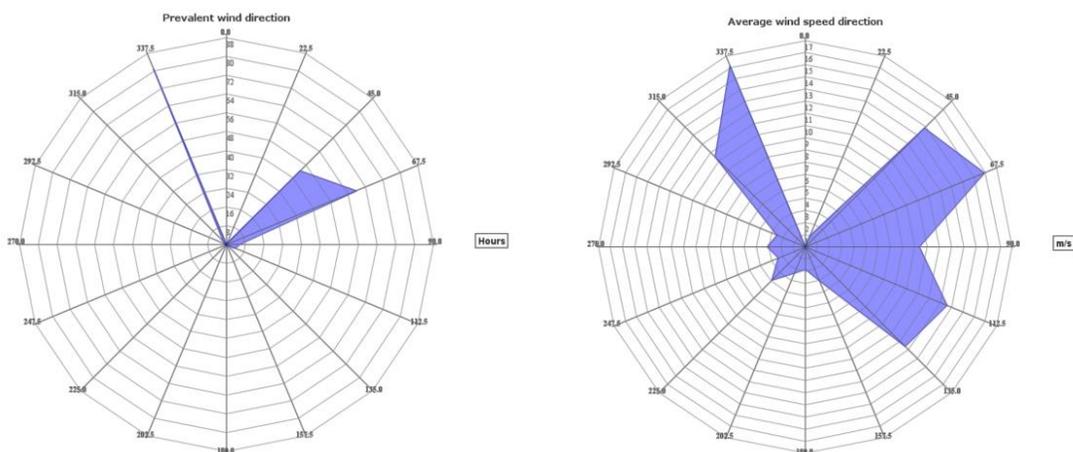


Figura 47. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes febrero.

Mes Marzo

La rosa de los vientos muestra para el mes de marzo vientos predominantes del rumbo NNW Norte Noroeste (337.50 °), durante 92 horas y del rumbo ENE Este Nordeste 67.50 ° durante 52 horas. Para el rumbo NE Noreste (45 °), se registraron velocidades de 16.4 m/s y de 15 m/s desde el rumbo Norte noroeste NNW 337.50 ° (figura 48).

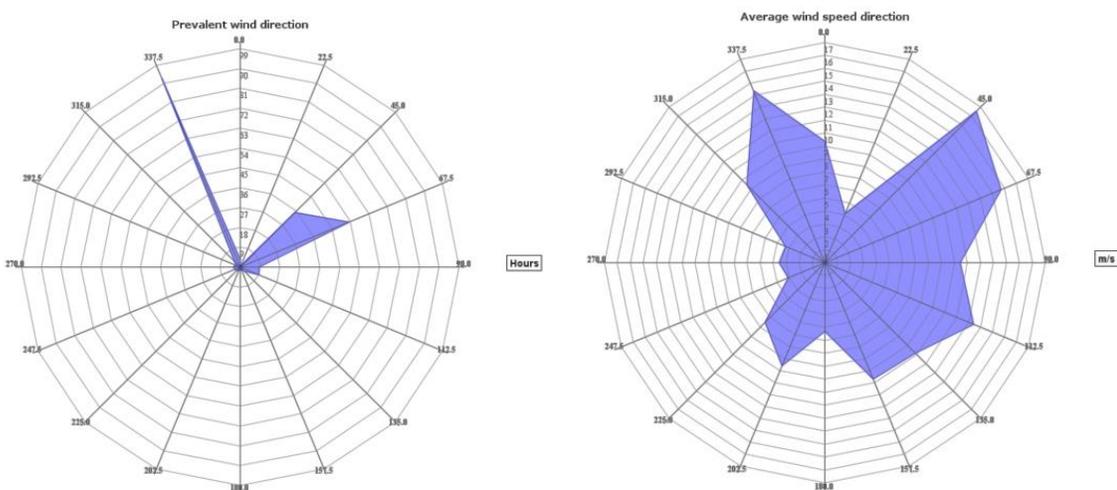


Figura 48. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes marzo.

Mes Abril

La rosa de los vientos proporciona para el mes de abril vientos predominantes del rumbo NNW Norte Noroeste (337.50°) durante 105 horas y del rumbo ENE Este Nordeste 67.50° durante 50 horas. Para el rumbo NE Noreste (45°), ENE (67.5°) se registraron velocidades de 12 m/s y de 11 m/s desde el rumbo Norte noroeste NNW 337.50° (figura 49).

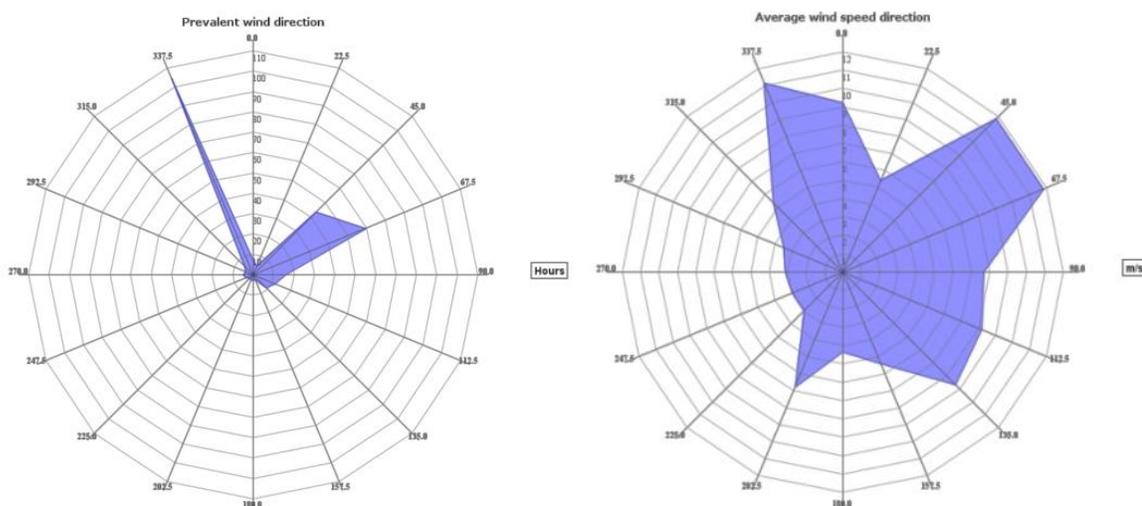


Figura 49. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes abril.

Mes Mayo

La rosa de los vientos proporciona para el mes de mayo vientos predominantes del rumbo NNW Norte Noroeste (337.50°) durante 110 horas y del rumbo ENE Este Nordeste 67.50° durante 42 horas. Para el rumbo SSE Sur sudoeste (202.50°), se registraron velocidades de 14 m/s y de 11 m/s desde los 45° NE (figura 50).

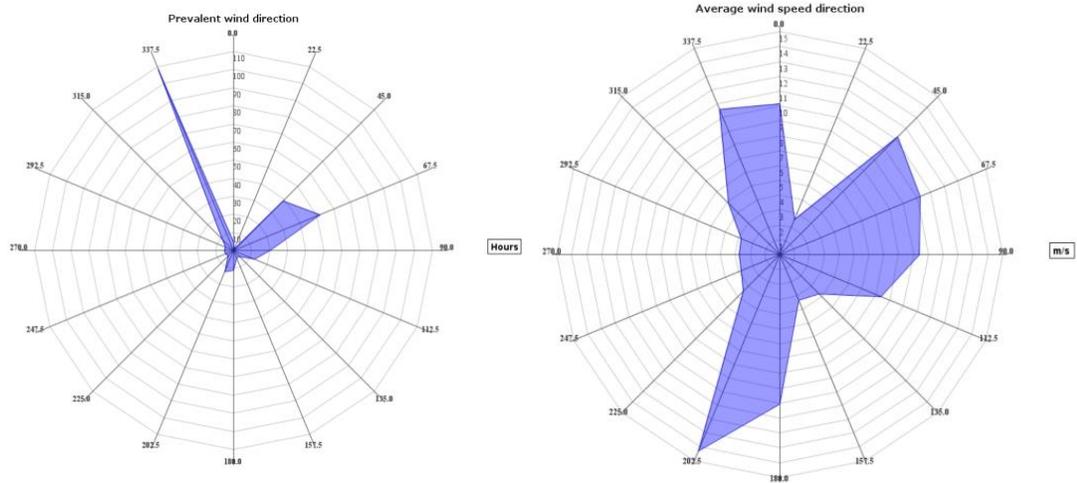


Figura 50. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes mayo.

Mes Junio

La rosa de los vientos proporciona para el mes de junio vientos predominantes del rumbo NNW Norte Noroeste (337.50°) durante 105 horas y del rumbo ENE Este noreste 67.50° durante 58 horas. Para el rumbo NE Noreste (45°), se registraron velocidades de 14 m/s y de 10.8 m/s desde los 337.50° NNW (figura 51).

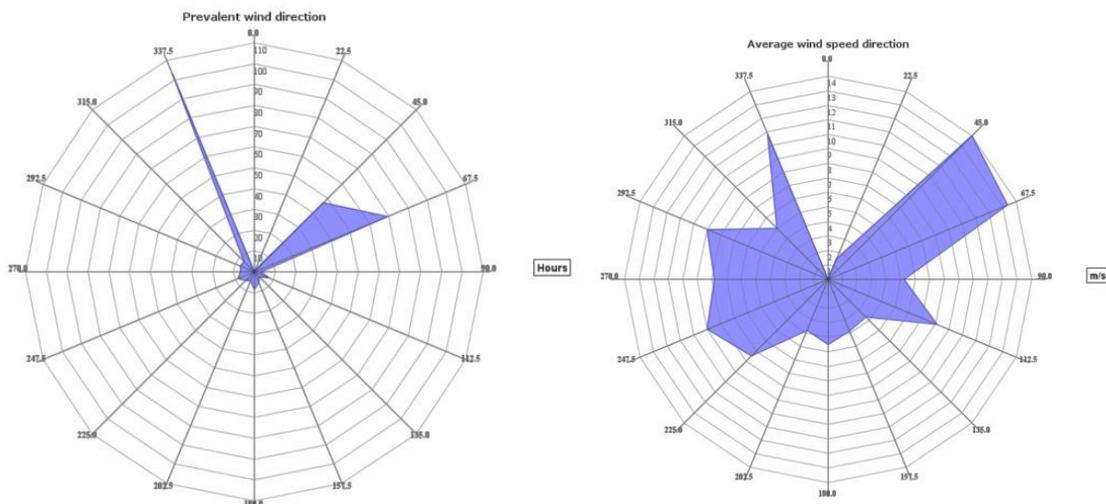


Figura 51. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes junio.

Mes Julio

La rosa de los vientos proporciona información para el mes de julio de vientos predominantes del rumbo ENE Este Nordeste (67.50°) durante 105 horas y del rumbo NNW Norte noroeste durante 68 horas. Para el rumbo W Oeste (270°), se registraron velocidades de 20 m/s y de 18 m/s desde los 45° NE (figura 52).

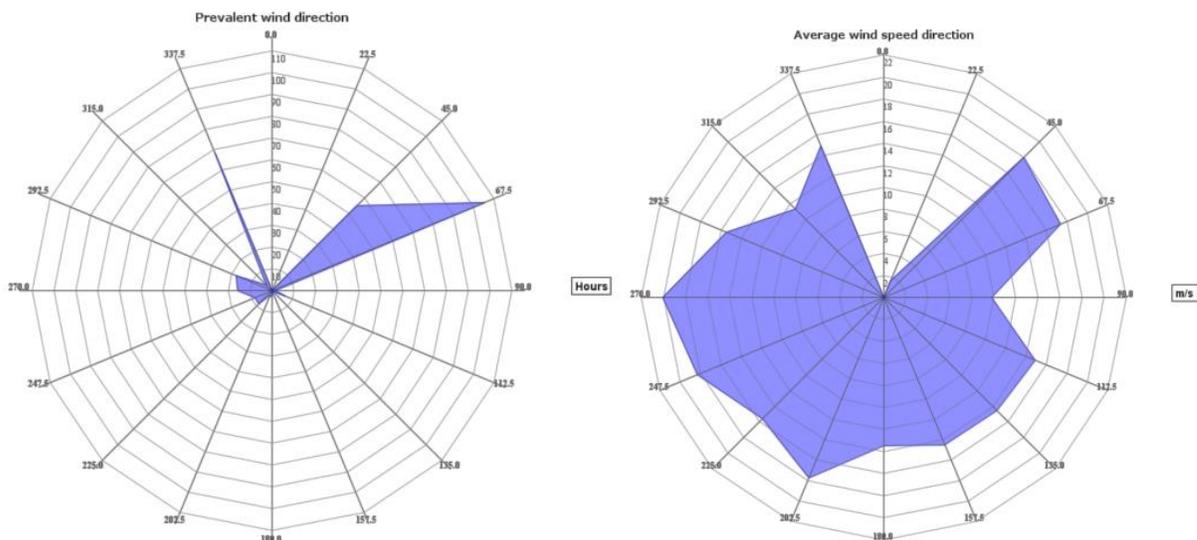


Figura 52. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes julio.

Mes Agosto

La rosa de los vientos proporciona para el mes de agosto de vientos predominantes del rumbo ENE Este Nordeste (67.50°) durante 62 horas y del rumbo NNW Norte noroeste durante 46 horas. Para el rumbo NO Noroeste (45°), se registraron velocidades de 12.3 m/s y de 10.9 m/s desde los 337.50° NE (figura 53).

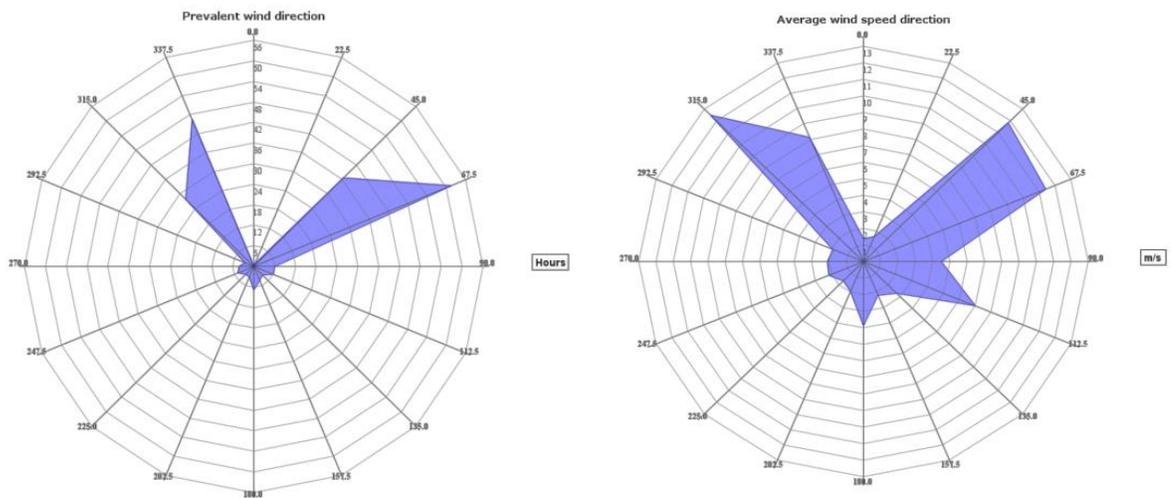


Figura 53. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes agosto.

Mes Septiembre

La rosa de los vientos proporciona información para el mes de septiembre de vientos predominantes del rumbo ENE Este Nordeste (67.50 °) durante 82 horas y del rumbo NNW Norte noroeste durante 56 horas. Para el rumbo NE Noreste (45 °), se registraron velocidades de 13 m/s y de 10 m/s desde los 337.50 ° NNW (figura 54).

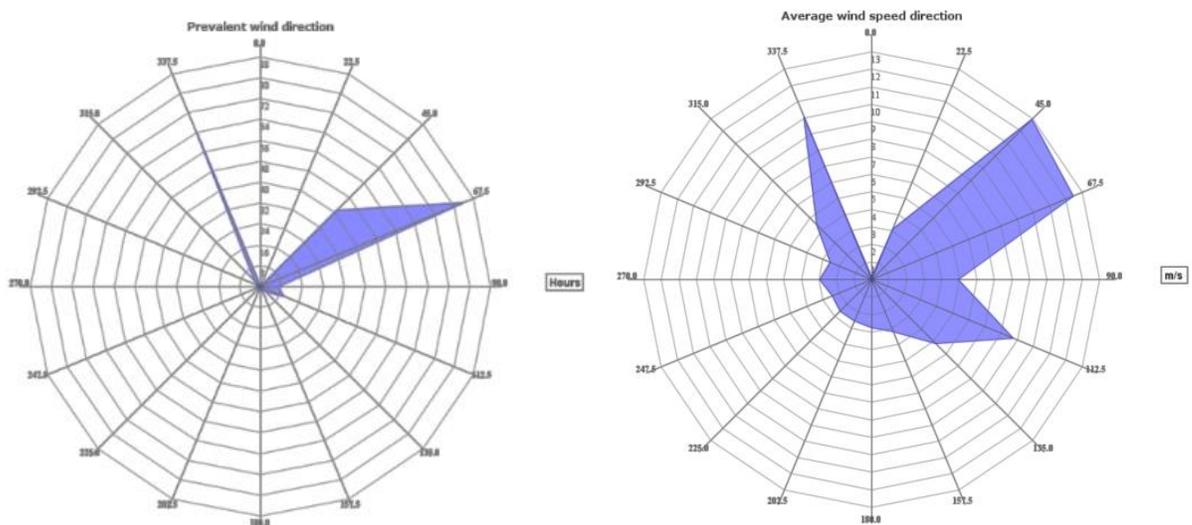


Figura 54. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes septiembre.

Mes Octubre

La rosa de los vientos proporciona para el mes de octubre vientos predominantes del rumbo ENE Este Nordeste (67.50°) durante 105 horas y del rumbo NNW Norte noroeste durante 32 horas. Para el rumbo NE Noreste (45°), se registraron velocidades de 10.2 m/s y de 7 m/s desde los 337.50° NNW (figura 55).

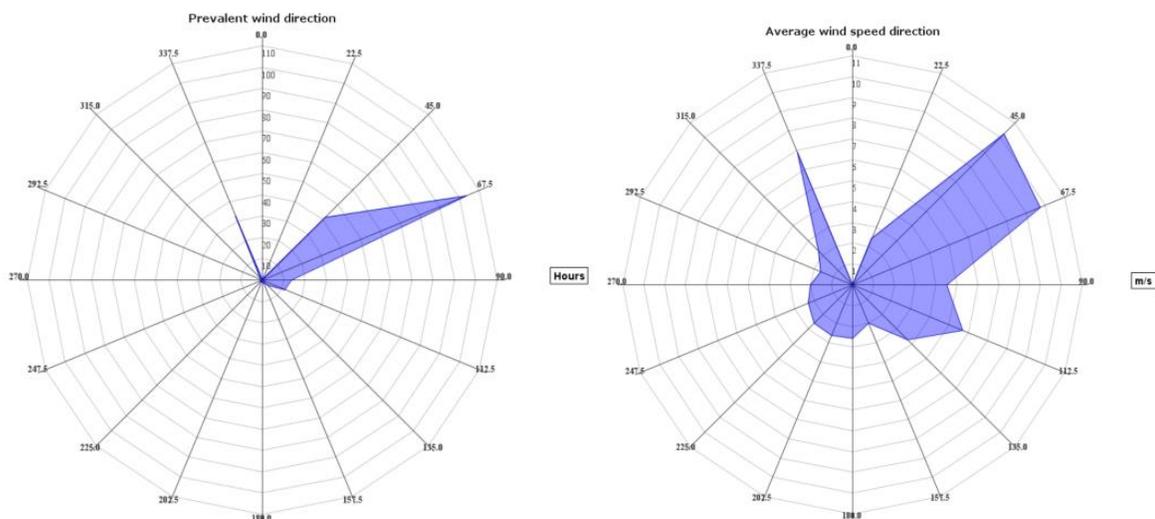


Figura 55. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes octubre.

Mes Noviembre

La rosa de los vientos proporciona para el mes de enero vientos predominantes del rumbo ENE Este Nordeste (67.50°) durante 60 horas y del rumbo NNW Norte noroeste durante 48 horas. Para el rumbo NE Noreste (45°), se registraron velocidades de 14 m/s y de 9.8 m/s desde los 337.50° NNW (figura 56).

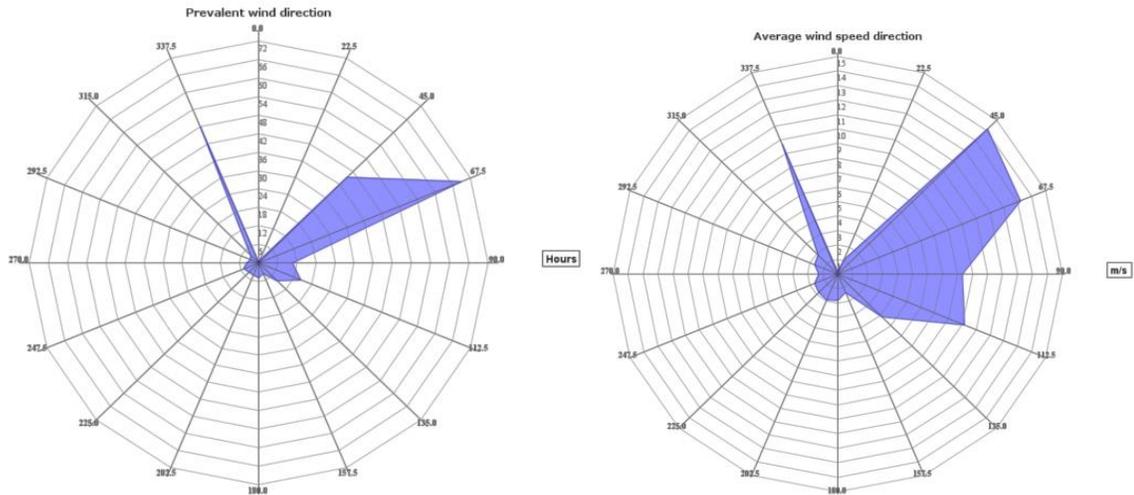


Figura 56. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes noviembre.

Mes Diciembre

La rosa de los vientos proporciona para el mes de enero vientos predominantes del rumbo ENE Este Nordeste (67.50 °) durante 132 horas y del rumbo NNW Norte noroeste durante 53 horas. Para el rumbo NE noreste (45 °), se registraron velocidades de 16.5 m/s y de 15.2 m/s desde los 270 ° W oeste (figura 57).

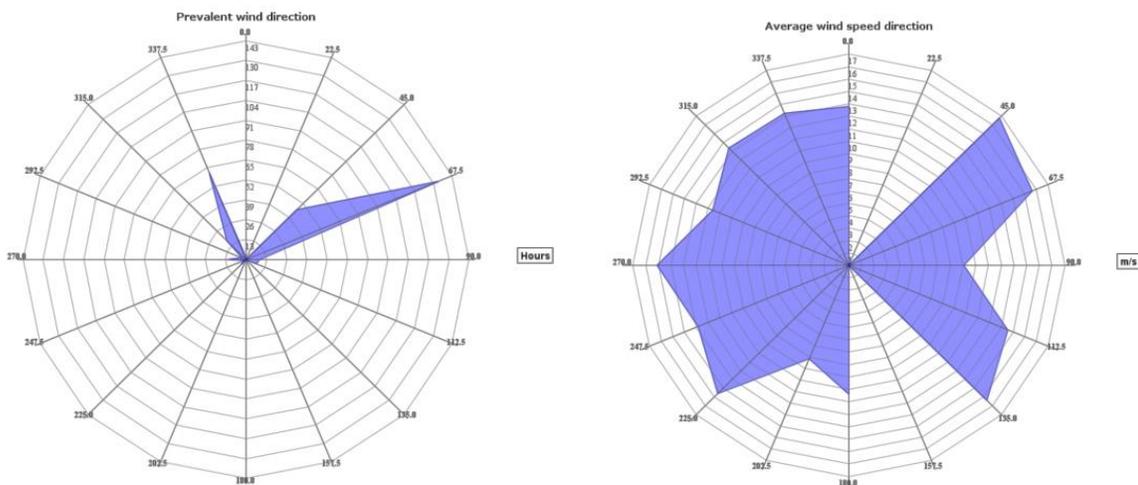


Figura 57. Dirección del viento predominante y dirección de la media de la velocidad del viento, mes diciembre.

9.2.1.13 Cálculo de la densidad del viento

El cálculo exacto de la densidad del aire se realizó mediante la calculadora de densidad del aire. Se introdujeron datos medidos en San José de la Laguna y El Sesteo sobre la presión del aire 863 hPa, la temperatura y la humedad para una altura de 1,324 msnm. Se obtuvo como resultado una densidad del aire de 1.086 kg/m³ para la zona de San Nicolás (tabla 26).

La producción de un aerogenerador es proporcional a la densidad del aire. El aire más frío es más denso que el aire más caliente. Debido a que la densidad del aire disminuye con la altura, es importante, especialmente para un municipio como San Nicolás, tomar en cuenta la densidad del aire en las evaluaciones de viento para turbinas eólicas.

Tabla 26 Densidad del aire de San Nicolás mediante mediciones

Calculadora de densidad de aire			
Aquí puede calcular la densidad del aire mediante una aproximación para Suiza o mediante mediciones en el sitio.			
Aproximación			Resultado
Altitud	<input type="text" value="1324"/> metro	<input type="button" value="Refrescar"/>	Densidad del aire = 1.086 kg / m³
Cálculo			
Presión del aire	<input type="text" value="863"/> hPa	(500–1100 hPa)	Calculado con la aproximación para: Altitud = 1324 m.ú.M.
Temperatura	<input type="text" value="19.54"/> DO	(-50 ° -50 ° C)	
humedad relativa	<input type="text" value="63.70"/> %	<input type="button" value="Refrescar"/>	

9.2.1.14 Perfil del Viento a ciertas alturas sobre el suelo

En la capa atmosférica superficial se conoce, que la velocidad del viento tiende a incrementarse a medida que se asciende y que la superficie terrestre ejerce una acción de fricción o de retardo sobre la velocidad el viento. El perfil del viento se calculó mediante el método logarítmico y exponencial.

Modelo logarítmico

Se usaron datos como la altura de medición, la velocidad de viento media y la longitud de rugosidad (tabla 27).

Tabla 27. Datos para el modelo logarítmico

Magnitud	Valor	Observación
Altura de medición	10 [m]	Altura sobre el suelo en que se colocaron los anemómetros.
Velocidad del viento	11 [m/s]	Se considera la velocidad de viento media estimada
Longitud de Rugosidad	0.20 [m]	Utilizada para terrenos agrícolas con muchos árboles, arbustos y plantas, o setos de 8 m de altura

Mediante el método logarítmico se elaboró el perfil de altura, en el que se observa el incremento de la velocidad del viento con el aumento de la altura (figura 58).

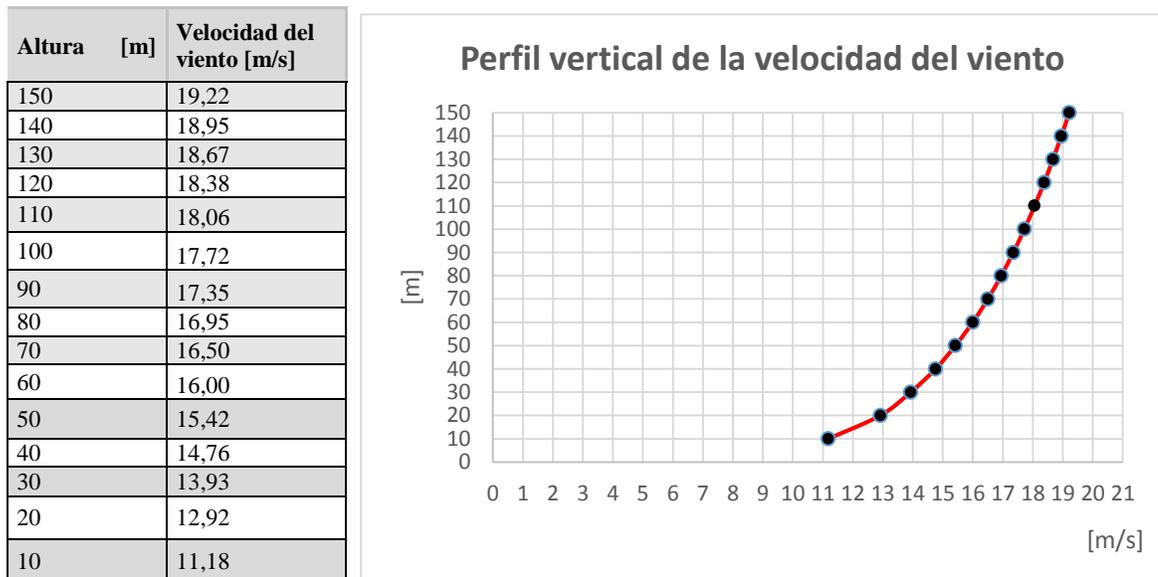


Figura 58. Perfil vertical de la velocidad del viento. Modelo logarítmico.

Modelo exponencial

Se elaboró el perfil de altura, mediante el método exponencial en el que se observa el incremento de la velocidad del viento con el aumento de la altura (figura 59).

Altura	Velocidad del viento
150 m	18.61 m/s
140 m	18.42 m/s
130 m	18.21 m/s
120 m	17.99 m/s
110 m	17.74 m/s
100 m	17.47 m/s
90 m	17.18 m/s
80 m	16.85 m/s
70 m	16.47 m/s
60 m	16.04 m/s
50 m	15.53 m/s
40 m	14.90 m/s
30 m	14.09 m/s
20 m	12.95 m/s
10 m	11.00 m/s

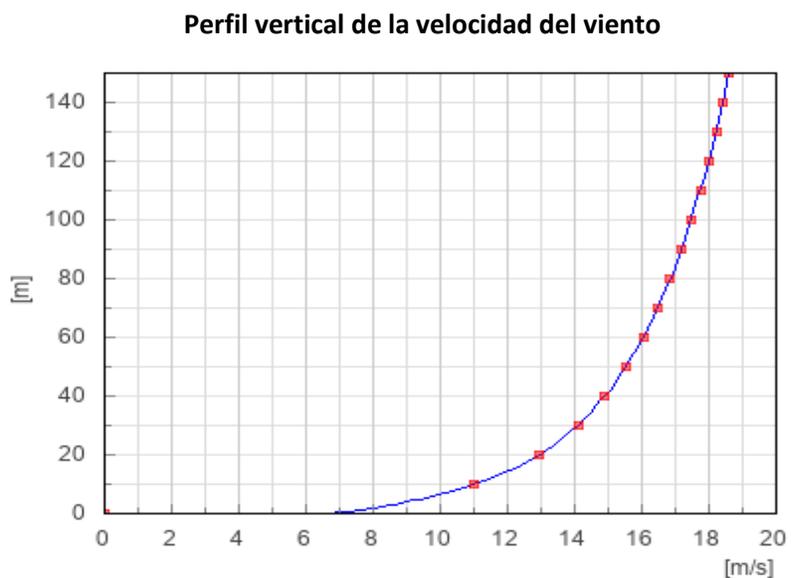


Figura 59. Perfil vertical de la velocidad del viento. Modelo exponencial.

9.2.1.15 Distribución de Weibull

Para evaluar el potencial eólico se utiliza la ley de densidad de probabilidad de Weibull que permite obtener una distribución matemática para predecir con buena aproximación, la conducta de la velocidad del viento durante un periodo de tiempo. Las distribuciones analíticas expresan la probabilidad de que la velocidad del viento tome un valor determinado.

Calculo de factores de forma y de escala

Mediante regresión lineal, aplicada a la distribución de frecuencia acumulada de los datos medidos se obtuvo la recta de distribución (figura 60).

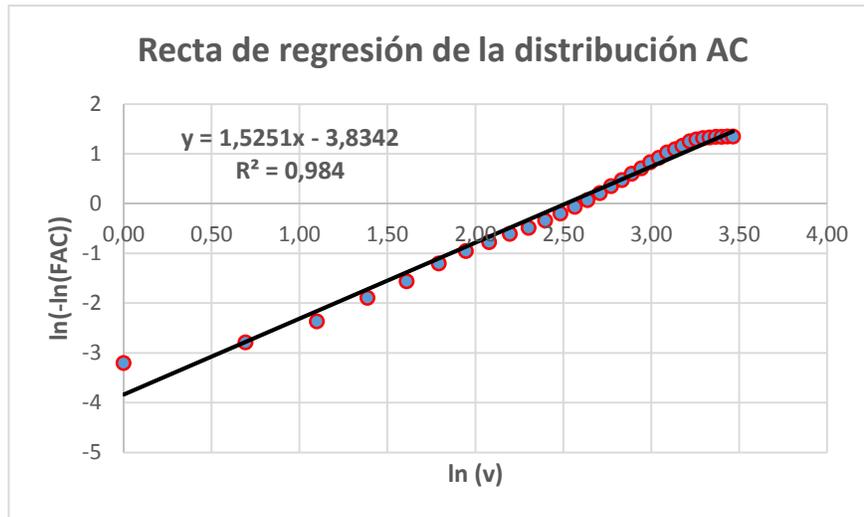


Figura 60. Recta de regresión de la distribución acumulada complementaria.

La recta de regresión es:

$$y = 1.5251x - 3.8342$$

Se determinó el factor de forma k y el factor de escala c .

Factor de forma, es el factor de la variable independiente: $k = 1.52$ (La pendiente)

Factor de escala: $c = e^{-(b/k)} = e^{-(3.8342/1.52)} = 12.88 \text{ m/s}$

Finalmente se determina para el lugar de estudio, la denominada ecuación de Weibull.

$$p(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-(\frac{v}{c})^k}$$

$$P(v) = (1,52/12,88) * (v/12,88)^{1,52-1} * e^{-(v/12,46)^{1,52}}$$

Estimación con Calculadora de Weibull

Mediante la utilidad llamada “Weibull calculator”, se determinó la gráfica de distribución de Weibull, dando como resultados factor de escala c , con valor de 12.85 m/s y factor de forma k con valor 2.39 (figura 61).

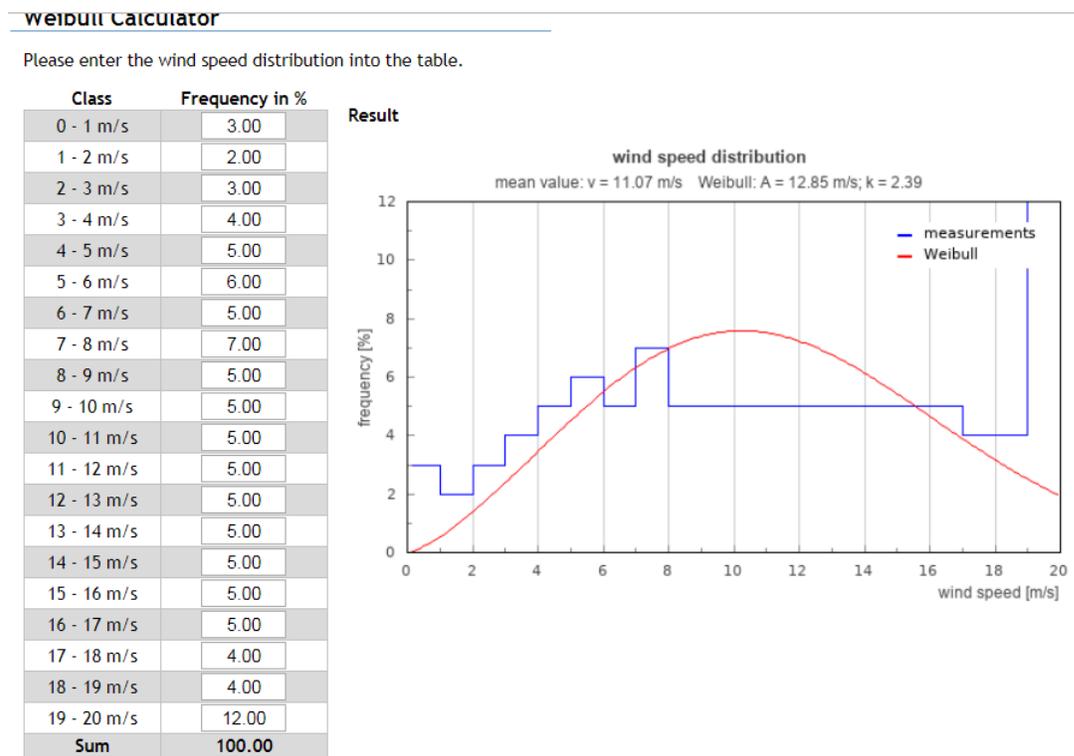


Figura 61. Distribución mediciones de velocidad del viento y distribución Weibull.

Comparación de Datos Experimentales con la Distribución de Weibull

Se han obtenido histogramas de frecuencias relativas con dos distribuciones; la real de los datos obtenidos mediante la curva poligonal y la curva de la distribución Weibull. Para el año 2012, el máximo de ambas curvas se encuentra a velocidades en la clase 7.33 m/s (figura 62).

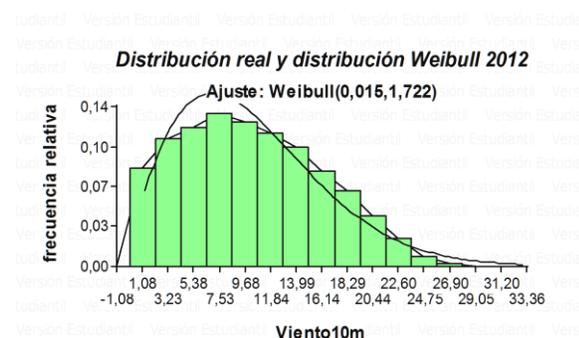


Figura 62. Distribución real y distribución Weibull 2012

En el caso del año 2013, la distribución de Weibull obtuvo un máximo en velocidades de 7.50 m/s y la distribución real situó su máximo a velocidades de 11.94 m/s (figura 63).

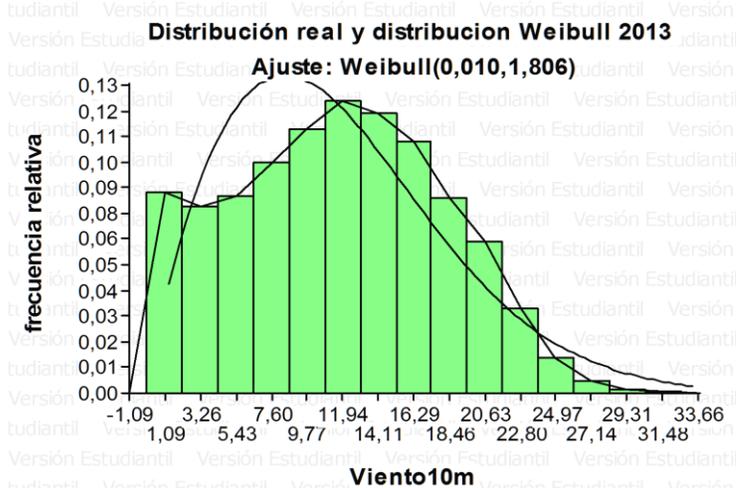


Figura 63. Distribución real y distribución Weibull 2013.

En el caso del año 2014 ambas distribuciones situaron su máximo alrededor de 13.62 m/s (figura 64).

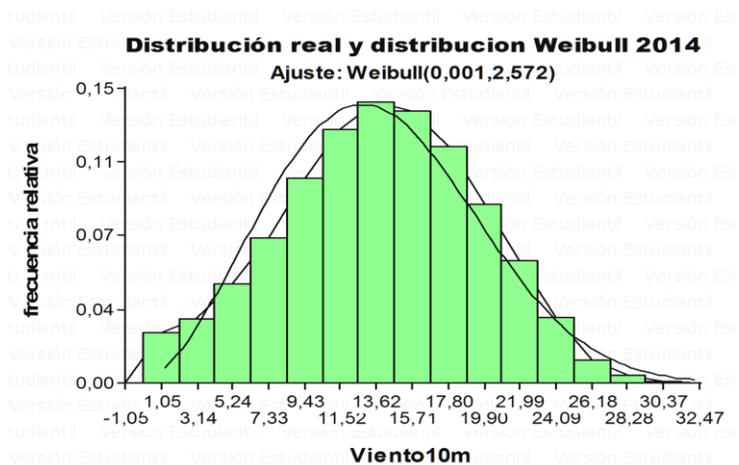


Figura 64. Distribución real y distribución Weibull 2014.

Para las mediciones obtenidas en el año 2017 Weibull situó en velocidades de 15 m/s y la distribución real en 16 m/s (figura 65).

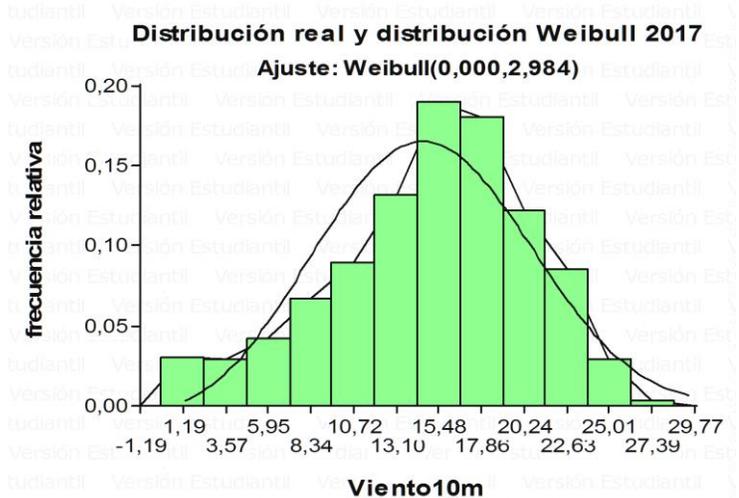


Figura 65. Distribución real y distribución Weibull 2017.

Para el año 2018 ambas distribuciones situaron su máximo en velocidades de 11.89 m/s (figura 66). En todos los casos la velocidad del viento medida puede asemejarse a la distribución de Weibull.

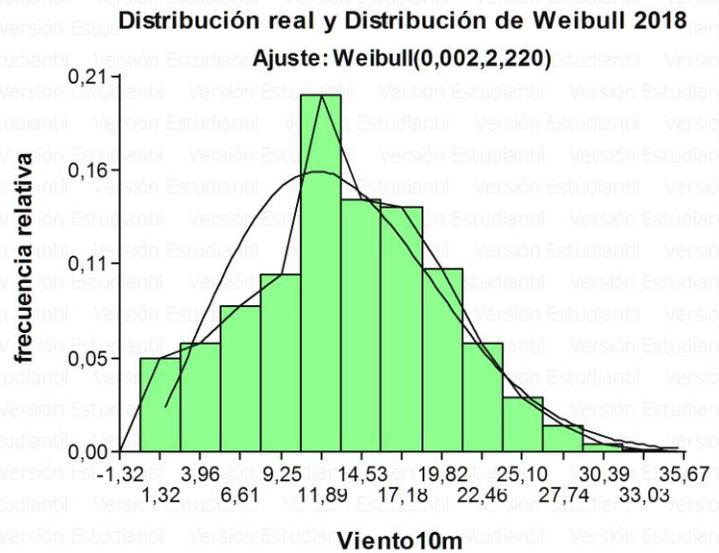


Figura 66. Distribución real y distribución Weibull 2018.

9.2.1.16 Curva de Densidad de Potencia Disponible en Función de la Velocidad del Viento

La potencia eólica disponible permitió conocer la máxima potencia que se puede extraer del viento. Indica la potencia por unidad de área perpendicular al viento. El potencial eólico disponible aumenta con el cubo de la velocidad y es directamente proporcional a la densidad del aire. Se muestran la potencia disponible para 10, 20, 30 y 40 m de altura (figura 67).

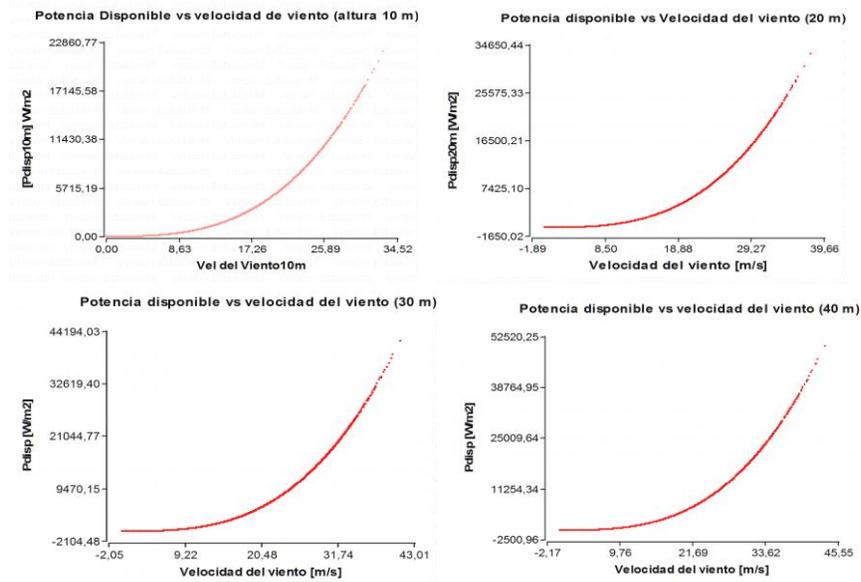


Figura 67. Curva de potencia disponible a 10 m, 20 m, 30 m y 40 m de altura correspondiendo a velocidades de viento a 10 m, 20 m, 30 m y 40 m.

La potencia eólica disponible aumenta al aumentar la altura. Para altura de 10 m y velocidad media de 11 m/s, la potencia disponible es 815.24 W/m^2 . La potencia aumenta a $3,265 \text{ W/m}^2$, al incrementarse la altura por ejemplo a 100 m y velocidad media de 17.47 m/s (figura 68).

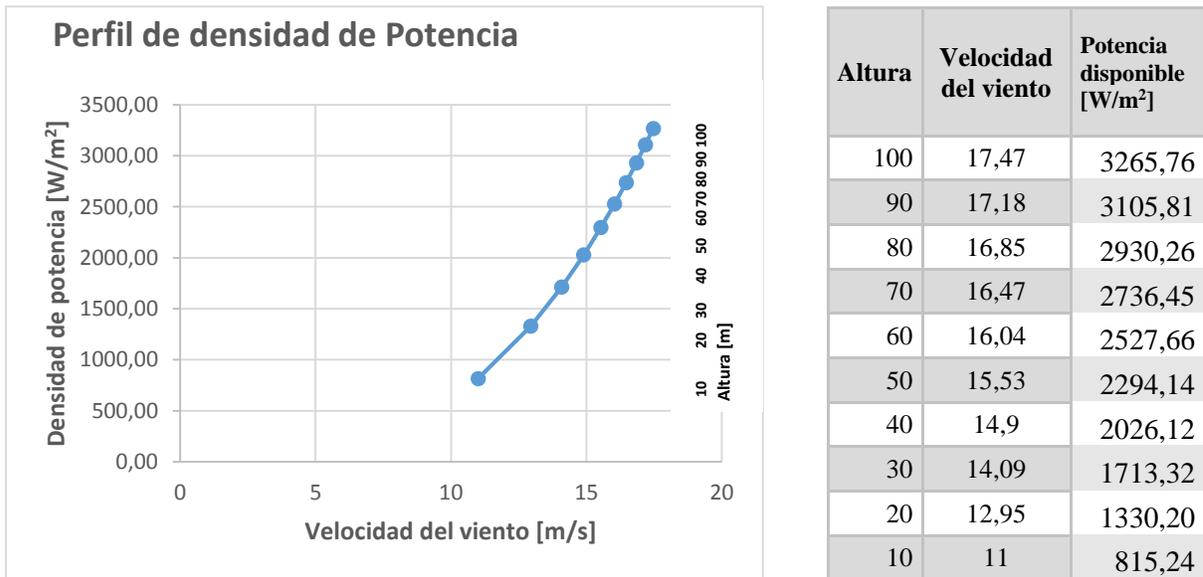


Figura 68. Perfil de densidad de potencia en relación a la altura y a media de velocidades.

9.2.2 Análisis de Correlación y Asociación de Parámetros Vinculados a la Velocidad del Viento

9.2.2.1 Entre Altitud y Velocidad del Viento

Tabla 28. Correlación de Pearson altitud y velocidad del viento

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Altitud msnm	Viento 10m	236909	-0,28	<0,0001
Altitud msnm	[viento 20m]	236909	-0,28	<0,0001
Altitud msnm	[viento 30m]	236909	-0,28	<0,0001
Altitud msnm	[Viento 40m]	236909	-0,28	<0,0001

La prueba de Correlación de Pearson aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es “menor” que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, la prueba de Correlación de Pearson, demostró que existe una correlación significativa entre la altitud y la velocidad del viento (tabla 28).

9.2.2.2 Entre Temperatura y Velocidad del Viento

Tabla 29. Correlación de Pearson temperatura y velocidad del viento

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Temperatura	Viento10m	236903	-0,15	<0,0001
Temperatura	[viento 20m]	236903	-0,15	<0,0001
Temperatura	[viento 30m]	236903	-0,15	<0,0001
Temperatura	[Viento 40m]	236903	-0,15	<0,0001

La prueba de Correlación de Pearson aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es “menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, la prueba de Correlación de Pearson, demostró que existe una correlación significativa entre la temperatura y la velocidad del viento. En este contexto, la prueba de Correlación de Pearson, demuestra que la temperatura desciende con el aumento de la velocidad del viento (tabla 29).

9.2.2.3 Entre Humedad Relativa y Velocidad del Viento

Tabla 30. Correlación de Pearson humedad relativa y velocidad del viento

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Humedad	Velocidad del viento	49892	-0,30	<0,0001
Velocidad del viento	Humedad	49892	-0,30	<0,0001
<u>Velocidad del viento</u>	<u>Velocidad del viento</u>	<u>49986</u>	<u>1,00</u>	<u><0,0001</u>

La prueba de Correlación de Pearson aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es “menor” que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, la prueba de Correlación de Pearson, demostró que existe una correlación significativa entre la humedad y la velocidad del viento (tabla 30).

9.2.2.4 Entre Presión y Velocidad del Viento

Tabla 31. Correlación de Pearson presión absoluta y velocidad del viento

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Presión Absoluta [hPa]	Velocidad del viento	49986	-0,08	<0,0001
Velocidad del viento	Presión Absoluta [hPa]	49986	-0,08	<0,0001
<u>Velocidad del viento</u>	<u>Velocidad del viento</u>	<u>49986</u>	<u>1,00</u>	<u><0,0001</u>

La prueba de Correlación de Pearson aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es “menor” que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, la prueba de Correlación de Pearson, demostró que existe una correlación significativa entre la presión absoluta y la velocidad del viento (tabla 31).

La velocidad del viento en la atmósfera libre está en relación directa con la diferencia de presión entre dos puntos separados por una distancia determinada, lo que indica que a menor presión mayor velocidad del viento.

9.2.2.5 Entre Dirección y Velocidad del Viento

Tabla 32. Correlación de Pearson dirección de viento y velocidad del viento

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Dirección	Vel del Viento10m	236909	0,03	< 0,0001
Vel del Viento10m	Dirección	236909	0,03	< 0,0001
Vel del Viento10m	Vel del Viento10m	236909	1,00	< 0,0001

La prueba de Correlación de Pearson aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es “menor” que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, la prueba de Correlación de Pearson, demostró que existe una correlación significativa entre la dirección del viento y velocidad del viento (tabla 32).

9.2.2.6 Entre Temperatura y Densidad del Aire

Tabla 33. Correlación de Pearson dirección de viento y velocidad del viento

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Densidad viento	Temperatura	236903	-1,00	<0,0001
Temperatura	Densidad viento	236903	-1,00	<0,0001
Temperatura	Temperatura	236903	1,00	< 0,0001

La prueba de Correlación de Pearson aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es “menor” que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, la prueba de Correlación de Pearson, demostró que existe una correlación significativa entre temperatura y densidad del viento (tabla 33).

En este contexto, la prueba de Correlación de Pearson, demuestra que la densidad del aire cambia en proporción inversa a la temperatura. A menor temperatura, mayor densidad, pero si la presión permanece constante.

9.2.2.7 Entre Día/Noche y Velocidad del Viento

Tabla 34. Análisis de contingencia chi cuadrado entre el día/noche y velocidad del viento

Beaufort	Día	Noche	Total
Brisa débil (3.4-5.4)	13830	13054	26884
Brisa fresca (8.0-10.7)	15516	14572	30088
Brisa fuerte (10.8-13.8)	17579	18331	35910
Brisa moderada (5.5-7.9)	17535	17228	34763
Brisa muy débil	6947	6379	13326
Calma (0.0-0.2)	2083	3418	5501
Temporal	14340	14506	28846
Temporal duro	2147	1593	3740
Temporal fuerte	7621	7030	14651
Temporal huracanado	136	256	392
Temporal muy duro	261	245	506
Ventolina	2590	3488	6078
Viento fuerte	17838	18386	36224
Total	118423	118486	236909

<u>Estadístico</u>	<u>Valor</u>	<u>p</u>
Chi Cuadrado Pearson	703,72	<0,0001
Chi Cuadrado MV-G2	708,38	<0,0001

Como el valor $p = 0.0001$ es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se concluye, según la prueba de Chi Cuadrado, que hay una asociación estadísticamente significativa entre las variables velocidad del viento y horario: día y noche (tabla 34).

9.2.2.8 Entre Estación (Lluviosa-Seca) y Velocidad del Viento (Escala Beaufort)

Tabla 35. Análisis de contingencia chi cuadrado, estación y velocidad del viento

Beaufort	Lluviosa	Seca	Total
Brisa débil	6,41	4,94	11,35
Brisa fresca	6,72	5,98	12,70
Brisa fuerte	7,85	7,30	15,16
Brisa moderada	7,44	7,23	14,67
Brisa muy débil	3,79	1,83	5,62
Calma	1,40	0,92	2,32
Temporal	5,36	6,81	12,18
Temporal duro	0,82	0,76	1,58
Temporal fuerte	2,74	3,44	6,18
Temporal huracanado	0,16	3,0E-03	0,17
Temporal muy duro	0,11	0,10	0,21
Ventolina	1,85	0,72	2,57
Viento fuerte	7,75	7,54	15,29
Total	52,42	47,58	100,00

Estadístico	Valor	p
Chi Cuadrado Pearson	4077,29	<0,0001
Chi Cuadrado MV-G2	4256,42	<0,0001

Como el valor $p = 0.0001$ es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$; se rechaza la hipótesis nula y se concluye según la prueba de Chi Cuadrado, que hay una asociación estadísticamente significativa entre las variables velocidad del viento y estación: lluviosa y seca (tabla 35).

9.3 Relaciones de Causalidad entre los Parámetros del Recurso Viento y el Potencial Energético en el municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí

9.3.1 Relación de Causalidad entre Sitio y Temperatura

La variable temperatura cumple con los principios o supuestos paramétricos: Normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos.

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.2 en anexos 2)

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.5 en anexos 3)

Independencia de los residuos (figura 2.3 en anexos 2)

Tabla 36. ANOVA sitio (causa), sobre la temperatura

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	46365,39	1	46365,39	2778,44	<0,0001
Sitio	46365,39	1	46365,39	2778,44	<0,0001
Error	3858994,69	231250		16,69	
Total	3905360,08	231251			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,04048

Error: 16,6875 gl: 231250

Sitio	Media	n	E.E.	
San José La Laguna	20,39	49896	0,02	A
El Sesteo	19,31	181356	0,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza, demostró que existen diferencias significativas en la temperatura, por causa de los diferentes sitios (tabla 36).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El sitio definido por la categoría San José de la Laguna, muestra en primer lugar, (**categoría A**) el efecto de una **mayor** temperatura ($^{\circ}$ C), con media de 20.39. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (**categoría B**) el efecto de una **menor** temperatura (meses), con medias de 19.31 para el sitio definido por la categoría El Sesteo (tabla 36).

9.3.2 Relación de Causalidad entre Sitio y la Velocidad del Viento

La variable velocidad del viento 10 m, cumple con los principios o supuestos paramétricos:

Normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.4 en anexos 2)

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.6 en anexos 3)

Independencia de los residuos (figura 2.5 en anexos 2)

Tabla 37. ANOVA sitio (causa), sobre la velocidad del viento

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	652053,85	1	652053,85	17188,54	<0,0001
Sitio	652053,85	1	652053,85	17188,54	<0,0001
Error	8772749,03	231255	37,94		
Total	9424802,88	231256			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,06102

Error: 37,9354 gl: 231255

Sitio	Media	n	E.E.	
El Sesteo	12,10	181356	0,01	A
San José La Laguna	8,02	49901	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la velocidad del viento a 10 m de altura, por causa de los diferentes sitios (tabla 37).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0,05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El sitio definido por la categoría El Sesteo, muestra en primer lugar, (**categoría A**) el efecto de una **mayor** velocidad del viento a 10 m, con media de 12.10 m/s. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (**categoría B**) el efecto de una **menor** velocidad del viento a 10 m (m/s), con medias de 8.02 para el sitio definido por la categoría San José de La Laguna (tabla 37).

9.3.3 Relación de Causalidad entre Sitio y la Potencia Energética Disponible

Las variables rango [potencia energética disponible a 10 m], rango [potencia energética disponible a 20m], rango [potencia energética disponible a 30m] y rango [potencia energética disponible a 40m], cumplen con los principios o supuestos paramétricos: Normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos.

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.6 en anexos 2)

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.7 en anexos 3)

Independencia de los residuos (figura 2.7 en anexos 2)

Tabla 38. ANOVA efecto sitio sobre Potencia Disponible 10 m

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	97722995525130,90	1	97722995525130,90	22915,04	<0,0001
Sitio	97722995525130,90	1	97722995525130,90	22915,04	<0,0001
Error	1010308666907300,00	236907	4264579210,02		
Total	1108031662432440,00	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=632,15173

Error: 4264579210,0162 gl: 236907

Sitio	Media	n	E.E.	
El Sesteo	2088.93	184176	152.17	A
<u>San José La Laguna</u>	<u>901.88</u>	<u>52733</u>	<u>284.38</u>	<u>B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia disponible a 10 m de altura, por causa de los diferentes sitios (tabla 38).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El sitio definido por la categoría El Sesteo, muestra en primer lugar, (**categoría A**) el efecto de una **mayor** potencia disponible a 10 m, con media de 2 088.93 W/m². Así mismo, se muestran en segundo lugar, (**categoría B**) el efecto de una **menor** potencia disponible a 10 m (W/m²), con medias de 901.88 para el sitio definido por la categoría San José de La Laguna (tabla 38).

Tabla 39. ANOVA efecto sitio sobre Potencia Disponible 20 m

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	97722995525130,90	1	97722995525130,90	22915,04	<0,0001
Sitio	97722995525130,90	1	97722995525130,90	22915,04	<0,0001
Error	1010308666907300,00	236907	4264579210,02		
Total	1108031662432440,00	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=632,15173

Error: 4264579210,0162 gl: 236907

Sitio	Media	n	E.E.	
El Sesteo	129322,57	184176	152,17	A
San José La Laguna	80498,79	52733	284,38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia disponible a 20 m de altura, por causa de los diferentes sitios (tabla 39).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El sitio definido por la categoría El Sesteo, muestra en primer lugar, (**categoría A**) el efecto de una **mayor** potencia disponible a 20 m, con media de 3,166.22 W/m². Así mismo, se muestran en segundo lugar, (**categoría B**) el efecto de una **menor** potencia disponible a 20 m (W/m²), con medias de 1,367.00 para el sitio definido por la categoría San José de La Laguna (tabla 39).

Tabla 40. ANOVA efecto Sitio sobre Potencia Disponible 30 m

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	97722995525130,90	1	97722995525130,90	22915,04	<0,0001
Sitio	97722995525130,90	1	97722995525130,90	22915,04	<0,0001
Error	1010308666907300,00	236907	4264579210,02		
Total	1108031662432440,00	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=632,15173

Error: 4264579210,0162 gl: 236907

Sitio	Media	n	E.E.	
El Sesteo	129322,57	184176	152,17	A
San José La Laguna	80498,79	52733	284,38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia disponible a 30 m de altura, por causa de los diferentes sitios (tabla 40).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El sitio definido por la categoría El Sesteo, muestra en primer lugar, (**categoría A**) el efecto de una **mayor** potencia disponible a 30 m (W/m^2), con media de 4,038.27 W/m^2 . Así mismo, se muestran en segundo lugar, (**categoría B**) el efecto de una **menor** potencia disponible a 30 m (W/m^2), con medias de 1,743.50 para el sitio definido por la categoría San José de La Laguna (tabla 40).

Tabla 41. ANOVA efecto Sitio sobre Potencia Disponible 40 m

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	97722995525130,90	1	97722995525130,90	22915,04	<0,0001
Sitio	97722995525130,90	1	97722995525130,90	22915,04	<0,0001
Error	1010308666907300,00	236907	4264579210,02		
Total	1108031662432440,00	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=632,15173

Error: 4264579210,0162 gl: 236907

Sitio	Media	n	E.E.	
El Sesteo	129322,57	184176	152,17	A
San José La Laguna	80498,79	52733	284,38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia disponible a 40 m de altura, por causa de los diferentes sitios (tabla 41).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El sitio definido por la categoría El Sesteo, muestra en primer lugar, (**categoría A**) el efecto de una **mayor** potencia disponible a 40 m de altura (W/m^2), con media de 4,799.09 W/m^2 . Así mismo, se muestran en segundo lugar, (**categoría B**) el efecto de una **menor** potencia disponible a 40 m (W/m^2), con medias de 2,071.98 para el sitio definido por la categoría San José de La Laguna (tabla 41).

9.3.4 Relación de Causalidad entre Dirección del Viento y Temperatura

La variable temperatura, cumple con los principios o supuestos paramétricos: Normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos.

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.8 en anexos 2)

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.8 en anexos 3)

Independencia de los residuos (figura 2.9 en anexos 2)

Tabla 42. ANOVA efecto Dirección del viento (rumbo) sobre Temperatura

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	373728,33	15	24915,22	1630,46	<0,0001
Dirección [rumbos]	373728,33	15	24915,22	1630,46	<0,0001
Error	3530872,41	231062	15,28		
Total	3904600,74	231077			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,18915

Error: 15,2811 gl: 231062

Dirección [rumbos]	Medias	n	E.E.	
NNW	21,35	52131	0,02	A
N	20,67	8505	0,04	B
NW	20,50	17236	0,03	C
WNW	20,21	3307	0,07	D
SW	20,14	5246	0,05	D
SSW	20,07	2092	0,09	D E
WSW	19,86	2620	0,08	E F
E	19,70	19950	0,03	F
W	19,54	6373	0,05	G
S	19,45	4712	0,06	G H
SE	19,36	3380	0,07	H
ESE	18,91	6278	0,05	I
NE	18,61	41399	0,02	J
NNE	18,36	564	0,16	J
ENE	18,02	55719	0,02	K
SSE	17,94	1566	0,10	K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta

estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la temperatura, por causa de las diferentes direcciones o rumbos del viento (tabla 42).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0,05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida por 13 categorías de la siguiente forma: La dirección del viento definida por la categoría de Nor Noroeste NNW, muestra en primer lugar, (**categoría A**) el efecto de una **mayor** temperatura, con media de 21.35 ° C. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (**categoría B**) el efecto de una **menor** temperatura (° C), con medias de 20.67 para la dirección de viento definida por la categoría Norte N. Se muestran en tercer lugar, (**categoría C**) el efecto de una **menor** temperatura (° C), con media de 20.50 para la dirección de viento definida por la categoría Nor oeste NW. Se muestran como cuarta categoría, (**categoría D**) el efecto de la temperatura, con media desde 20.14 a 20.21 para las direcciones definidas por las categorías Oeste noroeste WNW y Sur Oeste SW. En último lugar presentando medias de temperatura 17.54; 18.02 para la categoría K para la dirección de viento Este Nor Este ENE Y Sur Sureste SSE (tabla 42).

9.3.5 Relación de Causalidad entre la Dirección y la velocidad del viento

La variable velocidad del viento, cumple con los principios o supuestos paramétricos: Normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos.

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.10 en anexos 2).

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.9 en anexos 3).

Independencia de los residuos (figura 2.11 en anexos 2).

Tabla 43. ANOVA Dirección del Viento (causa), sobre la velocidad del viento

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1526119,66	15	101741,31	2978,76	<0,0001
Dirección [rumbos]	1526119,66	15	101741,31	2978,76	<0,0001
Error	7892219,16	231067	34,16		
Total	9418338,82	231082			

Test: LSD Fisher Alfa=0, 05 DMS=0,28278

Error: 34,1555 gl: 231067

Dirección [rumbos]	Medias	n	E.E.	
ENE	13,96	55719	0,02	A
W	12,66	6373	0,07	B
NE	12,21	41399	0,03	C
NNW	12,03	52131	0,03	D
NW	10,13	17240	0,04	E
WNW	9,86	3307	0,10	F
SW	9,79	5246	0,08	F
ESE	9,38	6278	0,07	G
SSW	8,65	2092	0,13	H
S	7,49	4712	0,09	I
WSW	7,42	2620	0,11	I
E	6,47	19950	0,04	J
SE	6,44	3380	0,10	J
N	6,33	8506	0,06	J
SSE	4,00	1566	0,15	K
NNE	3,72	564	0,25	K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la velocidad del viento, por causa de las diferentes direcciones o rumbos del viento (tabla 43).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0,05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida por 11 categorías de la siguiente forma: La dirección del viento definida por la categoría

de Este Noreste ENE, muestra en primer lugar, (categoría A) el efecto de una mayor velocidad del viento, con media de 13.96 m/s. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría B) el efecto de una menor velocidad del viento (m/s), con medias de 12.66 para la dirección de viento definida por la categoría oeste W. Se muestran en tercer lugar, (categoría C) el efecto de una menor velocidad del viento (m/s), con media de 12.21 para la dirección de viento definida por la categoría Nor Este NE (tabla 43).

9.3.6 Relación de Causalidad entre Dirección del Viento y Potencia Energética Disponible

Las variables Rango [potencia energética disponible] a 10 m, 20 m, 30 m y 40 m de altura, cumplen con los principios o supuestos paramétricos: Normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos.

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.12 en anexos 2).

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.10 en anexos 3).

Independencia de los residuos (figura 2.13 en anexos 2).

Tabla 44. ANOVA Dirección del Viento (causa), sobre la variable RANG [Pdisp_10 m]

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	198020439862040,00	15	13201362657469,40	3451,00	<0,0001
Dirección [rumbos]	198020439862040,00	15	13201362657469,40	3451,00	<0,0001
Error	894751327399257,00	233899	3825374744,65		
Total	1092771767261300,00	233914			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2985.93496*Error: 3825374744.6516 gl: 233899*

Dirección [rumbos]	Medias	n	E.E.					
ENE	149596,41	55719	262,02	A				
W	129545,89	6373	774,76	B				
NNW	128341,44	52131	270,89	B C				
NE	127662,57	42105	301,42	C				
NW	105838,28	17432	468,45		D			
WNW	103008,76	3307	1075,52		E			
ESE	99268,34	6278	780,60			F		
SW	98940,74	5405	841,28			F		
SSW	85452,94	2092	1352,25				G	
S	75276,77	4713	900,92					H
WSW	75041,24	2620	1208,33					H
SE	66368,76	3403	1060,24					I
E	65481,98	20818	428,66					I
N	62820,95	9389	638,30					J
SSE	37844,60	1566	1562,94					K
NNE	36286,82	564	2604,34					K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia energética disponible a 10 m de altura, por causa de las diferentes direcciones o rumbos del viento (tabla 44).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: La dirección del viento definida por la categoría de Este noreste ENE, muestra en primer lugar, (categoría A) el efecto de una mayor potencia disponible a 10 m de altura, con media de $2,376.23 \text{ W/m}^2$. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría BC) el efecto de una menor potencia disponible (W/m^2), para la dirección de viento definida por la categoría Oeste W. Se muestran en tercer lugar, (categoría BC) el efecto de una menor potencia disponible (W/m^2), para la dirección de viento definida por la categoría Nor Noroeste NNW (tabla 44).

Tabla 45. ANOVA Dirección del Viento (causa), sobre la RANG [Pdisp_20_m]

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	198020439862040,00	15	13201362657469,40	3451,00	<0,0001
Dirección [rumbos]	198020439862040,00	15	13201362657469,40	3451,00	<0,0001
Error	894751327399257,00	233899	3825374744,65		
Total	1092771767261300,00	233914			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2985.93496

Dirección [rumbos]	Medias	n	E.E.		
ENE	149596,41	55719	262,02	A	
W	129545,89	6373	774,76	B	
NNW	128341,44	52131	270,89	B	C
NE	127662,57	42105	301,42		C
NW	105838,28	17432	468,45		D
WNW	103008,76	3307	1075,52		E
ESE	99268,34	6278	780,60		F
SW	98940,74	5405	841,28		F
SSW	85452,94	2092	1352,25		G
S	75276,77	4713	900,92		H
WSW	75041,24	2620	1208,33		H
SE	66368,76	3403	1060,24		I
E	65481,98	20818	428,66		I
N	62820,95	9389	638,30		J
SSE	37844,60	1566	1562,94		K
NNE	36286,82	564	2604,34		K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia energética disponible a 20 m de altura, por causa de las diferentes direcciones o rumbos del viento (tabla 45).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: La dirección del viento definida por la categoría de Este noreste ENE, muestra en primer lugar, (categoría A) el efecto de una mayor potencia disponible a 20 m de altura, con media de 3, 601.70 W/m². Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría

B) el efecto de una menor potencia disponible (W/m^2), para la dirección de viento definida por la categoría oeste W. Se muestran en tercer lugar, (categoría BC) el efecto de una menor potencia disponible (W/m^2), para la dirección de viento definida por la categoría Nor noroeste NNW (tabla 45).

Tabla 46. ANOVA Dirección del Viento (causa), sobre la RANG [Pdisp_30_m]

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	198020439862040,00	15	13201362657469,40	3451,00	<0,0001
Dirección [rumbos]	198020439862040,00	15	13201362657469,40	3451,00	<0,0001
Error	894751327399257,00	233899	3825374744,65		
Total	1092771767261300,00	233914			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2985.93496

Error: 3825374744.6516 gl: 233899

Dirección [rumbos]	Medias	n	E.E.	
ENE	149596,41	55719	262,02	A
W	129545,89	6373	774,76	B
NNW	128341,44	52131	270,89	B C
NE	127662,57	42105	301,42	C
NW	105838,28	17432	468,45	D
WNW	103008,76	3307	1075,52	E
ESE	99268,34	6278	780,60	F
SW	98940,74	5405	841,28	F
SSW	85452,94	2092	1352,25	G
S	75276,77	4713	900,92	H
WSW	75041,24	2620	1208,33	H
SE	66368,76	3403	1060,24	I
E	65481,98	20818	428,66	I
N	62820,95	9389	638,30	J
SSE	37844,60	1566	1562,94	K
NNE	36286,82	564	2604,34	K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia energética disponible a 30 m de altura, por causa de las diferentes direcciones o rumbos del viento.

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: La dirección del viento definida por la categoría de Este noreste ENE, muestra en primer lugar, (categoría A) el efecto de una mayor potencia disponible a 30 m de altura, con media de 4,593.69 W/m². Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría B) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), para la dirección de viento definida por la categoría Oeste W. Se muestran en tercer lugar, (categoría BC) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), para la dirección de viento definida por la categoría Nor Noroeste NNW (tabla 46).

Tabla 47. ANOVA Dirección del Viento (causa), sobre la RANG [Pdisp_40_m]
Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	198020439862040,00	15	13201362657469,40	3451,00	<0,0001
Dirección [rumbos]	198020439862040,00	15	13201362657469,40	3451,00	<0,0001
Error	894751327399257,00	233899	3825374744,65		
Total	1092771767261300,00	233914			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2985.93496

Error: 3825374744.6516 gl: 233899

Dirección [rumbos]	Medias	n	E.E.						
ENE	149596,41	55719	262,02	A					
W	129545,89	6373	774,76	B					
NNW	128341,44	52131	270,89	B	C				
NE	127662,57	42105	301,42		C				
NW	105838,28	17432	468,45			D			
WNW	103008,76	3307	1075,52				E		
ESE	99268,34	6278	780,60					F	
SW	98940,74	5405	841,28					F	
SSW	85452,94	2092	1352,25						G
S	75276,77	4713	900,92						H
WSW	75041,24	2620	1208,33						H
SE	66368,76	3403	1060,24						I
E	65481,98	20818	428,66						I
N	62820,95	9389	638,30						J
SSE	37844,60	1566	1562,94						K
NNE	36286,82	564	2604,34						K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta

estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia energética disponible a 40 m de altura, por causa de las diferentes direcciones o rumbos del viento.

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: La dirección del viento definida por la categoría de Este noreste ENE, muestra en primer lugar, (categoría A) el efecto de una mayor potencia disponible a 40 m de altura, con media de 5,459.15 W/m². Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría B) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), para la dirección de viento definida por la categoría Oeste W. Se muestran en tercer lugar, (categoría BC) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), para la dirección de viento definida por la categoría Nor noroeste NNW (tabla 47).

9.3.7 Relación de Causalidad entre la Velocidad del viento y la potencia energética disponible

Las variables Rango [potencia energética disponible] a 10 m, 20 m, 30 m y 40 m de altura, cumplen con los principios o supuestos paramétricos: Normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos.

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.14 en anexos 2).

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.11 en anexos 3).

Independencia de los residuos (figura 2.15 en anexos 2).

Tabla 48. ANOVA Velocidad del viento (causa) sobre la potencia energética 10 m

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1090354125376310,00	12	90862843781359,50	1217649,50	<0,0001
Beaufort	1090354125376310,00	12	90862843781359,30	1217649,50	<0,0001
Error	17677537056122,10	236896	74621509,25		
Total	1108031662432440,00	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=491,31790

Error: 74621509,2535 gl: 236896

Beaufort	Medias	n	E.E.	
Temporal huracanado	236713,50	392	436,30	A
Temporal muy duro	236264,50	506	384,02	A
Temporal duro	234141,50	3740	141,25	B
Temporal fuerte	224946,00	14651	71,37	C
Temporal	203197,50	28846	50,86	D
Viento fuerte	170662,50	36224	45,39	E
Brisa fuerte	134595,50	35910	45,59	F
Brisa fresca	101596,50	30088	49,80	G
Brisa moderada	69171,00	34763	46,33	H
Brisa débil	38347,50	26884	52,68	I
Brisa muy débil	18242,50	13326	74,83	J
Ventolina	8540,50	6078	110,80	K
Calma	2751,00	5501	116,47	L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia energética disponible a 10 m de altura, por causa de las diferentes velocidades de viento (tabla 48).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: La velocidad de viento definida por la categoría temporal huracanado y temporal muy duro, muestra en primer lugar, (categoría A) el efecto de una mayor potencia disponible a 10 m de altura, con media de 53,339.10 W/m² y 16,202.88 W/m² para temporal muy duro. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría B) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), con media 10 579.81 W/m² para la velocidad de viento definida por la categoría temporal duro. Se muestran en tercer lugar, (categoría C) el efecto de

una menor potencia disponible (W/m^2), con media 6,762.31 W/m^2 para la velocidad de viento definida por la categoría Temporal fuerte; Se muestra en cuarto lugar (categoría D), el efecto de una menor potencia disponible (W/m^2), con media 4,073.78 W/m^2 para la velocidad de viento definida por la categoría Temporal (tabla 48).

Tabla 49. ANOVA Velocidad del viento (causa) sobre la potencia energética 20 m
Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1090354125376310,00	12	90862843781359,50	1217649,50	<0,0001
Beaufort	1090354125376310,00	12	90862843781359,30	1217649,50	<0,0001
Error	17677537056122,10	236896	74621509,25		
Total	1108031662432440,00	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=491,31790

Error: 74621509,2535 gl: 236896

Beaufort	Medias	n	E.E.	
Temporal huracanado	236713,50	392	436,30	A
Temporal muy duro	236264,50	506	384,02	A
Temporal duro	234141,50	3740	141,25	B
Temporal fuerte	224946,00	14651	71,37	C
Temporal	203197,50	28846	50,86	D
Viento fuerte	170662,50	36224	45,39	E
Brisa fuerte	134595,50	35910	45,59	F
Brisa fresca	101596,50	30088	49,80	G
Brisa moderada	69171,00	34763	46,33	H
Brisa débil	38347,50	26884	52,68	I
Brisa muy débil	18242,50	13326	74,83	J
Ventolina	8540,50	6078	110,80	K
Calma	2751,00	5501	116,47	L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia energética disponible a 20 m de altura, por causa de las diferentes velocidades de viento (tabla 49).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: La velocidad de viento definida por la categoría temporal huracanado y temporal muy duro, muestra en primer lugar, (categoría A) el efecto de una mayor potencia disponible a 20 m de altura, con media de 80,846.96 W/m² y 24,558.97 W/m² para temporal muy duro. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría B) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), con media 16,035.99 W/m² para la velocidad de viento definida por la categoría temporal duro. Se muestran en tercer lugar, (categoría C) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), con media 10,249.75 W/m² para la velocidad de viento definida por la categoría Temporal fuerte; Se muestra en cuarto lugar (categoría D), el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), con media 6,174.69 W/m² para la velocidad de viento definida por la categoría Temporal (tabla 49).

Tabla 50. ANOVA Velocidad del viento (causa) sobre la potencia energética 30 m
Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1090354125376310,00	12	90862843781359,50	1217649,50	<0,0001
Beaufort	1090354125376310,00	12	90862843781359,30	1217649,50	<0,0001
Error	17677537056122,10	236896	74621509,25		
Total	1108031662432440,00	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=491,31790

Error: 74621509,2535 gl: 236896

Beaufort	Medias	n	E.E.	
Temporal huracanado	236713,50	392	436,30	A
Temporal muy duro	236264,50	506	384,02	A
Temporal duro	234141,50	3740	141,25	B
Temporal fuerte	224946,00	14651	71,37	C
Temporal	203197,50	28846	50,86	D
Viento fuerte	170662,50	36224	45,39	E
Brisa fuerte	134595,50	35910	45,59	F
Brisa fresca	101596,50	30088	49,80	G
Brisa moderada	69171,00	34763	46,33	H
Brisa débil	38347,50	26884	52,68	I
Brisa muy débil	18242,50	13326	74,83	J
Ventolina	8540,50	6078	110,80	K
Calma	2751,00	5501	116,47	L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia energética disponible a 30 m de altura, por causa de las diferentes velocidades de viento (tabla 50).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: La velocidad de viento definida por la categoría temporal huracanado y temporal muy duro, muestra en primer lugar, (categoría A) el efecto de una mayor potencia disponible a 30 m de altura, con media de 103,114.20 W/m² y 31,323.12 W/m² para temporal muy duro. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría B) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), con media 20,452.69 W/m² para la velocidad de viento definida por la categoría temporal duro. Se muestran en tercer lugar, (categoría C) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), con media 13 ,072.79 W/m² para la velocidad de viento definida por la categoría Temporal fuerte (tabla 50).

Tabla 51. ANOVA Velocidad del viento (causa) sobre la potencia energética 40 m

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1090354125376310,00	12	90862843781359,50	1217649,50	<0,0001
Beaufort	1090354125376310,00	12	90862843781359,30	1217649,50	<0,0001
Error	17677537056122,10	236896	74621509,25		
Total	1108031662432440,00	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=491,31790 Error: 74621509,2535 gl: 236896

Beaufort	Medias	n	E.E.	
Temporal huracanado	236713,50	392	436,30	A
Temporal muy duro	236264,50	506	384,02	A
Temporal duro	234141,50	3740	141,25	B
Temporal fuerte	224946,00	14651	71,37	C
Temporal	203197,50	28846	50,86	D
Viento fuerte	170662,50	36224	45,39	E
Brisa fuerte	134595,50	35910	45,59	F
Brisa fresca	101596,50	30088	49,80	G
Brisa moderada	69171,00	34763	46,33	H
Brisa débil	38347,50	26884	52,68	I
Brisa muy débil	18242,50	13326	74,83	J
Ventolina	8540,50	6078	110,80	K
Calma	2751,00	5501	116,47	L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la potencia energética disponible a 40 m de altura, por causa de las diferentes velocidades de viento (tabla 51).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: La velocidad de viento definida por la categoría temporal huracanado y temporal muy duro, muestra en primer lugar, (categoría A) el efecto de una mayor potencia disponible a 30 m de altura, con media de 122,541.08 W/m² y 37,224.44 W/m² para temporal muy duro. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría B) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), con media 24,306.01 W/m² para la velocidad de viento definida por la categoría temporal duro. Se muestran en tercer lugar, (categoría C) el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), con media 15,535.72 W/m² para la velocidad de viento definida por la categoría Temporal fuerte; Se muestra en cuarto lugar (categoría D), el efecto de una menor potencia disponible (W/m²), con media 9,359.08 W/m² para la velocidad de viento definida por la categoría Temporal (tabla 51).

9.3.8 Relación de Causalidad entre Horario diurno-nocturno sobre la Velocidad del Viento

La variable velocidad del viento cumple con los principios o supuestos paramétricos: Normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos.

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.16 en anexos 2).

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.12 en anexos 3).

Independencia de los residuos (figura 2.17 en anexos 2).

Tabla 52. ANOVA horario diurno/nocturno sobre la velocidad del viento a 10 m

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1269,67	1	1269,67	29,95	<0,0001
Horario	1269,67	1	1269,67	29,95	<0,0001
Error	10042736,03	236907	42,39		
Total	10044005,70	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,05244

Error: 42,3910 gl: 236907

Horario	Medias	n	E.E.	
Día	11,32	118423	0,02	A
Noche	11,18	118486	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la velocidad del viento a 10 m, por causa de los diferentes horarios durante el día y la noche (tabla 52).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El horario definido por el día muestra, (categoría A) el efecto de una mayor velocidad del viento, con media de 11.32 m/s. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría B) el efecto de una menor velocidad del viento, con media 11.18 m/s para la velocidad de viento definida por la categoría noche. Esto indica que hay mayor velocidad del viento a 10 m durante el día que por la noche (tabla 52).

Tabla 53. ANOVA horario diurno/nocturno sobre la velocidad del viento a 40 m

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2210,63	1	2210,63	29,95	<0,0001
Horario	2210,63	1	2210,63	29,95	<0,0001
Error	17485419,02	236907	73,81		
Total	17487629,64	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,06919

Error: 73,8071 gl: 236907

Horario	Medias n	E.E.	
Día	14,94 118423	0,02	A
Noche	14,75 118486	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la velocidad del viento a 40 m, por causa de los diferentes horarios durante el día y la noche (tabla 53).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El horario definido por el día, (categoría A) el efecto de una mayor velocidad del viento, con media de 14.94 m/s. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría B) el efecto de una menor velocidad del viento, con media 14.75 m/s para la velocidad de viento definida por la categoría noche. Esto indica que hay mayor velocidad del viento durante el día que por la noche (tabla 53).

9.3.9 Relación de Causalidad entre Estación (lluviosa–seca) sobre la Velocidad del Viento

La variable velocidad del viento cumple con los principios o supuestos paramétricos: Normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos.

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.18 en anexos 2).

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.13 en anexos 3).

Independencia de los residuos (figura 2.19 en anexos 2).

Tabla 54. ANOVA estación sobre la velocidad del viento a 10 m

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	84220,90	1	84220,90	2003,31	<0,0001
Estación	84220,90	1	84220,90	2003,31	<0,0001
Error	9959784,80	236907	42,04		
Total	10044005,70	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,05228

Error: 42,0409 gl: 236907

Estación	Medias	n	E.E.	
Seca	11,88	112722	0,02	A
Lluviosa	10,68	124187	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la velocidad del viento a 10 m, por causa de las diferentes estaciones seca y lluviosa (tabla 54).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: La estación definida como seca, (categoría A) muestra el efecto de una mayor velocidad del viento, con media de 11.88 m/s. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (categoría B) el efecto de una menor velocidad del viento, con media 10.68 (m/s) para la velocidad de viento definida por la categoría lluviosa. Esto indica que hay mayor velocidad del viento durante la estación seca que durante la estación lluviosa (tabla 54).

Tabla 55. ANOVA estación sobre la velocidad del viento a 40 m

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	146637,10	1	146637,10	2003,31	<0,0001
Estación	146637,10	1	146637,10	2003,31	<0,0001
Error	17340992,54	236907	73,20		
Total	17487629,64	236908			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,06898

Error: 73,1975 gl: 236907

Estación	Medias	n	E.E.	
Seca	15,67	112722	0,03	A
Lluviosa	14,09	124187	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existen diferencias significativas en la velocidad del viento a 40 m, por causa de las diferentes estaciones seca y lluviosa (tabla 55).

El Test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: La estación definida como seca, (categoría A) el efecto de una mayor velocidad del viento, con media de 15.67 m/s. Así mismo, se muestran en segundo lugar,

(categoría B) el efecto de una menor velocidad del viento, con media 14.09 (m/s) para la velocidad de viento definida por la categoría lluviosa. Esto indica que hay mayor velocidad del viento durante la estación seca que durante la estación lluviosa (tabla 55).

9.3.10 Relación de Causalidad Bifactorial entre Sitio y Velocidad del Viento sobre Potencia Energética Disponible

La variable Rango [potencia disponible10m], cumplen con los principios o supuestos paramétricos: Normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos.

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.20 en anexos 2).

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.14 en anexos 3).

Independencia de los residuos (figura 2.21 en anexos 2).

Tabla 56. ANOVA Bifactorial Sitio y Velocidad del Viento, sobre Potencia Disponible

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1105775093309070,00	69	16025725989986,50	1681985,67	<0,0001
Sitio	97722995525130,90	1	97722995525130,90	10256551,11	<0,0001
CATViento10m	1008030976080130,00	34	29647969884709,80	3111713,03	<0,0001
Sitio*CATViento10m	21121703802,31	34	621226582,42	65,20	<,0001
Error	2256569123367,46	236839	9527861,22		
Total	1108031662432440,00	236908			

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística altamente significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza, demostró que existe un efecto significativo del sitio (factor principal A) sobre la potencia disponible (tabla 56).

El análisis de varianza realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$ demostró que existe un efecto

altamente significativo de la velocidad del viento a 10 m (factor B) sobre la potencia energética disponible a 10 m de altura (tabla 56).

El análisis de varianza realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$ demostró que existe un efecto de la interacción de ambos factores (sitio * Velocidad del viento) simultáneamente sobre potencia energética disponible (tabla 56).

9.3.11 Relación de Causalidad Bifactorial entre Sitio y Dirección del Viento sobre Potencia Energética Disponible

Las variables Rango [potencia energética disponible] a 10, 20, 30, 40 m, cumplen con los principios o supuestos paramétricos: normalidad de los residuos, homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos.

Diagnóstico Normalidad de los residuos (figura 2.22 en anexos 2).

Diagnóstico Homogeneidad de la varianza de los residuos (tabla 3.15 en anexos 3).

Independencia de los residuos (figura 2.23 en anexos 2).

Tabla 57. ANOVA Bifactorial Sitio y Rumbo del Viento, sobre Potencia Disponible 10 m

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	267959991598392,00	31	8643870696722,31	2451,05	<0,0001
Sitio	94573319511383,40	1	94573319511383,40	26817,14	<0,0001
Rumbos	120004600769337,00	15	8000306717955,78	2268,56	<0,0001
Sitio*Rumbos	53382071317671,60	15	3558804754511,44	1009,13	<0,0001
Error	824811775662905,00	233883	3526599948,11		
Total	1092771767261300,00	233914			

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta

estadística altamente significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza, demostró que existe un efecto significativo del sitio (factor principal A) sobre la potencia energética disponible a 10 m de altura (tabla 57).

El análisis de varianza realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$ demostró que existe un efecto altamente significativo del rumbo (factor B) sobre la potencia energética disponible (tabla 57).

El análisis de varianza realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$ demostró que existe un efecto de la interacción de ambos factores (sitio y rumbo) simultáneamente sobre potencia energética disponible (tabla 57).

Tabla 58. Test LSD Fisher Bifactorial Sitio y Rumbo, sobre Potencia Disponible 10 m

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=576,02759

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Sitio	Media	n	E.E.	
San José La Laguna	97774,77	52704	2483,25	A
El Sesteo	91919,76	181211	295,71	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0, 05 DMS=2866, 95878

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Rumbos	Medias	n	E.E.	
SSW	158041,30	2092	11241,41	A
NNW	148944,28	52131	859,20	B
W	137755,03	6373	803,58	C
NE	106845,89	42105	335,66	D
NW	106076,29	17432	469,35	D
ENE	103700,31	55719	4696,56	E
SW	97793,96	5405	808,79	F
ESE	94556,18	6278	5950,31	G
S	80413,48	4713	887,13	H
N	79720,28	9389	922,44	H
WNW	74507,57	3307	9403,85	I
SSE	70042,61	1566	6853,51	J
SE	69895,47	3403	1152,59	J
E	69548,64	20818	432,04	J
WSW	52684,17	2620	5129,70	K
NNE	36286,82	564	2589,64	L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=18696,45112

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Sitio	Rumbos	Medias	n	E.E.					
San José La Laguna	SSW	231118,71	7	22445,36	B				
San José La Laguna	NNW	170558,79	1220	1699,21	C				
San José La Laguna	W	159454,26	1981	1333,84	D				
El Sesteo	ENE	149662,41	55679	249,44	E				
El Sesteo	NE	148577,36	31554	338,16	F				
El Sesteo	NNW	127329,77	50911	262,58	G				
El Sesteo	W	116055,80	4392	896,55	G				
San José La Laguna	SW	114683,10	2886	1104,92	G				
El Sesteo	NW	106861,48	6074	760,57	GH				
San José La Laguna	NW	105291,10	11358	556,25	GH				
San José La Laguna	S	103274,03	1827	1390,02	GH				
El Sesteo	WNW	103182,18	3297	1034,17	GH				
San José La Laguna	SSE	103041,37	19	13623,78	GHI				
El Sesteo	N	102332,19	1186	1724,26	HI				
El Sesteo	ESE	99306,17	6253	749,44	HI				
San José La Laguna	ESE	89806,20	25	11877,01	HI J				
El Sesteo	SSW	84963,89	2085	1301,30	I J				
El Sesteo	E	82657,94	7180	699,53	I J K				
El Sesteo	SW	80904,83	2519	1184,26	I J K				
San José La Laguna	SE	77429,32	905	1974,75	I J K				
El Sesteo	WSW	75636,97	2586	1302,59	J K				
San José La Laguna	NE	65114,43	10551	579,93	K				
El Sesteo	SE	62361,63	2498	1187,80	K				
San José La Laguna	ENE	57738,21	40	9389,62	K				
El Sesteo	S	57552,93	2886	1104,16	K				
San José La Laguna	N	57108,36	8203	656,12	K				
San José La Laguna	E	56439,35	13638	510,54	K				
San José La Laguna	WNW	45832,95	10	18779,24	K	L			
El Sesteo	SSE	37043,86	1547	1509,50			L		
El Sesteo	NNE	36286,82	564	2589,64			L		
San José La Laguna	WSW	29731,37	34	10182,48			L		

El test de Fisher con un Alfa = 0.05, aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El sitio San José de La Laguna presenta mayores medias de potencias disponibles a 10 m, para los rumbos SSW Sur Suroeste, NNW Nor Noroeste y W Oeste (categorías B, C, D). El sitio El Sesteo presenta menores medias de potencias disponibles para los rumbos ENE Este Noreste, NE Nor Este y NNW Nor noroeste (categorías E, F, G) (tabla 58).

Tabla 59. ANOVA Bifactorial Sitio y Rumbo, sobre Potencia Disponible a 20 m

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	267959991598392,00	31	8643870696722,31	2451,05	<0,0001
Sitio	94573319511383,40	1	94573319511383,40	26817,14	<0,0001
Rumbos	120004600769337,00	15	8000306717955,78	2268,56	<0,0001
Sitio*Rumbos	53382071317671,60	15	3558804754511,44	1009,13	<0,0001
Error	824811775662905,00	233883	3526599948,11		
Total	1092771767261300,00	233914			

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística altamente significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existe un efecto significativo del sitio (factor principal A) sobre la potencia energética disponible a 20 m de altura (tabla 59).

El análisis de varianza realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$ demostró que existe un efecto altamente significativo del rumbo (factor B) sobre la potencia energética disponible a 20 m de altura (tabla 59).

El análisis de varianza realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$ demostró que existe un efecto de la interacción de ambos factores (sitio y rumbo) simultáneamente sobre potencia energética disponible (tabla 59).

Tabla 60. Test LSD Fisher Bifactorial Sitio y Rumbo, sobre Potencia Disponible 20 m

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=576,02759

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Sitio	Medias	n	E.E.
San José La Laguna	97774,77	52704	2483,25 A
El Sesteo	91919,76	181211	295,71 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2866,95878

Rumbos	Medias	n	E.E.						
SSW	158041,30	2092	11241,41	A					
NNW	148944,28	52131	859,20	B					
W	137755,03	6373	803,58	C					
NE	106845,89	42105	335,66		D				
NW	106076,29	17432	469,35		D				
ENE	103700,31	55719	4696,56		E				
SW	97793,96	5405	808,79		F				
ESE	94556,18	6278	5950,31		G				
S	80413,48	4713	887,13			H			
N	79720,28	9389	922,44			H			
WNW	74507,57	3307	9403,85				I		
SSE	70042,61	1566	6853,51					J	
SE	69895,47	3403	1152,59					J	
E	69548,64	20818	432,04					J	
WSW	52684,17	2620	5129,70						K
NNE	36286,82	564	2589,64						L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=18696,45112

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Sitio	Rumbos	Medias	n	E.E.						
San José La Laguna	SSW	231118,71	7	22445,36	B					
San José La Laguna	NNW	170558,79	1220	1699,21	C					
San José La Laguna	W	159454,26	1981	1333,84		D				
El Sesteo	ENE	149662,41	55679	249,44			E			
El Sesteo	NE	148577,36	31554	338,16			F			
El Sesteo	NNW	127329,77	50911	262,58				G		
El Sesteo	W	116055,80	4392	896,55				G		
San José La Laguna	SW	114683,10	2886	1104,92				G		
El Sesteo	NW	106861,48	6074	760,57				G	H	
San José La Laguna	NW	105291,10	11358	556,25				G	H	
San José La Laguna	S	103274,03	1827	1390,02				G	H	
El Sesteo	WNW	103182,18	3297	1034,17				G	H	
San José La Laguna	SSE	103041,37	19	13623,78				G	H	I
El Sesteo	N	102332,19	1186	1724,26					H	I
El Sesteo	ESE	99306,17	6253	749,44					H	I
San José La Laguna	ESE	89806,20	25	11877,01					H	IJ
El Sesteo	SSW	84963,89	2085	1301,30						IJ
El Sesteo	E	82657,94	7180	699,53						IJ K
El Sesteo	SW	80904,83	2519	1184,26						IJ K
San José La Laguna	SE	77429,32	905	1974,75						IJ K
El Sesteo	WSW	75636,97	2586	1302,59						J K
San José La Laguna	NE	65114,43	10551	579,93						K
El Sesteo	SE	62361,63	2498	1187,80						K
San José La Laguna	ENE	57738,21	40	9389,62						K
El Sesteo	S	57552,93	2886	1104,16						K
San José La Laguna	N	57108,36	8203	656,12						K
San José La Laguna	E	56439,35	13638	510,54						K
San José La Laguna	WNW	45832,95	10	18779,24						K L
El Sesteo	SSE	37043,86	1547	1509,50						L
El Sesteo	NNE	36286,82	564	2589,64						L
San José La Laguna	WSW	29731,37	34	10182,48						L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05 (tabla 60), aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El sitio San José de La Laguna presenta mayores medias de potencias disponibles a 20 m, para los rumbos SSW Sur Suroeste, NNW Nor Noroeste y W Oeste (categorías B, C, D). El sitio El Sesteo presenta menores medias de potencias disponibles para los rumbos ENE Este noreste, NE Nor Este y NNW Nor noroeste (categorías E, F, G).

Tabla 61. ANOVA bifactorial Sitio y Rumbo del Viento, sobre Potencia Disponible a 30 m
Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	267959991598392,00	31	8643870696722,31	2451,05	<0,0001
Sitio	94573319511383,40	1	94573319511383,40	26817,14	<0,0001
Rumbos	120004600769337,00	15	8000306717955,78	2268,56	<0,0001
Sitio*Rumbos	53382071317671,60	15	3558804754511,44	1009,13	<0,0001
Error	824811775662905,00	233883	3526599948,11		
Total	1092771767261300,00	233914			

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística altamente significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existe un efecto significativo del sitio (factor principal A) sobre la potencia energética disponible a 30 m de altura (tabla 61).

El análisis de varianza realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$ demostró que existe un efecto altamente significativo del rumbo (factor B) sobre la potencia energética disponible a 30 m de altura (tabla 61).

El análisis de varianza realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$ demostró que existe un efecto de la interacción de ambos factores (sitio y rumbo) simultáneamente sobre potencia energética disponible (tabla 61).

Tabla 62. Test LSD Fisher, Bifactorial Sitio y Rumbo, sobre Potencia Disponible a 30 m

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=576,02759

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Sitio	Media	n	E.E.
San José La Laguna	97774,77	52704	2483,25 A
El Sesteo	91919,76	181211	295,71 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2866,95878

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Rumbos	Medias	n	E.E.
SSW	158041,30	2092	11241,41 A
NNW	148944,28	52131	859,20 B
W	137755,03	6373	803,58 C
NE	106845,89	42105	335,66 D
NW	106076,29	17432	469,35 D
ENE	103700,31	55719	4696,56 E
SW	97793,96	5405	808,79 F
ESE	94556,18	6278	5950,31 G
S	80413,48	4713	887,13 H
N	79720,28	9389	922,44 H
WNW	74507,57	3307	9403,85 I
SSE	70042,61	1566	6853,51 J
SE	69895,47	3403	1152,59 J
E	69548,64	20818	432,04 J
WSW	52684,17	2620	5129,70 K
NNE	36286,82	564	2589,64 L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=18696,45112

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Sitio	Rumbos	Medias	n	E.E.
San José La Laguna	SSW	231118,71	7	22445,36 B
San José La Laguna	NNW	170558,79	1220	1699,21 C
San José La Laguna	W	159454,26	1981	1333,84 D
El Sesteo	ENE	149662,41	55679	249,44 E
El Sesteo	NE	148577,36	31554	338,16 F
El Sesteo	NNW	127329,77	50911	262,58 G
El Sesteo	W	116055,80	4392	896,55 G
San José La Laguna	SW	114683,10	2886	1104,92 G
El Sesteo	NW	106861,48	6074	760,57 G H
San José La Laguna	NW	105291,10	11358	556,25 G H
San José La Laguna	S	103274,03	1827	1390,02 G H
El Sesteo	WNW	103182,18	3297	1034,17 G H
San José La Laguna	SSE	103041,37	19	13623,78 G H I
El Sesteo	N	102332,19	1186	1724,26 H I
El Sesteo	ESE	99306,17	6253	749,44 H I
San José La Laguna	ESE	89806,20	25	11877,01 H I J
El Sesteo	SSW	84963,89	2085	1301,30 I J
El Sesteo	E	82657,94	7180	699,53 I J K
El Sesteo	SW	80904,83	2519	1184,26 I J K
San José La Laguna	SE	77429,32	905	1974,75 I J K

El Sesteo	WSW	75636,97	2586	1302,59	J	K
San José La Laguna	NE	65114,43	10551	579,93		K
El Sesteo	SE	62361,63	2498	1187,80		K
San José La Laguna	ENE	57738,21	40	9389,62		K
El Sesteo	S	57552,93	2886	1104,16		K
San José La Laguna	N	57108,36	8203	656,12		K
San José La Laguna	E	56439,35	13638	510,54		K
San José La Laguna	WNW	45832,95	10	18779,24	K	L
El Sesteo	SSE	37043,86	1547	1509,50		L
El Sesteo	NNE	36286,82	564	2589,64		L
San José La Laguna	WSW	29731,37	34	10182,48		L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05 (tabla 62), aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El sitio San José de La Laguna presenta mayores medias de potencias disponibles a 30 m, para los rumbos SSW Sur Suroeste, NNW Nor Noroeste y W Oeste (categorías B, C, D). El sitio El Sesteo presenta menores medias de potencias disponibles para los rumbos ENE Este Noreste, NE Nor Este y NNW Nor Noroeste (categorías E, F, G).

Tabla 63. ANOVA Bifactorial Sitio y Rumbo Viento, sobre Potencia Disponible a 40 m

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	267959991598392,00	31	8643870696722,31	2451,05	<0,0001
Sitio	94573319511383,40	1	94573319511383,40	26817,14	<0,0001
Rumbos	120004600769337,00	15	8000306717955,78	2268,56	<0,0001
Sitio*Rumbos	53382071317671,60	15	3558804754511,44	1009,13	<0,0001
Error	824811775662905,00	233883	3526599948,11		
Total	1092771767261300,00	233914			

El ANOVA realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$, esto indica que se obtuvo una respuesta estadística altamente significativa. Por lo tanto, el Análisis de Varianza o Prueba F de Fisher, demostró que existe un efecto significativo del sitio (factor principal A) sobre la potencia energética disponible a 40 m de altura (tabla 63).

El análisis de varianza realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$ demostró que existe un efecto altamente significativo del rumbo (factor B) sobre la potencia energética disponible a 40 m de altura (tabla 63).

El análisis de varianza realizado aportó las evidencias estadísticas de un valor de $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$ demostró que existe un efecto de la interacción de ambos factores (sitio y rumbo) simultáneamente sobre potencia energética disponible (tabla 63).

Tabla 64. Test LSD Fisher, Bifactorial Sitio y Rumbo, sobre Potencia Disponible 40 m

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=576,02759

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Sitio	Media	n	E.E.	
San José La Laguna	97774,77	52704	2483,25	A
El Sesteo	91919,76	181211	295,71	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2866,95878

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Rumbos	Medias	n	E.E.						
SSW	158041,30	2092	11241,41	A					
NNW	148944,28	52131	859,20		B				
W	137755,03	6373	803,58			C			
NE	106845,89	42105	335,66				D		
NW	106076,29	17432	469,35				D		
ENE	103700,31	55719	4696,56					E	
SW	97793,96	5405	808,79						F
ESE	94556,18	6278	5950,31						G
S	80413,48	4713	887,13						H
N	79720,28	9389	922,44						H
WNW	74507,57	3307	9403,85						I
SSE	70042,61	1566	6853,51						J
SE	69895,47	3403	1152,59						J
E	69548,64	20818	432,04						J
WSW	52684,17	2620	5129,70						K
NNE	36286,82	564	2589,64						L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=18696,45112

Error: 3526599948,1061 gl: 233883

Sitio	Rumbos	Medias	n	E.E.				
San José La Laguna	SSW	231118,71	7	22445,36	B			
San José La Laguna	NNW	170558,79	1220	1699,21	C			
San José La Laguna	W	159454,26	1981	1333,84	D			
El Sesteo	ENE	149662,41	55679	249,44	E			
El Sesteo	NE	148577,36	31554	338,16	F			
El Sesteo	NNW	127329,77	50911	262,58	G			
El Sesteo	W	116055,80	4392	896,55	G			
San José La Laguna	SW	114683,10	2886	1104,92	G			
El Sesteo	NW	106861,48	6074	760,57	G H			
San José La Laguna	NW	105291,10	11358	556,25	G H			
San José La Laguna	S	103274,03	1827	1390,02	G H			
El Sesteo	WNW	103182,18	3297	1034,17	G H			
San José La Laguna	SSE	103041,37	19	13623,78	G H I			
El Sesteo	N	102332,19	1186	1724,26	H I			
El Sesteo	ESE	99306,17	6253	749,44	H I			
San José La Laguna	ESE	89806,20	25	11877,01	H I J			
El Sesteo	SSW	84963,89	2085	1301,30	I J			
El Sesteo	E	82657,94	7180	699,53	I J K			
El Sesteo	SW	80904,83	2519	1184,26	I J K			
San José La Laguna	SE	77429,32	905	1974,75	I J K			
El Sesteo	WSW	75636,97	2586	1302,59	J K			
San José La Laguna	NE	65114,43	10551	579,93				K
El Sesteo	SE	62361,63	2498	1187,80				K
San José La Laguna	ENE	57738,21	40	9389,62				K
El Sesteo	S	57552,93	2886	1104,16				K
San José La Laguna	N	57108,36	8203	656,12				K
San José La Laguna	E	56439,35	13638	510,54				K
San José La Laguna	WNW	45832,95	10	18779,24				K L
El Sesteo	SSE	37043,86	1547	1509,50				L
El Sesteo	NNE	36286,82	564	2589,64				L
San José La Laguna	WSW	29731,37	34	10182,48				L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El test LSD de Fisher con un Alfa = 0.05 (tabla 64), aportó las evidencias estadísticas de una clasificación definida de la siguiente forma: El sitio San José de La Laguna presenta mayores medias de potencias disponibles a 40 m, para los rumbos SSW Sur Suroeste, NNW Nor Noroeste y W Oeste (categorías B, C, D). El sitio El Sesteo presenta menores medias de potencias disponibles para los rumbos ENE Este Noreste, NE Nor Este y NNW Nor Noroeste (categorías E, F, G).

9.3.12 Análisis Correlacional de Pearson (ANACORR) entre Velocidad del Viento y Potencia disponible

Tabla 65. ANACORR entre las variables Velocidad del Viento y Potencia disponible

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Vel del Viento10m	Vel del viento20m	236909	1.00	<0.0001
Vel del Viento10m	Vel del viento30m	236909	1.00	<0.0001
Vel del Viento10m	Vel del viento40m	236909	1.00	<0.0001
Vel del Viento10m	[Pdisp10m]	236909	0.74	<0.0001
Vel del Viento10m	[Pdisp20m]	236909	0.74	<0.0001
Vel del Viento10m	Pdisp30m	236909	0.74	<0.0001
Vel del Viento10m	Pdisp40m	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento20m	Vel del viento30m	236909	1.00	<0.0001
Vel del viento20m	Vel del viento40m	236909	1.00	<0.0001
Vel del viento20m	[Pdisp10m]	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento20m	[Pdisp20m]	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento20m	Pdisp30m	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento20m	Pdisp40m	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento30m	Vel del viento40m	236909	1.00	<0.0001
Vel del viento30m	[Pdisp10m]	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento30m	[Pdisp20m]	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento30m	Pdisp30m	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento30m	Pdisp40m	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento40m	[Pdisp10m]	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento40m	[Pdisp20m]	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento40m	Pdisp30m	236909	0.74	<0.0001
Vel del viento40m	Pdisp40m	236909	0.74	<0.0001
[Pdisp10m]	[Pdisp20m]	236909	1.00	<0.0001
[Pdisp10m]	Pdisp30m	236909	1.00	<0.0001
[Pdisp10m]	Pdisp40m	236909	1.00	<0.0001
[Pdisp20m]	Pdisp30m	236909	1.00	<0.0001
[Pdisp20m]	Pdisp40m	236909	1.00	<0.0001
Pdisp30m	Pdisp40m	236909	1.00	<0.0001

El ANACORR muestra asociación fuerte positiva de la velocidad del viento a diversas alturas y las potencias disponibles.

El análisis de *Correlación de Pearson* realizado para las variables **Vel del Viento10m** y **Pdisp10m**, dio como resultado un coeficiente de correlación “r” igual a **0.74**, el cual es un valor próximo a 1, indicando que se tiene una fuerte asociación entre las variables. Este fuerte valor del “r” fue obtenido con un $p = 0.0001$, el cual resulta ser **menor** que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de **Ho: $\rho = 0$** , esto quiere decir que la respuesta estadística obtenida es una correlación significativa, por lo que se demostró que existe correlación entre las variables **Vel del Viento10 m y Pdisp10 m**. De ahí que, se confirma la hipótesis de que la velocidad del viento a 10 m. de altura, está asociada con potencia eólica disponible (tabla 65).

El análisis de *Correlación de Pearson* realizado para las variables **VeldelViento20m** y **Pdisp10m**, dio como resultado un coeficiente de correlación “r” igual a **0.74**, el cual es un valor próximo a 1, indicando que se tiene una fuerte asociación entre las variables. Este fuerte valor del “r” fue obtenido con un $p = 0.0001$, el cual resulta ser **menor** que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de **Ho: $\rho = 0$** , esto quiere decir que la respuesta estadística obtenida es una correlación significativa, por lo que se demostró que existe correlación entre las variables **Vel del Viento20 m y Pdisp 20 m**. De ahí que, se confirma la hipótesis de que la velocidad del viento a 20 m de altura, está asociada con potencia eólica disponible (tabla 65).

El análisis de *Correlación de Pearson* realizado para las variables **Vel del Viento 30 m y Pdisp 30 m**, dio como resultado un coeficiente de correlación “r” igual a **0.74**, el cual es un valor próximo a 1, indicando que se tiene una fuerte asociación entre las variables. Este fuerte valor del “r” fue obtenido con un $p = 0.0001$, el cual resulta ser **menor** que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de **Ho: $\rho = 0$** , esto quiere decir que la respuesta estadística obtenida es una correlación significativa, por lo que se demostró que existe correlación entre las variables **Vel del Viento 30 m y Pdisp 30 m**. De ahí que, se confirma la hipótesis de que la velocidad del viento a 30 m de altura, está asociada con potencia eólica disponible (tabla 65).

El análisis de *Correlación de Pearson* realizado para las variables **VeldelViento40m** y **Pdisp40m**, dio como resultado un coeficiente de correlación “**r**” igual a **0.74**, el cual es un valor próximo a 1, indicando que se tiene una fuerte asociación entre las variables. Este fuerte valor del “**r**” fue obtenido con un **p = 0.0001**, el cual resulta ser **menor** que el nivel crítico de comparación **$\alpha = 0.05$** . Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de **H₀: $\rho = 0$** , esto quiere decir que la respuesta estadística obtenida es una correlación significativa, por lo que se demostró que existe correlación entre las variables **VeldelViento40m** y **Pdisp40m**. De ahí que, se confirma la hipótesis de que la velocidad del viento a 40 m de altura, está asociada con potencia eólica disponible (tabla 65).

9.4 Propuesta de sistema eólico de generación distribuida que garantice la demanda eléctrica del municipio de San Nicolás

9.4.1 Aplicación probabilidad de Weibull

$$p_i(v \geq v_i) = 1 - e^{-\left(\frac{v_i}{c}\right)^k}$$

Seleccionando valores de referencia que van desde 0 m/s, hasta un máximo de 21 m/s, en todos los intervalos de velocidad de viento tomados como referencia y utilizando la ecuación de la probabilidad de Weibull, se obtiene la probabilidad que existe de tener velocidades del viento superiores al valor de referencia V_i .

Se observa que la probabilidad de tener velocidades superiores a cero es del 100 %. La probabilidad de tener velocidades arriba de los 3 m/s, que es la velocidad mínima necesaria para el arranque del aerogenerador es del 96 %. La probabilidad de tener vientos mayores de 7 m/s es del 79 %. La probabilidad de tener vientos mayores a 11 m/s es del 50 % y la probabilidad de tener vientos mayores a 20 m/s es del 5.6 % (tabla 66).

Tabla 66. Probabilidad de Weibull

Vi m/s	P (V>Vi)
0	1,0000
1	0,9978
2	0,9883
3	0,9696
4	0,9404
5	0,9005
6	0,8504
7	0,7912
8	0,7246
9	0,6525
10	0,5774
11	0,5017
12	0,4278
13	0,3577
14	0,2931
15	0,2352
16	0,1847
17	0,1420
18	0,1067
19	0,0784
20	0,0562
21	0,0394
22	0,0269
23	0,0179
24	0,0117
25	0,0074

9.4.2 Potencial eólico de la zona

El factor de escala c (m/s) indicó la velocidad promedio del lugar de estudio, y el factor de forma k indicó la dispersión de los datos y la frecuencia con la que se presenta la velocidad promedio.

Ubicación	Factor de forma k	Factor de escala c m/s
El Sesteo	2.39	12.85

Se determinó el potencial eólico mediante la ecuación

$$\text{Potencial eólico} = \frac{1}{2} * \rho * v^3 * r^2 * \pi$$

La densidad del viento es:

$$\rho = 1.086 \text{ kg/m}^3$$

Para efectos de cálculo se utiliza el aerogenerador AN BONUS 1MW 45 m

$$\text{Potencial eólico} = \frac{1}{2} * 1.086 * (11.19)^3 * (22.5)^2 * \pi$$

$$\text{Potencial eólico} = 1, 210,057.51 \text{ W}$$

La potencia alcanzada utilizando un aerogenerador SIEMENS AN BONUS B52 1MW 45 m en el municipio de San Nicolás, comunidad El Sesteo es de 1210.05 kW.

Aproximaciones mediante utilidad “calculadora de poder”

Mediante la aplicación “calculadora de poder” se determinó la potencia eólica de aerogenerador del productor ENERCON, tipo E53 810 kW, en el que se estimó para la velocidad media una producción de energía de 4.9 MWh/año, factor de capacidad 69.1 % (figura 69).

Calculadora de poder

Distribución de la velocidad del viento

Puede estimar la distribución de Weibull para su sitio con la [calculadora de Weibull](#) o la calculadora de potencia aproxima una distribución para la velocidad del viento media que se ingresa.

Parámetros de Weibull A: m / s k:
 velocidad media del viento v: Sra

Densidad del aire

Puede calcular la densidad del aire para su sitio con la [calculadora de densidad del aire](#).

Densidad del aire: kg / m³

Resultado

Productor	Enercon
Tipo	E-53
Capacidad	810 kW
Diámetro del rotor	53 m
Producción de energía	4'909'910 kWh / año
Factor de capacidad	69.1%
Horas de carga completa	6'057 h / año
Horas de funcionamiento	8'657 h / año

Figura 69. Producción de energía. Aerogenerador Enercon E-53 810 KW.

El aerogenerador seleccionado arranca desde velocidades de 2 m/s y desde la velocidad 13 m/s hasta la velocidad 25 m/s produce una potencia eólica de 810 kW (figura 70).

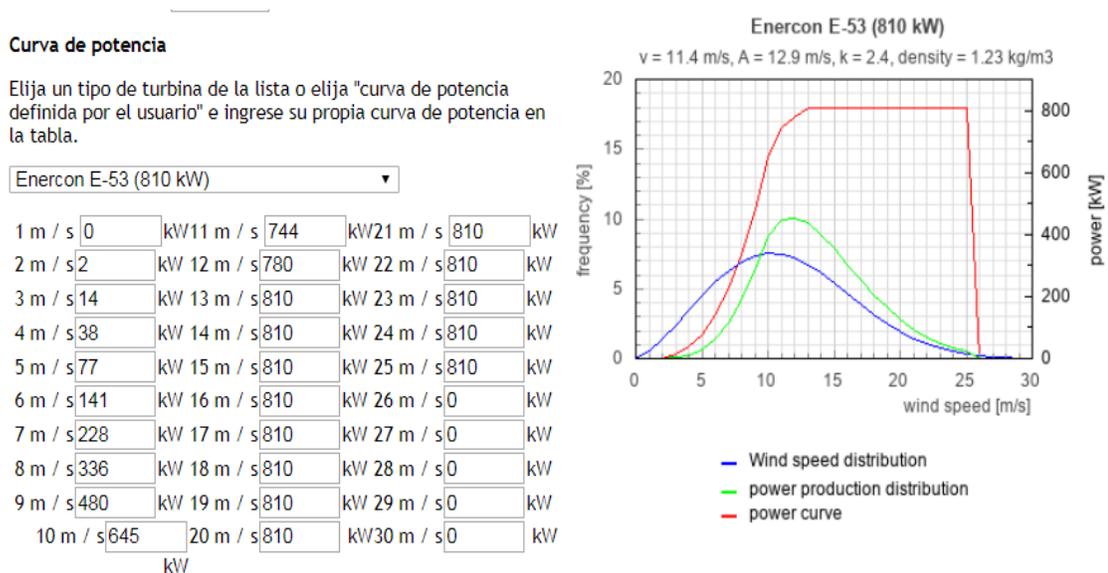


Figura 70. Curva de potencia. Aerogenerador Enercon E-53 810 kW.

Mediante la aplicación “calculadora de poder” se determinó la potencia eólica del aerogenerador del productor VESTAS V52 850 KW en el que se estimó para la velocidad media una producción de energía de 4.8 MWh/año, factor de capacidad 64.5 % (figura 71).

Calculadora de poder

Distribución de la velocidad del viento

Puede estimar la distribución de Weibull para su sitio con la [calculadora de Weibull](#) o la calculadora de potencia aproxima una distribución para la velocidad del viento media que se ingresa.

Parámetros de Weibull A: m / s k:
 velocidad media del viento v : Sra

Densidad del aire

Puede calcular la densidad del aire para su sitio con la [calculadora de densidad del aire](#) .

Densidad del aire: kg / m³

Resultado

Productor	Vestas
Tipo	V52
Capacidad	850 kW
Diámetro del rotor	52 m
Producción de energía	4'803'259 kWh / año
¹ Factor de capacidad	64.5%
² Horas de carga completa	5'647 h / año
³ Horas de funcionamiento	8'326 h / año

Figura 71. Producción de energía calculada para el aerogenerador Vestas V52 850 kW.

El aerogenerador seleccionado arranca a velocidades de 4 m/s y desde la velocidad 13 m/s hasta la velocidad 25 m/s produce una potencia eólica de 850 kW (figura 72).

Curva de potencia

Elija un tipo de turbina de la lista o elija "curva de potencia definida por el usuario" e ingrese su propia curva de potencia en la tabla.

Vestas V52 (850 kW)

1 m / s	<input type="text" value="0"/> kW	11 m / s	<input type="text" value="671"/> kW	21 m / s	<input type="text" value="850"/> kW
2 m / s	<input type="text" value="0"/> kW	12 m / s	<input type="text" value="759"/> kW	22 m / s	<input type="text" value="850"/> kW
3 m / s	<input type="text" value="0"/> kW	13 m / s	<input type="text" value="811"/> kW	23 m / s	<input type="text" value="850"/> kW
4 m / s	<input type="text" value="25.5"/> kW	14 m / s	<input type="text" value="836"/> kW	24 m / s	<input type="text" value="850"/> kW
5 m / s	<input type="text" value="67.4"/> kW	15 m / s	<input type="text" value="846"/> kW	25 m / s	<input type="text" value="850"/> kW
6 m / s	<input type="text" value="125"/> kW	16 m / s	<input type="text" value="849"/> kW	26 m / s	<input type="text" value="0"/> kW
7 m / s	<input type="text" value="203"/> kW	17 m / s	<input type="text" value="850"/> kW	27 m / s	<input type="text" value="0"/> kW
8 m / s	<input type="text" value="304"/> kW	18 m / s	<input type="text" value="850"/> kW	28 m / s	<input type="text" value="0"/> kW
9 m / s	<input type="text" value="425"/> kW	19 m / s	<input type="text" value="850"/> kW	29 m / s	<input type="text" value="0"/> kW
10 m / s	<input type="text" value="554"/> kW	20 m / s	<input type="text" value="850"/> kW	30 m / s	<input type="text" value="0"/> kW

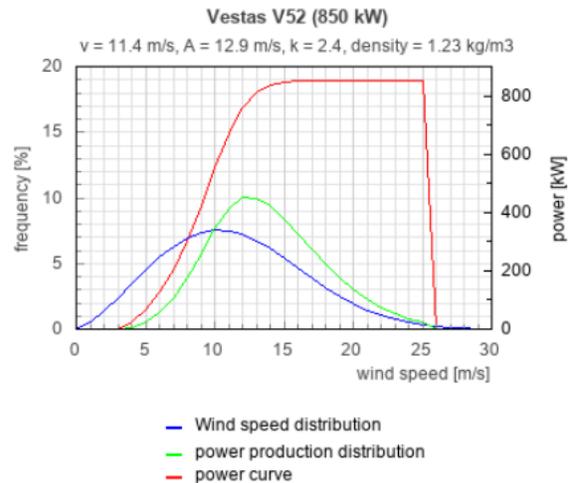


Figura 72. Producción de energía calculada para el aerogenerador Vestas V52 850 kW.

Mediante la aplicación “calculadora de poder” se determinó la potencia eólica del aerogenerador del productor Gamesa G87 2000 kW en el que se estimó para la velocidad media una producción de energía de 12 MWh/año, factor de capacidad 68.7 % (figura 73).

Calculadora de poder

Distribución de la velocidad del viento

Puede estimar la distribución de Weibull para su sitio con la [calculadora de Weibull](#) o la calculadora de potencia aproxima una distribución para la velocidad del viento media que se ingresa.

Parámetros de Weibull A: m / s k:
 velocidad media del viento v : Sra

Densidad del aire

Puede calcular la densidad del aire para su sitio con la [calculadora de densidad del aire](#) .

Densidad del aire: kg / m³

Resultado

Productor	Gamesa
Tipo	G87
Capacidad	2'000 kW
Diámetro del rotor	87 m
Producción de energía	12'047'029 kWh / año
¹ Factor de capacidad	68.7%
² Horas de carga completa	6'019 h / año
³ Horas de funcionamiento	8'326 h / año

Figura 73. Producción de energía. Aerogenerador Gamesa G87 2000 kW.

El aerogenerador seleccionado arranca a velocidades de 4 m/s y desde la velocidad 16 m/s hasta la velocidad 25 m/s produce una potencia eólica de 2,000 kW (figura 74).

Curva de potencia

Elija un tipo de turbina de la lista o elija "curva de potencia definida por el usuario" e ingrese su propia curva de potencia en la tabla.

Gamesa G87 (2000 kW)

1 m / s	<input type="text" value="0"/> kW	11 m / s	<input type="text" value="1816"/> kW	21 m / s	<input type="text" value="2000"/> kW
2 m / s	<input type="text" value="0"/> kW	12 m / s	<input type="text" value="1963"/> kW	22 m / s	<input type="text" value="2000"/> kW
3 m / s	<input type="text" value="0"/> kW	13 m / s	<input type="text" value="1988"/> kW	23 m / s	<input type="text" value="2000"/> kW
4 m / s	<input type="text" value="79"/> kW	14 m / s	<input type="text" value="1996"/> kW	24 m / s	<input type="text" value="2000"/> kW
5 m / s	<input type="text" value="181"/> kW	15 m / s	<input type="text" value="1999"/> kW	25 m / s	<input type="text" value="2000"/> kW
6 m / s	<input type="text" value="335"/> kW	16 m / s	<input type="text" value="2000"/> kW	26 m / s	<input type="text" value="0"/> kW
7 m / s	<input type="text" value="550"/> kW	17 m / s	<input type="text" value="2000"/> kW	27 m / s	<input type="text" value="0"/> kW
8 m / s	<input type="text" value="832"/> kW	18 m / s	<input type="text" value="2000"/> kW	28 m / s	<input type="text" value="0"/> kW
9 m / s	<input type="text" value="1175"/> kW	19 m / s	<input type="text" value="2000"/> kW	29 m / s	<input type="text" value="0"/> kW
10 m / s	<input type="text" value="1530"/> kW	20 m / s	<input type="text" value="2000"/> kW	30 m / s	<input type="text" value="0"/> kW

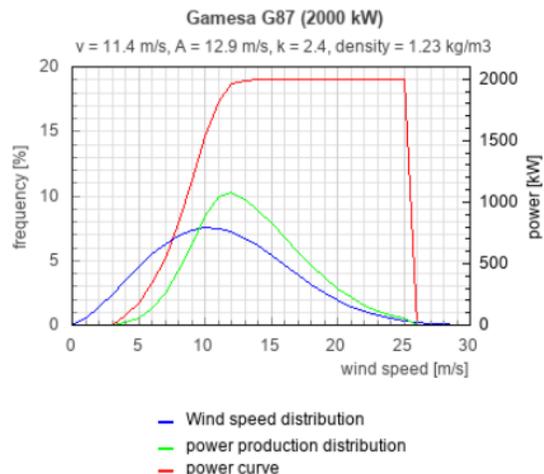


Figura 74. Curva de potencia. Aerogenerador GAMESA G87 2000 kW.

9.4.3 Diseño de la propuesta de generación eléctrica, mediante el software Retscreen

9.4.3.1 Ubicación

La localización de la instalación sería en el municipio de San Nicolás, departamento Estelí. Ubicado en la latitud norte $12^{\circ} 92'$ y longitud $-86^{\circ} 36'$ longitud oeste (figura 75).

Se ubica en la zona climática caliente húmeda, con temperaturas media de 19°C , humedad relativa de 66% , presión atmosférica de 86 kPa , velocidad media del viento $11,9 \text{ m/s}$ (tabla 3.16 en anexos 3).

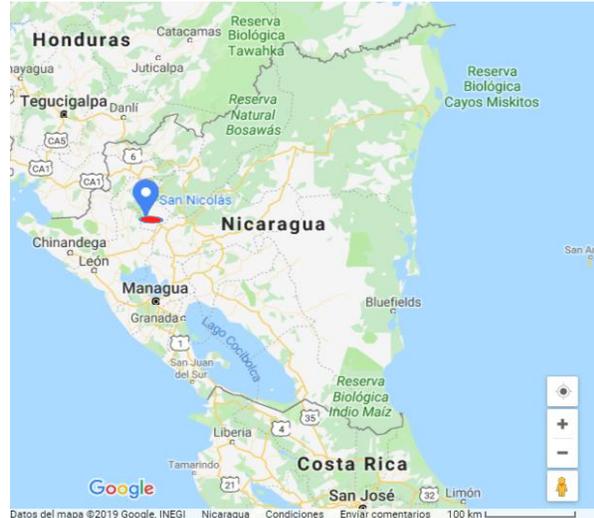


Figura 75. Ubicación municipio San Nicolás en el mapa de Nicaragua.

9.4.3.2 Instalación

De la base de datos de RETScreen, se selecciona la turbina eólica de Siemens AN Bonus 1 MW 45 m. Para alcanzar 10 MW, se utilizan 10 turbinas de este tipo. El factor de planta es de 52% . Presenta costos iniciales de $3,000 \text{ U\$/kW}$, lo que genera un costo inicial de 30 millones de dólares. El costo de operación y mantenimiento es de $84 \text{ U\$/kW-año}$, calculándose $840,000.00$ La tarifa de exportación se determinó en $0.11 \text{ U\$/kWh}$. La electricidad exportada a la red es $45,552 \text{ MWh}$, con lo que se determinan ingresos por exportación de electricidad de $5,010,720.00$ (figura 76).

Eólica		Nivel	
Descripción	Turbina - eólica		
Nota			
Eólica - Nivel 1			
Capacidad de generación eléctrica	kW	10.000	
Fabricante		Siemens	
Modelo		AN BONUS 1 MW - 45m	
Número de turbinas		10	
Factor de planta	%	52%	
Costos iniciales	\$/kW	3000	
	\$	30.000.000	
Costo de O y M (ahorros)	\$/kW-año	84	
	\$	840.000	
Tarifa de exportación de electricidad		Electricidad exportada a la red - anual	
	\$/MWh	110	
Electricidad exportada a la red	MWh	45.552	
Ingresos por exportación de electricidad	\$	5.010.720	

Figura 76. Determinación del modelo de energía de la turbina eólica AN Bonus 1 MW, mediante RETScreen.

Se determinó el punto de referencia (Benchmark) del costo de producción de energía eólica en 110 \$/MWh, y se muestra comparativamente con el resto de tecnologías (figura 77).

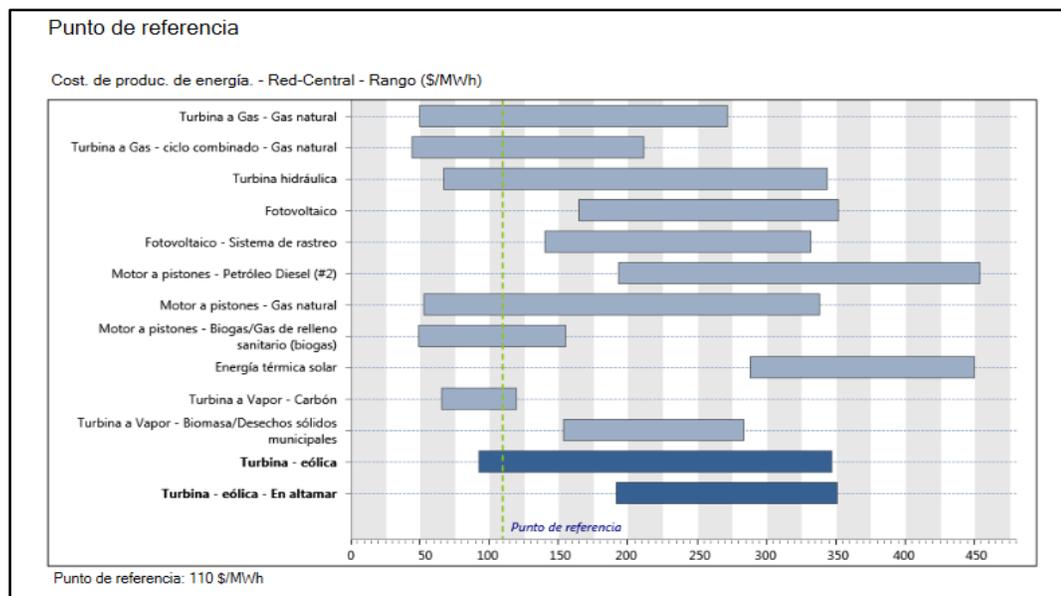


Figura 77. Benchmark de tecnologías y referencia de costo de producción de energía.

Una parte importante del proceso de planificación de costos de un proyecto es analizar su viabilidad desde el punto de vista de la capacidad que tendrá el proyecto para hacer frente a los pagos. Por lo mismo se realizó el flujo de caja acumulado estableciendo la diferencia entre pagos y cobros, estimado en los 20 años de vida útil del proyecto.

El flujo de efectivo – acumulado obtenido refleja: En el año 4 ya no se acumula flujo negativo. A partir del año 5 se acumula flujo positivo por lo que el proyecto puede hacer frente a los pagos. Hasta el año 20 existirán más de U\$ 100, 000,000.00 de flujo de efectivo acumulado indicando liquidez (figura 78).

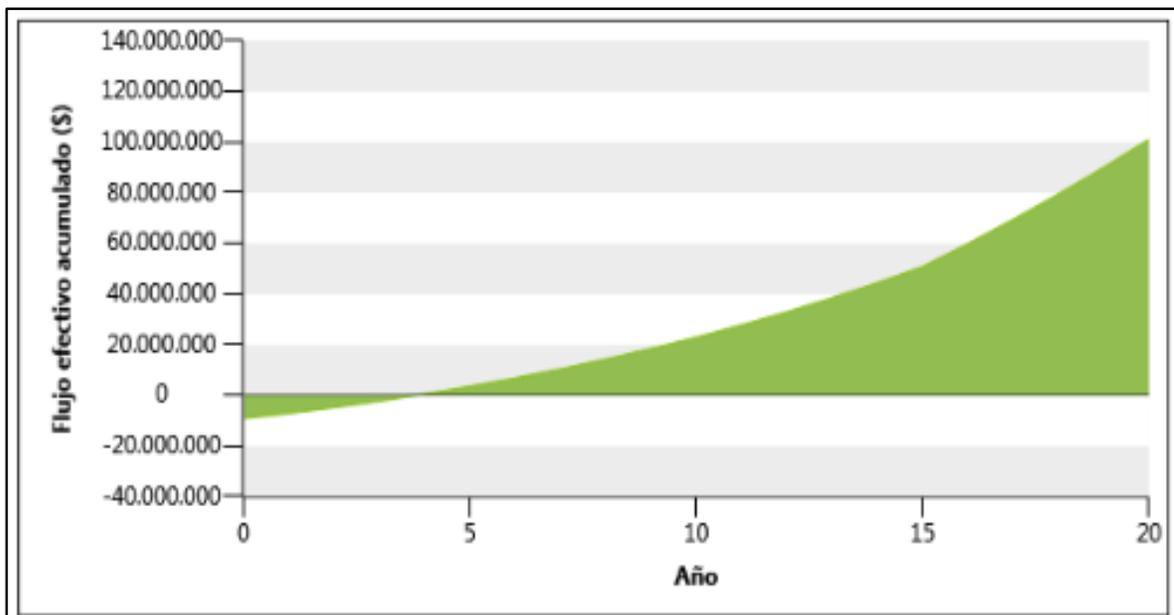


Figura 78. Flujo efectivo acumulado.

9.4.3.3 Modelo de energía

Se utilizó el nivel 2 de RETScreen. Se obtuvieron resultados de energía a partir de un potencial eólico definido. Se introduce el potencial eólico medio de la zona de San Nicolás. También se introdujo un coeficiente de cizallamiento del viento de 0.14 (figura 79).

Eólica

Descripción: Turbina - eólica

Nota:

Nivel

Nivel 1 Nivel 2 Nivel 3

Eólica - Nivel 2

Evaluación de recursos

Método de evaluación de los recursos	Velocidad del Viento			Datos climatológicos
Velocidad del viento - anual	m/s	11,25		Nicaragua - Jinotega
Medido a	m	10		11,9
Coefficiente de cizallamiento del viento		0,14		10
Temperatura del aire - anual	°C	19,54		19,2
Presión atmosférica - anual	kPa	86,3		86,3

Turbina - eólica

Capacidad eléctrica por turbina	kW	1.000		
Fabricante		Siemens		
Modelo		AN BONUS 1 MW - 45m		
Número de turbinas		10		
Capacidad de generación eléctrica	kW	10.000		
Altura del eje	m	45		13,9 m/s
Diámetro de rotor por turbina	m	54,2		
Área barrida por turbina	m ²	2.307,22		
Datos de curva de energía		Estándar		
Factor de forma		2		

Figura 79. Evaluación de recursos datos San Nicolás mediante nivel 2 de RETScreen.

En el nivel 2 de RETScreen se generan las curvas de potencia y de energía para el generador seleccionado. A partir de velocidades de 4 m/s genera 24.1 kW y energía de 598 MWh. En velocidades entre 11m/s y 12 m/s, se generan potencias entre 730 kW y 846.5 kW y energía entre 5,049 MWh y 5,444 MWh. (figura 80).

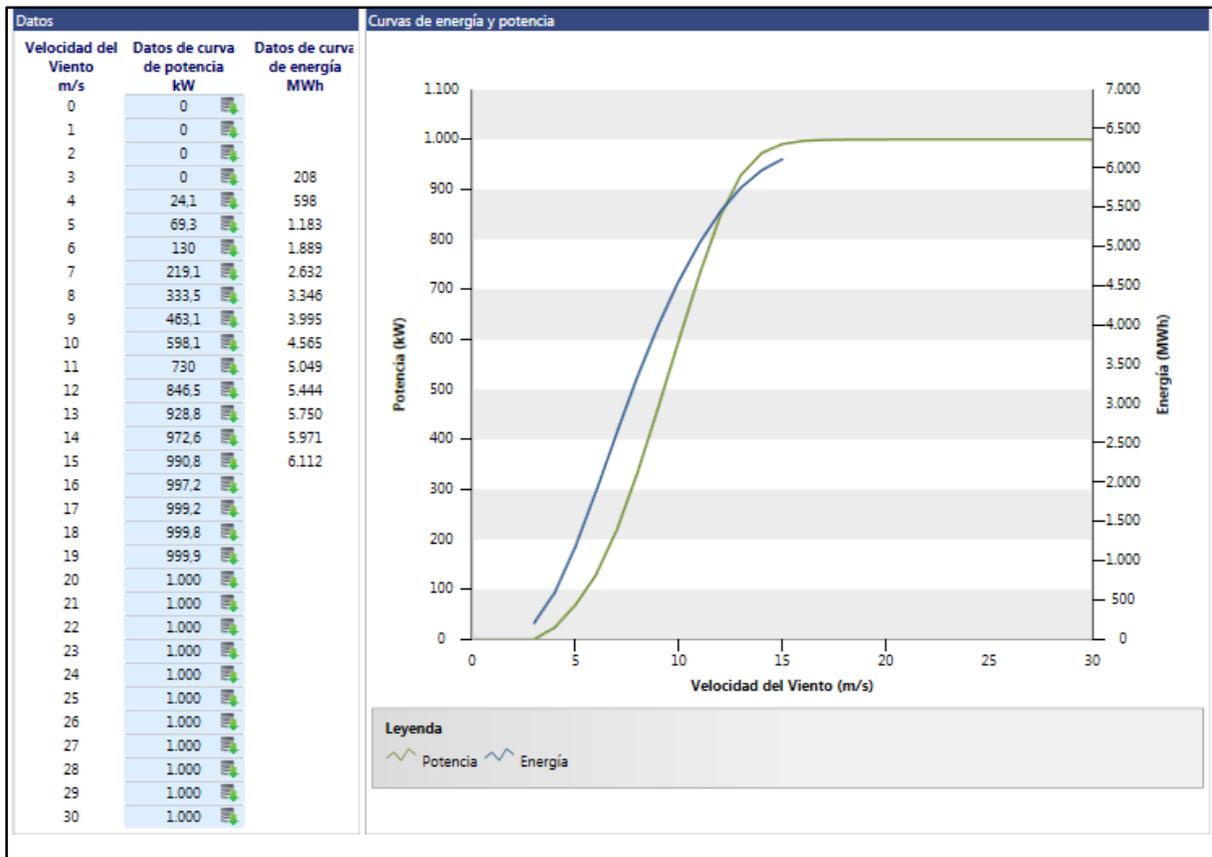


Figura 80. Datos y curvas de potencia y energía del aerogenerador.

El programa permite variar las distintas pérdidas y en todas ellas RETScreen dio valores típicos para parques eólicos, que son los que se toman para este estudio. RETScreen trata a cada turbina por igual, es decir, todas producen la misma energía, ya que todas son consideradas como si tuvieran los mismos datos de viento.

Se consideraron las pérdidas y se obtuvo una disponibilidad del aerogenerador del 98 %. Factor de planta 51.4 %. Electricidad exportada a la red de 45,019 MWh (figura 81).

Pérdidas		
Pérdidas del arreglo	%	0%
Pérdidas de la superficie de sustentación	%	2%
Pérdidas varias	%	6%
Disponibilidad	%	98%
Resumen		
Factor de planta	%	51,4%
Costos iniciales	\$/kW	3.000
	\$	30.000.000
Costo de O y M (ahorros)	\$/kW-año	84
	\$	840000
Tarifa de exportación de electricidad		Electricidad exportada a la red - anual
	\$/MWh	110
Electricidad exportada a la red	MWh	45.019
Ingresos por exportación de electricidad	\$	4.952.058

Figura 81. Estimación de pérdidas mediante RETScreen nivel 3.

9.4.3.4 Emisiones de gases de efecto Invernadero GEI

Para este apartado, se eligió el “Nivel 1” de RETScreen, para un análisis de emisiones simplificado. En el caso base se especificó el país donde se encuentra la instalación y el tipo de combustible (media de todos, gas natural, carbón, petróleo u otros) con el que se generaría la misma cantidad de energía que con la central eólica y dependiendo de la opción, tendrá un factor de emisión asociado, expresado en tCO₂/MWh. A este factor se le añadió las pérdidas por transmisión y transporte de las líneas. Mediante el software de gestión de energía limpia RETScreen se calcularon las emisiones de gases de efecto invernadero y se compararon con el caso de que el proyecto se realizará con combustible convencional.

Se calculó el impacto de los gases de efecto invernadero. La electricidad exportada a la red es 45,552 MWh, el factor de emisión de GEI es de 0.506 tCO₂/MWh, calculándose un total de 23,056.5 tCO₂ generadas por el caso base con combustible convencional. Con energía eólica las emisiones de GEI se calculan 1,614 tCO₂. Las emisiones se reducen en 93 %. Esta reducción de 21,442.5 tCO₂, equivale a las emisiones de 3,927.2 automóviles no utilizados o 49 ,866.2 barriles de petróleo crudo no consumido (figura 82).

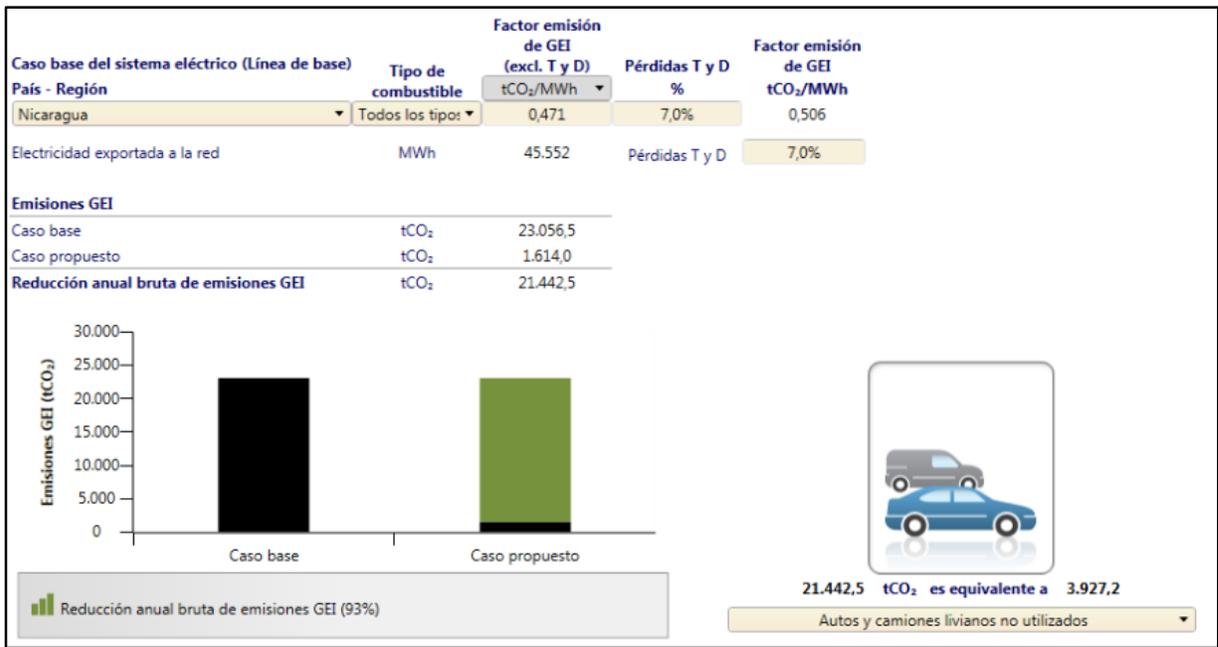


Figura 82. Emisiones de GEI para el caso propuesto y equivalencias de reducción.

9.4.3.5 Finanzas

En esta etapa se llevó a cabo el análisis financiero de “Nivel 2”, en el que se realizó un análisis con mayor precisión.

Análisis financiero

En el grupo “Parámetros financieros” se trabajó con los siguientes datos:

Tasa de inflación (5 %): tasa promedio anual de inflación proyectada durante la vida del proyecto. Tasa de descuento (9 %): hace que el valor actual neto de la suma de flujos de caja sea cero. Tiempo de vida del proyecto (20 años): duración de la evaluación de viabilidad financiera. Relación de deuda (70 %): porcentaje de la inversión inicial que va a ser financiado por el banco. El resto del porcentaje corresponde al capital propio financiado por el propietario de la instalación o accionistas de la empresa propietaria. Tasa de interés de la deuda (7 %): tasa anual abonada por el tenedor de la deuda al final de cada año. Duración de deuda (15 años): número de años en los que se reparte la deuda a pagar. Pagos de la deuda (\$/año U\$ 2, 305,687): cantidad de deuda a pagar anualmente (figura 83).

RETScreen - Análisis Financiero		
Parámetros financieros		
General		
Tasa de inflación	%	5%
Tasa de descuento	%	9%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Finanza		
Incentivos y donaciones	\$	
Relación de deuda	%	70%
Deuda	\$	21.000.000
Capital	\$	9.000.000
Tasa de interés de la deuda	%	7%
Duración de deuda	año	15
Pagos de la deuda	\$/año	2.305.687

Figura 83. Parámetros financieros del proyecto.

Ingresos

En el cuadro “Ingresos anuales” aparece resumido los ingresos obtenidos por la venta de electricidad anualmente U\$ 5,010,720.00. La tasa de escalamiento de exportación de electricidad o porcentaje de subida anual de la tarifa de exportación durante la vida del proyecto es de 2 % indicando. Por otro lado, también se puede especificar la concesión de algún tipo de bonificación por las toneladas de CO₂ no emitidas a la atmósfera y por la producción de energía limpia que en este caso no se estimaron (figura 84).

Ingresos anuales			
Ingresos por exportación de electricidad			
Electricidad exportada a la red	MWh		45.552
Tarifa de exportación de electricidad	\$/kWh		0,11
Ingresos por exportación de electricidad	\$		5.010.720
Tasa de escalamiento de exportación de electricidad	%		2%
Ingresos por reducción GEI			
Reducción bruta de GEI	tCO ₂ /año		21.443
Reducción bruta de GEI - 20 años	tCO ₂		428.851
Ingresos por reducción GEI	\$		0

Figura 84. Ingresos anuales por exportación de electricidad.

Costos

En este apartado “Costos /Ahorros/Ingresos” se especifica los costes iniciales y anuales de la instalación. Los costos iniciales son de U\$ 30,000,000.00 que incluye las turbinas, instalaciones eléctricas, bloque de potencia, obra civil; los costos anuales de operación (salarios), mantenimiento y pago de deuda se estiman en U\$ 3, 145,687.00 y los ingresos anuales por exportación de electricidad son de U\$ 5,010, 720.00 (figura 85).

Costos Ahorros Ingreso			
Costos iniciales			
Costo inicial	100%	\$	30.000.000
Costos iniciales totales	100%	\$	30.000.000
Costos anuales/pagos de deuda			
Costo de O y M (ahorros)		\$	840.000
Pagos de la deuda - 15 años		\$	2.305.687
Costos anuales totales		\$	3.145.687
Ahorros e ingresos anuales			
Ingresos por exportación de electricidad		\$	5.010.720
Ingresos por producción de EL		\$	0
Ingresos y ahorros anuales totales		\$	5.010.720

Figura 85. Costos iniciales del proyecto.

Viabilidad financiera

En el apartado “Viabilidad financiera” aparecen los resultados del análisis realizado por RETScreen:

La tasa interna de retorno TIR antes del impuesto del capital, calculada con los flujos de caja y el tiempo de vida del proyecto es de 24.2 %. El pago simple del retorno de capital se calculó a 7.2 años indicando el tiempo que tarda en recuperar los costos iniciales invertidos en la instalación, a partir de los ingresos obtenidos y el retorno de capital 4.4 años, tiempo en recuperar la parte de la inversión financiada por el propietario o accionistas. El valor presente neto VPN, obtenido es U\$ 14, 458,380.00. Ahorros anuales en ciclo de vida (\$/año): cantidad de dinero ahorrada calculada a partir del VAN, la tasa de descuento y el tiempo de vida del proyecto es de 1, 583,865.00 La relación beneficio-costos es de 2.6. La cobertura de servicio de deuda, como capacidad del proyecto de generar beneficios para hacer frente a los pagos de deuda y calculada dividiendo los ingresos entre los pagos de deuda es de 1.8 (figura 86).

Viabilidad financiera		
TIR antes de impuestos - capital	%	24,2%
TIR antes - impuestos - activos	%	6,3%
Pago simple de retorno del capital	año	7,2
Repago - capital	año	4,4
Valor Presente Neto (VPN)	\$	14.458.380
Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	1.583.865
Relación Beneficio-Costo		2,6
Cobertura - servicio de deuda		1,8
Costo de reducción de GEI	\$/tCO ₂	-74
Cost. de produc. de energía.	\$/kWh	0,094

Figura 86. Viabilidad financiera del proyecto eólico.

Por último, en el apartado “Flujos de caja anuales” se observan los beneficios obtenidos antes de impuestos y los flujos de caja acumulados (después de impuestos) para los años de vida del proyecto. RETScreen elabora dos gráficas con cada uno de los parámetros anteriores en función de los años.

El flujo de caja mostró el flujo de entradas y salidas antes de impuesto. Se observaron entradas de más de U\$ 10,000,000 al año 20. A partir del primer período los flujos son positivos (figura 87).

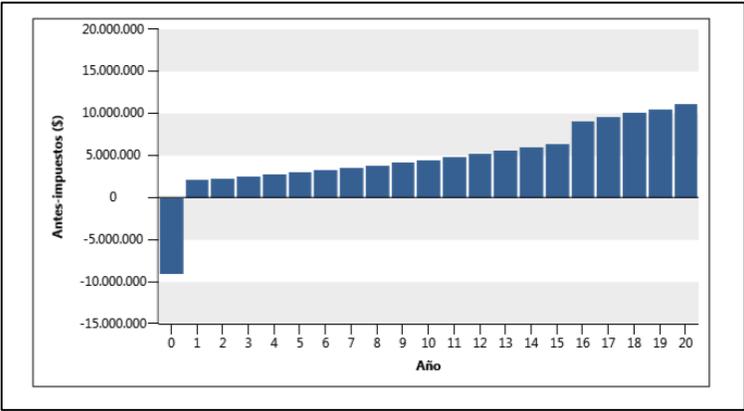


Figura 87. Flujo de efectivo anual del proyecto.

El flujo de cajas anuales con sus ingresos y egresos con los valores específicos se detalla año por año (tabla 3.17 en anexos 3).

Los flujos de caja acumulados (después de impuestos) para los 20 años de vida del proyecto. El flujo efectivo positivo es la medida del efectivo que se ingresa por exportación de electricidad a la red y el flujo negativo es la medida de lo que se gasta en préstamo, gastos operativos y de mantenimiento. Al año 4.4 el flujo acumulado es 0 (figura 88).

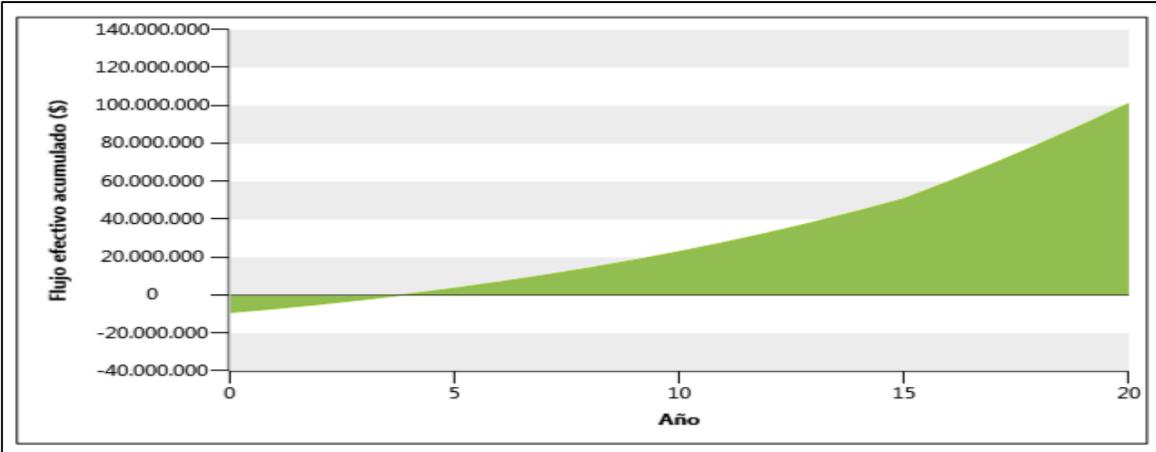


Figura 88. Flujo de efectivo acumulado.

9.4.3.5 Análisis de sensibilidad y riesgo

Mediante el análisis de sensibilidad y riesgos se estimó la sensibilidad de los indicadores financieros más importantes en relación con los parámetros técnicos y financieros clave. Se determinó 25 % como rango de sensibilidad para especificar el máximo porcentaje de variación que se aplica a cada uno de los parámetros en la tabla de resultados del análisis de sensibilidad. Se eligió 7 como valor umbral.

Para el caso del retorno del capital los valores mayores al umbral se marcan con un fondo naranja, lo que significará que el proyecto no será viable. Estos casos son: para tarifa de exportación 82.50 \$/MWh en rango de sensibilidad de 0 %, 12.5 % y 25 % y para la tarifa 96.25 \$/MWh en rango de sensibilidad 25 %.

El análisis de riesgo permitió especificar la incertidumbre de una serie de parámetros de entrada (costos iniciales, electricidad exportada a la red, tarifa de exportación de electricidad, relación de deuda, tasa de interés de la deuda y duración de la deuda) y evaluar su impacto sobre el repago – capital.

En las distintas tablas se muestra lo que le sucede al indicador financiero repago - capital al efectuarse el análisis cuando dos parámetros que pueden ser los costos iniciales y la electricidad exportada a la red, costos iniciales y operación y mantenimiento, tasa de interés de y relación de deuda, tasa de interés de la deuda y duración de deuda, según varíe el porcentaje de sensibilidad seleccionado.

Si el valor que aparece es menor o mayor (solo para el caso del retorno de capital) que el del umbral, dicho número será marcado con un fondo naranja, lo que significará que el proyecto no será viable para esos casos. En las distintas tablas se muestra lo que le sucede al indicador financiero repago – capital con el que se está efectuando el análisis cuando dos parámetros (que pueden ser los costos iniciales y la electricidad exportada a la red, por ejemplo) van variando según el porcentaje de sensibilidad seleccionado (figura 2.24 en anexos 2).

Riesgo

RETScreen representa en una gráfica llamada “Impacto” los parámetros de entrada (tarifa de exportación de electricidad, electricidad exportada a la red, costos iniciales, relación de la deuda, duración de la deuda, tasa de interés de la deuda, operación y mantenimiento) en el eje y, ordenados de mayor a menor impacto en función del indicador financiero repago del capital y en el eje x se representa la desviación estándar (medida de cuanto pueden alejarse los valores con respecto a la media) de los parámetros. La dirección de la desviación estándar (positiva o negativa) establece la relación entre el parámetro de entrada y el indicador financiero, por ejemplo, la tarifa de exportación de electricidad tiene una desviación negativa con respecto al repago del capital, por lo que un incremento de este parámetro provocaría una disminución del repago del capital (figura 89).

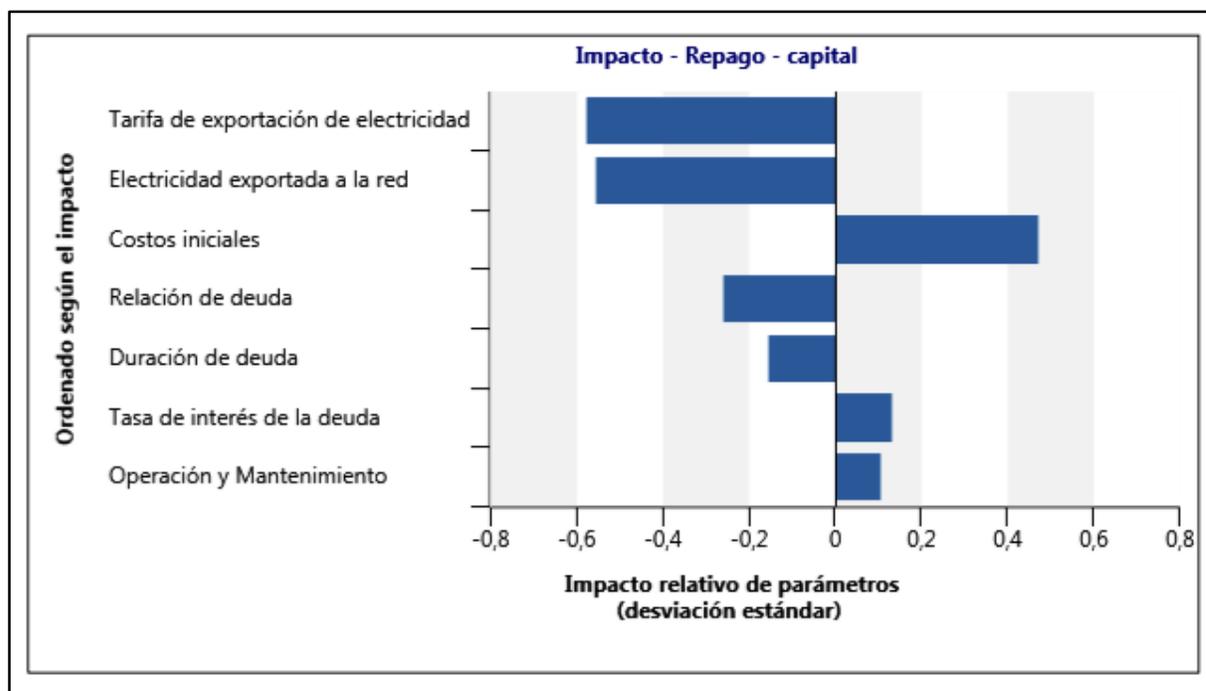


Figura 89. Impacto de los parámetros de entrada sobre el repago del capital.

Los valores de los parámetros costos iniciales, operación y mantenimiento, electricidad exportada a la red, tarifa de exportación de electricidad, relación de deuda, tasa de interés de la deuda y duración de deuda, fueron estimados en su opción mínima y máxima por RETScreen. Con el método de Monte Carlo se calculó la mediana del indicador financiero en 3.9 año. Por otro lado, se especificó el nivel de riesgo en 10 % y se estableció un intervalo de confianza con mínimo de 2.5 años y máximo de 6.1 dentro del cual se espera que el indicador repago del capital disminuya (tabla 67).

Tabla 67. Nivel de riesgo sobre el repago - capital

Efectúe análisis sobre		Repago - capital			
Cantidad de combinaciones		500			
Valor de inicialización aleatorio		No			
Parámetro	Unidad	Valor	Rango (+/-)	Mínimo	Máximo
Costos iniciales	\$	30.000.000	25%	22.500.000	37.500.000
Operación y Mantenimiento	\$	840.000	25%	630.000	1.050.000
Electricidad exportada a la red	MWh	45.552,00	25%	34.164,00	56.940,00
Tarifa de exportación de electricidad	\$/MWh	110,00	25%	82,50	137,50
Relación de deuda	%	70,0%	25%	52,5%	87,5%
Tasa de interés de la deuda	%	7,00%	25%	5,25%	8,75%
Duración de deuda	año	15	25%	11	19
Mediana				año	3,9
Nivel de riesgo				%	10%
Mínimo en intervalo de confianza				año	2,5
Máximo en intervalo de confianza				año	6,1

De la simulación de Monte Carlo resultó la gráfica de “Distribución” en la que se representa en barras verticales la frecuencia (%) de los valores del indicador financiero que han aparecido en el análisis (figura 90).

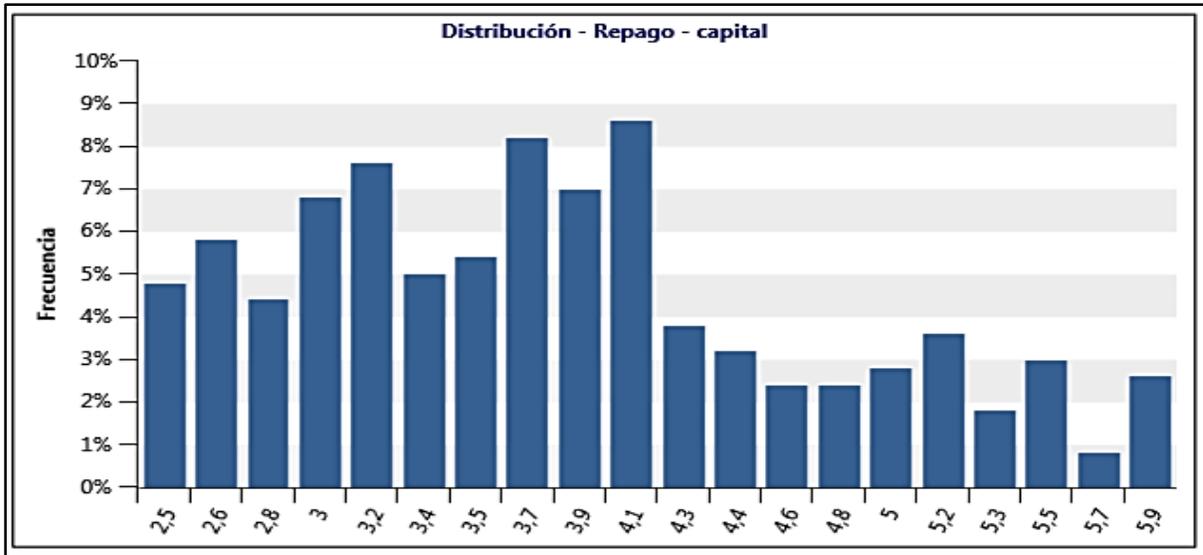


Figura 90. Distribución de frecuencias repago del capital.

9.4.3.6 Etapas de Desarrollo del Parque

La construcción del parque eólico durará aproximadamente 12 meses. El Proyecto consta de tres etapas: etapa de diseño, construcción, operación y mantenimiento. El número de personal varía de una etapa a otra, al igual que su especialización.

La etapa de diseño comprende el reconocimiento del sitio, el levantamiento topográfico, la realización del estudio geológico, análisis de estudios de suelos, el análisis de resistencia de los materiales existentes y la zonificación del terreno. De manera general se proyecta la ubicación del equipamiento del proyecto: las torres, la casa de máquinas, los conductores, estación de transformación, los caminos y los almacenes temporales.

En la fase de construcción se generan aproximadamente 100 empleos directos e indirectos, entre obreros, ingenieros, técnicos, maestros de obra y ayudantes. La etapa de la construcción del parque eólico, comprende las obras de ingeniería civil y del montaje electromecánico de los aerogeneradores, para emplazar los diferentes componentes. Durante la fase de operación, se estima una demanda de 10 empleos, entre las cuales se destaca un administrador, tres (3) operadores de planta, un ayudante y una asistente.

El total de las inversiones en el parque eólico es de US\$ 30, 840,000.00, los cuales se detallan en el cuadro a continuación (tabla 68).

Tabla 68. Detalle de costos

Nº	Concepto	Monto
1	Costo de las turbinas	15,657,637.80
2	Transporte	1,645,831.24
3	Gastos y honorarios de importación	86,335.37
4	Inicio y supervisión de la construcción	881,550.88
5	Instalación de turbinas	1,463,859.73
6	Transformadores	735,973.67
7	Subestación principal	3,501,940.69
8	Obras civiles	1,027,128.10
9	Torres meteorológicas	5,176.00
10	O&M instalación	840,000.00
11	Ingeniería	197,337.99
12	Costos del desarrollo	299,242.04
13	Capital y deuda exploraciones	37,203.06
14	Honorarios por financiamiento	666,253.11
15	Intereses durante la construcción	1,208,118.49
16	Honorarios desarrollador	1,227,205.87
17	Manejo de permisos	109,991.67
18	Gastos legales	444,819.25
19	Misceláneos y contingencias	711,226.55

No se incluyen impuestos debido a los incentivos fiscales a proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables incluidos en el artículo 7 de la ley para la promoción de generación eléctrica con fuentes renovables o ley no. 532.

Artículo 7.- Incentivos: Los nuevos proyectos y las ampliaciones que clasifican como PGEFR de acuerdo a esta ley, realizados por personas naturales y jurídicas, privadas, públicas o mixtas gozarán de los siguientes incentivos:

1. **Exoneración del pago de los Derechos Arancelarios de Importación (DAI)**, de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para las labores de pre

inversión y las labores de la construcción de las obras incluyendo la construcción de la línea de subtransmisión necesaria para transportar la energía desde la central de generación hasta el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

2. Exoneración del pago del Impuesto al Valor Agregado (IVA) sobre la maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para las labores de pre inversión y la construcción de las obras incluyendo la construcción de la línea de subtransmisión necesaria para transportar la energía desde la central de generación hasta el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

3. Exoneración del pago del Impuesto sobre la Renta (IR) y del pago mínimo definido del IR establecido en la Ley No. 453, Ley de Equidad Fiscal, por un período máximo de 7 años partir de la entrada de operación comercial o mercantil del Proyecto. Igualmente, durante este mismo periodo estarán exentos del pago del IR los ingresos derivados por venta de bonos de dióxido de carbono.

4. Exoneración de todos los Impuestos Municipales vigentes sobre bienes inmuebles, ventas, matrículas durante la construcción del Proyecto, por un período de 10 años a partir de la entrada en operación comercial del Proyecto, la que se aplicará de la forma siguiente: exoneración del 75 % en los tres primeros años; del 50 % en los siguientes cinco años y el 25 % en los dos últimos años. Las inversiones fijas en maquinaria, equipos y presas hidroeléctricas estarán exentas de todo tipo de impuestos, gravámenes, tasas municipales, por un periodo de 10 años a partir de su entrada en operación comercial.

5. Exoneración de todos los impuestos que pudieran existir por explotación de riquezas naturales por un período máximo de 5 años después del inicio de operación.

6. Exoneración del Impuesto de Timbres Fiscales (ITF) que pueda causar la construcción u operación del proyecto o ampliación por un período de 10 años.

Principales actividades durante la construcción.

Las obras de ingeniería civil comprenden la fase de los trabajos preliminares, la ejecución de las obras propiamente dichas, la remoción de escombros, desmovilización y limpieza del sitio (tabla 69).

Tabla 69. Actividades de la etapa de construcción

	Preparación del sitio	Ejecución de la obra
Actividades etapa de construcción	Construcciones provisionales vestidores de trabajadores, almacenamiento de piezas y repuestos	Fundaciones, cimentaciones e instalación de la torre
	Preparación de los caminos internos. Caminos sencillos	Instalación del sistema eléctrico y aerogenerador
	Movimiento de tierra: caminos, drenajes, zanjas para el cableado y fundaciones de la torre	Instalaciones eléctricas soterradas y domiciliar
		Construcción de edificaciones Edificio central de comando, una pequeña bodega de insumos y repuestos, subestación eléctrica, garita de control de acceso y el centro de control del parque.
		Obras complementarias: cercado, sistema de señalización de advertencias
		Generación y disposición de Residuos
	Remoción de escombros, desmovilización y limpieza del sitio	

Las actividades de construcción básicamente se refieren a la construcción de los caminos internos, fundaciones de las torres, zanjas para el cableado, erección de la casa de controles con una pequeña bodega y la subestación eléctrica. Se realizan las obras de drenaje según la topografía del sitio.

El montaje de los aerogeneradores, incluidas las torres, la góndola y las aspas se realiza por personal especializado utilizando fundamentalmente como elemento de izaje una grúa de gran capacidad y alcance. El ajuste de los elementos electromecánicos y sus controles electrónicos se realiza sobre la góndola, una vez montada sobre las torres.

Los principales materiales de construcción en las obras civiles serán el concreto, bloques de cemento, varillas de acero reforzado para las fundaciones y los elementos estructurales.

Las operaciones relacionadas con los trabajos de concreto incluidos en el proyecto, deben regirse a las recomendaciones contenidas en el "Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado ACI 318 (2005)" y en el NIC 2000 (Ministerio de transporte e infraestructura, 2000), "Manual de construcción de Caminos, Carreteras y Puentes", del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) de Nicaragua. Se considerarán también incluidas en estas especificaciones y por consiguiente obligatorias, todas aquellas normas de la "American Society for Testing and Materials (ASTM) (1961)" aplicables a este tipo de obras.

En la zona de instalación, a una distancia de 500 metros de la ubicación de las torres de aerogeneradores pasa una línea de media tensión de 13.9 kV.

Principales actividades durante la etapa de operación

Durante la etapa de operación desde el punto de vista técnico se requiere realizar actividades de mantenimiento del sistema completo de generación eólica y del sistema de cableado (tabla 70).

Tabla 70. Actividades de la etapa de operación

Actividades etapa de operación	Operación
	Mantenimiento preventivo: cambio de aceite de la transmisión, engrase de balineras, inspección visual de aspas, torres y las conexiones eléctricas.
	Mantenimiento de los aerogeneradores: Aseguramiento de la turbina para mantenimiento y reparación, mantenimiento de las aspas, mantenimiento de los frenos, mantenimiento del buje, mantenimiento del transformador, revisión del ensamblaje de la torre, los mecanismos en la góndola, el sistema de distribución de potencia
	Entrenamiento del personal
	Equipamiento de seguridad
	Manejo y disposición de los residuos
	Herramientas y materiales

9.5 Determinación del impacto ambiental, económico y social probable (ex ante), que podría generar la instalación del sistema eólico

9.5.1 Impacto ambiental

Se realizó el estudio de impacto ambiental, que permite anticipar los futuros impactos negativos y positivos de acciones humanas relacionadas a las actividades del proyecto, se resaltan los beneficios y se propone disminuir las alteraciones ambientales no deseadas.

La metodología que se ha utilizado para la evaluación ambiental es la de Vicente Conesa Simplificada:

- a) Establecimiento de línea base del entorno
- b) Para la Identificación de las acciones impactantes se hará uso de las listas
- c) Para la Identificación de los factores impactados se utilizará la matriz simple
- d) Para la Identificación de los factores Causa-Efecto se hará por medio de la matriz de importancia mediante la valoración cualitativa del impacto ambiental

9.5.1.1 Marco legal y regulatorio del proyecto en relación al medio ambiente

Se identificaron los aspectos legales que marcan los límites que se han de respetar y cumplir. El marco jurídico vigente en Nicaragua relacionado a la evaluación ambiental del parque eólico es de carácter general y se ha sintetizado según el área y su correspondiente ley o decreto (tabla 71).

Tabla 71. Marco legal y regulatorio vinculado a la EIA	Ley o decreto
Ley de la Industria Eléctrica	Ley 272
Reformas a la Ley Orgánica del (INE) como organismo autónomo del Estado encargado de la regulación, supervisión y fiscalización del sector energía para otorgar, prorrogar, declarar la caducidad o cancelar las licencias de generación y transmisión de energía, y las concesiones de distribución.	Ley 271
Ley para la Promoción de Generación Eléctrica con Fuentes Renovables	Ley 532
Política Específica para apoyar el Desarrollo de los recursos eólicos e hidroeléctricos a filo de agua	Acuerdo Presidencial 279-2002
Política de Electrificación Rural	Decreto 61-2005
Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales	Ley 217
Sistema de Evaluación Ambiental	Decreto 76-2006
Procedimientos Complementarios del Sistema de Evaluación Ambiental	Resolución Ministerial 012-200
Ley de los Municipios	Ley 261
Relativo a las disposiciones para el control de la contaminación provenientes de las descargas de aguas residuales, domésticas, Industriales y Agropecuarias.	Decreto 33 – 95
Sobre los Recursos Forestales	Decreto 45 – 93
Ley Especial de Delitos contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales	Ley N° 559
Ley referente a los desechos peligrosos y sustancias tóxicas, prohíbe el tráfico de desechos peligrosos y sustancias tóxicas en el territorio de Nicaragua.	Ley 168,
Ley que dedica unos artículos a la contaminación del aire, la misma se define como la presencia de gases, malos olores, ruidos, emisiones de polvos, calor y radiaciones en el ambiente que sobrepasan el máximo de tolerancia	Ley 394

9.5.1.2 Descripción del proyecto

Ubicación del proyecto

Se proyecta construir el sistema de generación eólica en el municipio de San Nicolás departamento de Estelí, ubicado a 25 km de su cabecera departamental, Estelí y a 135 km de la capital, Managua. Limita al norte con el municipio de Estelí, al sur con el municipio de Santa Rosa del Peñón, al este con el municipio de La Trinidad y San Isidro (Matagalpa), al oeste con el municipio de El Sauce (León) (figura 91).

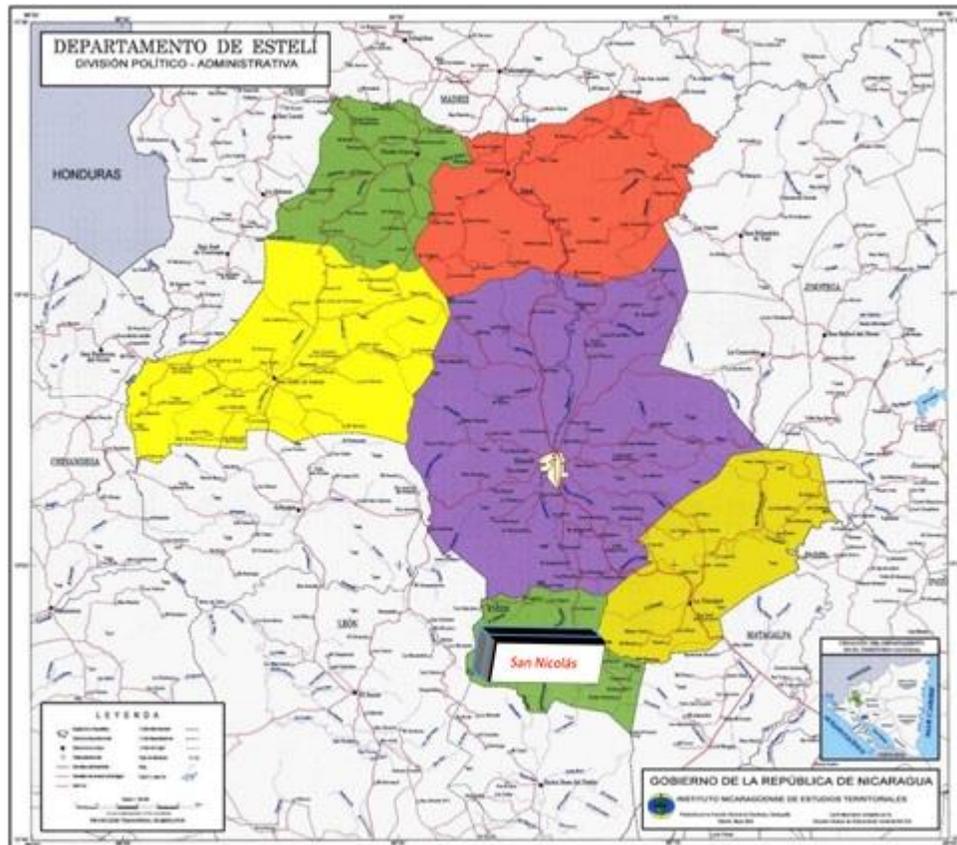


Figura 91. Macro localización del proyecto eólico. Departamento Estelí. Municipio San Nicolás. Fuente INETER.

El proyecto de generación de energía eólica estará ubicado en la comunidad El Sesteo, a una altura de 1,316.43 msnm frente a la carretera pavimentada (Estelí San Nicolás) en el empalme que conduce a San Nicolás, La Garnacha y San José de La Laguna (figura 92). Las coordenadas geodésicas (UTM) del proyecto son: 485443.52 latitud norte y 410194.62 longitud este.

Se ha seleccionado un predio del sector El Rancho de Luis, ubicado en la zona oeste del Sesteo y la zona sur de San José de La Laguna cercano a la carretera. Los límites del área del proyecto donde



Figura 92. Ubicación del proyecto.

se ubicarán los aerogeneradores son: al norte San José de La Laguna, al sur San Nicolás, al este El Potrerillo, al oeste El Sesteo.

El Proyecto Eólico consiste en la instalación de 10 aerogeneradores con una capacidad de generación de 1.0 MW cada uno, para una capacidad instalada total de 10.0 MW. Se considera utilizar turbinas marca ENERCON, aunque se tienen como alternativa otras marcas como GAMESA, VESTAS entre otras. El parque eólico, proveerá a la red nicaragüense de energía renovable. El proyecto incrementará la disponibilidad de energía renovable al Sistema Interconectado Nacional (SIN), sustituyendo generación a base de combustibles fósiles, con el correspondiente ahorro de importaciones de petróleo y la reducción en la generación de gases de efecto invernadero, contribuyendo sensiblemente al proceso de transformación estratégica de la matriz energética del país.

9.5.1.3 Descripción del área de influencia: “Línea Base Ambiental”

a) Ambiente Físico

Geología

El área de estudio corresponde a la provincia fisiográfica denominada provincia central. Las rocas de esta provincia, predominantemente volcánicas pertenecen al grupo Coyol (figura 2.25 en anexos 2).

Las principales unidades geológicas del área son dos secuencias volcánicas, las cuales han sido asignadas a los Grupos Coyol y Matagalpa, perteneciente al terciario volcánico. En la parte superior del mapa y que corresponde al área de ubicación del proyecto, se observan afloramientos de rocas de la formación Coyol Superior correspondiente al sistema Terciario y a la serie del Mioceno Medio-Plioceno, con una litología dominada por Ignimbritas, Tobas, y Brechas Dacíticas, Lavas (figura 93).

Grupo coyol inferior corresponde al sistema Neoceno Superior, serie del Mioceno-Medio-Superior, con una litología dominada por Lavas Basálticas y Andesito-Basálticas, Andesito-Dacitas, Riodacitas, Tobas y Brechas Tobáceas de Riolitas y Dacitas Aglomeraditas. Los

afloramientos Andesítico e Ignimbrítico del Grupo Coyol, son los más antiguos del área y pertenecen al Grupo Coyol Inferior. Los materiales son de color café, rojizo oscuro, densos y compactos, con ciertas características ignimbríticas y presentan poca alteración. El Coyol Inferior Dacítico se encuentra dentro del nivel anterior concordante con potentes capas de Tobas Dacíticas (Andrew, 2009).

En la parte central se observan rocas de la formación Matagalpa Superior e Inferior. Pertenece al sistema Neoceno, serie del Mioceno-Oligoceno-Medio, con una litología dominada por Tobas Riolíticas y Riodacitas, Lavas Brechosas Andesititas y Basálticas, Areniscas Tobáceas, Brechas arenosas e Ignimbritas.

El área de San Nicolás desde el punto de vista litológico se clasifica de acuerdo a tres grupos de rocas volcánicas: Rocas volcánicas y sedimentarias: tobas riolíticas - dacíticas, lavas andesíticas- basálticas, ignimbritas y areniscas. Rocas volcánicas: ignimbritas, brechas dacíticas, lavas basálticas-andesíticas y piroclastitas (Sulow, at el, 2008).

Rocas volcánicas: lavas basálticas, andesíticas, riolíticas-dacíticas; aglomerados. El área de ubicación del proyecto presenta rocas volcánicas ignimbritas, brechas dacíticas, lavas basálticas -andesíticas y piroclastitas (figura 94).

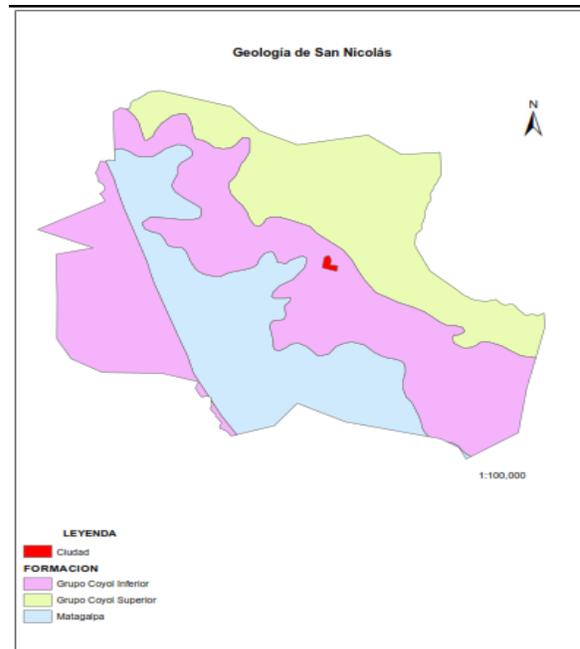


Figura 93. Mapa geología de San Nicolás. Elaborado con ArcView, base de datos SICRE.

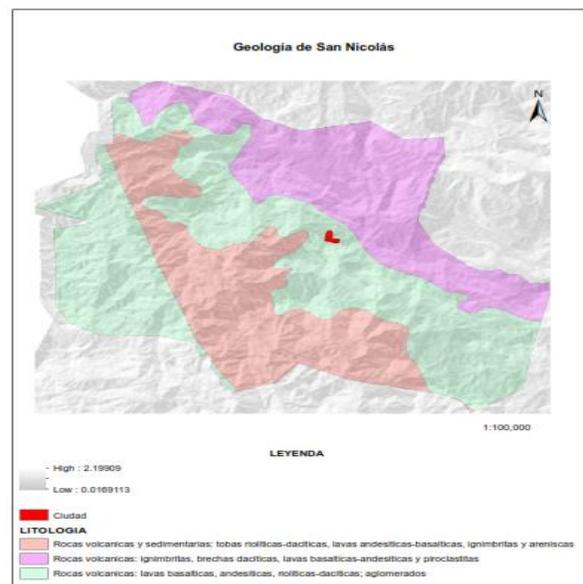


Figura 94. Mapa litografía San Nicolás. Elaborado con ArcView, base de datos SICRE.

Geomorfología

En San Nicolás se encuentran suelos con diferentes grados de evolución y desarrollo que varían desde suelos incipientes o suelos jóvenes (Entisoles) hasta suelos maduros (Mollisoles y Alfisoles). Predominan los Alfisoles y Mollisoles. La zona de ubicación del proyecto se ubica en suelos Alfisoles que son suelos formados en superficies suficientemente jóvenes como para mantener reservas notables de minerales primarios, arcillas, que han permanecido estables, libres de erosión y otras perturbaciones edáficas, cuando menos a lo largo del último milenio (figura 95).



Figura 95. Geomorfología. Elaborado con ArcView, base de datos SICRE.

Suelos

Basado en el mapa de uso de suelos, se identificó que el tacotal y pasto con maleza cubre un área de 78.01 km², seguido de vegetación arbustiva con 48.58 km², bosque mixto con 18.76 km², bosque latifoliado cerrado 18.71 km² y cultivos anuales con 7.91 km². En el área de influencia predominan cultivos anuales, vegetación arbustiva y algunos árboles de pino (figura 96).

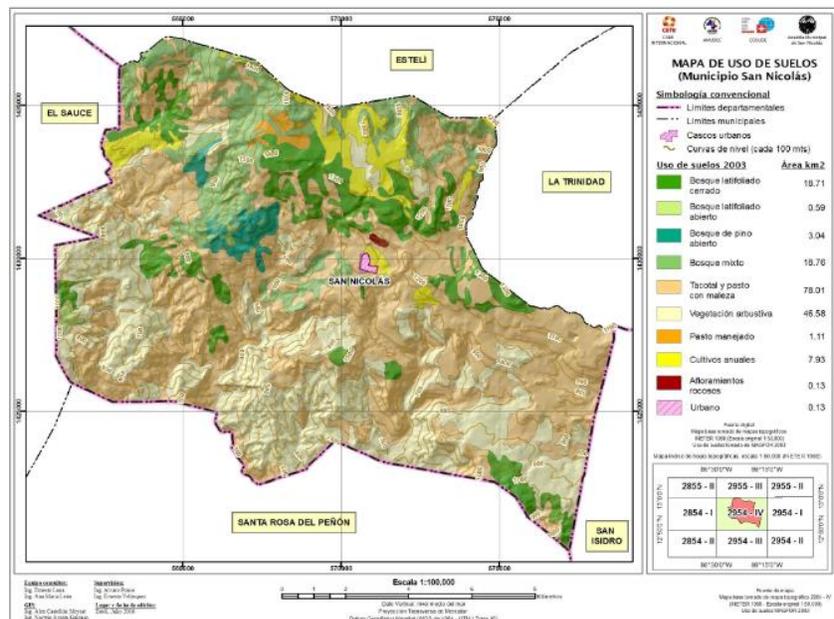


Figura 96. Mapa de uso de suelo del municipio de San Nicolás. Fuente MAGFOR.

Climatología

Según Koppen (García E. , 2004) en su clasificación climática, indica que casi toda la región corresponde a la zona “Tropical de Sabana” (Aw), Clima Caliente y Sub-Húmedo con lluvia en verano; AW (AW o, AW1, AW2), con precipitaciones moderadas y una marcada estacionalidad entre la estación lluviosa y la época seca, con una temperatura promedio de 19.54 ° C.

Se pueden identificar claramente dos estaciones, una estación seca conocida localmente como verano, y una estación lluviosa denominada invierno. La estación seca tiene una duración de cinco a seis meses, en tanto el resto de año corresponde a la estación lluviosa. Las variaciones de temperatura (figura 97) de una estación a otra son muy leves.

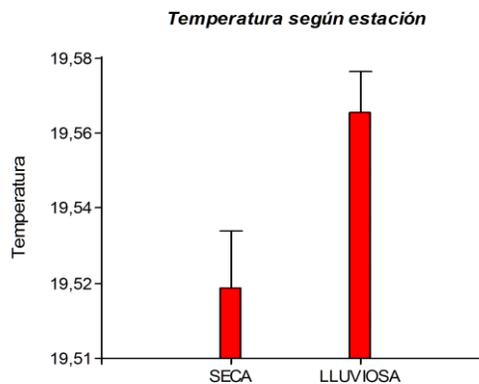


Figura 97. Variaciones de temperatura durante la estación lluviosa y seca.

Altitud

El relieve del municipio de San Nicolás es muy accidentado, gran parte de este está cubierto por montañas, su relieve va de ondulado ha quebrado. Con diferencias marcadas en altitud y diversidad de sistemas terrestres, que varían desde los 356 msnm en las zonas de Los Limones N° 1, Paso Real, Santa Clara y Palo Blanco hasta los 1,392 msnm en parte de La Laguna, La Garnacha, La Tejera, El Sesteo, La Sirena y El Barro.

Precipitación

El municipio presenta precipitación anual entre 500 y 1,000 mm, por lo que se caracterizó como zona seca. En el período de medición, la media de la humedad relativa es 63.70 %.

Temperatura

La temperatura media durante el período de medición es de 19.54 ° C

Radiación solar

Según el mapa de radiación solar de Nicaragua la radiación global promedio de la zona de San Nicolás oscila entre los 5 y 5.5 kWh/m²/día como promedio de radiación global (figura 98).

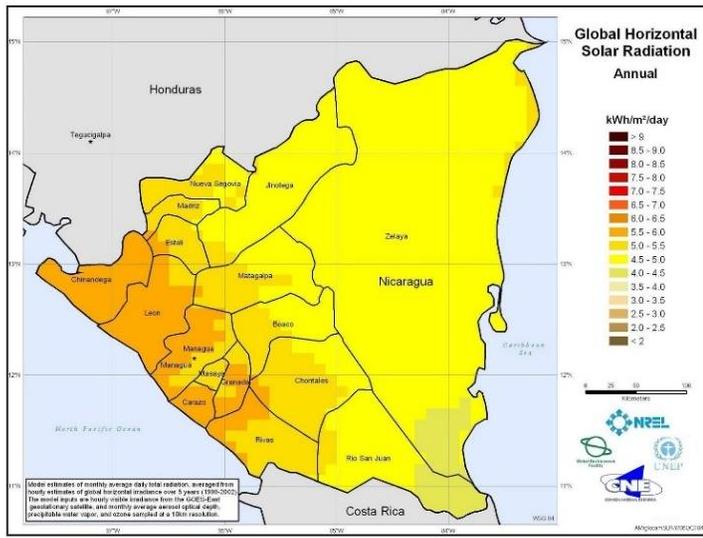


Figura 98. Mapa de radiación solar de Nicaragua.
Fuente CNE.

Hidrología

En el municipio de San Nicolás se encuentran tres vertientes hidrográficas como son: Golfo de Fonseca (Ríos Varela y Salale), la vertiente de la depresión lacustre, formada por el río Sinecapa que atraviesa el municipio de norte a sur y la vertiente del río Estelí que desemboca en el mar caribe. Los ríos que sobresalen son: Río Los Limones, Los Pérez, Palo Blanco, La Palmita, y el río Jocomico.

Las cuencas y sus tramos en el municipio de San Nicolás:

La cuenca Sinecapa la forman los ríos El Portillo 2.60 km de longitud, Los Limones, 9.08 km, La Linterna 2.09 km, Los Pérez 8.09 km, Sinecapa 2,86 km, Palo blanco 5.04 km, Quebrada Grande 2.24 km; El Puente 1.30 km y El León 6.69 km todos corriendo hacia el sur de San Nicolás. Cuenca La Trinidad, su drenaje es hacia el este, está formada por los ríos Lagunilla 2.65 km, Quebrada de Agua 4.93 km, El Carrizal 1.63 km y Potrerillo 2.43 km. La cuenca Los Limones drena hacia el sur, surcada por los afluentes Chilamatillo 5.63 km, La Puerta 2.64 km, La Palmita 6.47 km, Quebrada Honda 3.81 km y Los Limones 0.16 km. Cuenca La Sabaneta fluye hacia el este, está formada por los ríos Jocomico 5.39 km y El Carrizo 3 km. La cuenca San Francisco drena hacia el este y está formada solamente por el río San Francisco 3.87 km (Sullow, Velásquez, & Ponce, 2008).

b) Ambiente Biológico

Vegetación:

En el municipio se encuentran unas 60 especies predominando en las zonas altas el pino (*Pinus oocarpa*) y roble (*Quercus encino*) los que se han visto reducidos por la indiscriminada explotación por parte de los pobladores. De bosques quedan algunos parches por El Barro, Las Tablas, Las Sirenas, La Montañita, La Garnacha observados en las visitas a las comunidades.

En la zona más baja del municipio predomina la vegetación de tipo de matorrales o xerofítica. En las áreas abiertas de praderas y de cultivo anual se observan cultivos de linaza, manzanilla, papa, repollo.

Se consultó a las familias, sobre los árboles que existen en la zona y ellos manifestaron varias especies que dio lugar al siguiente listado (tabla 72).

Tabla 72. Diversidad de vegetación en el municipio de San Nicolás

Nº	Nombre común	Familia	Nombre científico
1	aguacate	Lauraceae	<i>Persea americana</i>
2	carbón	Fabáceas	<i>Vachelia pennatula</i>
3	cedro	Cedrelaodorota	Meliaceae
4	ceiba	Bombacáceae	<i>Ceiba pentanda</i>
5	chilamate	Moraceae	<i>Ficus</i> sp
6	encino	Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>
7	espino	Nytaginaceae	<i>Pisoni aculiata</i>
8	eucalipto	Myrfaceae	<i>Eucalyptos camaldulencis</i>
9	guácimo	Malvaceae	<i>Guazuma Ulmifolia</i>
10	Guanacaste	Mimosaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
11	guapinol	Caesalpinioideae	<i>Hymeneae courbaril</i>
12	guayabillo	Polygonaceae	<i>Cocolobas diversifolia</i>
13	jocote	Anacardiácea	<i>Spondian purpurea</i>
14	laurel	Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i>
15	madero negro	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>
16	madroño	Rubiaceae	<i>Calycophyllum Candidissimum</i>
17	mango	Anacardiácea	<i>Manguifera indica</i>
18	matapalo	Moraceae	<i>Ficus</i> sp
19	mora	Moraceae	<i>Chlorophora tinctoria</i>
20	naranja	Rutáceas	<i>Citrus sinensis</i>
21	nim	Meliaceae	<i>Meliá azedarach</i>
22	pino	Pinácea	<i>Pinus L</i>
23	quebracho	Anacardiaceae	<i>Schinopsis balansae</i>

Fauna

En el municipio se observan las afectaciones y daños que el hombre y los fenómenos naturales han propiciado al medio ambiente y hábitat de la fauna. Existe una diversidad de fauna muchas de las cuales están en peligro de extinción. Se encuentran pequeños mamíferos como: venados, zorros, tigrillos, guardatinajas, conejos, coyotes.

Se consultó a las familias visitadas en el municipio de San Nicolás sobre los mamíferos que habitan actualmente en la zona, lo que ellos observan o se encuentran en su diario trajinar y mencionaron una cantidad reducida de mamíferos. Entre los mencionados predominan venados, piteros, zorros, conejos y coyotes. La mayoría de estas especies se encuentran protegidas por el estado nicaragüense, al encontrarse en las listas de apéndices CITES (Brenes, Jiménez Elizondo, Solís Rivera, & Vilnitzky Strusberg, 1999) (tabla 73).

Tabla 73. Lista de mamíferos existentes en el municipio reportados por pobladores

Nº	Nombre Común	Nombre científico	Familia	Fr %
1	ardillas	Sciurus Vulgaris	Esciúridos	2.94
2	conejos	Oryctolagus Cuniculus	Leporidae	11.76
3	coyotes	Canis Latrans	Canidae	10.29
4	gatos	Felis Silvestris	Felidae	1.47
5	gatos de monte	Felis Silvestris	Felidae	4.41
6	guardiolas	Agouti Paca	Roedores	1.47
7	guatusas	Dasyprocta punctate	Roedores	2.94
8	mapachín	Procyon	Procyonidae	2.94
9	piteros	Novemcintus	Dasypodidae	17.65
10	pizotes	Nasua Narica	Procyonidae	1.47
11	tigrillos	Leopardus Tigrinus	Felidae	2.94
12	venados	Cervus Elaphus	Cervidae	27.94
13	zorros	Vulpes Vulpes	Canidae	11.76

Además, mencionan que en la zona se encuentran gran variedad de reptiles como: La boa, corales, zumbadoras, cascabel, mata buey entre otros.

Aves

En la zona de San Nicolás se observaron aves como: azulonas, pájaros carpinteros, pijules, tórtolas, alas blancas, guises, chachalaca, chocoyos entre otros. Se consultó a las familias visitadas sobre tipos de aves que habitan en la zona (tabla 74).

En el listado los pobladores mencionan predominantemente zanates, palomas alas blancas, guardabarrancos, pericos, y chiltotes.

Tabla 74. Lista de aves en la zona, reportadas por pobladores

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia	Frecuencia relativa %
1	urracas	<i>Calocitta Formosa</i>	<i>Corvidae</i>	0.89
2	carpinteros	<i>Melanerpes pucherani</i>	<i>Picidae</i>	8.93
3	chiltotes	<i>Icterus</i>	<i>Icteridae</i>	8.03
4	chachalaca	<i>Ortalis</i>	<i>Cracidae</i>	0.89
5	chocoyos	<i>Eupsittula canicularis</i>	<i>Psittacidae</i>	6.25
6	guises	<i>Pitangus</i>	<i>Tyrannidae</i>	5.36
7	garzas	<i>Casmerodius albus egretta</i>	<i>Ardeidae</i>	6.26
8	gavilanes	<i>Accipiter Nisus</i>	<i>Accipitridae</i>	0.89
9	guardabarranco	<i>Eumomota Superciliosa</i>	<i>Momotidae</i>	9.82
10	loros	<i>Amazona Autumnalis</i>	<i>Psittacidae</i>	0.89
11	palomas alas blancas	<i>Zenaida Asiática</i>	<i>Columbidae</i>	14.29
12	palomas azules	<i>Alectroenas Nitidissima</i>	<i>Columbidae</i>	2.68
13	palomas Robadoras	<i>Streptopelia turtur</i>	<i>Columbidae</i>	1.79
14	pericos	<i>Metopsittacus Undulatus</i>	<i>Psittaculidae</i>	8.93
15	pichiches	<i>Dendrocygna Autumnalis</i>	<i>Anatidae</i>	0.89
16	pijules	<i>Crotophaga Sulcirostris</i>	<i>Cuculidae</i>	2.68
17	azulonas	<i>Geotrygon caniceps</i>	<i>Columbidae</i>	2.68
18	tordos	<i>Melothrus Bonariensis</i>	<i>Icteridae</i>	0.89
19	zanates	<i>Quiscalus</i>	<i>Icteridae</i>	16.96

Un alto porcentaje de los encuestados 96 % mencionan que no pasan aves migratorias por la zona (figura 99); sin embargo, se les consultó también sobre el tipo de aves que pasan por la zona e identificaron alcaravanes, alzacuanes, colchontas, garzas, gavilanes, loros, palomas, pericos, pijules y urracas.

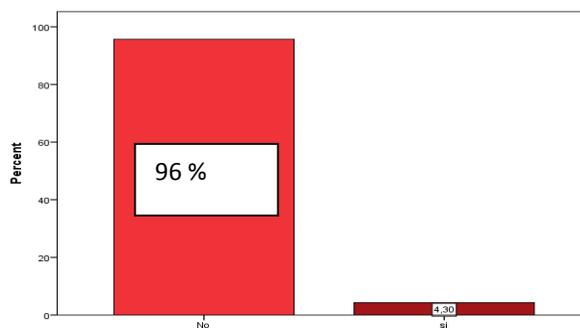


Figura 99. Paso de aves migratorias por la zona de San Nicolás.

c) Medio Socio Económico

Según la municipalidad, el municipio de San Nicolás posee una extensión territorial de 163 km², con una población total de 8,993 habitantes y una densidad poblacional de 55.17 Hab / km². La población se distribuye, 27 % en la zona urbana y 73 % en la zona rural. La población mayoritariamente se compone por hombres.

Según la delegada del MINED, el sistema educativo en San Nicolás se distribuye en 76 centros educativos de la siguiente manera: 32 primarias multigrado, 39 preescolares, 4 secundarias por encuentro y 1 secundaria regular.

En relación a los servicios públicos, el 89 % de la población cuenta con servicios básicos de energía eléctrica. Una limitante es la falta del servicio de agua potable. En el sector urbano existe el servicio de agua potable durante el día. En las zonas rurales algunas casas poseen pozos propios, mientras que las demás se abastecen de pozos públicos. No existe el servicio de alcantarillado sanitario, en casi todas las casas existen letrinas sanitarias.

La base económica del municipio de San Nicolás descansa en la producción agropecuaria, principalmente el cultivo de granos básicos, algunas hortalizas y plantas medicinales. La ganadería es de autoconsumo en algunas comunidades.

Entre los cultivos observados y consultados con los pobladores durante las visitas a sus comunidades predominan fríjol, maíz, sorgo, papas, chilla, linaza, manzanilla. Los rendimientos de los cultivos son bajos 8 qq / mz en cuanto a frijol y de 20 qq / mz en cuanto a maíz y sorgo.

Percepción de los pobladores sobre los impactos ambientales de la energía eólica

La encuesta realizada en 868 familias en el municipio de San Nicolás permitió conocer opiniones de los pobladores sobre energía eólica visualizadas en el gráfico univariado para variables dicotómicas (figura 100).

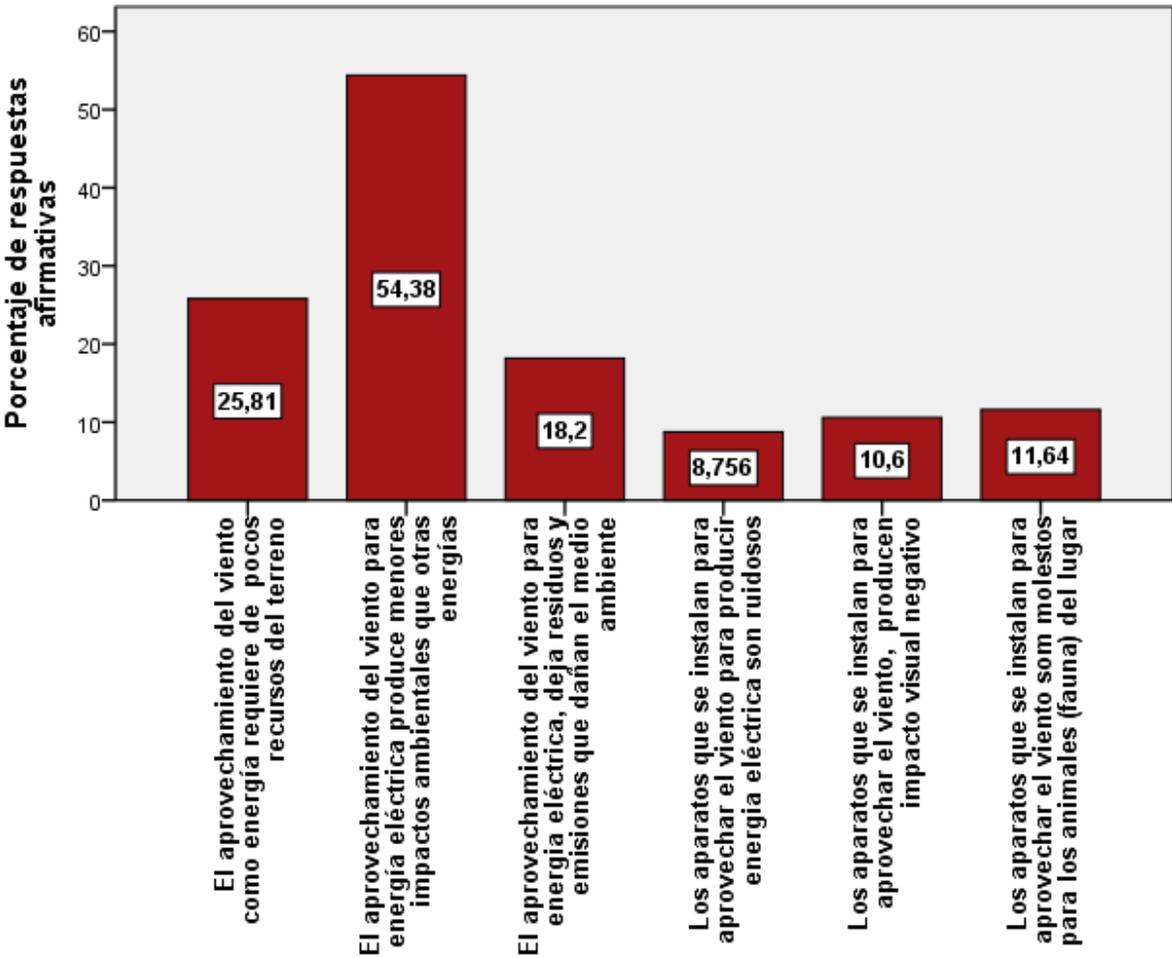


Figura 100. Percepción de los pobladores sobre impactos ambientales de la energía eólica.

El 25.82 % de los encuestados consideran que la energía eólica requiere de pocos recursos de terreno, el 54.38 % consideran que la energía eólica produce menos impacto al medio ambiente, el 18.2 % consideran que la energía eólica genera residuos y emisiones perjudiciales para el medio ambiente, el 8.75 % creen que la tecnología eólica es ruidosa, el 10.6 % consideran la tecnología eólica instalada produce impacto visual negativo y el 11.64 % opinan que los aerogeneradores eólicos molestan y perjudican a la fauna local.

Mediante la prueba de Phi para variables dicotómicas se determinó la relación lineal entre la batería de variables dicotómicas sobre la percepción del impacto ambiental del aprovechamiento del viento mediante tecnología eólica. Todas las pruebas entre las variables fueron estadísticamente significativas, con asociaciones insignificante, baja, moderada, buena y directamente proporcional (tabla 3.18 en anexos 3).

Se consultó a los pobladores sobre el impacto ambiental que produciría el proyecto para la zona de San Nicolás, mediante entrevista a 5 pobladores, de los cuales 3 son docentes de diferentes comunidades, 1 escultor y 1 productor y a través de grupo focal a 11 actores de la comunidad de los cuales 2 son dirigentes, 6 de instituciones públicas, 2 líderes juveniles y 1 estudiante universitaria. Se abordaron las categorías del medio natural aire, suelo, agua, flora y fauna, el medio perceptual y medio socio económico.

Con respecto al aire

En este aspecto opinaron sobre la contaminación por ruido y por polvo. “[...] puede ser que don Ismael este a unos metros de esas aspas y no lo deje dormir el ruido, eso es una **contaminación por ruido**, entonces si le vemos impacto **todas las tecnologías tienen su impacto**, pero son menores que otros (P10GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “[...] Sobre todo por el movimiento de camiones ya que levantan polvazales que afectan (PE4, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “El aire no se contamina, al inicio se levanta polvo por la construcción, pero es temporal, el ruido cuando dan vuelta no perturba a la gente PE2, comunicación personal, 1 de marzo de 2018).

Con respecto al suelo

En el caso del suelo manifestaron que la afectación podría ser por movimiento de tierra, erosión, apertura de caminos o producto de algún residuo, sin embargo, hubo opiniones de desconocimiento sobre lo que le podía pasar al suelo a causa del proyecto “no sé qué afectación pueda causar en el suelo; si hay algún **residuo** o algo que venga a **contaminar el suelo** (P11GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “**el impacto más grande es la construcción de torre** porque allí va haber **movimiento de tierra [...]** en el caso de movimiento de tierra tiene que hacer **medidas de mitigación** (P4GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “En el suelo, podría ser en el **movimiento de la tierra** para poner las bases de las torres (PE2, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “En el suelo porque se tienen que hacer algunos **caminos** para instalar las turbinas [...] pero hay que buscar la manera de evitar, tiene que haber algo [...] (PE3, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”, “[...] cuidar el **suelo que no se erosione** (PE4, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”.

Con respecto al agua

En relación al agua, no todos visualizan como se contaminará, sin embargo, algunos están claros que podría ser por infiltraciones de residuos. “Hay que cuidar [...] no contaminar el agua con algún aceite (PE4, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “el agua no se contamina por estos aparatos (PE3, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”, “Es energía limpia que no causa gran daño [...] en el agua solamente si se derramara algún líquido (PE1, comunicación personal, 3 de marzo de 2018)”, “No sé si esos generadores eléctricos van a utilizar algún **tipo de aceite**, para el funcionamiento de la maquinaria. Los **transformadores son contaminantes** para el ambiente (P10GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

Con respecto a la flora

En cuanto a la afectación a la flora expresaron del impacto debido a la deforestación por la instalación de las torres y la instalación de las líneas. “me imagino que **ambiental va a tener en la parte donde va a ser establecido [...]** me imagino que donde va a ser, va haber alguna

deforestación (P11GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “entonces el daño ambiental en ese sentido, que se tiene que dar sobre todo en la vía, que se **quitan árboles para instalar la línea** de conducción y toda la infraestructura **ya no lo tendríamos**, porque tenemos casi el 90 % de la comunidad con toda esa infraestructura, “**el impacto más grande es la construcción de torre** porque allí va haber **movimiento de tierra, cortes de árboles** (P4GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “Para mí todo desarrollo tecnológico tiene impacto. Todos, todos, aunque se a mínimo o máximo, pero algún impacto tiene que tener. Hay tenemos la **deforestación** (P10GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

Manifestaron que debe haber planes de restauración para compensar la deforestación “En cuanto a los árboles, para poner esos aparatos hay que cortar algunos árboles, pero debe haber reforestación y en los animales prácticamente ya casi no quedan (PE1, comunicación personal, 3 de marzo de 2018)”, “ [...] en algunos árboles por su tala para colocar las torres, pero tienen que haber planes de reforestación (PE2, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “Hay que cuidar los recursos básicos cuando se haga cualquier proyecto, [...] no talar árboles, si se hace pues hay que tener los planes de actuación para remediar (PE4, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “cualquier persona natural o jurídica que haga un proyecto, ya se sabe que tiene que hacer un **contrato de reposición de recursos** en el caso de los arboles si se cortan (P4GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

Con respecto a la fauna

Denotaron que la fauna prácticamente está en extinción, la pérdida de la biodiversidad es evidente, que el proyecto afectaría el hábitat de algunos animales. Por lo tanto, se debe evitar la pérdida de la fauna y tomar las medidas necesarias para no afectar a las aves. “Los más afectados serían la flora y fauna (P411F, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “[...] y en los animales prácticamente ya casi no quedan (PE1, comunicación personal, 3 de marzo de 2018)”, “[...] En cuantos los animales casi no hay en la zona, mientras se construya huyen para otros sitios, por la alteración de su hábitat (PE2, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “Hay algunas aves que se estrellan, pero hay que buscar la manera de evitar (PE3, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”, “ [...] debe tener un efecto en los suelos, agua, flora y fauna

que debe medirse cuando se ejecute el proyecto y tomar las debidas mediadas de mitigación y restauración (PE5, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”.

Con respecto al medio perceptual

En relación al paisaje consideran que no afectan la vista panorámica y se podrían convertir en atractivo turístico. “Me parece que no se alteraría el paisaje, se mirarían bonitas en las montañas. A mí me gustan (PE1, comunicación personal, 3 de marzo de 2018)”. “He visto este tipo de turbinas y se ven bien en el paisaje, más bien podría atraer turistas. No creo que afecte el paisaje (PE2, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”.

En referencia al uso del territorio respondieron que las torres no utilizan mucho terreno para su funcionamiento, señalando que se pueden utilizar tierras improductivas. “Creo que no, ya que son altos, pero hay tierras que no producen y ahí se pueden poner (PE1, comunicación personal, 3 de marzo de 2018)”, “A mi parecer no ocupan demasiado terreno (PE2, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “Puede ser que ocupen mucho terreno, pero por aquí se ha ido deteriorando el bosque para sembrar granos básicos y hay zonas rocosas donde no se da ninguna planta, esas zonas pueden ser las seleccionadas para instalar las turbinas (PE3, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”.

En relación al medio socio económico en lo que respecta a la categoría cultural expresaron que los cambios en comunicación y en la integración conllevaran a cambios en las costumbres. “Yo pienso igual que es un proyecto que **va integrar a las comunidades y al municipio a independizarse** (P10GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “existe un proyecto que lo ha pensado el gobierno local es la **instalación de una radio emisora** ese proyecto también sería viable porque se abaratarían los costos de operación de ese proyecto y sabemos que es muy necesario por lo que decían los compañeros tenemos varias comunidades Palo Blanco, Paso Real, El Ocotillo qué es difícil comunicarse de manera espontánea por teléfono (P2GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

En el aspecto social manifestaron que la incidencia en educación tendrá efecto a largo plazo en la estructura de la población. “[...] es importante tomar en cuenta **la educación** de los jóvenes

[...] entonces también debemos de pensar en la **educación y la capacitación** del mismo sector [...] entonces fácilmente si no hay educación, va ser fácil la gente de vincular o mal entender un proyecto que trae un punto de desarrollo (P10GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, ” [...] con un proyecto de éstos, quizá pensar más a largo plazo, no digamos que estamos hablando de dos o tres años, estamos hablando que es de dos décadas puede ser, pero pensar en dos décadas está a la vuelta de la esquina, pero tendremos que tener **niveles educativos más altos en 20 años** (P2GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

También opinaron sobre el aspecto económico por la dinamización de la economía del municipio. “[...] **yo en mi caso creo que es viable, más que viable necesaria**, para nuestro municipio [...] **sería una independencia de nuestro municipio, económico** (P2GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “Este municipio es pobrecito [...] los generadores, eso te va **diversificar un poco la economía** [...] nosotros **tenemos que ser independientes** (P8GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “mientras que si tienes un potencial y vendes creo que te viene ayudar en la sostenibilidad del municipio (P4GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

La información recopilada en entrevistas, grupo focal y visita a los sitios, aportó a la construcción de la matriz de acciones impactantes sobre medios impactados, a la matriz de factores impactados y la matriz de importancia

9.5.1.4 identificación, predicción y valoración de impactos

Identificación de las acciones del Proyecto potencialmente impactantes

A través de la lista de chequeo se identificaron las obras y acciones más impactantes, las cuales suman aproximadamente 14 actividades como resultado de la ejecución del proyecto (Tabla 75)

Tabla 75. Listas de Chequeo para identificación de acciones impactantes del proyecto

Factor ambiental impactado/actividad	Preparación y Limpieza del terreno	Acopio y transporte de materiales	Construcción de caminos	Excavación, zanjeo y movimiento de tierra	Transporte de equipos	Construcción de torres y sistema eléctrico soterrado	Abastecimiento de combustible	Generación y manejo de desechos sólidos y líquidos	Tráfico vehicular	Generación de energía eólica	Mantenimiento de equipo e instalaciones	Manejo de aguas pluviales	Demanda de mano de obra	Inversiones, plusvalía y comercio
Medio natural														
Aire														
Incremento del ruido	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Incremento de partículas de Polvo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Presencia de gases y olores	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Campo Electromagnético										x	x			
Suelo														
contaminación	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		
Compactación			x	x				x						
Erosión	x	x	x	x	x	x				x				
Ocupación del terreno			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Porosidad	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x			
Fertilidad			x	x		x						x		
Agua														
Drenaje natural e infiltración	x		x	x	x		x	x				x		
Calidad del agua subterránea y superficial			x	x	x			x	x			x		
Flora y fauna														
Corte de Vegetación	x		x	x		x								
Pérdida de biodiversidad	x		x	x		x				x	x			
Extinción de especies	x		x	x		x				x	x			
Alteración del hábitat natural	x		x	x		x		x						
Fauna terrestre	x			x		x		x	x					
Medio perceptual														
Estética del proyecto	x	x	x		x	x					x			
Vista panorámica					X	X				x	x			
Uso del territorio		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
Medio socioeconómico														
Aspecto cultural					x	x		x	x	x	x			
Aspecto social										x	x		x	x
Aspecto económico		x	x			x				x	x		x	x

Fuente: Elaboración basada en la metodología Simplificada de Vicente Conesa 2003

Identificación de los factores del medio potencialmente impactados

Sé procedió a elaborar la matriz simple para identificar los impactos y los factores impactados ambientales para las etapas de construcción y operación en la cual la primera columna corresponde a los factores ambientales, bajo la primera columna se escriben en fila los factores ambientales y debajo de cada factor se escriben las probables afectaciones, en la segunda columna se instauran las fases o etapas del proyecto: construcción, operación y abandono) y se coloca un signo negativo (-) o positivo (+) para identificar el carácter del impacto en la fase del proyecto donde se producirá la afectación, la tercera columna corresponde a la acción generadora del impacto, en ella simplemente se describe la acción impactante y en la cuarta y última columna de la matriz se escriben las observaciones puntuales respecto a la forma en que se producirá el impacto y sus consecuencia (tabla 76).

Tabla 76. Matriz simple para identificar los factores impactados del proyecto

Factor Ambiental / efecto del impacto	Fases del proyecto			Acción del proyecto que genera el impacto	Observaciones
	C	O	A		
Ambiente Físico					
Aire	-	-	-	Preparación y limpieza del terreno Acopio y transporte de materiales Construcción de caminos Excavación para cimientos Transporte de equipos Construcción de torres y sistema eléctrico soterrado Abastecimiento de combustible Generación de desechos sólidos y líquidos Tráfico vehicular Generación de energía eólica Mantenimiento de equipos e instalaciones eléctricas Manejo de aguas residuales y pluviales Desmantelamiento	La contaminación del aire será Temporal, principalmente durante la construcción de las vías de acceso interno y las excavaciones. Una vez concluida esta etapa, la calidad del aire será recuperada. En la etapa de operación, las afectaciones por ruidos y gases de combustión se percibirán cuando se realice la de supervisión y mantenimiento de los aeromotores, debido al aumento del tráfico vehicular.
Suelo	-	+	+	Preparación y limpieza del terreno Acopio y transporte de materiales Construcción de caminos Excavación para cimientos Transporte de equipos Construcción de torres y sistema eléctrico soterrado Abastecimiento de combustible Generación y manejo de desechos sólidos y líquidos Tráfico vehicular Manejo de aguas pluviales Desmantelamiento	La mayor producción de residuos sólidos (escombros, plásticos) y líquidos (aceite, grasas y combustible, aguas residuales) ocurrirán esencialmente durante la etapa de la construcción, al igual que la compactación y erosión del suelo. Estos procesos también estarán presentes en la etapa de operación sino se maneja adecuadamente las técnicas de protección del suelo y los residuos sólidos y líquidos. La ocupación del terreno se refiere al área ocupada por las torres.
Agua				Preparación y limpieza del terreno	

Afectaciones al drenaje natural e Infiltración. Afectaciones en la calidad del agua subterránea y superficial	-	-	-	Acopio y transporte de materiales Construcción de caminos Excavación para cimientos Construcción de torres y sistema eléctrico soterrado Tráfico vehicular Manejo de aguas pluviales Desmantelamiento	El cambio de la dirección y el manejo inadecuado de las aguas pluviales, pueden rebasar la capacidad del sistema de drenaje y provocar que las corrientes pluviales arrastren sedimentos y otros sólidos. Las corrientes pueden dañar las instalaciones y caminos, en ambas etapas del proyecto. Establecer obras de drenaje en dirección a los drenajes naturales existentes en el terreno
Ambiente Biológico					
Flora y fauna	-	+	+	Preparación y limpieza del terreno Acopio y transporte de materiales Construcción de caminos Excavación para cimientos Transporte de equipos Construcción de torres y sistema eléctrico soterrado Tráfico vehicular Generación de energía eólica Mantenimiento de equipo e instalaciones Desmantelamiento	Los impactos en la flora como resultado de las actividades del proyecto se consideran bajos por la inexistencia de árboles en el área del proyecto La construcción de las diferentes obras de infraestructura generará polvo y ruidos que pueden ahuyentar temporalmente a la fauna. Durante la etapa de operación no se esperan mayores afectaciones; sin embargo, las aves serán las más perjudicadas por la presencia de las torres que dificulta su vuelo. Las palas deben ser pintadas en colores que puedan ser percibidos por las aves. Se debe establecer plan de reforestación.
Corte de vegetación y huida de fauna terrestre y pluvial. Alteración del hábitat de la fauna. Afectación de aves y pérdida de la biodiversidad					
Ambiente de interés humano					
Medio perceptual	-	+	+	Preparación y limpieza del terreno Acopio y transporte de materiales Construcción de caminos Excavación para cimientos Transporte de equipos Construcción de torres y sistema eléctrico soterrado Generación de energía eólica	Durante la etapa de construcción la estética del sitio se deteriorará, pero en la etapa de operación se recobrará, aunque cambiará drásticamente por la presencia de las torres, las cuales podrán ser avistadas desde diferentes ángulos y hasta a dos kilómetros de distancia del sitio.
Estética del Proyecto, vista panorámica y uso del territorio Alteración de la calidad del paisaje					
Medio socio económico					
Medio socioeconómico	-	+	+	Construcción de torres y sistema eléctrico soterrado Inversiones, plusvalía y comercio Demanda de mano de obras Inversiones, plusvalía y comercio	Desde el punto de vista socio- económico la intensificación del uso de suelo generará impactos positivos a las propiedades aledañas al sitio del proyecto, puesto que aumentará la plusvalía de los terrenos.
Uso del territorio					
Aspecto cultural	-	+	+	Transporte de equipos Construcción de torres y sistema eléctrico soterrado Tráfico vehicular Generación de energía eólica Mantenimiento de equipo e instalaciones Inversiones, plusvalía y comercio Desmantelamiento	El transporte de los materiales y equipos que involucran el uso de maquinaria pesada y el tráfico de camiones, generará ruidos y emisiones de partículas que producirán molestias en los habitantes de la finca y los alrededores los que trafiquen por la carretera. Acostumbrarse a ver su paisaje con torres eólicas
Alteración de las costumbres del grupo humano					
Aspecto Económico	+	+	-	Acopio y transporte de materiales Construcción de caminos Construcción de torres y sistema eléctrico soterrado Abastecimiento de combustible Generación de energía eólica Mantenimiento de equipo e	La inversión económica para la construcción del parque eólico es uno de los beneficios más importantes de este proyecto. La generación de energía limpia es el impacto más importante para el medio ambiente y el país.
Alteración del nivel de vida					

				instalaciones Demanda de mano de obras Inversiones, plusvalía y comercio Desmantelamiento	Los ingresos por exportación de energía a la red que tendrá la comunidad.
Aspecto social Afectaciones en la estructura de la población	+	+	-	Generación y manejo de desechos sólidos y líquidos Demanda de mano de obras Generación de energía eólica Inversiones, plusvalía y comercio Desmantelamiento	Las actividades relacionadas con el fortalecimiento de la capacidad del personal disminuyen el riesgo de accidentes y preparan al personal para enfrentarlos de forma organizada, son otros beneficios generados por el proyecto.

Fuente: Elaboración basada en la metodología Simplificada de Vicente Conesa Fernández 2003

Identificación de relaciones causa-efecto entre acciones del proyecto y factores del medio, matriz de importancia y valoración del impacto

Atributos de los impactos según Conesa (1993), para la identificación de las relaciones causa-efecto se toma en cuenta los valores medios de los atributos de los impactos (tabla 77).

Tabla 77. Criterios de valoración de impactos

Criterios	Valoración	Calificación
Naturaleza (Na): Define si la acción impactante del proyecto genera un efecto (+) o (-) en el componente ambiente afectado.	Negativo Positivo	- +
Intensidad (I): Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa.	Baja Media Alta Muy alta Total	1 2 4 8 12
Extensión Geográfica (Ex): Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto	Puntual Parcial Extenso Total Crítica	1 2 4 8 +4
Momento (Mo): El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado.	Largo plazo Medio plazo Inmediato Crítico	1 2 4 +4
Persistencia (Pe): Se refiere al tiempo que, supuestamente permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.	Fugaz Temporal Permanente	1 2 4
Reversibilidad (Rv): Se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales, previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.	Corto plazo Medio plazo Irreversible	1 2 4
Recuperabilidad (Mc): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales con medidas correctoras.	Recup. de manera inmediata Recuperable a medio plazo Mitigable Irrecuperable	1 2 4 8

Sinergia (Si): Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples.	Sin sinergismo Sinérgico Muy sinérgico	1 2 4
Acumulación (Ac): Se refiere a la idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.	Simple Acumulativo	1 4
Efecto (Ef): Se refiere a la relación causa efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.	Indirecto Directo	1 4
Periodicidad (Pr): Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente, de forma impredecible en el tiempo, o constante en el tiempo.	Irregular o aperiódico Periódico Continuo	1 2 4
IMPORTANCIA (I): Viene representada por un número y se deduce mediante el modelo siguiente	$I = (3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$	

Fuente: Conesa

La calificación de la importancia del impacto (Conesa Fernández, 1993), se calcula con los valores asignados a los atributos. Se obtienen valores entre 13 y 100 (tabla 78).

Tabla 78. Clasificación Importancia del impacto ambiental

I	Valor (I)
Bajo/Irrelevante	$0 \leq I \leq 24$
Moderado	$25 \leq I < 50$
Severo	$50 \leq I < 75$
Crítico	$I \geq 75$

Matriz de importancia

Se calcula la matriz de importancia para cada etapa de la ejecución del proyecto (tabla 3.19 en anexos 3).

Matriz de cuantificación

Se construyó la matriz de cuantificación (tabla 3.20 en anexos 3) de la importancia. A partir de esta matriz, se realiza un resumen de la matriz de cuantificación de la importancia. En la matriz de cuantificación se han distinguido las posibles alteraciones que el proyecto puede generar en las diferentes etapas.

El proyecto generará 141 impactos en total. Los impactos positivos encontrados son 26, mientras que los impactos negativos son 115, de los cuales, 55 son catalogados como de bajo impacto ambiental y 60 son clasificados como moderado impacto ambiental. No hay impactos severos, ni críticos (tabla 79).

Tabla 79. Resumen de la matriz de cuantificación de la importancia

Impacto	Valor (I)	Construcción	Operación	Desmantelamiento	Totales
Positivo		13	5	8	26
Bajo-Irrelevante	$I \leq 24$	28	18	9	55
Moderado	$25 \leq I \leq 49$	44	10	6	60
Severo	$50 \leq I \leq 74$	0	0	0	0
Crítico	$I \geq 75$	0	0	0	0

Los impactos por etapa son: en la etapa de construcción se contabilizan 85 impactos, en la etapa de operación y mantenimiento 33 impactos y en la etapa de abandono 23 impactos (tabla 80).

Tabla 80. Impactos por medio ambiente afectado

MEDIO		Tipo de impactos	ETAPAS DEL PROYECTO						Impactos por medio afectado	
			Construcción		Operación y mant.		Abandono			
			Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo		
IMPACTO SOBRE EL MEDIO	Físico	Bajo		17		10		3	30	
		Moderado		17		2	2	5	26	
		Severo			1				1	
	Biológico	Bajo		2		2	1	2	7	
		Moderado		10		3	1		14	
	Socio económico	Bajo	7		2	1		2	12	
		Moderado	6	6	2	2	2		18	
	Interés humano	Bajo		9		4		2	15	
		Moderado		11		4	2	1	18	
	Sub Total			13	72	5	28	8	15	
	Total			85		33		23		

Los impactos totales por medio afectado se distribuyen: Medio físico 54 impactos negativos y 3 impacto positivo; medio biológico 19 impactos negativos y 2 impactos positivos; medio socioeconómico 11 impactos negativos y 19 impactos positivos; y en el medio de interés humano 31 impactos negativos y 2 impactos positivos (figura 101).

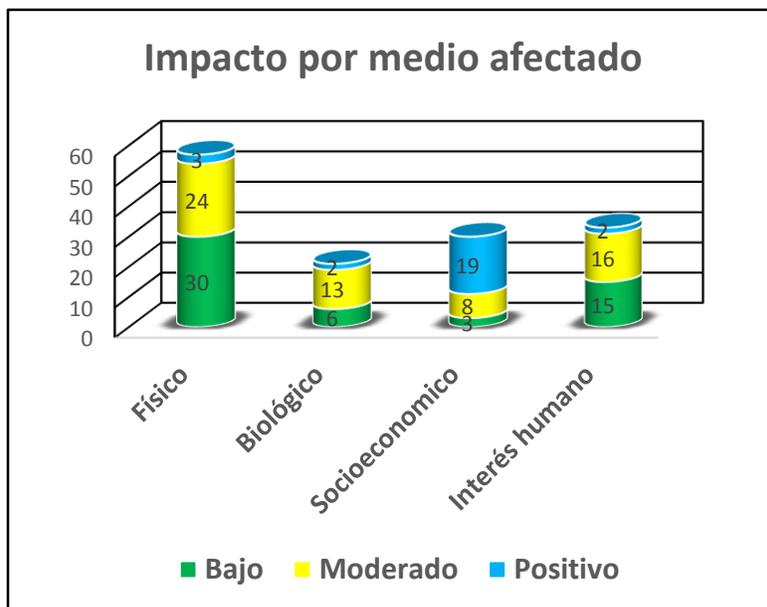


Figura 101. Impactos totales por medios afectados.

Los tipos de impactos en el proyecto resultaron 64 impactos bajos, 76 impactos moderados y 1 impacto severo (tabla 81).

Tabla 81. Tipos de impactos

MEDIO	Tipo de impactos	Etapas del proyecto						Impactos por medio afectado
		Construcción		Operación		Abandono		
		Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	
Total de impactos por tipo	Bajo	7	28	2	17	1	9	64
	Moderado	6	44	2	11	7	6	76
	Severo			1				1
Total de Impactos		13	72	5	28	8	15	141

Los impactos totales positivos y negativos ordenados por etapas del proyecto. Se puede observar que la etapa de construcción es la que más impactos genera al ambiente. En total se generan 115 impactos negativos y 26 impactos positivos (figura 102).

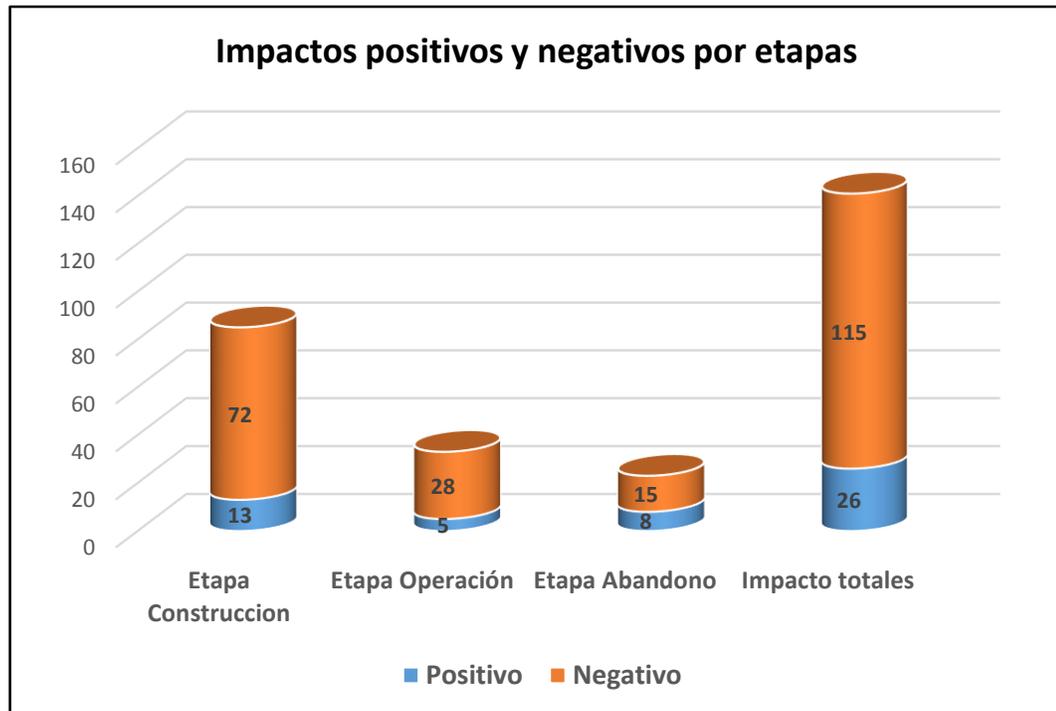


Figura 102. Impactos totales por etapa. Basados en matriz de evaluación de impactos.

En síntesis, se puede afirmar que el 45 % corresponden a impactos bajos, 54 % corresponde a impactos moderados y 1 % corresponde a impactos severos. **Por lo anterior se justifica que el proyecto es viable** ambientalmente ya que no existen impactos críticos y el porcentaje de impactos severos es muy bajo. En relación al impacto en gases de efecto invernadero, según la electricidad exportada a la red 45,552 MWh se calcula con energía eólica emisiones de GEI de 1,614 tCO₂. Las emisiones se reducen en 93 % si se tuvieran que realizar con energía convencional. Esta reducción de 21,442.5 tCO₂, equivale a las emisiones de 3,927.2 automóviles no utilizados o 49,866.2 barriles de petróleo crudo no consumido. Los impactos negativos se pueden corregir y/o compensar con medidas de mitigación y plan de manejo ambiental.

9.5.2 Impacto social

Mediante la metodología S&E Sustainability and Empowerment (Sández, 2013), se evaluó ex ante el presente proyecto y permitió conocer la posible contribución del proyecto al desarrollo, ayudando a identificar las áreas en las que será necesario redefinir estrategias para mejorar las condiciones de vida. En esta parte se toma en cuenta la dimensión social y de empoderamiento.

Mediante preguntas realizadas a 868 familias, se conocieron opiniones de los pobladores sobre el impacto social del aprovechamiento del viento para producir energía eléctrica. Las respuestas han sido visualizadas en el gráfico univariado para variables dicotómicas (figura 103).

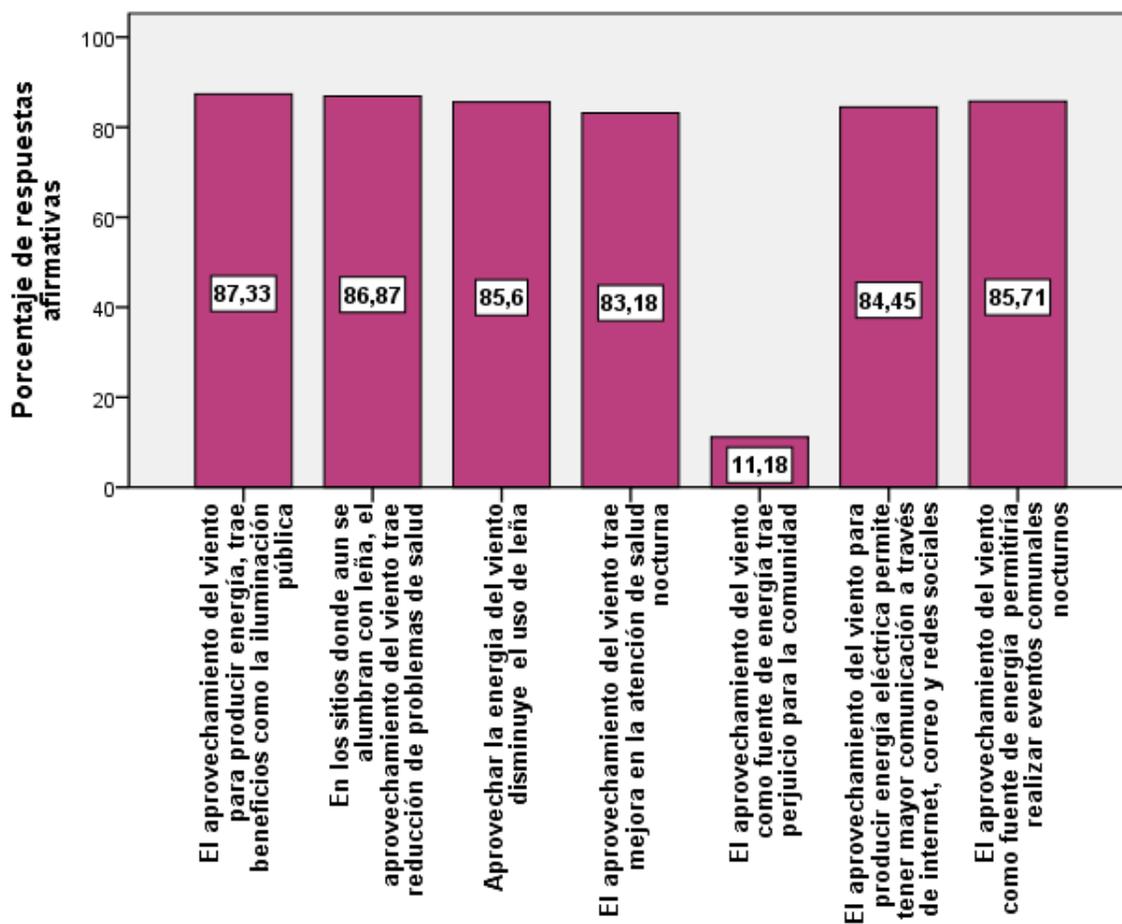


Figura 103. Percepción pobladores de San Nicolás sobre impacto social del proyecto.

El 86.87 % de los encuestados consideran que la energía eólica reduciría los problemas de salud en aquellos sitios donde aún se alumbran con leña, el 85.6 % consideran que la energía eólica reduciría el uso de leña, el 83.18 % consideran que la energía eólica mejoraría la atención de la salud nocturna, el 11.18 % creen que la tecnología eólica traería perjuicios a la comunidad, el 84.45 % consideran la tecnología eólica permitiría mejorar la comunicación a través de internet y el 85.71 % opinan que la energía eólica permitiría realizar eventos comunales nocturnos.

Mediante la prueba de Phi para variables dicotómicas se determinó la relación lineal entre la batería de variables dicotómicas sobre la percepción del impacto social del aprovechamiento del viento mediante tecnología eólica. Exceptuando dos pruebas que resultaron No significativa, el resto de pruebas entre las variables fueron estadísticamente significativas, con asociaciones insignificante, buena moderada y muy buena y directamente proporcional a excepción de una que resulto inversamente proporcional (tabla 3.21 en anexos 3).

Para adaptar los indicadores se ha consultado con los pobladores mediante encuestas y entrevistas y a distintos actores a través de proceso participativos como grupo focal con el fin de integrar los aportes a los mismos. Se consultó mediante entrevista a 5 pobladores, de los cuales 3 son docentes de diferentes comunidades, 1 escultor y 1 productor y grupo focal a 11 actores de la comunidad de los cuales 2 son dirigentes, 6 de instituciones públicas, 2 líderes juveniles y 1 estudiante universitaria.

Expresaron mejoras en las condiciones de vida relacionadas a mejora en la educación. “Más en la comunicación por el internet, en el confort de utilizar más electrodomésticos (PE3, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”, “Bueno, hasta el momento nosotros estamos ahorita en un proyecto importante para el municipio, que es la entrada de fibra óptica a la cabecera municipal, no sabemos pues, no sabemos si con más recursos nosotros podemos llevar este tipo de proyectos a las 5 rutas que tenemos, que no son muy largas y obviamente eso traería un impacto económico grande (P2GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”,

También se refirieron a mejoría en la seguridad y la forma de la comunicación. “El tema de la comunicación, la realidad es que es muy importante para nosotros [...] es **importantísimo para**

la seguridad [...] yo creo que las personas que no tienen la posibilidad, van a **tener su propia planta** en su casa y **barata** (P1GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “**instalación de una radio emisora**, ya nosotros teniendo una energía que es más barata, pienso yo qué ese proyecto también sería viable porque se abaratarían los costos de operación de ese proyecto y sabemos que es muy necesario (P2GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

Se refirieron en el fomento de la educación, a mejoras en la calidad de la educación. “tendremos que tener **niveles educativos más altos en 20 años**, verdad ya con la implementación de algún tipo de proyecto (P2GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “En educación se podrían utilizar otros medios como proyectores, harían las tareas por la noche con energía más barata, se aumentaría el rendimiento académico (PE1, comunicación personal, 3 de marzo de 2018)”, “En educación por las condiciones de mejorar las escuelas y las oportunidades de los estudiantes para investigar (PE2, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “En educación podríamos disponer de mejores TICS para el desarrollo de las clases (PE4, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “En educación dedicación de mayor tiempo al estudio, lo que se reflejaría en el rendimiento académico (PE5, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”.

Consultadas las personas que no saben leer, ni escribir sobre la posibilidad de estudiar por la noche aprovechando la energía eléctrica, manifestaron no tener edad para eso pasándoles la responsabilidad a los jóvenes, mientras que otros lo ven bien. “solo tengo las luces y pago 100 pesos, los chavalos de la comunidad, sí, ellos pueden hacerlo PE6, comunicación personal, 1 de febrero de 2018)”, “Es bueno, lo que pasa es que uno se duerme temprano porque bien oscuro estamos arriba, pero hay que hacer la fuerza (PE7, comunicación personal, 1 de febrero de 2018)”, “Debe ser bueno para los chavalos, yo ya no veo, me cansaría la vista, necesito anteojos, el que tiene bueno los ojos que aproveche (PE8, comunicación personal, 17 de febrero de 2018)”, “Me parece bien, con tal que no sea tan noche, aquí uno madruga, en la ciudad se levantan tarde pero aquí cuando cantan los gallos ya andamos afanando (PE5, comunicación personal, 17 de enero de 2018)”, “Me parece bien, se ve clarito, hace poco pusieron la luz en el caserío y yo me pongo hacer tareas un ratito en la noche (PE5, comunicación personal, 18 de enero de 2018)”.

En la contribución a la salud se refirieron a la **conservación y refrigeración** de medicina. “[...] Porque por decirle algo ¿No?, nosotros no disponemos actualmente de un **Freezer** para vacuna, para poder vacunar esos niños. El personal tiene [...] hacer toda la cobertura en un solo día, porque la vacuna se daña [...]; al tener energía obviamente dispone de más **tiempo, mayor disponibilidad** de que la **gente pueda acudir** [...] (P7GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

También se expresaron con respecto a la mejoría en la cobertura de los servicios Mejora en la cobertura de los servicios “Ahora todo lo que tiene que ver con equipos eléctricos que pueden ser usados en una comunidad por ejemplo ultrasonidos, nosotros trasladamos brigadas con exámenes de laboratorio y eso ocupa energía eléctrica entonces estamos hablando de un beneficio que aumentaría la cobertura de los servicios de los lugares donde actualmente no hay (P7GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

En cuanto al nivel de aceptación del proyecto por parte de los pobladores expresaron alta aceptación del proyecto. “Mire todo lo que venga a nuestro municipio, **que venga en beneficio bienvenido** nosotros **no podemos rechazar algo que venga a apoyar**, ya lo decía él, si se le puede sacar algo tranquilo por mi parte ojalá los estudios salgan positivos y tengamos una ventaja en el municipio (P1GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, **“yo en mi caso creo que es viable, más que viable necesaria**, para nuestro municipio (P2GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

También lo enfocaron desde el cambio climático y la sostenibilidad “[...] verlo también por el cambio climático, somos altamente dependientes del petróleo, el petróleo no lo producimos nosotros en Nicaragua, tenemos que buscar cómo generar energía de otra manera y aprovechar todos estos recursos que tenemos, que son los que nos van a diversificar la economía. **A mi punto de vista el proyecto es viable** (P8GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “[...] creo que te viene ayudar en la sostenibilidad del municipio, entonces pienso que es viable siempre y cuando se tomen los estudios del potencial que va a generar (P4GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

Expresaron que a las personas y comunidades se les generaría capital social mediante **acceso a información y comunicación**. “[...] con este nuevo proyecto, que se va a implementar, habría más posibilidades de que las personas tengan la **posibilidad de poder acceder a su propia información** [...] habría una **mayor demanda en el aspecto de los trámites** las personas que no tienen cédula (P9GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “mayor comunicación, uso de las computadoras, redes sociales, posibilidades de realizar eventos comunitarios nocturnos (PE5, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”.

En cuanto a empoderamiento y participación en el proyecto se manifestaron positivos. “Yo pienso que sería **hacer un trabajo, con la población**, un trabajo de convencimiento [...] **vender el proyecto** [...] aclarando a la gente que por acá que, por allá, estos **beneficios** vienen para ustedes como población (P1GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “Nosotros como Frente Sandinista tenemos que **vender nuestro proyecto a toda la población**, quizá haciendo estas reflexiones y estos análisis que se están haciendo aquí, para que ellos puedan **comprender la viabilidad, la importancia que el proyecto tiene para nuestro municipio, para el desarrollo** (P2GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “Como institución trabajamos con emprendedores y productores y nosotros **podríamos trabajar la parte de sensibilización, la parte de información** a la población, **vender bien el proyecto** (P8GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

Se categorizó el impacto social bajo el principio social y de empoderamiento, considerando las categorías mejoras en condiciones de vida, fomento de la educación, contribución a la salud, transferencia de tecnología, participación de los grupos de asociación y generación de capital social, empoderamiento de grupos vulnerables. Cada categoría con sus respectivos indicadores (tabla 82).

Tabla 82. Propuesta de indicadores para aplicar el modelo S&E al proyecto eólico

Principio social	
Criterio	Indicador
Mejora en las condiciones de vida	Mejora en el confort doméstico , mediante iluminación pública, reducción del uso de leña por adquisición de electrodomésticos como cocinas
	Mejora en la seguridad de las comunidades , mediante iluminación pública y la realización de eventos comunales nocturnos
	Mejora en la comunicación , mediante el internet, correo electrónico, redes sociales y radio emisora
Fomento de la educación	Acceso a nuevo equipamiento pc, tv, internet
	Impacto en el tiempo que los niños y niñas puedan dedicar al estudio
	Impacto en el rendimiento académico de los estudiantes
	Mejora el acceso a la información
Contribución a la salud	Impacto sobre la prevalencia de enfermedades respiratorias, mediante la electrificación de sitios donde aún se alumbran con leña
	Acceso a los puestos de salud , mediante la atención de salud nocturna y mejora en la cobertura de servicios
	Conservación y refrigeración de medicina
Principio de empoderamiento	
Transferencia de tecnología	Difusión de nueva tecnología para la comunidad y para la industria local
	Nivel de aceptación del proyecto por parte de los pobladores
	Capacitaciones técnicas a los trabajadores y personas de la comunidad
	Colaboración con universidades para la difusión de la tecnología
Participación de los grupos de asociación y generación de capital social	Existencia de mecanismos de participación adaptados para el involucramiento de la población local y actores durante todo el proceso del proyecto
	Nivel de aceptación del proyecto por parte de los distintos actores en relación a mejorar las condiciones de vida
	Promoción de armonía social a través de la constitución de asociaciones relacionadas al proyecto como cooperativa de gestión
	Aumento de actividades sociales
	Acceso a información y comunicación
Empoderamiento de grupos vulnerables	Mayor participación de niños y niñas en la educación
	Mayor participación de personas analfabetas en procesos educativos
	Aumento del tiempo disponible debido a disminución de la carga de trabajo en las mujeres
	Mejoras de oportunidades de trabajo de las personas con discapacidades

Los resultados de la aplicación de la metodología S&E para la determinación de impacto en su dimensión social y empoderamiento para el proyecto eólico de San Nicolás se agrupan por impacto a nivel de criterio (tabla 83).

Tabla 83. Resultado aplicación herramienta S&E para determinar el impacto social

Principio	Criterio	Impacto a nivel de criterio				Impacto a nivel de criterio
		Negativo (n)	Neutro (N)	Bajo (B)	Alto (A)	
Social	Mejora de las condiciones de vida					ALTO
	Fomento de la educación					
	Contribución a la salud					
Empoderamiento	Transferencia de tecnología					ALTO
	Participación en grupos o asociaciones					
	Generación de capital social					
	Empoderamiento de grupos vulnerables					

Se obtuvo, que el proyecto tiene un alto impacto en cinco de los criterios lo que coincide con la percepción local de los pobladores por lo que el proyecto eólico se perfila con alto impacto social por las mejoras en las condiciones de vida, en la formación de la educación, en la transferencia tecnológica, en la participación en asociaciones, Se considera como medio innovador la organización de una cooperativa que involucre a actores claves y que logre: concertación social, cooperación socio institucional, captación de inversión privada para la instalación de aerogeneradores y beneficios sociales en educación, salud, TIC.

9.5.3 Impacto Económico

La encuesta realizada en 868 familias en el municipio de San Nicolás permitió conocer opiniones de los pobladores sobre energía eólica en relación al impacto económico. Las mismas están visualizadas en el gráfico univariado para variables dicotómicas (figura 104).

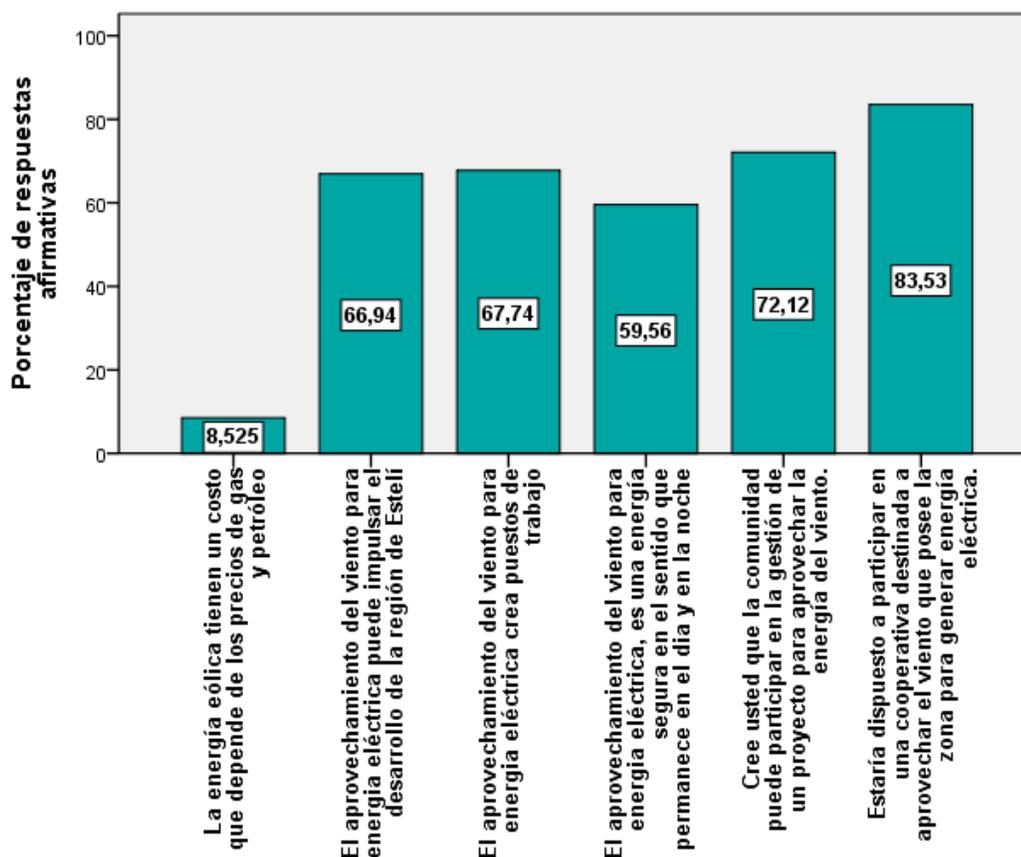


Figura 104. Percepción pobladores de San Nicolás sobre impacto económico del proyecto.

El 8.52 % de los encuestados consideran que la energía eólica tiene un precio que depende del petróleo y el gas, el 66.94 % consideran que la energía eólica puede impulsar el desarrollo del departamento de Estelí, el 67.74 % consideran que la energía eólica crea puestos de trabajo, el 59.56 % creen que la tecnología eólica es energía permanente ya que existe viento en el día y en la noche, el 72.12 % de los pobladores consideran que pueden participar en la gestión del proyecto eólico de su municipio y el 83.53 % de los pobladores opinan que están dispuestos a participar en una cooperativa vinculada a la administración del proyecto eólico.

Mediante la prueba de Phi para variables dicotómicas se determinó la relación lineal entre la batería de variables dicotómicas sobre la percepción del impacto económico del aprovechamiento del viento mediante tecnología eólica. Exceptuando dos pruebas que resultaron No significativa, el resto de pruebas entre las variables fueron estadísticamente significativas, con asociaciones insignificante, buena y muy buena y directamente proporcional (tabla 3.22 en anexos 3).

Los indicadores económicos han sido consultados con los pobladores mediante encuestas y entrevistas y a distintos actores a través de proceso participativos como grupo focal con el fin de integrar los aportes a los mismos. La entrevista se aplicó a 5 pobladores, de los cuales 3 son docentes de diferentes comunidades, 1 escultor y 1 productor y grupo focal a 11 actores de la comunidad de los cuales 2 son dirigentes, 6 de instituciones públicas, 2 líderes juveniles y 1 estudiante universitaria (tabla 3.23 en anexos 3).

Se expresaron sobre la mejora económica de la comunidad, en cuanto a reducción de costos. “[...] importante **para la industria**, porque actualmente San Nicolás tiene ese déficit, es agrícola, pero no se procesa nada, quizás en esa parte, porque que las personas consideren, **lo de costos** energético, lo de producción más limpia (P6GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “A veces hay muchas familias en el municipio, que a veces ellos, no compran una refrigeradora porque dicen que va a salir muy cara la luz, la energía, entonces me imagino que al estar el proyecto va a ser más favorable (P10GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “En los **costos de producción**, también sería también **una reducción**, porque fíjense que hay experiencia de sectores, que no tienen agua, **porque sale más caro bombear a donde está el manto**, por la energía, sale más caro el agua por esa situación, ya con esta energía, ideay te ahorras el pago del agua un poquito menos y el pago de energía (P4GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

También manifestaron el desarrollo económico, mediante el fortalecimiento de la actividad empresarial local. “Definitivamente que si, por la dinámica de crecimiento en que entraría el municipio, nuevos negocios, impulso al sector productivo (PE2, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “Creo que un proyecto de esa naturaleza, fortalecería uno de los rubros

económicos que aquí queremos **potenciar es el turismo**. En Rivas, una vez pase por ahí y ver esas chunchas que dan vuelta ya, entonces eso obviamente traería para nosotros un elemento más en el desarrollo económico como es el turismo (P8GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

Se refirieron también a adquirir nuevos equipos para mejorar la calidad del servicio. “Así es, con la energía barata se pueden usar otros equipos para emprender negocios y se obtendrían mejores ingresos en la familia, los servicios serían de mejor calidad (PE1, comunicación personal, 3 de marzo de 2018)”, “al estar el proyecto va a ser más favorable, **van a poder tener más, una refrigeradora** en su ranchita, ellos se **van a poder hacer sus propios negocios**, micronegocios, su pulpería, puede ser que la población **pueda poner negocios** (P10GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”, “No sé, la vida está difícil, hay que trabajar mucho y me he ido abriendo camino con el negocio de la artesanía como escultor, pero me ha costado, tal vez podría comprar otras herramientas (PE3, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”.

Expresaron sobre la generación de empleo directo o indirecto. “Crearía empleo. Creo que impulsaría el desarrollo local del municipio. Este es un municipio pobre que tendría esa alternativa para salir adelante (PE5, comunicación personal, 2 de marzo de 2018)”, “Tal vez no directamente, pero si indirectamente por la tecnificación de la producción y los servicios que se ofrecen en la zona (PE4, comunicación personal, 1 de marzo de 2018)”, “Entonces hablamos de una dinamización de la economía. Significa que van a ver más entradas, más entrada de impuestos, lo que significa más programa y más proyectos sociales que irían en beneficio de la población estamos hablando de caminos, de educación, estamos hablando de carreteras entonces indirectamente tendríamos un avance (P11GF, comunicación personal, 18 de diciembre de 2018)”.

Se categorizó el impacto económico bajo las categorías desarrollo económico, generación de empleo, mejoras en condiciones de vida, mejora en infraestructura y servicios locales, sostenibilidad económica, cada categoría con sus respectivos indicadores (tabla 84).

Tabla 84. Propuesta de indicadores para aplicar el modelo S&E al proyecto eólico

Principio económico	
Criterio	Indicador
Desarrollo económico	Mejora económica de la comunidad, mediante reducción de costos
	Fortalecimiento de la actividad empresarial local
	Beneficios para la entidad implementadora, mediante la generación día y noche de energía eólica
Generación de empleo	Generación de empleo directo o indirecto
	Alcance temporal de los empleos generados
	Impacto en el rendimiento académico de los estudiantes
	Cualificación (alta media baja) de los puestos de trabajo
Mejora en infraestructura y servicios locales	Mejora en la infraestructura escuelas, centro de salud
	Acceso y uso sostenible de la energía, mediante el acceso donde no había
	Acceso agua potable en calidad y cantidad
Sostenibilidad Económica	Utilización de servicios de mantenimiento local
	Rentabilidad del proyecto, VAN, TIR, c/b

Los resultados de la aplicación de la metodología S&E para la determinación de impacto en su dimensión económica para el proyecto eólico de San Nicolás se agrupan por impacto a nivel de criterio (tabla 85).

Tabla 85. Resultado aplicación herramienta S&E para determinar el impacto económico

Principio	Criterio	Impacto a nivel de criterio				Impacto a nivel de criterio
		Negativo (n)	Neutro (N)	Bajo (B)	Alto (A)	
Económico	Desarrollo económico local					ALTO
	Generación de empleo					
	Mejoras en la infraestructura y servicios locales					
	Sostenibilidad Económica					

Se observa que el proyecto eólico presenta impacto alto en dos criterios por lo que se perfila con alto impacto económico por las mejoras en el desarrollo económico local y en la sostenibilidad económica. En el aspecto de generación de empleo de manera directa se generará aproximadamente 100 empleos en la etapa de construcción y 10 en la etapa de operación. En cuanto a rentabilidad financiera: La tasa interna de retorno TIR antes del impuesto del capital calculado con los flujos de caja y el tiempo de vida del proyecto es de 24.2 %. El pago simple del retorno de capital se calculó a 7.2 años indicando el tiempo que tarda en recuperar los costos iniciales invertidos en la instalación, a partir de los ingresos obtenidos y el retorno de capital 4.4 años, tiempo en recuperar la parte de la inversión financiada por el propietario o accionistas. El valor presente neto VPN, obtenido es U\$ 14, 458,380 y la relación beneficio-costos es de 2.6.

9.5.4 Propuesta de innovación social en la gestión empresarial del proyecto

Se propone la creación de una cooperativa cuyos miembros son los usuarios de los servicios energéticos para gestionar la concesión del proyecto, su ejecución y posterior administración.

Basados en la ley general de cooperativas ley 499 se propone una cooperativa con las siguientes características. La empresa cooperativa lleva implícita en su naturaleza ciertos principios cooperativos sobre los cuales se estructura su funcionamiento:

Artículo 8.- Las cooperativas se rigen por los siguientes principios:

- a) Libre ingreso y retiro voluntario de los asociados.
- b) Voluntariedad solidaria, implica compromiso recíproco, cumplimiento y prácticas leales.
- c) Control democrático; un asociado, un voto.
- d) Limitación de interés a las aportaciones de los asociados, si se reconociera alguno.
- e) Equidad, que implica la distribución de excedentes en proporción directa con la participación en las operaciones.
- f) Respeto y defensa de su autonomía e independencia.
- g) Educación cooperativa.
- h) Fomento de la cooperación entre cooperativas.
- i) Solidaridad entre los asociados.
- j) Igualdad en derecho y oportunidades para asociados de ambos sexos.

La estructura de la cooperativa de electricidad se basa en la reglamentación proveniente de la ley general de cooperativas 499.

Artículo 56.- La dirección y administración de la cooperativa tendrá la siguiente estructura:

- a) La Asamblea General de Asociados.
- b) El Consejo de Administración.
- c) La Junta de Vigilancia.
- d) La Comisión de Educación y Promoción del Cooperativismo.
- e) Cualquier otro tipo de órgano permanente que se establezca en los Estatutos.

El cuerpo electivo está representado por el consejo de administración, bajo el que se estructuran todas las actividades de la organización directiva tienen las funciones de administración y gobierno de la organización. Por sobre este cuerpo se encuentra únicamente la Asamblea de asociados que tiene por función la elección de los integrantes del Consejo de Administración.

Se recomienda agregar un representante del municipio en la mesa directiva, lo que constituye otro elemento diferencial de este tipo de organizaciones. Esto es importante por las exigencias del municipio para la concesión de los servicios públicos a la cooperativa.

La cooperativa debe ofrecer servicios eléctricos y participar para que se le otorgue la concesión de instalar los aerogeneradores, proporcionar electricidad a la comunidad y vender a la red. Posteriormente la cooperativa puede ofrecer servicios de instalaciones de agua potable, otras generaciones energéticas, plantas agroindustriales, canales de televisión y ampliar sus servicios en Las Segovias. Para asuntos operativos se debe considerar un equipo profesional encargado de prestar los servicios.

La cooperativa puede acceder a préstamos en el BCIE, BID, otros organismos, incluso de los mismos fabricantes de aerogeneradores. Los ingresos pueden provenir de la electricidad vendida a la red, como de los usuarios consumidores y de los servicios que preste la cooperativa. Los socios deben educarse y capacitarse, mediante una política educativa tanto en materia de doctrina cooperativa como también en mecanismos de comunicación acordes al nivel educativo.

10. Discusión de Resultados

10.1 Principales Hallazgos a partir de los Resultados Obtenidos

En el presente estudio se encontraron los siguientes hallazgos:

1. En el municipio de San Nicolás la distribución por sexo está mayoritariamente constituida por varones; en el municipio aún existe un 23.82 % de personas analfabetas; los ingresos mensuales de las familias, es bajo con un promedio de C\$ 2,893; las casas que no tiene energía eléctrica es el 10.14 %. Los gastos mensuales por energía eléctrica, tienen un promedio de C\$ 89.54. La potencia demandada por hogar es 574 W y para el municipio es 1,148 kW.
2. Existe poco conocimiento sobre energías renovables en el municipio de San Nicolás.
3. La percepción que tienen los pobladores sobre energías renovables es positiva en cuanto al respeto al medio ambiente, beneficios sociales y al desarrollo económico que pueden aportar.
4. Se comprobaron correlaciones entre: nivel educativo y la comunidad; sexo y nivel educativo; nivel educativo y nivel de conocimiento sobre energía renovable; nivel educativo y la opinión sobre el impacto ambiental, social y económico de las energías renovables.
5. Existencia de condiciones favorables del recurso eólico en la zona de San Nicolás, comprobado por las evaluaciones eólicas realizadas durante 40 meses. Mediciones realizadas en San José de La Laguna y El Sesteo a 10 m de altura, presenta una media de 11.19 m/s.
6. Las mediciones realizadas durante los 40 meses permitieron conocer la distribución diurna de la velocidad del viento en el municipio de San Nicolás. Durante el día 13.8 m/s y por la noche hasta 11.3 m/s.
7. La dirección del viento prevaleciente es la proveniente del Este Noreste ENE (67.50 °). En segundo lugar, la dirección del viento NNW Norte Noroeste (337.50 °).
8. En la distribución de velocidad, predominan los vientos del Noreste NE (45 °) y Este Noreste ENE (67.50 °), con velocidades de viento que alcanzan entre los 13.94 m/s y 14.04 m/s y del Norte Noroeste con velocidades que alcanzan 11.9 m/s.
9. Se elaboró el perfil de altura, en el que se observa el incremento de la velocidad del viento con el aumento de la altura.
10. Se determinó el potencial eólico mediante la distribución de Weibull y el perfil de densidad de potencia disponible para diversas alturas.

11. Mediante correlación de Pearson, se comprobaron correlaciones entre: Altitud y velocidad del viento, temperatura y velocidad del viento, humedad relativa y velocidad del viento, presión y velocidad del viento, dirección y velocidad del viento, temperatura y densidad del aire y mediante el estadístico chi cuadrado de Pearson, correlación entre día/noche y velocidad del viento y entre estación (lluviosa-seca) y velocidad del viento.
12. Se demostraron relaciones de causalidad, mediante ANOVA unifactorial entre: sitio sobre temperatura, sitio sobre velocidad del viento, sitio sobre potencia disponible, dirección del viento sobre temperatura, dirección del viento, sobre la velocidad del viento, horario (diurno/nocturno) sobre la velocidad del viento, estación sobre velocidad del viento. Mediante ANOVA Bifactorial se demostró el efecto simultaneo de los factores sitio y velocidad del viento sobre potencia energética disponible y sitio * dirección del viento sobre potencia energética.
13. Mediante ANACORR se demuestra asociación fuerte positiva entre las variables velocidad del viento y potencia disponible.
14. Se determinó la potencia eólica útil y la producción de energía para diversos aerogeneradores AN BONUS 1nMW 45 m, ENERCON tipo E53 810 kW, VESTAS V52 850 kW y GAMESA G87 2000 kW.
15. Se diseñó la propuesta del parque eólico, mediante el software RETScreen, consistente en 10 turbinas eólicas, Siemens AN Bonus 1 MW 45 m, con sus costos iniciales, costo de operación y mantenimiento y los ingresos por exportación de electricidad de U\$ 5,010,720.00 anual.
16. Las emisiones se reducen en 93 %. Esta reducción de 21,442.5 tCO₂, equivale a las emisiones de 3,927.2 automóviles no utilizados o 49,866.2 barriles de petróleo no consumido.
17. La tasa interna de retorno TIR es de 24.2 %. El pago simple del retorno de capital se calculó a 7.2 años, el ahorro anual en ciclo de vida es de 1, 583,865 (\$/año). La relación beneficio-costo es de 2.6.
18. El proyecto eólico es viable ambientalmente, con alto impacto social y con alto impacto económico.
19. Se realizó propuesta de cooperativa de electricidad según la ley de cooperativismo.

10.2 Limitaciones del Estudio

1. Inicialmente se realizó pilotaje de aplicación de encuestas a pobladores de la comunidad San José de La Laguna, pero durante el pilotaje se observó demasiadas dificultades para entender las preguntas por la terminología técnica. Se ajustaron las preguntas utilizando vocabulario popular.
2. No se registraron las mediciones eólicas durante los años 2015 y 2016 por dos razones: pérdida de estación meteorológica en el área de San José de la Laguna y deterioro por humedad del circuito de sensores del anemómetro y del dispositivo data logger de la estación El Sesteo.
3. Limitación técnica de no colocar una tercera estación meteorológica en el sitio La Garnacha, debido a limitaciones económicas.
4. Se realizó solamente un grupo focal donde se incluyeron actores claves del municipio y ciudadanos, dada la situación socio política crítica del intento fallido de golpe de estado a partir del 18 de abril 2018.
5. Hubo limitación en la realización de ANOVA trifactorial debido a la inexistencia de computadora personal con suficiente memoria RAM, para gestionar los cálculos de 236,909 registros y todas las interacciones que requiere un ANOVA trifactorial, por lo que queda la duda sobre la validez del resultado trifactorial incluyendo todos los datos.

10.3 Relación de los resultados con las conclusiones de otras investigaciones

Las características socio económicas encontradas sobre el municipio de San Nicolás relacionadas a bajo nivel educativo 52.76 %, analfabetismo 23.83 %, bajos ingresos mensuales 2893, baja potencia demandada 574 W por hogar, muestran un municipio pobre, lo que coincide con estudio realizado por INIDE (2007), basado en el método necesidades básicas insatisfechas, que situó al municipio de San Nicolás en pobreza extrema severa con un 57.9 % de incidencia de la pobreza extrema.

Los ingresos mensuales de las familias, es bajo con un promedio de C\$ 2,893; las casas que no tiene energía eléctrica es del 10.14 %. Los gastos mensuales por energía eléctrica, tienen un promedio de C\$ 89.54. La potencia demandada por hogar es 574 W y para el municipio es 1,148 kW. 9, lo cual coincide con los factores fundamentales del concepto de pobreza energética introducido por Brenda Boardman (1991) y que se basa en bajos ingresos en el hogar e ineficiencia energéticamente. Esta concepción es aplicable especialmente a los países en vías de desarrollo donde se define la pobreza energética como la dificultad de acceso a niveles básicos de suministro energético con formas avanzadas de energía.

Existe poco conocimiento sobre energías renovables en el municipio de San Nicolás. El 72 % de los habitantes encuestados mencionan tener poco conocimiento sobre energías renovables, lo cual es congruente con el bajo nivel educativo del municipio y la falta de promoción de energías renovables en el municipio comprobado mediante la correlación de Kendall. Este aspecto se debe tomar en cuenta en el impacto de la tecnología como menciona Polcuch (2000) al respecto “Al considerar propuestas para la medición del impacto social de la ciencia y tecnología en América Latina, no debe dejarse de lado la necesidad de tener en cuenta las características particulares de las sociedades periféricas, en especial las dificultades de diversa índole de los actores sociales para apropiarse del conocimiento, ya sea transferido del exterior, o producido localmente” (2000). Este aspecto difiere de otros estudios realizados en América Latina como el de IRENA (2016), "Análisis del mercado de energías renovables: América Latina". IRENA, Abu Dab, pero coincide con otros estudios como “el conocer y el sector energético (2015)”.

La percepción que tienen los pobladores sobre energías renovables es positiva en cuanto al respeto al medio ambiente, a los beneficios sociales y al desarrollo económico que pueden aportar, lo que coincide con otros estudios como el realizado por Tudela Serrano, Ma. Luz; Molina Ruiz, José (2006), sobre “la percepción social de las energías renovables a través de una encuesta de opinión. Un caso práctico en localidades del noroeste murciano” realizado en el 2006, en el que la población entrevistada considera beneficiosa la implantación de energías alternativas, en particular de parques eólicos, en su municipio y con el estudio “Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales” (IICA, 2014).

La estrategia metodológica establecida por Pedroza (2018), permite examinar la evolución en la profundidad del conocimiento del fenómeno objeto de estudio. En el nivel relacional se comprueban las correlaciones entre los factores. Se comprobaron correlaciones: mediante la prueba de correlación de Spearman, se demostró que existe correlación significativa entre el nivel educativo y la comunidad donde se vive. Mediante el estadístico V de Cramer se demostró la existencia de asociación entre las variables sexo y nivel educativo, las mujeres tienen mayor nivel educativo que los varones. Mediante la prueba de correlación de Kendall se comprobó correlación entre nivel educativo y nivel de conocimiento sobre energía renovable, entre el nivel educativo y la opinión sobre el impacto ambiental, social y económico de las energías renovables.

El aprovechamiento del viento para generar energía eólica ha crecido exponencialmente en los últimos años, haciéndose presente en más de 90 países. Este crecimiento demanda la evaluación del recurso viento. La energía eólica instalada en el mundo creció un 9.6% en 2018, hasta situarse en 591.000 MW, según datos del Global Wind Energy Council (GWEC) (2018). Las evaluaciones eólicas en el municipio de San Nicolás, reflejan condiciones favorables del recurso eólico existente en la zona, provenientes de mediciones durante 40 meses, con resultados de una media de velocidad del viento de 11.19 m/s. Para un 45 % de los días, se alcanzan velocidades menores a la velocidad media de 11.18 m/s, y el 55 % de los días las velocidades medidas superan la velocidad media, lo cual coincide con el potencial eólico de la zona estimado en velocidades media de velocidad de viento superiores a 8 m/s, en áreas de desarrollo potencial de 15 km, reflejado en el mapa elaborado por el ministerio de energía y mina de Nicaragua.

En general, los gases se trasladan en la atmósfera desde las zonas de altas presiones a las de bajas presiones. En las zonas donde llega mayor radiación solar, la temperatura aumenta, y cuanto más caliente esté un conjunto de gases, más se expandirán y se elevarán hacia capas superiores de la atmósfera, lo que disminuye la presión y provoca el desplazamiento de otra masa de aire más fría que sustituye a la anterior. En cambio, de noche, la situación cambia: a falta de radiación solar, la superficie de la tierra se enfría más rápido que el aire que hay sobre ella. Como consecuencia, los gases en contacto con el suelo bajan de temperatura rápidamente, lo que produce una inversión térmica. Es decir, la diferencia de grados entre las capas superiores y las inferiores es tan grande que se crea una especie de barrera por lo que se frenan las posibles corrientes, lo cual se fundamenta en la **primera ley de la termodinámica** (Julius Mayer, 1842) en su forma adiabática que tiene que ver con las diferencias de temperatura y en el proceso de convección. Esto coincide con las mediciones realizadas durante los 40 meses que permitieron conocer la distribución diurna de la velocidad del viento en el municipio de San Nicolás. El viento sopla más fuerte durante el día hasta 13.8 m/s y baja por la noche hasta 11.3 m/s y coincide con la teoría cinética de los gases de acuerdo a la cual los factores que determinan la presión son la temperatura y la densidad.

Según el geólogo Obando Rivera (2009), Nicaragua se ve influenciada durante la mayor parte del año por los **vientos alisios** provenientes de anticiclones subtropicales de los Azores y Bermudas, bajo la acción del movimiento del aire desde **alta presión a baja presión, la fuerza de gradiente y la fuerza de Coriolis** (1836), lo que coincide con lo encontrado en el período de mediciones en San Nicolás en el que prevaleció la dirección del viento proveniente del Este Nordeste ENE (67.50 °).

En la variación de los vientos superficiales (hasta 100 m de altura), influyen las fuerzas de gradiente, de Coriolis, centrífuga y de rozamiento sobre todo esta última determinada por la rugosidad de superficie. Por la teoría de la capa mínima en flujo compresible (Prandtl, 1904), el viento debido al rozamiento varía con la altura, fenómeno llamado cizalladura por lo que la velocidad del viento tiende a incrementarse a medida que se asciende y es expresado mediante fórmulas matemáticas como los modelos exponencial y logarítmico del viento, lo que coincide con el perfil de altura elaborado, en el que se observa el incremento de la velocidad del viento

con el aumento de la altura a 10, 20, 30, 40 hasta 100 m, indicando además que para un aerogenerador a una altura de eje de 50 m y de diámetro 45 m, en la parte superior de la pala a 16.50 m/s y la parte inferior de la pala a 14 m/s considerado parámetro importante en el diseño de los aerogeneradores.

Mediante la ley de densidad de probabilidad de Weibull Se determinó el potencial eólico 1,210 kW, para un aerogenerador comercial de SIEMENS AN BONUS 1 MW 45 m, lo cual es similar con otros estudios como el de Hernández Escobedo, et al (2012), que realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el recurso eólico, para su posible utilización en la generación de energía eléctrica en el Estado de Veracruz, México. Se encontró que existen regiones en donde la velocidad promedio del viento es 5.45 m/s, valor que se ajusta para producir energía eléctrica de 14,432 kW, utilizando un aerogenerador marca ACCIONA modelo AW 70/1500 para evaluar el potencial.

La velocidad del viento se relaciona con factores climáticos como la altitud, temperatura, humedad, presión y dirección del viento ya que el viento se forma cuando el aire se dirige desde las zonas de alta presión hacia las zonas de baja presión, la presión se eleva cuando sube la temperatura con la densidad es constante. Evangelista Torricelli (1643), fue el primero en explicar científicamente que, los vientos son producidos por diferencias en la temperatura del aire, y por tanto de la densidad, entre dos regiones de la tierra, lo cual coincide con las demostraciones mediante correlación de Pearson, se comprobaron correlaciones de los datos recopilados en el periodo de medición entre: Altitud y velocidad del viento, temperatura y velocidad del viento, humedad relativa y velocidad del viento, presión y velocidad del viento, dirección y velocidad del viento, temperatura y densidad del aire y mediante el estadístico chi cuadrado de Pearson, correlación entre día/noche y velocidad del viento y entre estación lluviosa-seca y velocidad del viento.

El **gradiente térmico** se debe a que la fuente de calor en la atmósfera es la irradiación desde el suelo; por lo tanto, mientras más alejado de la fuente, más frío estará el aire. En las zonas montañosas que atraviesa el país de Noroeste a Sureste, y modifica el clima, las temperaturas disminuyen con un gradiente vertical de 0.6 ° C por cada 100 m. En algunos casos en ciertas

regiones de la atmósfera la temperatura aumenta con la altura en una inversión de temperatura, en una superficie de inversión cuando el aire desciende por enfriamiento aumenta la presión y la consecuente pérdida de temperatura, esto último coincide con la demostración de causalidad mediante ANOVA del efecto del sitio sobre temperatura, en el que se demostró que existen diferencias significativas en la temperatura, por causa de los diferentes sitios San José de la Laguna y El Sesteo.

El ANOVA efecto sitio sobre velocidad del viento, demostró que existen diferencias significativas en la velocidad del viento a 10 m de altura, por causa de los diferentes sitios. El sitio definido por la categoría El Sesteo, muestra en primer lugar, (**categoría A**) el efecto de una **mayor** velocidad del viento a 10 m, con media de 12.10 m/s. Así mismo, se muestran en segundo lugar, (**categoría B**) el efecto de una **menor** velocidad del viento a 10 m, con medias de 8.02 m/s para el sitio definido por la categoría San José de La Laguna lo cual coincide con el hecho de que, en la capa atmosférica superficial, la velocidad del viento tiende a incrementarse a medida que se asciende además de la influencia de vientos locales como vientos de valle y montaña generados por diferencia de presiones.

En base a la energía cinética por unidad de volumen y la cantidad de aire circulando a una velocidad que atraviesa una superficie perpendicular a la dirección del viento, el potencial eólico disponible aumenta con el cubo de la velocidad y como la velocidad del viento varía según el sitio por influencia de la zona montañosa central lo que coincide con lo comprobado mediante ANOVA del efecto del sitio sobre potencia disponible, mostrando al sitio El Sesteo con **mayor** potencia disponible a 10 m, con media de 2088.93 W/m², ante San José de La Laguna con una **menor** potencia disponible a 10 m, con medias de 901.88 W/m².

Los vientos alisios, que circulan entre los trópicos y el ecuador, recorren grandes distancias en sentido noreste - suroeste en el hemisferio norte, pero estos vientos cuando llegan cerca del ecuador ascienden forzosamente y al ascender por la fuerza centrífuga del movimiento de rotación terrestre, producen nubes de desarrollo vertical y lluvias intensas, con lo que su velocidad de traslación disminuye rápidamente.

Al enfriarse el aire ascendente y perder la humedad que traían con la condensación y posterior precipitación tenemos un aire frío y seco. Como el aire muy frío es más pesado, tenderá a bajar hacia la superficie formando una especie de plano inclinado que va desde el ecuador hasta los trópicos, siendo su dirección la opuesta a la de los alisios (célula de Hadley). Esta corriente de aire o viento en la zona superior y media de la troposfera va bajando y desviándose hacia la derecha hasta completar el ciclo de los alisios, lo cual coincide con lo demostrado mediante ANOVA, sobre el efecto dirección del viento sobre temperatura, existen diferencias significativas en la temperatura, por causa de los vientos proveniente del Nor Noroeste NNW, norte N. y Nor Oeste NW en relación con los vientos que soplan del Oeste Noroeste WNW, Sur Oeste SW y Sur Sureste SSE.

Mediante ANOVA se demostró el efecto de la dirección del Viento, sobre la potencia energética disponible, indicando la existencia de mayor potencia energética disponible por causa de las direcciones provenientes del Este Noreste ENE, Oeste W y Norte Noroeste NNW, que las provenientes del sur este SE, Sur S y Sur Sureste SSE; , lo cual coincide con el principio de conservación de la materia que formulara Lavoisier (1785), ya que el movimiento del aire en la troposfera, siempre tiene dos componentes: la horizontal, que es la más importante (cientos y hasta miles de km) y la vertical (10 km o más) que siempre compensa, con el ascenso o el descenso del aire, el movimiento horizontal del mismo y los alisios se ven compensados casi perfectamente por los vientos en altura que fueron denominados contralisios.

Existe mayor velocidad del viento, durante el día que, por la noche debido al calentamiento solar de la atmosfera durante el día, ya que el aire es diatérmico, este calentamiento es indirecto y se produce cuando entra en contacto con el calor de la superficie de océanos y continentes. Entonces el aire caliente se dilata y disminuye su densidad, por lo que se eleva hasta la parte alta de la troposfera por convección, lo cual coincide con lo demostrado mediante ANOVA del efecto del horario diurno/nocturno sobre la velocidad del viento; encontrándose que el horario definido por el día, presenta el efecto de una mayor velocidad del viento, con media de 13.32 m/s y el efecto de una menor velocidad del viento, con media 11.18 m/s para la velocidad de viento durante la noche.

Debido a la convergencia intertropical explicado por el modelo de circulación atmosférica (Carl-Gustaf Rossby, 1941), en la que se presentan vientos del este y noreste con mayor intensidad durante la estación seca de noviembre a abril que los vientos menos constantes del sur, sureste y suroeste durante la estación lluviosa; lo cual coincide a lo comprobado mediante ANOVA, sobre el efecto de la estación sobre velocidad del viento, indicando para la estación seca, el efecto de una mayor velocidad del viento, con media de 11.88 m/s, que durante la estación lluviosa con el efecto de una menor velocidad del viento, con media 10.68 (m/s).

La existencia de métodos estadísticos avanzados para comprobar los efectos de causalidad entre dos o más variables definidos por Sir Ronald Fisher citado por Pedroza (1993), asentó la inferencia estadística lo que coincide con resultados obtenidos mediante ANOVA bifactorial se demostró el efecto simultaneo de los factores sitio y velocidad del viento sobre potencia energética disponible y sitio y dirección del viento sobre potencia energética disponible, mediante ANACORR se demuestra una fuerte asociación positiva entre las variables velocidad del viento y potencia disponible; lo que coincide con la dependencia de la potencia eólica disponible del cubo de la velocidad del viento.

Se diseñó la propuesta del parque eólico, mediante el software RETScreen, consistente en 10 turbinas eólicas, Siemens AN Bonus 1 MW 45 m. Presenta costos iniciales de 30 millones de dólares. El costo de operación y mantenimiento es de U\$ 840,000, la tarifa de exportación se determinó en 0.11 U\$/kWh. La electricidad exportada a la red es 45,552 MWh anuales, con lo que se determinan ingresos por exportación de electricidad de U\$ 5,010,720.00 anual, lo que coincide con una propuesta rentable, lo que es similar con decenas de proyectos aprobados en Centro América donde existe una capacidad instalada de 293 MW según la organización Latinoamérica de energía OLADE (2012).

Las emisiones de CO₂ se reducen en 93 %. Esta reducción es 21,442.5 tCO₂, equivalente a las emisiones de 3,927 automóviles no utilizados o 49,866 barriles de petróleo crudo no consumido.

La rentabilidad de un proyecto se determina por una tasa de rendimiento interno superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión, por un VAN positivo y un indicador costo

beneficio mayor que la unidad; lo cual coincide con lo obtenido en el análisis financiero la tasa interna de retorno TIR antes del impuesto de la capital calculada con los flujos de caja y el tiempo de vida del proyecto es de 24.2 %. El pago simple del retorno de capital se calculó a 7.2 años indicando el tiempo que tarda en recuperar los costos iniciales invertidos en la instalación, a partir de los ingresos obtenidos y el retorno de capital 4.4 años, tiempo en recuperar la parte de la inversión financiada por accionistas. El valor presente neto VPN, obtenido es U\$ 14,458,380.00. Ahorros anuales en ciclo de vida (\$/año): cantidad de dinero ahorrada calculada a partir del VAN, la tasa de descuento y el tiempo de vida del proyecto es de 1,583,865. La relación beneficio-costos es 2.6 indicando que por cada dólar que se invierte se obtiene 1.6.

Mediante la metodología Simplificada de Vicente Conesa 2003, se determinó el impacto ambiental del proyecto. Se encontró que el 45 % de los impactos corresponden a impactos bajos, 54 % corresponde a impactos moderados y 1 % corresponde a impactos severos. **Por lo anterior se justifica que el proyecto es viable** ambientalmente ya que no existen impactos críticos y el porcentaje de impactos severos es muy bajo, lo que coincide con otros estudios similares realizados en Nicaragua para la explotación eólica como el realizado por Fiallos y asociados consultores (2011), para determinar los impactos ambientales que causaría el proyecto del parque eólico Eolonica Wind Power, llegando a la conclusión de que el impacto es mitigable, temporal y factible de restaurar el medio ambiente afectado por el proyecto.

Mediante el modelo sostenibilidad y empoderamiento S&E (Sustainability and Empowerment), se obtuvo evaluación del proyecto con alto impacto social por las mejoras en las condiciones de vida, en la formación de la educación, en la transferencia tecnológica, en la participación en asociaciones como la constitución de una cooperativa que permita abordar los espacios locales como territorios construidos colectivamente por una configuración de actores, cuyas estrategias se despliegan a diferentes escalas (Curien, 2005), que coincide con la experiencia similar de un estudio realizado por Jacinto, Clementi, Carrizo y Nogar (2014), presentando a las cooperativas de distribución de electricidad de la provincia de Buenos Aires, como eslabones centrales del proceso de distribución a escala local y regional.

10.4 Aplicaciones e implicaciones de los resultados obtenidos

Los hallazgos sobre las características socio económicas demográficas implican que se debe hacer incidencia en mejorar las condiciones educativas para erradicar el analfabetismo e incidir en elevar el nivel educativo de la comunidad.

En el aspecto de conocimiento sobre la energía renovable implica promover las energías renovables desde la relación universidad, estado y sociedad.

El aspecto de percepción sobre la aceptación del proyecto eólico en San Nicolás implica que se puede considerar la participación de la comunidad en alianza local, regional, nacional e internacional para impulsar dicho proyecto.

El hecho real de la existencia del recurso viento evaluado por un periodo largo implica que se debe aprovechar mediante diversas tecnologías.

El diseño del parque eólico con sus evaluaciones técnicas, ambientales, sociales, y económicas positivas, implica que se debe organizar la comunidad en la cooperativa y establecer alianza local, regional, nacional e internacional, para la búsqueda de financiamiento, gestión de permisos requeridos y coordinación de la ejecución del proyecto.

Los hallazgos encontrados mediante el sistema de análisis estadístico ANOVA unifactorial y bifactorial, inducen a su aplicación en la metodología para el estudio e investigaciones similares relacionadas a correlaciones y causalidad de factores relacionados al aprovechamiento eólico.

La protección del medio ambiente en el entorno del proyecto implica la elaboración de un plan de gestión ambiental para mitigar y restaurar el medio ambiente que afecte el proyecto.

11. Conclusiones

1. Las características socio económicas y demográficas del municipio de San Nicolás y aspectos relacionados al conocimiento y percepción sobre las energías renovables, con datos relevantes y comprobación de asociaciones y relaciones cualitativas entre indicadores ambientales, sociales y económicos. Las características relevantes socio económicas y demográficas del municipio de San Nicolás son:

En el municipio de San Nicolás se identificaron 31 comunidades, con una distribución por sexo mayoritariamente constituida por varones 53 % en relación a las mujeres 47 %; el municipio tiene un bajo nivel educativo con 52.76 % de nivel primario y la existencia de un 23.82 % de personas que no saben leer, ni escribir. Municipio pobre con bajos ingresos mensuales C\$ 2,893, baja potencia demandada 574 W por hogar, sin acceso a energía eléctrica 10.14 %. Poco conocimiento sobre energías renovables. Percepción positiva sobre energías renovables.

2. El análisis de 236,909 registros de datos mediante correlaciones de Pearson permitió comprobar correlaciones significativas de factores ambientales como altitud y velocidad del viento, temperatura y velocidad del viento, humedad relativa y velocidad del viento, presión y velocidad del viento, dirección y velocidad del viento, temperatura y densidad del aire.

3. Mediante ANOVA unifactoriales se estableció relación significativa de causalidad de las variables: **Sitio sobre temperatura**, indicando que San José de la Laguna, muestra **mayor** temperatura con media de 20.39 ° C, que El Sesteo con medias de 19.31 ° C. **Sitio sobre velocidad del viento** indicando que El Sesteo, muestra el efecto de una **mayor** velocidad del viento, con media de 12.10 m/s que San José de La Laguna con el efecto de una **menor** velocidad del viento, con medias de 8.02 m/s. **Sitio sobre potencia disponible** indicando que El Sesteo, muestra el efecto de una **mayor** potencia disponible con media de 2,088.93 W/m² que San José de La Laguna con el efecto de una **menor** potencia disponible, con medias de 901.88 W/m².

Los ANOVA demostraron los efectos de causalidad: **Dirección del viento sobre temperatura** indicando que la dirección del viento Nor Noroeste NNW, muestra el efecto de una **mayor** temperatura, con media de 21.35 ° C. **Dirección del viento sobre la potencia disponible**

indicando que la dirección del viento definida por la categoría de Este Noreste ENE, muestra en primer lugar el efecto de una mayor potencia disponible a 10 m de altura, con media de 2,376.23 W/m². **Horario diurno/nocturno sobre la velocidad del viento** indicando que, durante el día, se presenta el efecto de una mayor velocidad del viento, con media de 11.32 m/s, que durante la noche con media 11.18 m/s. **Estación (seca–lluviosa) sobre velocidad del viento**, indicando que hay mayor velocidad del viento durante la estación seca que durante la estación lluviosa.

Mediante ANOVA bifactoriales se estableció relación significativa de causalidad de las variables: **Sitio y velocidad del viento sobre potencia energética disponible** demostrando que *existe un efecto de la interacción de ambos factores* (sitio y velocidad del viento) simultáneamente sobre potencia energética disponible. **Sitio y rumbo del Viento sobre potencia energética disponible** demostrando que existe un efecto de la interacción de ambos factores (sitio y rumbo) simultáneamente sobre potencia energética disponible. Mediante **ANACORR** se demuestra una asociación *significativa* y positiva entre las variables velocidad del viento y potencia disponible. La demostración de estas causalidades permitió determinar el sitio **El Sesteo** como el más apropiado para el emplazamiento de los aerogeneradores y su orientación hacia el **Este Noreste ENE**.

4. El diseño de la propuesta se hizo mediante el software RETScreen, utilizando para los cálculos, el aerogenerador de SIEMENS AN Bonus 1 MW 45 m. Para alcanzar 10 MW, se utilizan 10 turbinas de este tipo. El factor de planta es de 52 %. Presenta costos iniciales de 3,000 U\$/kW, lo que genera un costo inicial de 30 millones de dólares. El costo de operación y mantenimiento es de 84 U\$/kW-año, calculándose U\$ 840,000, la tarifa de exportación se determinó en 0.11 U\$/kWh. La electricidad exportada a la red es 45,552 MWh/año, con lo que se determinan ingresos por exportación de electricidad de U\$ 5, 010,720.00. Las emisiones de CO₂ se reducen en 93 %. Esta reducción es de 21,442.5 tCO₂, equivalente a 3,927.2 automóviles no utilizados o 49,866.2 barriles de petróleo crudo no consumido. Se ha obtenido una propuesta mediante energía renovable, rentable y no contaminante.

5. El proyecto eólico propuesto para San Nicolás, es viable ambientalmente, con alto impacto social y con alto impacto económico. El impacto en el medio ambiente es mitigable, temporal y

factible de restaurar. El 45% de los impactos corresponden a impactos bajos, 54 % corresponde a impactos moderados y 1 % corresponde a impactos severos. Mediante el modelo sostenibilidad y empoderamiento S&E (Sustainability and Empowerment), se evaluó el proyecto con alto impacto social por las mejoras en las condiciones de vida, en la formación de la educación, en la transferencia tecnológica, en la participación en asociaciones como la constitución de una cooperativa. El proyecto presenta alto impacto económico, por las mejoras en el desarrollo económico local y en la sostenibilidad económica. En el aspecto de generación de empleo de manera directa se generará aproximadamente 100 empleos en la etapa de construcción y 10 en la etapa de operación. En cuanto a rentabilidad financiera: La tasa interna de retorno TIR es de 24.2 %. El pago simple del retorno de capital se calculó a 7.2 años indicando el tiempo que tarda en recuperar los costos iniciales invertidos en la instalación, a partir de los ingresos. El valor presente neto VPN, obtenido es U\$ 14, 458,380 y la relación beneficio-costos es de 2.6.

12. Recomendaciones

1. Realizar un plan en conjunto con entidades públicas como el MINED, alcaldía y universidad para promover las energías renovables entre la población, niños, jóvenes y adultos, del municipio de San Nicolás.
2. Organizar a los actores principales de la comunidad en la cooperativa de electricidad y establecer alianzas a todos los niveles, local, nacional e internacional para la búsqueda de financiamiento, gestión de los permisos requeridos y coordinación del proyecto.
3. Establecer las pautas de funcionamiento de la cooperativa de electricidad en todo el territorio y para todos sus habitantes, en una lógica de equidad espacial y social, tendiente a mejorar las condiciones de vida desde la generación eólica.
4. Realizar investigaciones a través de los estudiantes de energías renovables para analizar otras formas de aprovechamientos del viento, mediante tecnología renovable que propicie la transferencia de conocimientos y tecnologías para el desarrollo local.
5. Realizar plan de gestión ambiental para mitigar y restaurar el medio ambiente que afecte el proyecto, con la propuesta de medidas de mitigación para cada etapa de desarrollo del proyecto y los respectivos aspectos de monitoreo, supervisión y contingencia.

13. Bibliografía

- ACI, I. A. (2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)*. Michigan: Producido por el Comité ACI 318. Recuperado el 27 de Noviembre de 2018, de https://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_318-05_Espanhol.pdf
- AEI, IRENA, Banco Mundial, OMS. (2018). *Monitoreando el ODS 7: Progreso Energético Global 2018*. Washington: The World Bank. Recuperado el 2019, de www.worldbank.org
- Alvarado, L., & García, M. (2008). Características más relevante del paradigma socio-crítico: su aplicación en investigaciones de educación ambiental y de enseñanza de las ciencias realizadas en el doctorado de educación del instituto pedagógico de Caracas. *Sapiens, revista universitaria de investigación*, 188-202. Recuperado el 20 de septiembre de 2017, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3070760.pdf>
- Álvarez C., William F., Martínez T., L., & Alvarado F., A. (2013). *Aplicación de la ecuación de Weibull para determinar potencial eólico en Tunja-Colombia*. Simposio, Universidad Santo Tomas - Colombia, Universidad Libre de Colombia, Tacna –Perú. Recuperado el 26 de marzo de 2018, de http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2013/12/Alvarez-Casta%20B1eda-William-_Aplicacion-Ecuacion-de-Weibull.pdf
- Andressen L, R., & La Rosa, C. (2012). Energía eólica. Evaluación meteorológica de su aprovechamiento en Venezuela. *Terra Nueva Etapa [en línea]*(XXVIII (Enero-Junio)). Recuperado el 9 de febrero de 2017, de <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=72125050004>
- Andrew, L. (2009). *Estudios hidrogeológicos. Proyecto de Agua Potable, Los Limones, San Nicolás, Estelí*. Nuevas Esperanzas UK, San Nicolás. Recuperado el 20 de Febrero de 2018, de <https://nuevasesperanzas.org/documents/Estudios-Hidrogeologicos-Informe-Final.pdf>
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2011). Digesto jurídico del sector energético. *Gaceta diario oficial*. N° 212.
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (19 de junio de 2017). Ley de reformas y adiciones a la ley No 272, ley de la industria eléctrica. *La Gaceta*.
- Asociación danesa de la industria eólica. (1 de Agosto de 2003). *Danish wind industry association*. Recuperado el 6 de marzo de 2017, de <http://www.windpower.org/es/tour/wres/variab.htm>

- ASTM internacional. (1961). *Normas técnicas ASTM*. West Conshohocken, : ASTM International. Recuperado el 28 de noviembre de 2018, de www.astm.org
- Bayón Gómez, R., Cebadera Miranda, L., & Del Castillo Gómez, R. (2008). *Diseño de un parque eólico de 6 MW*. La Coruña: Escuela de Negocios.
- BCN. (2017). *Banco Central de Nicaragua. Estado de la economía y perspectivas 2017*. Económico, BCN, Managua. Recuperado el 28 de Mayo de 2017, de https://www.bcn.gob.ni/publicaciones/periodicidad/eventual/economia/Estado_Economia_2017.pdf
- Boardman, B. (1991). *Fuel poverty : from cold homes to affordable warmth*. London ; New York: Belhaven Press.
- Brenes, O., Jiménez Elizondo, A., Solís Rivera, V., & Vilnitzky Strusberg, L. (1999). *Lista de fauna de importancia para la conservación en Centroamérica y México, listas rojas, listas oficiales y especies en Apéndices CITES*. San José: IUCN Publication. Recuperado el 21 de noviembre de 2018, de <http://www.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/RL-72-001.pdf>
- Brundtland, G., Khalid, M., Agnelli, S., & Al-Athel, S. (1987). *Informe Comisión Brundtland sobre Medio Ambiente Desarrollo*. Naciones Unidas, Asamblea General. Nairobi: ONU. Recuperado el 12 de julio de 2007, de http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- Brunet , I., & Baltar, F. (Octubre de 2010). Desarrollo endógeno, calidad institucional e innovación. Una revisión de la teoría y de algunos de sus límites. *Reforma y Democracia*. No. 48(48). Recuperado el 4 de marzo de 2017, de <http://old.clad.org/portal/publicaciones-del-clad/revista-clad-reforma-democracia/articulos/048-octubre-2010/brunet-baltar>
- Bunge, M. (Mayo de 1968). Filosofía de la investigación científica en los países en desarrollo. *Acta científica venezolana*, 19.
- Campoy Aranda, T. J., & Gomes Araújo, E. (2009). Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos. En *Manual básico para la realización de tesis, tesis y trabajos de investigación* (págs. 275-300). Editorial EOS.
- Canadell Prat, A. (2007). Criterios para la introducción de la sostenibilidad en los procesos educativos. *Educación y Sostenibilidad*. Primavera 2007(1), 48. Recuperado el 1 de marzo de 2017, de <http://www.rce-barcelona.net/>

- Canales, F. H., Alvarado, E. L., & Pineda, E. B. (1994). *Metodología de la investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud*. Washington, D.C.: Organización Panamericana para la Salud.
- Casanoves, F. (2007). Curso Internacional de Técnicas de Análisis Multivariado. *Técnicas de análisis multivariado*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Castro, L. (5 de mayo de 2012). *Eje de investigación*. Obtenido de <http://ejedeinvestigacion.blogspot.com/2012/05/paradigmas-en-investigacion.html>
- Cendra Garreta, J., & Stahel, A. (2006). Hacia una construcción social del desarrollo sostenible basada en la definición de sus dimensiones y principios, articulados a partir de la ecuación IPAT. Aproximación a sus implicaciones y debates. *Revista internacional de sostenibilidad tecnología y humanismo*(1), 32. Recuperado el 28 de enero de 2017, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2551/01Cendra.pdf>
- Cendra Garreta, J., Cruz, I., & Stahel, A. (2007). *Introducción al desarrollo sostenible*. Catalonia: Catedra UNESCO de sostenibilidad.
- CEPAL. (2018). *Estadísticas del subsector eléctrico de los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), 2017*. CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Unidad de Energía y Recursos Naturales. Ciudad de México: Naciones Unidas. Recuperado el 15 de abril de 2018, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44358/1/S1801216_es.pdf
- Coldeira Medrano, V. A. (2017). *Estudio de Viabilidad Técnico-Económico de Instalación de Parque Eólico localizado en Arauco, Región del Biobío*. Tesis de Pregrado, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA, INGENIERÍA MECÁNICA, Santiago. Recuperado el 5 de Noviembre de 2017, de <https://repositorio.usm.cl/>
- Conesa Fernández, V. (1993). *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental*. MUNDI-PRENSA.
- Delgadillo, M. (2010). *El bono demográfico y sus efectos sobre el desarrollo económico y social de Nicaragua* (Primera ed.). Managua: UNFPA, CEPAL –CELADE. Recuperado el 14 de julio de 2017, de https://nicaragua.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/bonodemografico-03_0.pdf
- Delors, J. (1997). *La educación encierra un tesoro*. Paris: Santillana. Ediciones UNESCO. Recuperado el 12 de Febrero de 2017

- Diamond, J. (1986). *Laboratory experiments, field experiments, and natural experiments*. (R. J. Quintanilla, Trad.) New York: Community Ecology. Harper and Row.
- DL2G Consultoría de Formación. (junio de 2013). *Campus energia*. Obtenido de Factores Influyentes en la Selección del Emplazamiento de un Parque Eólico.: <http://campusenergia.com/blog/item/427-factores-influyentes-en-la-selecci%C3%B3n-del-emplazamiento-de-un-parque-e%C3%B3lico>
- Ehrlich, P., & Holdren, J. (26 de Marzo de 1971). Impact of population growth. *Science*, 171, 1212-1217. Recuperado el 13 de julio de 2017, de <https://faculty.washington.edu/stevehar/Ehrlich.pdf>
- ENATREL. (23 de Noviembre de 2016). *Octubre Victorioso: 90 % de Nicaragua con energía eléctrica de calidad*. Recuperado el 25 de febrero de 2017, de ENATREL. Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica: <http://www.enatrel.gob.ni>
- Energía, I. N. (2016). *Informe de Gestión del Instituto Nicaragüense de Energía Ante la Honorable Asamblea Nacional de Nicaragua Período 01 de Enero al 31 de Diciembre 2015*. Managua.
- Enriquez García , L. A. (2015). *Emplazamientos eólicos en la provincia de Chimborazo aplicando modelos matemáticos*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Ingeniería Eléctrica, electrónica y control, España. Recuperado el 11 de Febrero de 2017, de <http://e-spacio.uned.es/fez/view/tesisuned:IngInd-Laenriquez>
- Espinosa Arenal, F., Saldaña Flores, R., & Rivera Blanco, C. (2011). *Evaluación del potencial eólico para la generación de energía eléctrica en el estado de Veracruz*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Esquivelzeta Rabell, F. M. (2010). *Análisis endorreversible de la disponibilidad de energía eólica*. Mexico DF: CIE UNAM.
- Fernández Díez, P. (2000). *Energía Eólica*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Fernández Durán, R., & González Reyes, L. (2014). *En la espiral de la energía. Historia de la humanidad desde el papel de la energía (pero no solo)* (Vol. 1). Madrid: Libros en acción. Recuperado el 22 de Febrero de 2017
- Ferrán Arranaz, M. (1996). *SPSS para windows. Programación y Análisis Estadístico* (2001 ed.). Mexico D.F: McGraw-Hill.
- Fiallos y asociados consultores. (2011). *Estudio de impacto ambiental Eolica Win Power*. Evaluación ambiental, Rivas. Recuperado el 16 de Febrero de 2017, de

https://www.miga.org/sites/default/files/archive/Documents/EoloWind_EIA_WindProject_Spanish.pdf

- García Aristegui, D., & Tejado Montero, L. (2012). Contracultura y ciberactivismo. Derrumbando los mitos del fetichismo digital (2/2). *Nodo 50*.
- García, A. F. (2016). *Función de distribución de Rayleigh*. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de Recurso Eólico:
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/viento/datos/estadistica_1.html
- García, E. (2004). *Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen*. México, México: Instituto de Geografía-UNAM . Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf
- GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL GWEC . (2018). *GWEC-Global-Wind-Report-2018*. Bruselas. Recuperado el enero de 2019, de <https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/04/GWEC-Global-Wind-Report-2018.pdf>
- GRUN, G. d. (2012). *Plan nacional de desarrollo humano 2012-2016*. Managua.
- Guevara Díaz, J. M. (Julio-Diciembre de 2013). Cuantificación del perfil del viento hasta 100 m de altura desde la superficie y su incidencia en la climatología eólica. *Terra Nueva Etapa* , XXIX(46), 81-101. Recuperado el 20 de abril de 2018, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72130181006>
- Hernández Escobedo, Q., Espinoza Arenal, F., Saldaña Flores, R., & Rivera Blanco, C. (2012). Evaluación del potencial eólico para la generación de energía eléctrica en el estado de Veracruz, México. *DYNA*, 79(171), 215-221. Recuperado el 15 de enero de 2017, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/29599/39118>
- Hernández Escobedo, Q., Espinoza Arenal, F., Saldaña Flores, R., & Rivera Blanco, C. (2012). Evaluación del potencial eólico para la generación de energía eléctrica en el estado de Veracruz, México. *Dyna*(171).
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edición ed.). México DF: Mc Graw Hill.
- Hernández, M. J. (2015). *Estudio de viabilidad y diseño de un parque eólico*. Cartagena: UPCT.
- Huffman Schwocho, Dennis Paul. (2005). *Filosofía y desarrollo de la ciencia I: Encarar la ciencia filosóficamente* (I ed.). San José: Programa Internacional: Doctorado en Ciencias Naturales para el desarrollo. Recuperado el 2 de marzo de 2017, de <https://es.scribd.com/document/257069354/Filosofia-y-Desarrollo-de-La-Ciencia-I>

- IBM Corp. (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY.
- IEA, A. I. (2017). *Perspectivas energéticas mundiales 2017*. IEA. Paris: OECD/IEA, 2017.
Recuperado el 5 de marzo de 2018, de
<https://webstore.iea.org/download/summary/190?filename=spanish-weo-2018-es.pdf>
- IICA. (2014). *Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, C.R: Font Ct.
Recuperado el 7 de enero de 2019, de <http://www.iica.int>
- INE. (4 de abril de 2016). *Instituto Nicaraguense de Energía*. Recuperado el 26 de febrero de 2017, de <http://www.ine.gob.ni/ajustetarifario.html>
- INE. (Diciembre de 2018). *Estadísticas 2018 Instituto Nicaraguense de Energía*. Recuperado el 30 de marzo de 2019, de <https://www.ine.gob.ni/index.php/electricidad/estadisticas-anauales/estadisticas-2018/>
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo INIDE. (2008). *San Nicolás en cifras*. INIDE, Managua.
- IRENA, Abu Dabi. (2016). *Análisis del Mercado de Energías Renovables: América Latina*. Emiratos Árabes Unidos: © IRENA 2016. Recuperado el 6 de enero de 2019, de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Market_Analysis_Latin_America_summary_ES_2016.pdf?la=en&hash=91515195FAA6AAF26969178D5D811456B7C3814D
- Jabareen, Y. (2008). A new conceptual framework for sustainable development. *Environment, Development and Sustainability*, 10(2), 179. doi:10.1007/s10668-006-9058-z
- Jacinto, G. P. (2014). Vientos para el cambio. Territorios, energía eólica y cooperativas de electricidad en el sur bonaerense. *Revista Transporte y Territorio [en línea]*(11), 70-85. Recuperado el 13 de mayo de 2017, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333032406005>
- Jiménez Herrero, L. M. (2000). *Desarrollo Sostenible*. Madrid: Pirámide.
- José Leite Lopes. (Marzo/abril de 1969). Ciencia, Universidad e Realidade Nacional. *Cadernos Brasileiros*(52).
- Lettau, H. (abril de 1969). Note on aerodynamic roughness-parameter estimation on the basis of roughness element description. *Journal of Applied Meteorology. Journal of applied meteorology*, 8, 828-832. Recuperado el 12 de agosto de 2017, de [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1969\)008<0828:NOARPE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1969)008<0828:NOARPE>2.0.CO;2)

- Marrero Santana, M. (2011). *Parámetros de rugosidad representativos de terrenos naturales. Tesis para título de Master en Geofísica y Meteorología. Departamento de Física Aplicada en la Universidad de Universidad de Granad.* Granada, España.
- Max-Neef, M. A. (1998). *Desarrollo a escala humana.* Barcelona: ICARIA editorial S.A. Obtenido de http://www.max-neef.cl/descargas/Max_Neef-Desarrollo_a_escala_humana.pdf
- Meadows, D., Donella, M., Randers, J., & Behrens III, W. (1972). *Los límites del crecimiento* (4 ed.). Estocolmo: Fondo de Cultura Económica, 1972. Recuperado el 12 de julio de 2017
- Méndez, R. (2002). Innovación y desarrollo territorial: algunos debates teóricos recientes. *SciELO.EURE*, 28, 63-83. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612002008
- Minister of Natural Resources Canada 1997 - 2017. (s.f.). RETScreen Expert. Software de gestión de energía limpia. Quebec. Obtenido de <http://www.retscreen.net/>
- Ministerio de Energía y Minas MEM. (2013). *Mercado eléctrico de Nicaragua.* Managua.
- Ministerio de transporte e infraestructura. (2000). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC-2000).* Managua. Recuperado el 28 de Noviembre de 2018, de <https://es.slideshare.net/ALDERZEAS/55227577-nic2000versionfinal>
- Moreno Figueredo, C. (2012). *Cuba Solar.* Obtenido de <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/Energia61/HTML/articulo03.htm>
- Mur Amada, J. (2010). *Curso de energía eólica. Máster europeo en energías renovables y eficiencia energética.* Zaragoza: Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Zaragoza. Universidad de Zaragoza,. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de www.windygrid.org/manualE
- Murray Mas, I. (2012). *Geografies del capitalisme balear: poder, metabolisme socioeconòmic i petjada ecològica d'una superpotència turística.* PhD tesis, Universitat de les Illes Balears, Departament de Ciències, Palma de Mallorca. Recuperado el 2017, de https://www.researchgate.net/publication/268630542_Geografies_del_capitalisme_balear_poder_metabolisme_socioeconomic_i_petjada_ecologica_d'una_superpotencia_turistica
- Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Cumbre de la tierra.* Declaración, Naciones Unidas, División de desarrollo sostenible,

Río de Janeiro. Recuperado el 13 de julio de 2017, de
<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

Narbona Acevedo, J. Á. (2014). *Mejoras en la implantación de instalaciones eólicas de tierra firme*. PROYECTO FIN DE CARRERA, Universidad de Sevilla, INGENIERÍA ELÉCTRICA, Sevilla. Recuperado el 10 de marzo de 2017

Obando Rivera , T. (18 de Diciembre de 2009). *Blog en Monografias.com*. Recuperado el 26 de marzo de 2019, de <http://blogs.monografias.com/geologia-peligros-naturales-geotecnologia/2009/12/18/clima-de-nicaragua/>

OLADE. (2012). *Desarrollo y situación actual del sector eólico en América Central*. OLADE, Oficina Subregional de OLADE en América Central, Quito. Recuperado el 26 de marzo de 2018, de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0276.pdf>

OLADE. (2018). *Panorama Energético de América Latina y el Caribe 2018* (Primera Edición ed.). Quito, Ecuador. Recuperado el 2 de marzo de 2019, de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0416b.pdf>

Pascual, J. P. (17 de Noviembre de 2016). *Las tres crisis*. Obtenido de <https://lastrescrisis.blogspot.com.es/2015/09/situacion-energetica-global-2014.html>

Pedroza Henry , & Dicovski , L. (2006). *Sistema de análisis estadístico con SPSS*. Managua: IICA/INTA.

Pedroza Pacheco, M. E. (2010). *Un Nuevo Modelo de Innovación Tecnológica para el Agro Nicaragüense*. Managua, Nicaragua: Editarte. Obtenido de http://funica.org.ni/index/boletin/BOLETIN%20NUEVO/PDF/doc%20online/PEDROZA_NvoModeloInnovTecnAgroNic_2010.pdf

Pedroza, M. E. (1993). *Fundamentos de Experimentación Agrícola. Centro de Estudio de Ecodesarrollo para el Trópico* (Primera ed.). Managua: Editora de Arte, S. A. (EDITARTE).

Pedroza, M. E. (18 de Noviembre de 2018). Criterios para seleccionar las técnicas de procesamiento de datos. *Modulo 3. Análisis bioestadístico*. Managua, Nicaragua. Obtenido de <http://msceducav.unan.edu.ni>

Pérez Saborid , M., & González , M. (2015). *Compresibilidad y turbulencia de la capa límite*. Sevilla, España. Recuperado el 4 de noviembre de 2017, de bibing.us.es

Piura López, J. (2006). *Metodología de la Investigación Científica. : un enfoque integrador*. Managua. Recuperado el 2017

- Poder ejecutivo MARENA. (2006). Sistema de evaluación ambiental. Decreto No. 76-2006. *Gaceta diario oficial*.
- Polcuch, E. F. (2000). *La medición del impacto social de la ciencia y tecnología*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes .
- Posso, F. (mayo de 2000). Energía y ambiente: Pasado, presente y futuro Parte uno: Sistema Energético Basado en Fuentes Fósiles. *Geoenseñanza*, 5(2), 197-228. Recuperado el 12 de julio de 2017, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36050204>
- Rodríguez, D. M. (2010). *Evaluación del potencial eólico máximo instalable en la isla de Gran Canaria*. Instituto Tecnológico de Canarias, Departamento de Energías Renovables. Canarias: Gobierno de Canarias. Obtenido de <https://docplayer.es/5821070-Dunia-mentado-rodriguez-departamento-de-energias-renovables-division-de-investigacion-y-desarrollo-tecnologico-instituto-tecnologico-de-canarias.html>
- Rosero, A. (septiembre de 2009). La crisis de la civilización del capital. *Herramienta*. Recuperado el 12 de julio de 2017, de <https://www.herramienta.com.ar/articulo.php?id=1234>
- Ruíz Báez, A. Y., López Fúnez, D. E., Barberena Chavarría, L. N., & Sevilla López, P. A. (2012). *Guía metodológica para desarrollar proyectos energéticos con fuentes renovables en la República de Nicaragua*. Managua.
- Sábato, J., & Botana, N. (1968). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América latina. *Revista de la integración*.
- Sández, C. d. (2013). *Modelo para el diseño y evaluación del impacto en el desarrollo humano en proyectos de energías renovables y eficiencia energética*. trabajo de fin de master, Universidad Politécnica Madrid, Madrid. Recuperado el 12 de Diciembre de 2018, de http://oa.upm.es/21654/1/TESIS_MASTER_CANDELA_DE_LA_SOTA_SANDEZ.pdf
- Segalás Coral, J. (2008). Recursos Eólicos. En C. U. Catalunya, *Evaluación de recursos energéticos renovables . Módulo 3*. Catalunya: Catedra UNESCO.
- Smith, A. (1776). *La riqueza de las naciones* (Primera ed.). (C. Rodríguez Braun, Trad.) Londres: Titivillus. Recuperado el 3 de Febrero de 2017
- Sousa Santos, B. (2010). *Descolonizar el saber, reinventar el poder*. Montevideo: Trilce.
- Sullow, A., Velásquez, J., & Ponce, A. (2008). *Identificación de los principales hitos y elementos en el proceso de formulación de la política pública local de gestión integrada de riesgos en el municipio de San Nicolás departamento de Estelí*. Tesis

maestría, Universidad Nacional de ingeniería, Programa de estudio de Postgrado, Estelí. Recuperado el 2 de octubre de 2017, de <http://ribuni.uni.edu.ni/386/1/24509.pdf>

Sunkel, O. (1969). *La Universidad Latinoamericana ante el avance científico y técnico; algunas reflexiones*. Santiago de Chile.

Tudela Serrano, M. L., & Molina Ruiz, J. (2006). La percepción social de las energías renovables a través de una encuesta de opinión. un caso práctico en localidades del noroeste murciano. *Papeles de Geografía*(44), pp. 141-152. Recuperado el 14 de ABRIL de 2017, de <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=40704408>

UNESCO. (1999). Declaración sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico y el Programa en pro de la Ciencia: Marco General de Acción. *30 C/15 Add*, (pág. 46). Paris. Recuperado el 15 de julio de 2017, de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000116994_spa

Van der Hoven, I. (1957). Power spectrum of horizontal wind speed in the frequency range from 0.0007 to 900 cycles per hour. *Journal of meteorology*, 160-164.

Weibull, W. (Septiembre de 1951). A statistical distribution function of wide applicability. *ASME Journal of Applied Mechanics*, 293-297. Recuperado el 10 de septiembre de 2017, de <https://pdfs.semanticscholar.org/88c3/7770028e7ed61180a34d6a837a9a4db3b264.pdf>

World Wind Energy Association. (2012). *100 Countries are using wind energy today - Iceland as 100th Wind Power Country*. WWEA Report. Oxford: association's World Wind Energy Report 2012.

14. Anexos

Anexos 1. Instrumentos

Instrumento 1.1. Encuesta

Objetivo:

Estimados pobladores de San Nicolás, el presente instrumento tiene el propósito de recolectar información relacionada los objetivos de investigación: Describir las características socio demográficas del municipio de San Nicolás, para conocer las necesidades energéticas de la población en este territorio y determinar el impacto ambiental, económico y social del sistema eólico para proveer energía eléctrica en función del desarrollo humano sostenible en la región de las Segovias. Agradezco su colaboración.

No. de encuesta: _____ **Fecha:** ____ / ____ / ____ **Nombre de encuestador:** _____

I. DATOS GENERALES.

Marque con una “X”, **SOLO UNA DE LAS OPCIONES.**

(dg1). Nombres y Apellidos Jefe de hogar _____ (variable nominal)

(dg2). Edad ____ (años) (variable discreta); (dg3). Sexo: 1) F ____; 2) M ____ (variable nominal codificada)

(dg3). Comunidad donde nació Ud.: Esta comunidad ____ Otra comunidad ____ Extranjero: ____

(dg4). Comunidad/barrio donde vive: _____(variable nominal)

(dg5). Ocupa algún cargo dentro de su comunidad: Si ____ No ____

(dg6). Altitud del lugar donde Ud. vive, en m.s.n.m.: _____(variable continua para recodificar).

(dg7). Coordenadas geográficas: latitud _____ (variable continua para recodificar)

(dg8) longitud: _____ (variable continua para recodificar)

(dg9). Nivel educativo (variable nominal codificada):

1) Sin estudios __; 2) Primaria __; 3) Secundaria __; 4) Técnico __, 5) Universidad __; (variable nominal codificada)

(dg10). Ocupación Principal 1) campo ____ 2 Casa ____ 3 Tienda ____ 4 Servicio turístico _____ 5 Oficina ____ Otro ____ (variable nominal codificada)

(dg11). Ingresos mensuales: _____ (variable continua para recodificar).

(dg12). Qué tipo de energía eléctrica posee en su casa:

1) No tiene __; 2) Convencional __; 3) Renovable __; 4) Combinada __, (variable nominal codificada)

(dg13). Si no tiene electricidad que tipo de combustible usa:

Querosene ____ gasolina ____ diésel ____ ocote _____ velas ____ baterías (pilas) ____
(dg14). Cantidad de combustible por mes ____ litros

(dg14). Porcentaje de ingresos de los hogares dedicados a combustible electricidad ____

(dg15). Pago por mes de energía eléctrica [C\$]: (variable continua para recodificar)

II. INFORMACION SOBRE ASPECTOS DE PERCEPCION Y CONOCIMEINTO SOBRE ENERGIAS RENOVABLES

Marque con una “X”, SOLO UNA DE LAS OPCIONES.

(perp1) ¿Cuál cree Usted que es su nivel de conocimiento sobre las energías renovables?

1) Muy poco conocimiento ____; 2) Poco conocimiento ____; 3) Conocimiento Normal ____; 4) Un Conocimiento Alto ____; 5) Un Conocimiento Muy Alto ____.
(Likert=ordinal)

(perp2) ¿Cree usted que la electricidad procedente de energías renovables (biomasa, eólica, solar) es más respetuosa con el medioambiente que las convencionales (petróleo, gas, carbón)?

1) Muy en Desacuerdo ____; 2) En Desacuerdo ____; 3) Indiferente ____; 4) De acuerdo ____; 5) Muy de Acuerdo ____.
(Likert=ordinal)

(perp3) El uso de energías renovables tiene beneficios socioeconómicos.

1) Muy en Desacuerdo ____; 2) En desacuerdo ____; 3) Indiferente ____; 4) De acuerdo ____; 5) Muy de Acuerdo ____.
(Likert=ordinal)

(perp4) El acceso a energía eléctrica genera mayor acceso a la información a través de la radio, tv e internet.

1) Muy en Desacuerdo ____; 2) En desacuerdo ____; 3) Indiferente ____; 4) De acuerdo ____; 5) Muy de Acuerdo ____.
(Likert=ordinal)

(perp5) ¿Está usted a favor del desarrollo de las energías renovables en Nicaragua?

1) Muy en Desacuerdo ____; 2) En desacuerdo ____; 3) Indiferente ____; 4) De acuerdo ____; 5) Muy de Acuerdo ____.
(Likert=ordinal)

(perp6) Principal obstáculo para el desarrollo de la energía renovable en Nicaragua: 1) Social ____; 2) Financiero ____; 3) Institucional y Regulatorio ____; 4) Tecnológico ____; 5) Capital Humano ____; (Variable nominal codificada)

(Perp7) Cree que la instalación de un proyecto eólico traiga mejora en el rendimiento académico de los estudiantes

1) Muy en Desacuerdo ____; 2) En desacuerdo ____; 3) Indiferente ____; 4) De acuerdo ____; 5) Muy de Acuerdo ____.
(Likert=ordinal)

(Perp8) La energía eólica permite el acceso de áreas remotas a los servicios de electricidad

1) Muy en Desacuerdo ____; 2) En desacuerdo ____; 3) Indiferente ____; 4) De acuerdo ____; 5) Muy de Acuerdo ____.
(Likert=ordinal)

(Perp9) Las Instalaciones eólicas destruyen el suelo y la vegetación

- 1) Muy en Desacuerdo ___; 2) En desacuerdo ___; 3) Indiferente ___; 4) De acuerdo ___; 5 Muy de Acuerdo___. (Likert=ordinal)

(Perp10) La energía eólica es barata y no se agota

- 1) Muy en Desacuerdo ___; 2) En desacuerdo ___; 3) Indiferente ___; 4) De acuerdo ___; 5 Muy de Acuerdo___. (Likert=ordinal)

(Perp11) La energía eólica permitiría dedicar más tiempo al estudio

- 1) Muy en Desacuerdo ___; 2) En desacuerdo ___; 3) Indiferente ___; 4) De acuerdo ___; 5 Muy de Acuerdo___. (Likert=ordinal)

INFORMACION SOBRE CONOCIMIENTO Y PERCEPCION SOBRE ENERGIAS RENOVABLES (variables Dicotómicas).

Marque con una X su opción u opciones seleccionada (s)	Si	No
(Opi1) ¿Ha visto instalaciones de energías renovables en su comunidad o barrio?		
(Opi2) Considera usted que las energías renovables generan menores impactos ambientales que otras energías		
(Opi3) Considera usted que las energías renovables son caras		
(Opi4) Considera usted que en Nicaragua, se pueda conseguir electricidad 100 % renovable		
(Opi5) Estaría a favor de la instalación eólicos en su comunidad		

III INFORMACION SOBRE POSIBLE IMPACTO SOCIAL

Bienestar

Cree que la ejecución de un proyecto eólico traiga consigo lo siguiente:

Beneficios	Si	No
Beneficios por iluminación pública		
Reducción de problemas oculares		
Reducción de problemas respiratorios		
Disminución en el uso de leña		
Mejora en la atención de salud nocturna		
Perjuicio para la comunidad		
Mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales		
Permitiría realizar eventos comunales nocturnos		

IV INFORMACION SOBRE POSIBLE IMPACTO ECONOMICO AMBIENTAL

3.1 Las instalaciones Eólicas?

- 1 Promueven la conservación de recursos no-renovables. si ____ no ____
- 2 Tienen un costo que no depende de los precios de gas y petróleo. si ____ no ____
- 3 Utiliza pocos recursos del terreno. si ____ no ____
- 4 Pueden ser motor de desarrollos regionales. si ____ no ____
- 5 amortiza el coste de la instalación en pocos años. si ____ no ____
- 6 Tienen disponibilidad intermitente y emplazamiento condicionado. si ____ no ____
- 7 Generan menores impactos ambientales que otras energías. si ____ no ____
- 8 No deja residuos ni emisiones que dañan el medio ambiente. si ____ no ____
- 9 Son ruidosos. si ____ no ____
- 10 Producen impacto visual negativo. si ____ no ____
- 11 Molestan a la fauna. si ____ no ____
- 12 Crea puestos de trabajo. si ____ no ____
- 13 Es una energía segura. si ____ no ____

Tipos de aves que habitan la zona _____, _____

Pasan aves migratorias por esta zona _____

Que tipos de aves pasan _____

Cuando pasan _____

Tipos de mamíferos que habitan en la zona _____,

V INFORMACION SOBRE CENSO DE CARGA POR VIVIENDA

Personas que habitan en la casa	Cant de mujeres	Aparato (descripción)	Cantidad	Potencia [W] (lista de potencias o al reverso en el aparato)	Horas de uso [H]	Energía Consumida [Wh] (calculada E= P. H)

;;; Muchas Gracias!!!

Instrumento 1.2. Grupo Focal

Protocolo del Grupo Focal

1. **Institución:** “Estatales (MINSA, MINED, Municipalidad) organizaciones: ONG, pobladores”
2. **Personas que Participan en los Grupos Focales:** Instituciones, ONG, pobladores
3. **Objetivo del Grupo Focal:** Esta técnica de investigación cualitativa, se utilizará con el objetivo principal de construir una visión compartida sobre el Proyecto de investigación de evaluación y diseño de generación eólica en San Nicolás.
4. **Temas a tratar en los Grupos Focales:** (a) Los aspectos relativos a indicadores sociodemográficos del objetivo 1 (b) Los aspectos relativos a los indicadores de Impacto social, ambiental del objetivo 5.
5. **Referencia Técnica y Contextual del Instrumento Metodológico**
 - a) **Método:** Grupo Focal.
 - b) **Técnica:** Técnica de discusión grupal.
 - c) **Fecha:** diciembre 2018. 9 a.m.
 - d) **Duración:** 2 ½ a 3 horas.
 - e) **Lugar:** Alcaldía
 - f) **Contexto:** Ambiente natural de San Nicolás
 - g) **Personas que participan del Grupo Focal:** Actores Claves
 - h) **Moderador del Grupo Focal:** MSC. Delia Moreno
 - i) **Investigador del Grupo Focal:** docentes, estudiantes.

Contenido

1. ¿Cuál es su **opinión** sobre un proyecto eólico en la zona de San Nicolás?
2. ¿Cree que San Nicolás tenga el **suficiente recurso eólico** (viento), para producir energía?
3. ¿Qué **beneficios** podría traer la energía eólica en educación, en salud, en comunicación, en confort, en beneficios comunales a la población de San Nicolás?
4. Desde el **aspecto ambiental** cuál cree que sería el impacto para la zona de San Nicolás. Los efectos en el suelo, el agua, en la flora y fauna
5. ¿De qué manera **participaría** en la ejecución de un proyecto eólico que genere energía para el consumo del municipio?

Instrumento 1.3. Entrevistas

Entrevista (A)

Personas a entrevistar: docentes y pobladores

Objetivo: Mediante esta entrevista se pretende recoger las opiniones sobre el impacto ambiental económico, social y la aceptación de un proyecto eólico para producir energía en la zona de San Nicolás.

1. ¿Cree que el viento de San Nicolás se puede aprovechar para producir energía?
2. ¿Cuáles consideran que serían los efectos en el suelo, el agua, en la flora y fauna?
3. ¿Los aerogeneradores eólicos ocupan demasiado terreno para su instalación?
4. ¿Cuáles cree que pueden ser los residuos que se generen al realizar el proyecto?
5. ¿Cómo se alteraría el paisaje si se instalan turbinas eólicas?
6. ¿Qué piensa acerca de que la comunidad participe en la gestión del proyecto?
7. ¿De qué manera se contaminaría el aire del ambiente si se estableciera el proyecto?
8. ¿Qué beneficios podría traer la energía eólica en educación, en salud, en comunicación, en confort, en beneficios comunales a la población de San Nicolás?
9. ¿Aprovechar la energía eólica mejoraría la situación económica local?

Entrevista (B)

Personas a entrevistar: pobladores que No tienen energía eléctrica

Objetivo: Mediante esta entrevista se pretende recoger las opiniones sobre los beneficios de tener energía eléctrica.

- 1 ¿Por qué no tiene energía eléctrica?
- 2 ¿Por qué le gustaría tener energía eléctrica?
- 3 ¿Cuáles aparatos le gustaría tener?
- 4 ¿Qué beneficios le traería a usted, a sus niños, a su familia, a la comunidad?

Entrevista (C)

Personas a entrevistar: pobladores que No saben leer, ni escribir

Objetivo: Mediante esta entrevista se pretende recoger las opiniones sobre el beneficio de estudiar por la noche para aprender a leer y escribir

- 1 ¿Le gustaría aprender a leer y escribir?
- 2 ¿Qué piensa de estudiar por la noche aprovechando la energía eléctrica?

Instrumento 1.4. Cuadros de recopilación de datos

a) Formato para anotar especies de mamíferos en la zona de San Nicolás

No	Nombre común	Nombre científico	Familia

b) Formato para anotar especies de aves en la zona de San Nicolás

No	Nombre común	Nombre científico	Familia

c) Formato para anotar especies de flora en la zona de San Nicolás

No	Nombre común	Nombre científico	Familia

c) Formato para anotar Ríos y quebradas que atraviesan el proyecto

No	Cuenca	Nombre del río	Extensión del río

d) Hoja de control de datos

Fecha	hora	dirección 1	dirección 2	Temp. [° C]	wind1 AVG [m/s]	wind1max [m/s]	wind2 AVG [m/s]	wind2max [m/s]

caso	sitio	altura	fecha	hora	estación	Dia/noche	intervalo	Temp	Rumbos	Vel

Fecha	hora	intervalo	humedad	Presion abs	Presión relativa

Anexos 2. Figuras

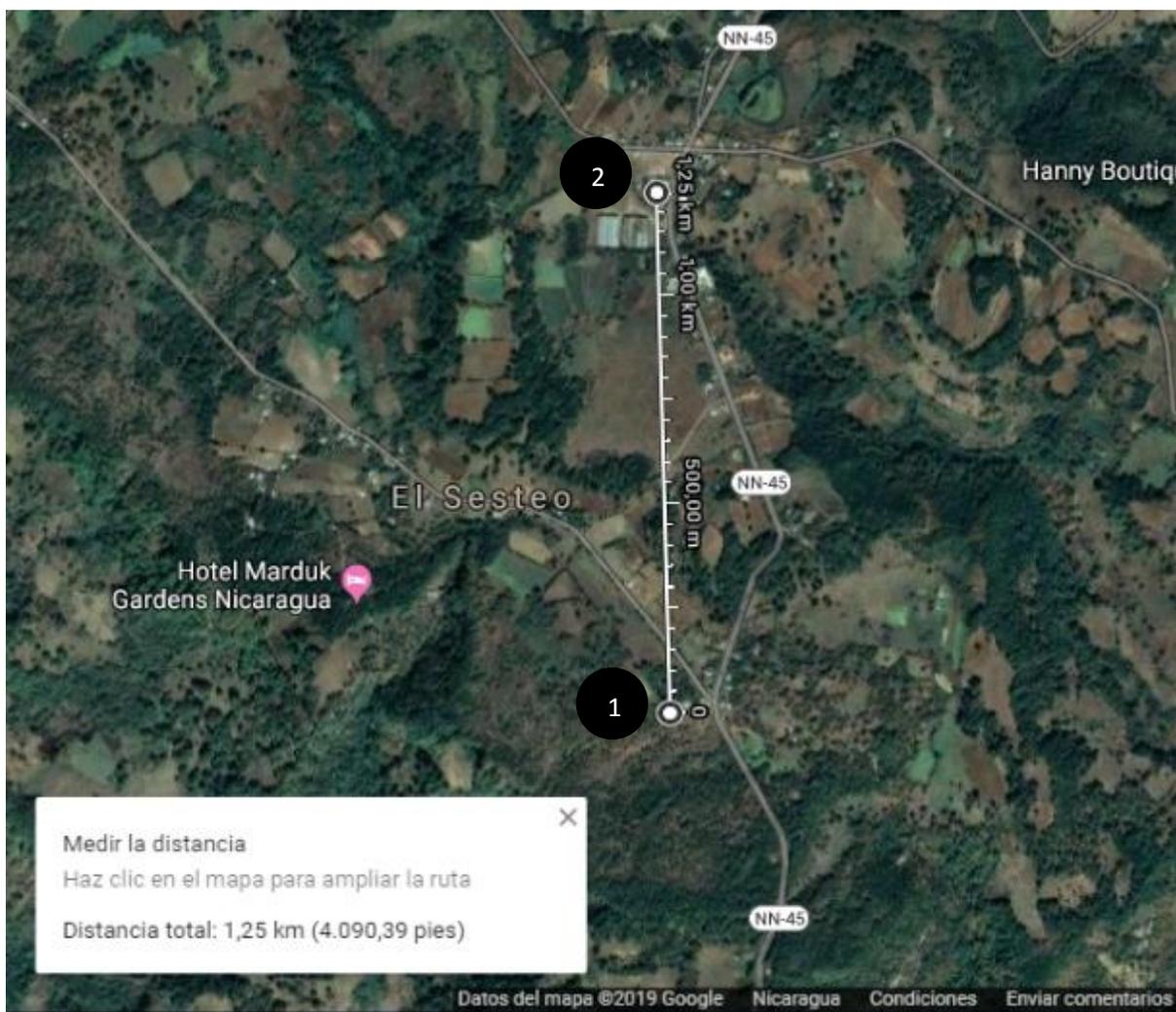


Figura 2.1. Ubicación puntos de medición. 1 Rancho de don Luis. 2 San José de La Laguna.
Fuente Google Map.

Diagnóstico normalidad de los residuos de la variable temperatura

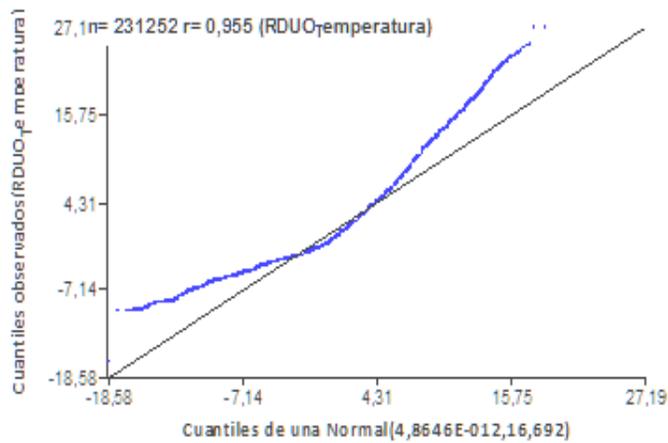


Figura 2.2. Diagnóstico de Normalidad de los residuos de la variable temperatura.

En la prueba de Normalidad de los residuos realizada mediante el QQ, para la variable respuesta **RDUO Temperatura**, según el resultado queda demostrado que cumple con la condición de normalidad de los residuos, dado que se alcanzó un $r = 0.955$, se cumple con el supuesto de normalidad.

Diagnóstico de independencia de los residuos



Figura 2.3. Diagnóstico independencia de los residuos de la temperatura.

La independencia de los residuos se realizó mediante un gráfico de dispersión para observar y determinar la tendencia de respuesta entre los residuos y los predichos **RDUO temperatura PRED temperatura**.

Se muestra el gráfico de dispersión entre **RDUO temperatura PRED temperatura**, se observa claramente que *no hay patrón o tendencia de*

respuesta de los residuos. Por lo tanto, se procede a realizar el ANOVA.

Diagnóstico normalidad de los residuos de Velocidad

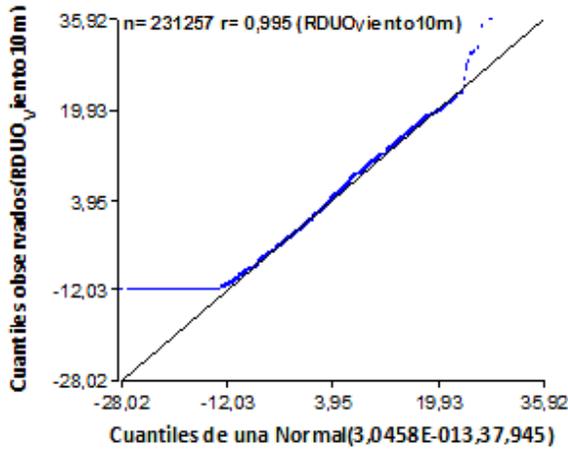


Figura 2.4. Normalidad de los residuos de la variable velocidad del viento.

Diagnóstico Independencia de los residuos

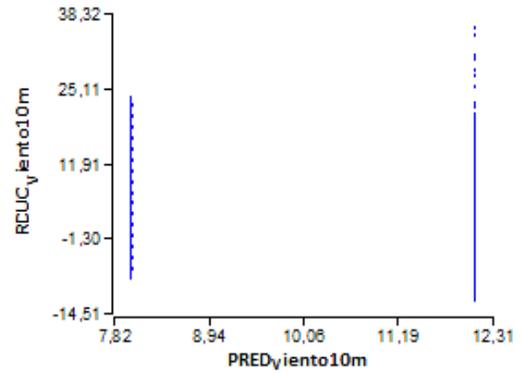


Figura 2.5. Diagnóstico de Normalidad de los residuos de la variable velocidad del viento.

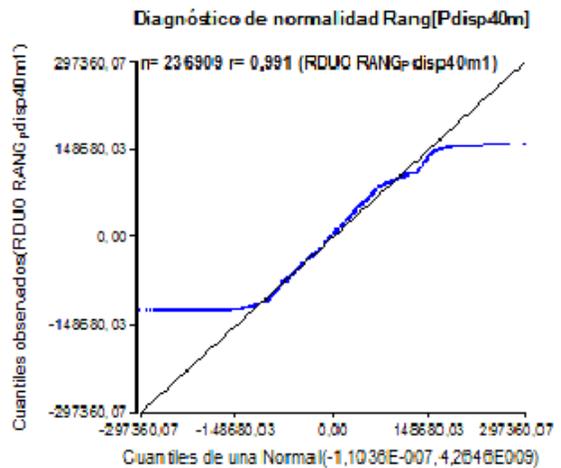
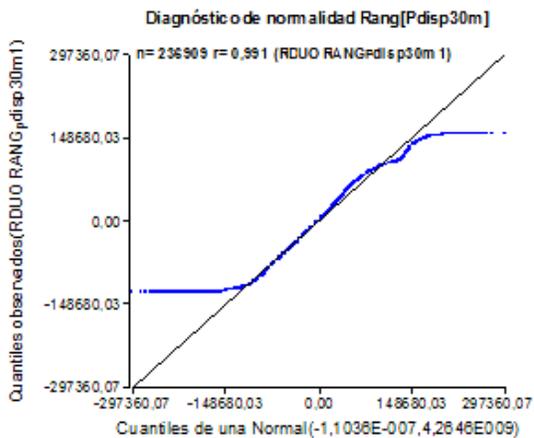
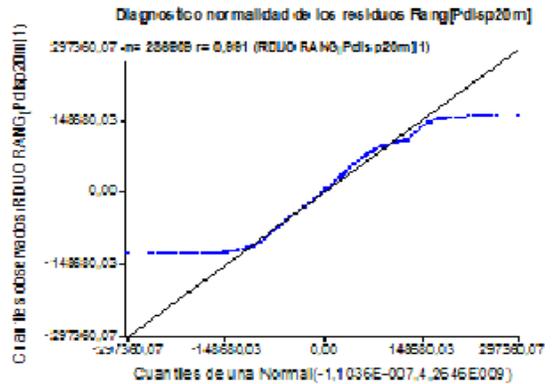
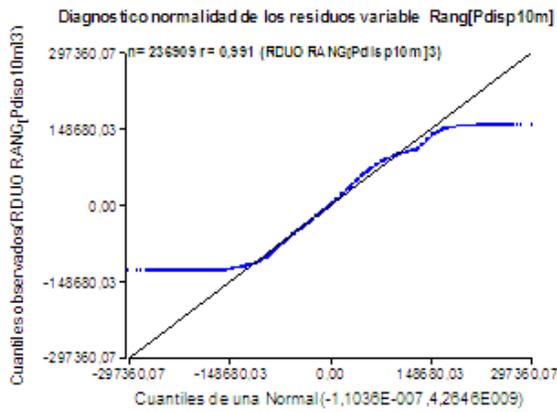


Figura 2.6. Normalidad de los residuos de la variable Rang Pdisp 10, 20, 30 40 m.

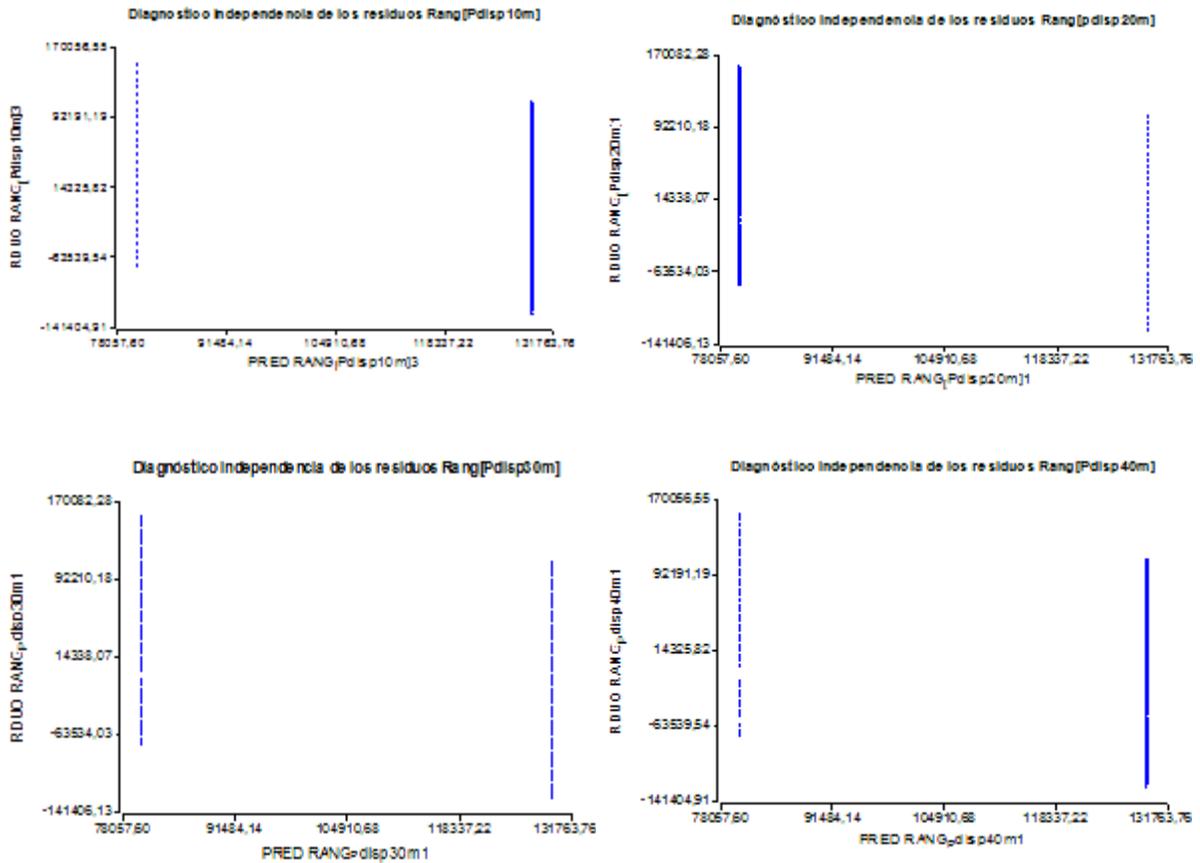


Figura 2.7. Independencia de los residuos de la variable RangPdisp10, 20, 30 40 m.

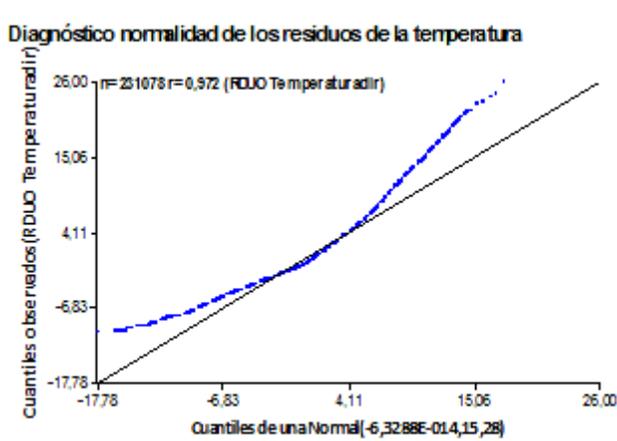


Figura 2.9. Diagnóstico normalidad de los residuos de la variable temperatura.

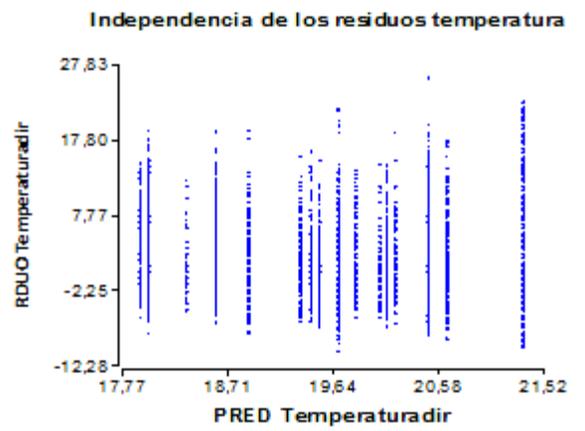


Figura 2.8. Diagnóstico independencia de los residuos de la variable temperatura.

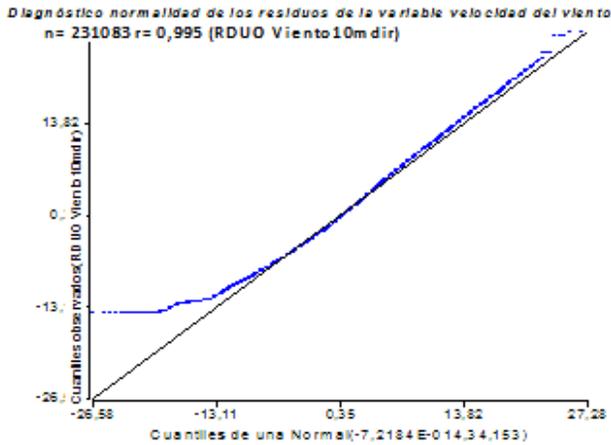


Figura 2.11. Diagnóstico normalidad de los residuos de la variable velocidad del viento.

Diagnóstico Independencia de los residuos

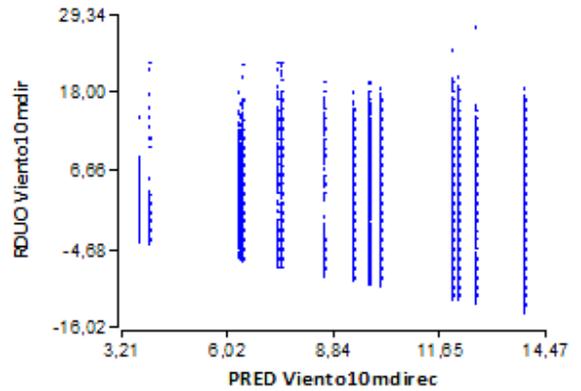


Figura 2.10. Diagnóstico independencia de los residuos de la variable velocidad del viento.

Diagnóstico normalidad de los residuos Rangop[disp]

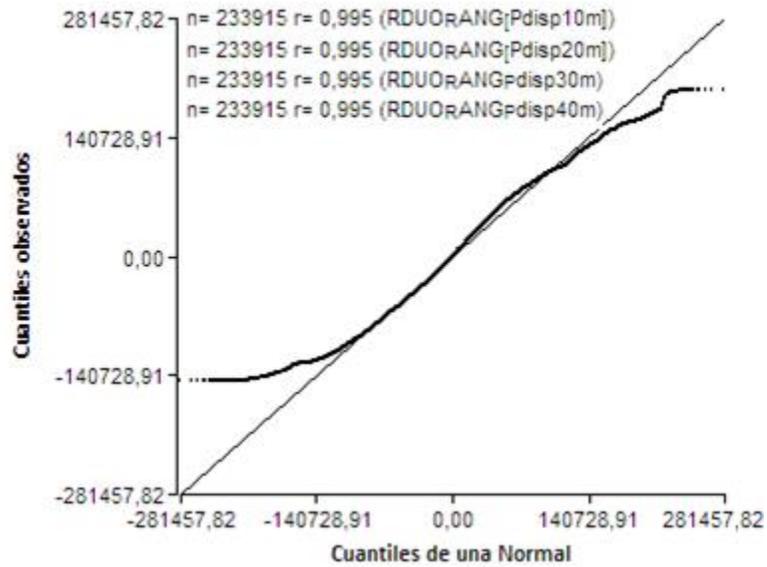


Figura 2.12. Diagnóstico normalidad de los residuos de las variables RANG[Pdisp10m], RANG[Pdisp20m], RANG[Pdisp30m], RANG[Pdisp40m].

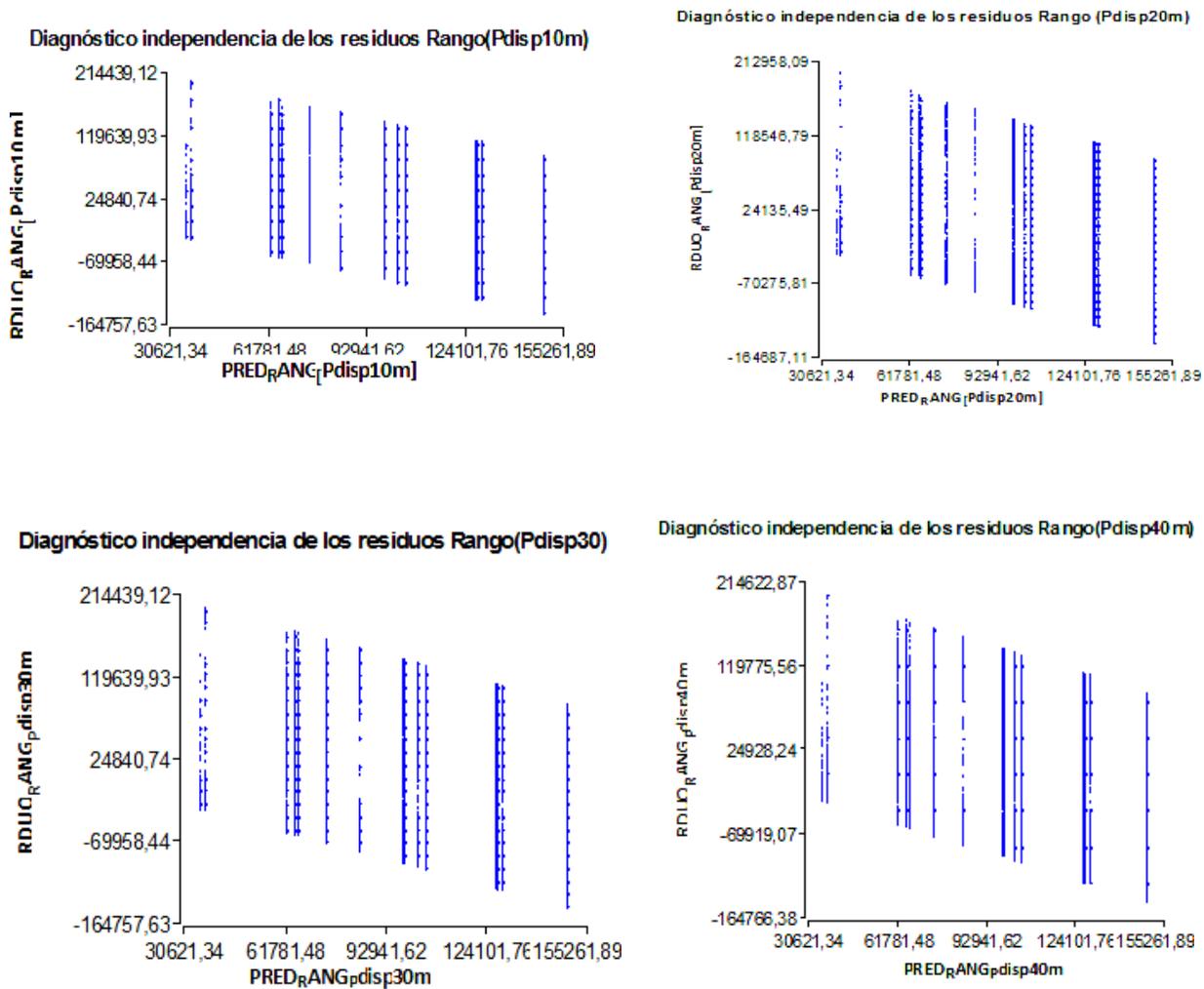


Figura 2.13. Diagnóstico independencia de los residuos de la variable RANG[Pdisp].

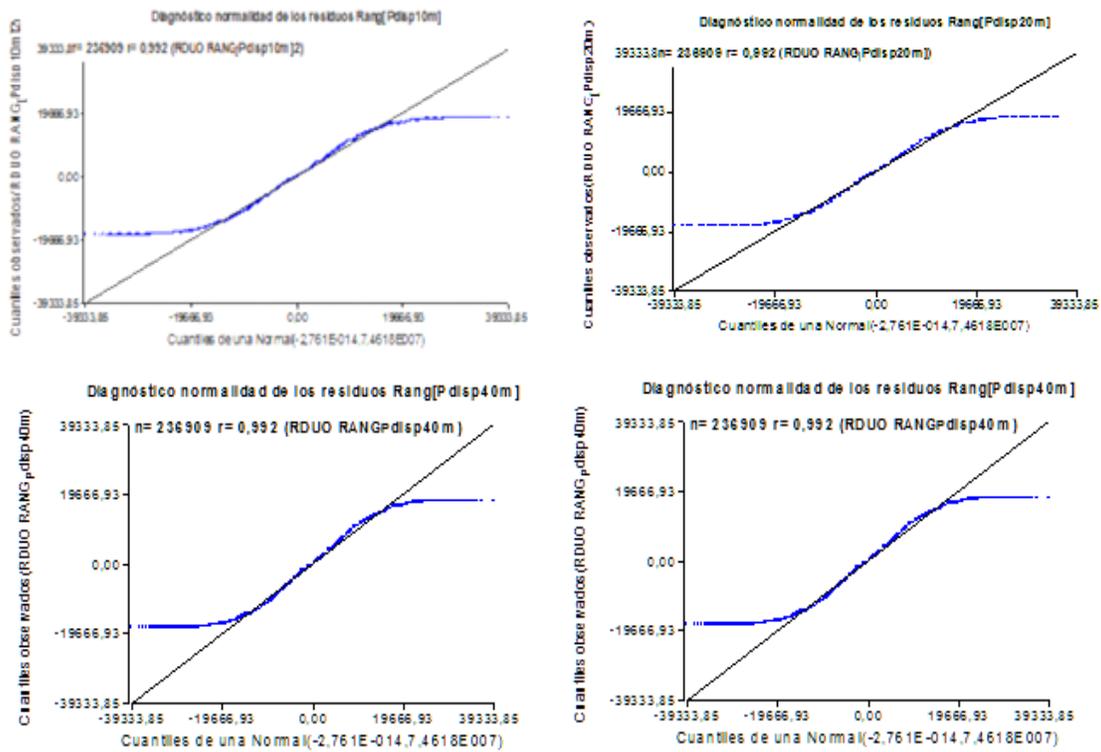
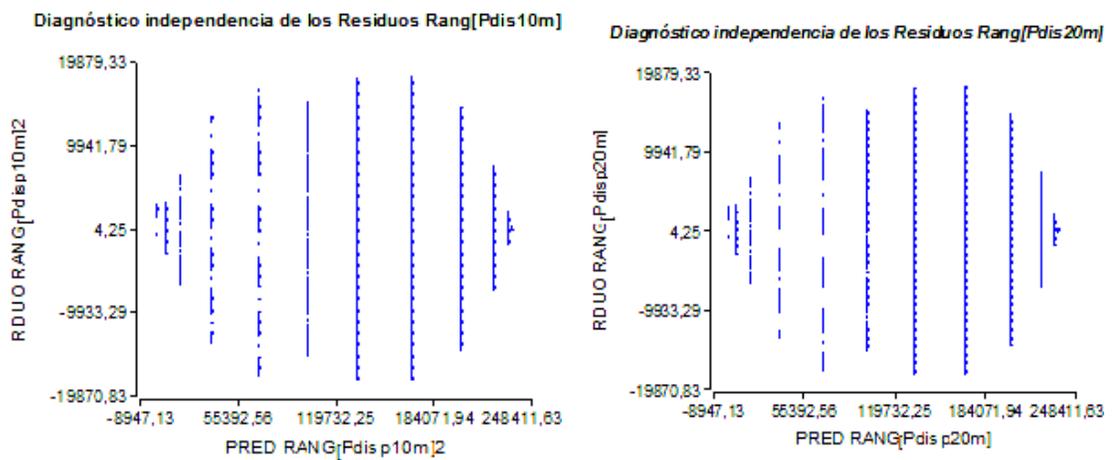


Figura 2.14. Normalidad de los residuos variable RANG[Pdisp] a 10, 20, 30 y 40 m.



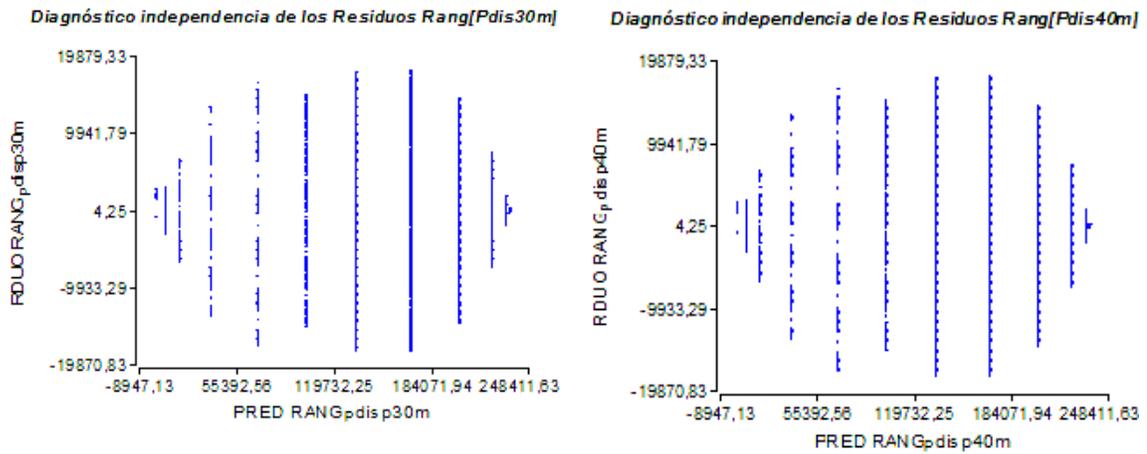


Figura 2.15. Independencia de los residuos de la variable RANG [Pdisp] 10, 20, 30, 40 m.

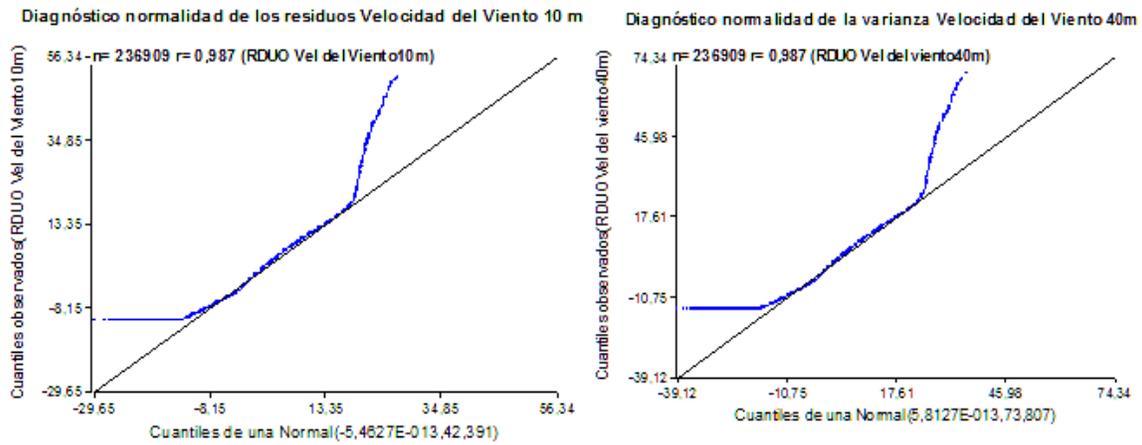
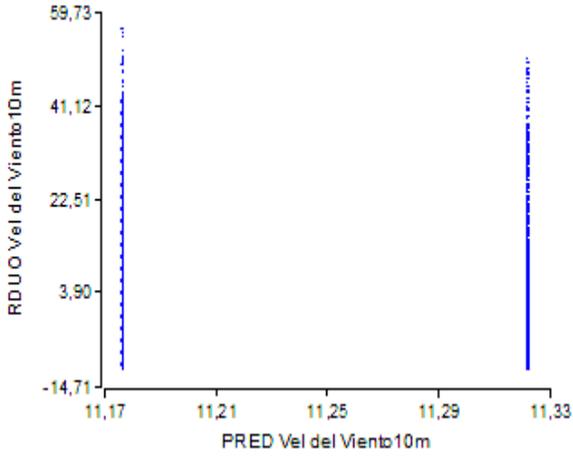


Figura 2.16. Normalidad de los residuos variable velocidad del viento a 10 y 40 m.

Diagnóstico independencia de los residuos Velocidad 10m



Diagnóstico independencia de los residuos Vel Viento 40 m

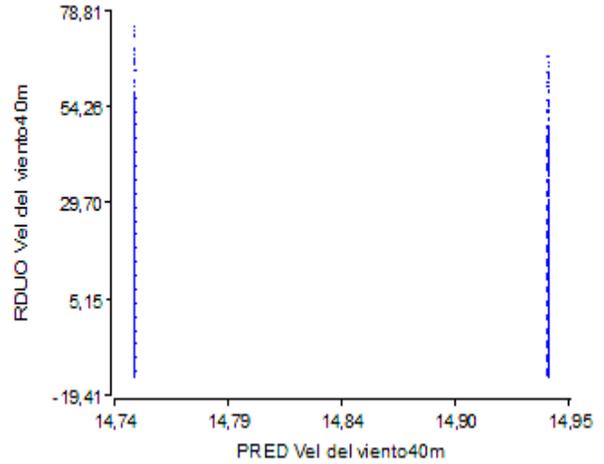
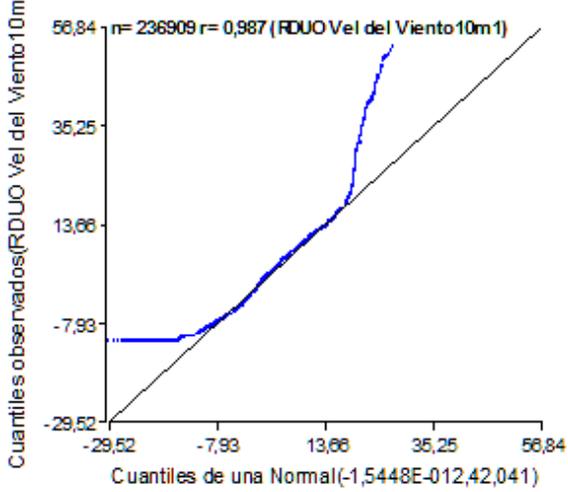


Figura 2.17. Independencia de los residuos variable velocidad del viento a 10 y 40 m.

Diagnostico Normalidad de los residuos Velocidad Viento 10m



Diagnóstico normalidad de los residuos Velocidad Viento 40 m

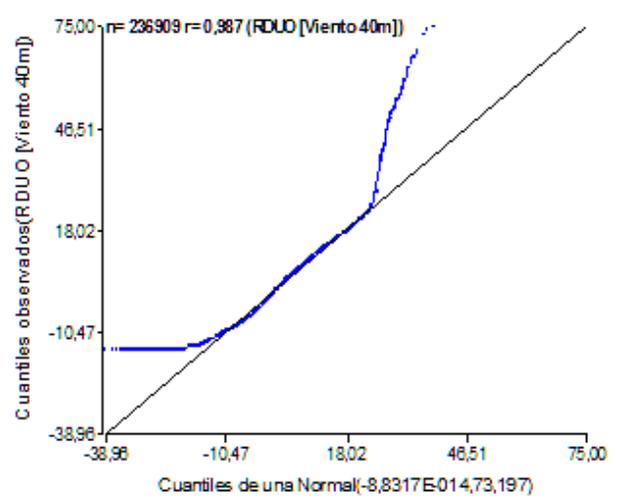


Figura 2.18. Normalidad de los residuos variable velocidad del viento a 10 y 40 m.

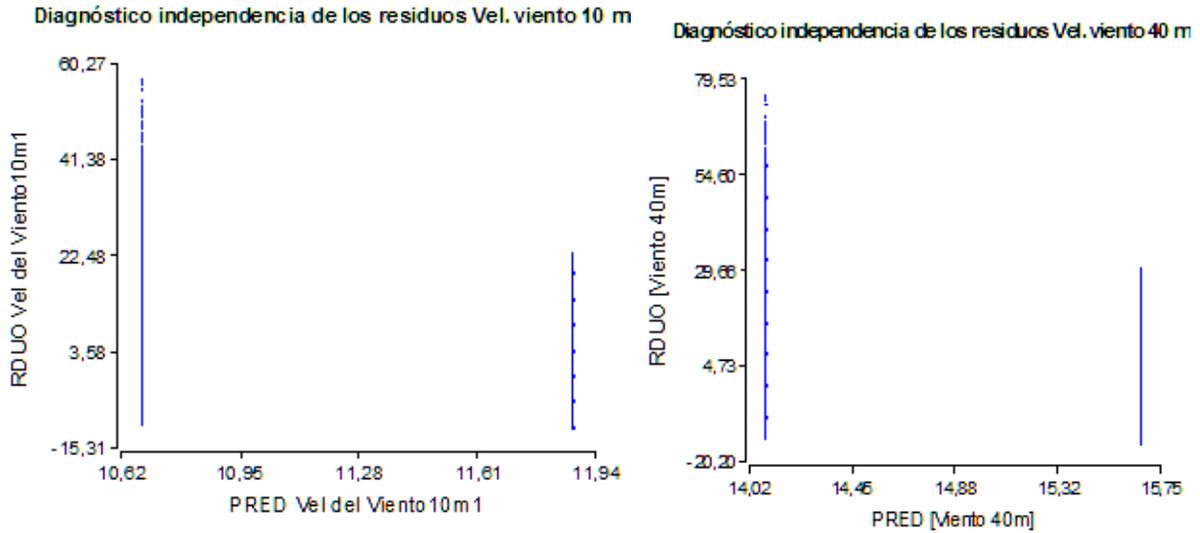


Figura 2.19. Independencia de los residuos variable velocidad del viento a 10 y 40 m.

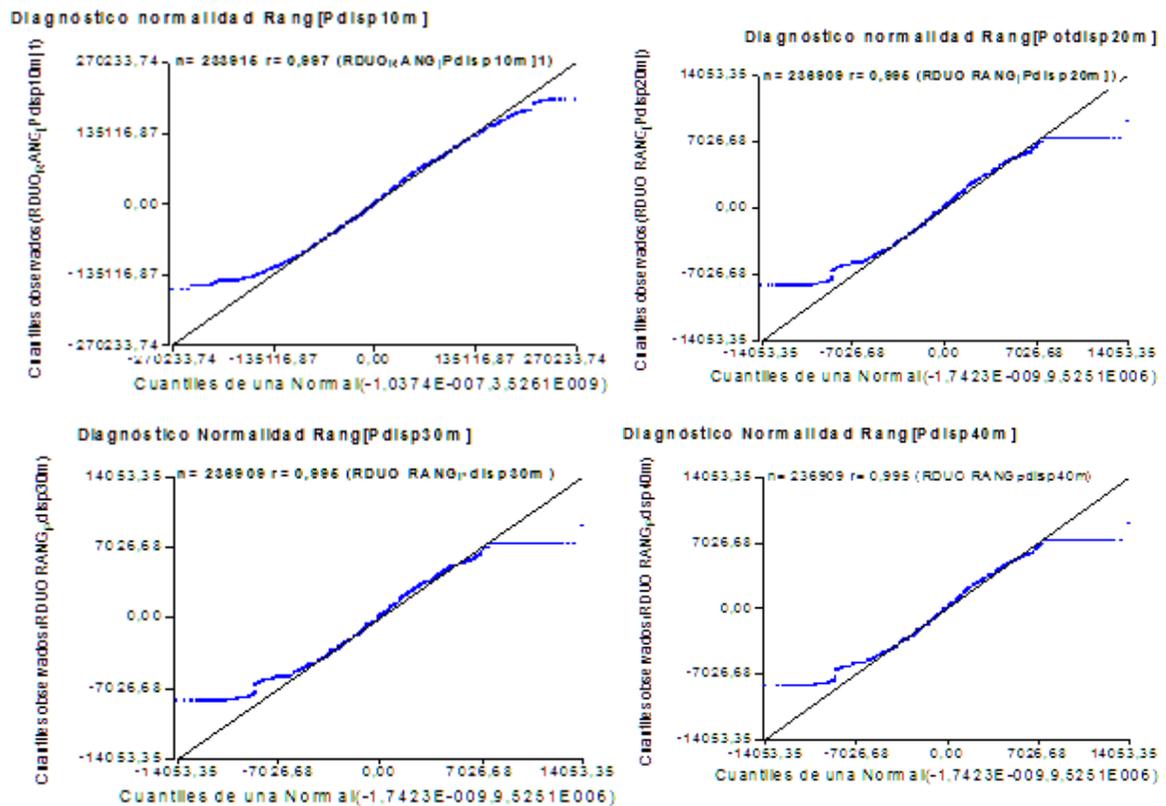


Figura 2.20. Normalidad de los residuos de las variables Rang [Pdisp] a 10, 20, 30 y 40 m.

Diagnóstico independencia de los residuos Rang[Pdisp10]

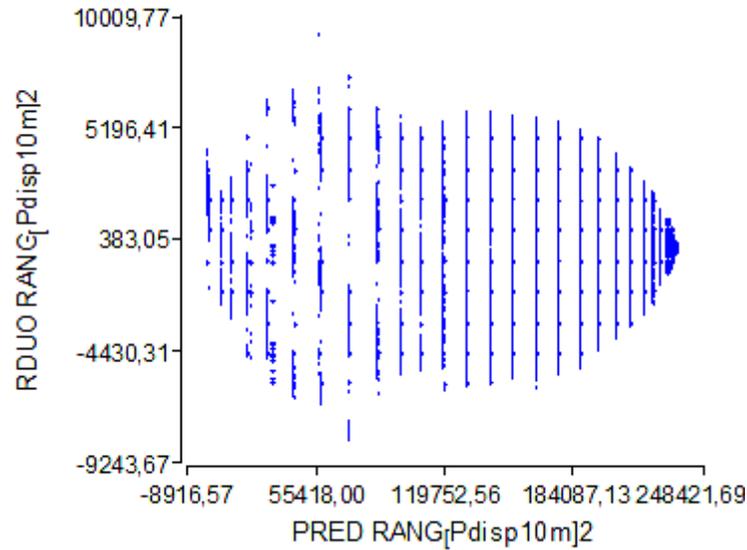


Figura 2.21. Independencia de los residuos y predichos de la variable Rang [Pdisp] a 10 m.

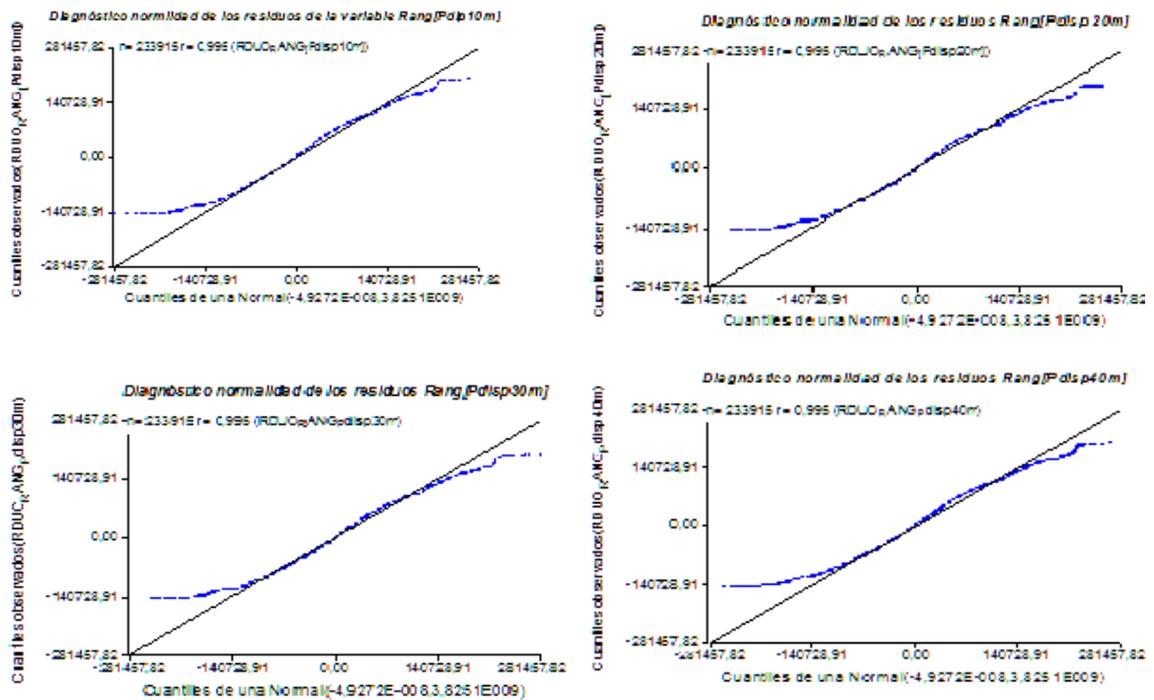


Figura 2.22. Normalidad de los residuos de las variables Rang [Pdisp] a 10, 20, 30 y 40 m.

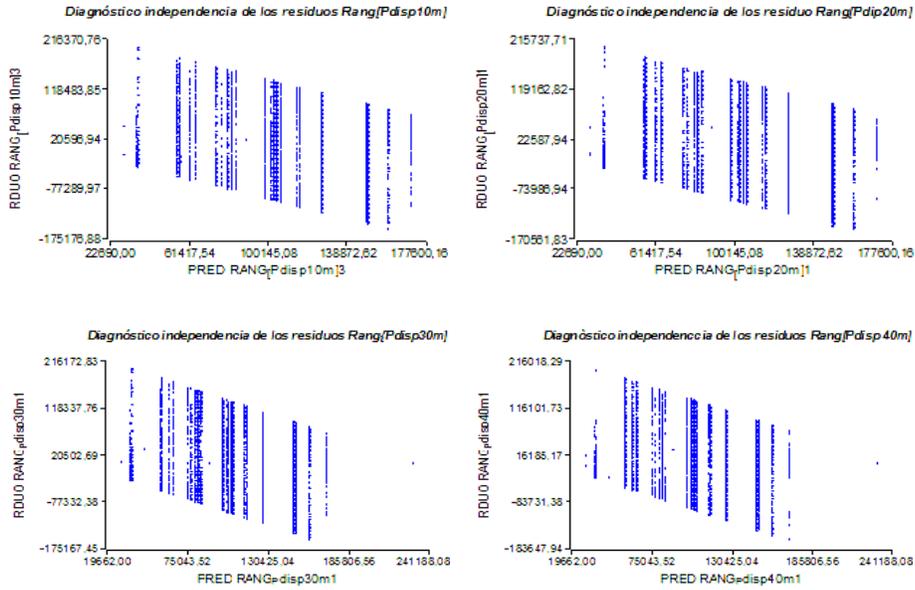


Figura 2.23. Independencia de los residuos de la variable Rang[Pdisp] a 10, 20, 30 y 40 m.

RETScreen - Análisis de Sensibilidad y Riesgo Suscriptor: Visualización

Análisis de sensibilidad

Proceder análisis sobre:

Rango de sensibilidad:

Umbral: yr

		Costos iniciales				
		22.500.000	26.250.000	30.000.000	33.750.000	37.500.000
Larita de exportación de electricidad		-25,0%	-12,5%	0,0%	12,5%	25,0%
\$/MWh	-25,0%	4,2	5,5	7,1	8,8	10,7
96,25	12,5%	3,1	4,0	5,0	6,2	7,5
110,00	0,0%	2,4	3,0	3,8	4,6	5,5
123,75	12,5%	2,0	2,4	3,0	3,6	4,3
137,50	25,0%	1,7	2,1	2,5	3,0	3,5

		Costos iniciales				
		22.500.000	26.250.000	30.000.000	33.750.000	37.500.000
Operación y Mantenimiento		-25,0%	-12,5%	0,0%	12,5%	25,0%
\$	-25,0%	2,2	2,8	3,5	4,2	5,1
630.000	12,5%	2,3	2,9	3,6	4,4	5,3
735.000	0,0%	2,4	3,0	3,8	4,6	5,5
840.000	12,5%	2,5	3,2	3,9	4,8	5,8
945.000	25,0%	2,6	3,3	4,1	5,0	6,1

		Tasa de intereses de la deuda				
		5,25%	6,13%	7,00%	7,88%	8,75%
Duración de deuda		-25,0%	-12,5%	0,0%	12,5%	25,0%
año	-25,0%	4,1	4,3	4,5	4,8	5,0
11	12,5%	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5
13	0,0%	3,5	3,6	3,8	3,9	4,1
15	12,5%	3,3	3,4	3,6	3,7	3,9
17	25,0%	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8

		Tasa de intereses de la deuda				
		5,25%	6,13%	7,00%	7,88%	8,75%
Relación de deuda		-25,0%	-12,5%	0,0%	12,5%	25,0%
%	-25,0%	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9
53%	12,5%	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6
61%	0,0%	3,5	3,6	3,8	3,9	4,1
70%	12,5%	2,8	3,0	3,1	3,3	3,6
79%	25,0%	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7

Figura 2.24. Análisis de sensibilidad sobre prepago – capital.



Figura 2.25. Mapa geológico de Nicaragua. Fuente INETER. Escala 1:200000.

Anexo 3. Tablas

Tabla 3.1. Análisis de contingencia entre las variables comunidad y nivel educativo

			Nivel educativo (variable nominal codificada)					Total
			Sin estudios	Primaria	Secundaria	Técnico	Universidad	
Comunidad donde vive	San José de La Laguna	Count	6	11	4	0	3	24
		% of Total	0,7%	1,3%	0,5%	0,0%	0,3%	2,8%
	La Garnacha	Count	1	14	10	2	1	28
		% of Total	0,1%	1,6%	1,2%	0,2%	0,1%	3,2%
	Los Limones N° 1	Count	6	28	1	1	0	36
		% of Total	0,7%	3,2%	0,1%	0,1%	0,0%	4,1%
	San Nicolás	Count	14	35	31	1	14	95
		% of Total	1,6%	4,0%	3,6%	0,1%	1,6%	10,9%
	Las Tablas	Count	15	15	3	0	0	33
		% of Total	1,7%	1,7%	0,3%	0,0%	0,0%	3,8%
	Paso Real	Count	8	7	2	0	0	17
		% of Total	0,9%	0,8%	0,2%	0,0%	0,0%	2,0%
	Hato Viejo	Count	1	20	0	0	0	21
		% of Total	0,1%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%
	La Tejera	Count	5	15	10	0	2	32
		% of Total	0,6%	1,7%	1,2%	0,0%	0,2%	3,7%
	El Sesteo	Count	4	11	5	0	2	22
		% of Total	0,5%	1,3%	0,6%	0,0%	0,2%	2,5%
	Cuajiniquil	Count	7	17	5	0	0	29
		% of Total	0,8%	2,0%	0,6%	0,0%	0,0%	3,3%
	Salmerón	Count	10	22	4	0	0	36
		% of Total	1,2%	2,5%	0,5%	0,0%	0,0%	4,1%
	Santa Clara	Count	4	13	1	0	2	20
		% of Total	0,5%	1,5%	0,1%	0,0%	0,2%	2,3%
	La Sirena	Count	4	10	6	1	2	23
		% of Total	0,5%	1,2%	0,7%	0,1%	0,2%	2,6%
	La Puerta	Count	4	8	10	1	1	24
		% of Total	0,5%	0,9%	1,2%	0,1%	0,1%	2,8%
	El Espinito	Count	8	10	2	0	0	20
		% of Total	0,9%	1,2%	0,2%	0,0%	0,0%	2,3%
	Los Bordos	Count	12	33	7	0	1	53
		% of Total	1,4%	3,8%	0,8%	0,0%	0,1%	6,1%
	San Marcos de Apaguají	Count	9	10	1	0	0	20
		% of Total	1,0%	1,2%	0,1%	0,0%	0,0%	2,3%
	El Jícaro	Count	7	16	3	0	0	26
		% of Total	0,8%	1,8%	0,3%	0,0%	0,0%	3,0%
	Los Limones N° 2	Count	9	19	6	1	0	35
		% of Total	1,0%	2,2%	0,7%	0,1%	0,0%	4,0%
	El Potrerillo	Count	4	7	7	0	2	20
		% of Total	0,5%	0,8%	0,8%	0,0%	0,2%	2,3%
Limay	Count	8	15	1	0	0	24	
	% of Total	0,9%	1,7%	0,1%	0,0%	0,0%	2,8%	
Quebrada de Agua	Count	10	14	10	0	3	37	
	% of Total	1,2%	1,6%	1,2%	0,0%	0,3%	4,3%	
Palo Blanco	Count	12	15	4	0	0	31	
	% of Total	1,4%	1,7%	0,5%	0,0%	0,0%	3,6%	
El Barro	Count	6	15	7	0	0	28	
	% of Total	0,7%	1,7%	0,8%	0,0%	0,0%	3,2%	
El Jocomico	Count	7	10	4	0	0	21	

	% of Total	0,8%	1,2%	0,5%	0,0%	0,0%	2,4%
Los Moyes	Count	7	8	3	0	0	18
	% of Total	0,8%	0,9%	0,3%	0,0%	0,0%	2,1%
Rodeo Grande	Count	4	10	3	0	1	18
	% of Total	0,5%	1,2%	0,3%	0,0%	0,1%	2,1%
Guingajapa	Count	6	11	6	1	3	27
	% of Total	0,7%	1,3%	0,7%	0,1%	0,3%	3,1%
La Montañita	Count	2	27	1	0	0	30
	% of Total	0,2%	3,1%	0,1%	0,0%	0,0%	3,5%
El Ocotillo	Count	5	12	3	0	0	20
	% of Total	0,6%	1,4%	0,3%	0,0%	0,0%	2,3%
Total	Count	205	458	160	8	37	868
	% of Total	23,6%	52,8%	18,4%	0,9%	4,3%	100,0%

Tabla 3.2. Análisis de contingencia entre las variables comunidad y nivel educativo

		categoría de ingresos mensuales					Total	
		Ingresos entre 1000 - 2000	Ingresos entre 2001 - 4000	Ingresos entre 4001 - 6000	Ingresos entre 6001 - 10000	Ingresos entre 10001 - 15000		
Comunidad donde vive	San José de La Laguna	Recuento	8	10	4	2	0	24
		% del total	0.9%	1.2%	0.5%	0.2%	0.0%	2.8%
	La Garnacha	Recuento	9	13	3	3	0	28
		% del total	1.0%	1.5%	0.3%	0.3%	0.0%	3.2%
	Los Limones N° 1	Recuento	17	19	0	0	0	36
		% del total	2.0%	2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	4.1%
	San Nicolás	Recuento	17	45	16	16	1	95
		% del total	2.0%	5.2%	1.8%	1.8%	0.1%	10.9%
	Las Tablas	Recuento	16	17	0	0	0	33
		% del total	1.8%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%
	Paso Real	Recuento	10	7	0	0	0	17
		% del total	1.2%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%
	Hato Viejo	Recuento	12	9	0	0	0	21
		% del total	1.4%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%
	La Tejera	Recuento	12	17	1	2	0	32
		% del total	1.4%	2.0%	0.1%	0.2%	0.0%	3.7%
	El Sesteo	Recuento	9	9	2	2	0	22
		% del total	1.0%	1.0%	0.2%	0.2%	0.0%	2.5%
	Cuajiniquil	Recuento	14	14	1	0	0	29
		% del total	1.6%	1.6%	0.1%	0.0%	0.0%	3.3%
	Salmerón	Recuento	23	13	0	0	0	36
		% del total	2.6%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	4.1%
	Santa Clara	Recuento	14	4	1	1	0	20
		% del total	1.6%	0.5%	0.1%	0.1%	0.0%	2.3%
	La Sirena	Recuento	15	7	1	0	0	23
		% del total	1.7%	0.8%	0.1%	0.0%	0.0%	2.6%
	La Puerta	Recuento	10	10	3	1	0	24
		% del total	1.2%	1.2%	0.3%	0.1%	0.0%	2.8%
	El Espinito	Recuento	10	10	0	0	0	20
		% del total	1.2%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%
Los Bordos	Recuento	34	14	5	0	0	53	
	% del total	3.9%	1.6%	0.6%	0.0%	0.0%	6.1%	
San Marcos de Apaguají	Recuento	8	12	0	0	0	20	
	% del total	0.9%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	
El Jícaro	Recuento	10	13	1	2	0	26	
	% del total	1.2%	1.5%	0.1%	0.2%	0.0%	3.0%	
Los Limones N° 2	Recuento	12	21	2	0	0	35	
	% del total	1.4%	2.4%	0.2%	0.0%	0.0%	4.0%	
El Potrerillo	Recuento	3	11	4	1	1	20	
	% del total	0.3%	1.3%	0.5%	0.1%	0.1%	2.3%	

Limay	Recuento	14	9	0	1	0	24
	% del total	1.6%	1.0%	0.0%	0.1%	0.0%	2.8%
Quebrada de Agua	Recuento	10	20	5	2	0	37
	% del total	1.2%	2.3%	0.6%	0.2%	0.0%	4.3%
Palo Blanco	Recuento	17	14	0	0	0	31
	% del total	2.0%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%
El Barro	Recuento	14	14	0	0	0	28
	% del total	1.6%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%
El Jocomico	Recuento	13	8	0	0	0	21
	% del total	1.5%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%
Los Moyes	Recuento	8	10	0	0	0	18
	% del total	0.9%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%
Rodeo Grande	Recuento	9	7	1	1	0	18
	% del total	1.0%	0.8%	0.1%	0.1%	0.0%	2.1%
Guingajapa	Recuento	14	11	0	2	0	27
	% del total	1.6%	1.3%	0.0%	0.2%	0.0%	3.1%
La Montañita	Recuento	10	20	0	0	0	30
	% del total	1.2%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	3.5%
El Ocotillo	Recuento	10	10	0	0	0	20
	% del total	1.2%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%
Total	Recuento	382	398	50	36	2	868
	% del total	44.0%	45.9%	5.8%	4.1%	0.2%	100.0%

Tabla 3.3. Distribución categorías de percepción sobre energías renovables

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente/No sabe	De acuerdo	Muy de acuerdo
La ER respeta medio ambiente	0.6	1.4	39.4	52.9	5.8
Beneficios socioeconómicos	0.1	0.9	37.1	60.3	1.6
Beneficio en comunicación	0.7	0.7	11.3	84.6	2.8
Beneficio en educación	0.8	0.6	19.9	77.2	1.5
Beneficio más tiempo al estudio	0.2	1.0	21.7	74.3	2.8
Beneficio en servicios básicos	0.6	1.2	10.7	76.0	11.5
Sobre tecnología eólica en relación a daño a la vegetación	3.1	33.9	53.5	8.9	0.7
En precio	0.6	3.0	46.2	48.7	1.5
Actitud de apoyo al desarrollo de ER	2.6	5.0	15.8	69.6	7.0

Tabla 3.4. Frecuencias de velocidades de viento

Intervalo de categoría velocidad [m/s]	Categorías [m/s]	HORA S durante los 40 meses	FA Frecuencia acumulada	FR Frecuencia relativa	FRA Frecuencia Relativa acumulada	FAC Frecuencia acumulada complementaria	FA Número de horas acumuladas
C1=[Mínimo..0,5]	0	1161	6964	3,00%	3,00%	97,00%	38300
C2=(0,5..1,5]	1	769	4615	2,00%	5,00%	95,00%	37511
C3=(1,5..2,5]	2	1019	6113	3,00%	8,00%	92,00%	36326
C4=(2,5..3,5]	3	1741	10443	4,00%	12,00%	88,00%	34747
C5=(3,5..4,5]	4	1850	11097	5,00%	17,00%	83,00%	32773
C6=(4,5..5,5]	5	2205	13229	6,00%	23,00%	77,00%	30403
C7=(5,5..6,5]	6	2104	12623	5,00%	28,00%	72,00%	28429
C8=(6,5..7,5]	7	2744	16461	7,00%	35,00%	65,00%	25665
C9=(7,5..8,5]	8	1942	11650	5,00%	40,00%	60,00%	23691
C10=(8,5..9,5]	9	1807	10842	5,00%	45,00%	55,00%	21717
C11=(9,5..10,5]	10	1786	10718	5,00%	50,00%	50,00%	19743
C12=(10,5..11,5]	11	1819	10915	5,00%	55,00%	45,00%	17768
C13=(11,5..12,5]	12	2013	12077	5,00%	60,00%	40,00%	15794
C14=(12,5..13,5]	13	1982	11893	5,00%	65,00%	35,00%	13820
C15=(13,5..14,5]	14	1900	11397	5,00%	70,00%	30,00%	11846
C16=(14,5..15,5]	15	1869	11212	5,00%	75,00%	25,00%	9871
C17=(15,5..16,5]	16	1820	10922	5,00%	80,00%	20,00%	7897
C18=(16,5..17,5]	17	1706	10236	4,00%	84,00%	16,00%	6318
C19=(17,5..18,5]	18	1489	8932	4,00%	88,00%	12,00%	4738
C20=(18,5..19,5]	19	1305	7831	3,00%	91,00%	9,00%	3554
C21=(19,5..20,5]	20	1123	6739	3,00%	94,00%	6,00%	2369
C22=(20,5..21,5]	21	963	5780	2,00%	96,00%	4,00%	1579
C23=(21,5..22,5]	22	787	4720	2,00%	98,00%	2,00%	790
C24=(22,5..23,5]	23	547	3280	1,00%	99,00%	1,00%	395
C25=(23,5..24,5]	24	386	2318	1,00%	100,00%	0,00%	0
C26=(24,5..25,5]	25	262	1572	1,00%	101,00%	-1,00%	-395
C27=(25,5..26,5]	26	165	987	0,42%	101,42%	-1,42%	-561
C28=(26,5..27,5]	27	100	601	0,25%	101,67%	-1,67%	-659
C29=(27,5..28,5]	28	59	354	0,15%	101,82%	-1,82%	-719
C30=(28,5..29,5]	29	31	185	0,08%	101,90%	-1,90%	-749
C31=(29,5..30,5]	30	19	112	0,05%	101,95%	-1,95%	-768
C32=(30,5..31,5]	31	11	66	0,03%	101,97%	-1,97%	-779
C33=(31,5..Máx]	32	4	25	0,01%	101,98%	-1,98%	-783

Tabla 3.5. Homogeneidad de la varianza residuos de temperatura. Prueba de Levene

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	> 0,9999
Error	3860123,66	231250		16,69	
Total	3860123,66	231251			

Para comprobar la homogeneidad de la varianza se realiza a través de la *prueba de Levene*, dando el resultado obtenido en la tabla 40, con un $p = 0.9999$, el cual es mayor que el nivel crítico de comparación establecido de $\alpha = 0.05$. Lo que indica que se obtuvo una respuesta no significativa (NS), por lo que se acepta la H_0 : **Los errores tienen varianzas homogéneas.**

Tabla 3.6. Homogeneidad de la varianza residuos viento10m. Prueba de Levene

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	> 0,9999
Error	8774961,97	231255		37,94	
Total	8774961,97	231256			

Tabla 3.7. Diagnóstico de homogeneidad de la varianza de los residuos de Rang [Pdisp10m], Rang [Pdisp20m], Rang [Pdisp30m], Rang [Pdisp40m]

RDUO RANG [Pdisp10m]

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	> 0,9999
Error	1010308666906860,00	236907	4264579210,01		
Total	1010308666906860,00	236908			

RDUO RANG_ [Pdisp20m]

Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	> 0,9999
Error	1010308666906860,00	236907	4264579210,01		
Total	1010308666906860,00	236908			

RDUO RANG_Pdisp30m**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	> 0,9999
Error	1010308666906860,00	236907	4264579210,01		
Total	1010308666906860,00	236908			

RDUO RANG_Pdisp40m**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	> 0,9999
Error	1010308666906860,00	236907	4264579210,01		
Total	1010308666906860,00	236908			

Tabla 3.8. Diagnóstico de homogeneidad de la varianza de los residuos temperatura

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO Temperatura	231078	0,00	0,00	1047666628977700,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	15	0,00	0,00	>0,9999
Dirección [rumbos]	0,00	15	0,00	0,00	> 0,9999
Error	3530872,41	231062	15,28		
Total	3530872,41	231077			

Tabla 3.9. Diagnóstico de homogeneidad de la varianza de los residuos velocviento10 m

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO Viento10m	231083	0,00	0,00	34622817567212000,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	15	0,00	0,00	>0,9999
Dirección [rumbos]	0,00	15	0,00	0,00	> 0,9999
Error	7892219,16	231067	34,16		
Total	7892219,16	231082			

Tabla 3.10. Homogeneidad de la varianza residuos RANG [Pdisp] a 10, 20, 30 y 40 m

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG [Pdisp10m]	233915	0,00	0,00	925719152703936,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	15	0,00	0,00	>0,9999
Dirección [rumbos]	0,00	15	0,00	0,00	> 0,9999
Error	894751327399127,00	233899	3825374744,65		
Total	894751327399127,00	233914			

RDUO_RANG_[Pdisp20m]

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG [Pdisp20m]	233915	0,00	0,00	925719152703936,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	15	0,00	0,00	>0,9999
Rumbos	0,00	15	0,00	0,00	> 0,9999
Error	894751327399127,00	233899	3825374744,65		
Total	894751327399127,00	233914			

RDUO_RANG_[Pdisp30m]

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG Pdisp30m	233915	0,00	0,00	925719152703936,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	15	0,00	0,00	>0,9999
Rumbos	0,00	15	0,00	0,00	> 0,9999
Error	894751327399127,00	233899	3825374744,65		
Total	894751327399127,00	233914			

RDUO_RANG_[Pdisp40m]

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG Pdisp40m	233915	0,00	0,00	925719152703936,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	15	0,00	0,00	>0,9999
Rumbos	0,00	15	0,00	0,00	> 0,9999
Error	894751327399127,00	233899	3825374744,65		
Total	894751327399127,00	233914			

Tabla 3.11. Homogeneidad de la varianza de los residuos Rang [Pdisp] a 10, 20, 30, 40 m

Análisis de la varianza

RDUO RANG_ [Pdisp10m]2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG_ [Pdisp10m]2	236909	0,00	0,00	82164009657321700,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	12	0,00	0,00	>0,9999
Beaufort	0,00	12	0,00	0,00	>0,9999
Error	17677537056122,00	236896	74621509,25		
Total	17677537056122,00	236908			

RDUO RANG_ [Pdisp20m]

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG_ [Pdisp20m]	236909	0,00	0,00	82164009657321700,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	12	0,00	0,00	>0,9999
Beaufort	0,00	12	0,00	0,00	>0,9999
Error	17677537056122,00	236896	74621509,25		
Total	17677537056122,00	236908			

RDUO RANG_ Pdisp30m

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG_ Pdisp30m	236909	0,00	0,00	82164009657321700,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	12	0,00	0,00	>0,9999
Beaufort	0,00	12	0,00	0,00	>0,9999
Error	17677537056122,00	236896	74621509,25		
Total	17677537056122,00	236908			

RDUO RANG_ Pdisp40m

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG_ Pdisp40m	236909	0,00	0,00	82164009657321700,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	12	0,00	0,00	>0,9999
Beaufort	0,00	12	0,00	0,00	>0,9999
Error	17677537056122,00	236896	74621509,25		
Total	17677537056122,00	236908			

Tabla 3.12. Homogeneidad de la varianza velocidad de viento 10 y 40 m

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO Vel del Viento10m	236909	0,00	0,00	15007465991684900,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Horario	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	10042736,03	236907	42,39		
Total	10042736,03	236908			

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO Vel del viento40m	236909	0,00	0,00	6030785236040100,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Horario	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	17485419,02	236907	73,81		
Total	17485419,02	236908			

Tabla 3.13. Homogeneidad de la varianza velocidad de viento 10 y 40 m

RDUO Vel del Viento10m1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO Vel del Viento10m1	236909	0,00	0,00	8633033936813490,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Estación	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	9959784,80	236907	42,04		
Total	9959784,80	236908			

RDUO [Viento 40m]

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO [Viento 40m]	236909	0,00	0,00	15348161942561000,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Estación	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	17340992,54	236907	73,20		
Total	17340992,54	236908			

Tabla 3.14. Homogeneidad de la varianza de los residuos, Rang [Pdisp] a 10, 20, 30,40 m

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG [Pdisp10m]	236909	0,00	0,00	7018261793984980,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,0E-03	69	2,8E-05	3,0E-12	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
CATViento10m	0,00	34	0,00	0,00	>0,9999
Sitio*CATViento10	2,0E-03	34	5,7E-05	6,0E-12	>0,9999
Error	2256569123380,42	236839	9527861,22		
Total	2256569123380,42	236908			

RDUO RANG_[Pdisp20m]

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG [Pdisp20m]	236909	0,00	0,00	7018261793984980,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,0E-03	69	2,8E-05	3,0E-12	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
CATViento10m	0,00	34	0,00	0,00	>0,9999
Sitio*CATViento10	2,0E-03	34	5,7E-05	6,0E-12	>0,9999
Error	2256569123380,42	236839	9527861,22		
Total	2256569123380,42	236908			

RDUO RANG_Pdisp30m

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG Pdisp30m	236909	0,00	0,00	7018261793984980,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,0E-03	69	2,8E-05	3,0E-12	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
CATViento10m	0,00	34	0,00	0,00	>0,9999
Sitio*CATViento10m	2,0E-03	34	5,7E-05	6,0E-12	>0,9999
Error	2256569123380,42	236839	9527861,22		
Total	2256569123380,42	236908			

RDUO RANG_Pdisp40m

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG Pdisp40m	236909	0,00	0,00	7018261793984980,00

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,0E-03	69	2,8E-05	3,0E-12	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
CATViento10m	0,00	34	0,00	0,00	>0,9999
Sitio*CATViento10m	2,0E-03	34	5,7E-05	6,0E-12	>0,9999
Error	2256569123380,42	236839	9527861,22		
Total	2256569123380,42	236908			

Tabla 3.15. Homogeneidad de la varianza de los residuos de Rang [Pdisp10m]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO RANG [Pdisp10m]4	32573	0,00	0,00	843332175290,41

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	-4,3E-04	670	-6,4E-07	0,00	>0,9999
Sitio	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Rumbos	0,00	15	0,00	0,00	>0,9999
CATViento10m	2,1E-04	34	6,3E-06	0,00	>0,9999
Sitio*Rumbos	0,00	13	0,00	0,00	>0,9999
Sitio*CATViento10m	0,00	32	0,00	0,00	>0,9999
Rumbos*CATViento10m	0,00	395	-2,3E-07	0,00	>0,9999
Sitio*Rumbos*CATViento10m	0,00	180	-3,1E-06	0,00	>0,9999
Error	265420062076,76	31902	8319856,50		
Total	265420062076,76	32572			

Tabla 3.16. Datos meteorológicos introducidos al RETScreen

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Localización de la instalación	Fuente
Latitud		13,0	13,0	
Longitud		-86,3	-86,3	
Zona climática		6A - Frio - Húmedo		
Elevación	m	1319	0	Suelo+NASA Definido por el usuario - Suelo
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	-21,4		Suelo
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	28,7		Suelo
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	24,4		NASA

Mes	Temperatura del aire		Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento 18 °C	Días-grado de enfriamiento 10 °C
	°C	%								
Enero	18,2	64,4%	91,26	1,58	86,5	14,3	-12,3	856	0	
Febrero	19,4	60,4%	65,87	2,53	86,2	15,0	-10,6	722	0	
Marzo	20,1	60,0%	83,60	3,62	86,2	12,1	-4,9	629	0	
Abril	20,9	52,2%	81,75	4,46	86,2	10,2	4,7	372	0	
Mayo	20,0	51,3%	93,52	5,10	86,2	9,6	12,8	143	103	
Junio	19,0	69,3%	122,52	5,61	86,3	10,9	18,5	0	267	
Julio	18,4	54,7%	117,07	5,52	86,3	16,7	20,9	0	328	
Agosto	19,1	78,4%	101,99	4,91	86,42	10,8	19,6	0	295	
Septiembre	18,8	77,7%	101,07	3,77	86,4	9,2	14,6	87	153	
Octubre	18,6	80,9%	110,43	2,36	86,4	7,4	6,9	301	0	
Noviembre	18,3	69,4%	101,13	1,45	86,4	11,7	-0,2	477	0	
Diciembre	19,0	68,9%	107,09	1,26	86,4	14,8	-8,2	698	0	
Anual	19,1	65,7%	1.181,29	3,52	86,3	11,9	5,2	4.284	1.145	
Fuente	Definido por el usuario	Definido por el usuario	NASA	NASA	Definido por el usuario	Definido por el usuario	NASA	Suelo	Suelo	
Medida a					m	10	0			

Tabla 3.17. Acumulado durante 20 años del proyecto

Año n.º	Antes-impuestos \$	Acumulado \$
0	-9.000.000	-9.000.000
1	2.073.569	-6.926.431
2	2.292.532	-4.633.899
3	2.522.443	-2.111.457
4	2.763.849	652.392
5	3.017.326	3.669.718
6	3.283.477	6.953.195
7	3.562.935	10.516.130
8	3.856.366	14.372.495
9	4.164.468	18.536.964
10	4.487.976	23.024.940
11	4.827.659	27.852.600
12	5.184.327	33.036.926
13	5.558.827	38.595.754
14	5.952.053	44.547.807
15	6.364.940	50.912.747
16	9.104.159	60.016.906
17	9.559.367	69.576.273
18	10.037.335	79.613.608
19	10.539.202	90.152.809
20	11.066.162	101.218.971

Tabla 3.18. Prueba de Phi. Variables percepción de pobladores sobre impacto ambiental

Prueba de Phi para Iamb_1 en relación a Iamb_2, Iamb_3, Iamb_4, Iamb_5, Iamb_6	P	Interpretación
(Iamb1) El aprovechamiento del viento como energía requiere de pocos recursos del terreno * (Iamb2) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica produce menores impactos ambientales que otras energías.	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación moderada y directamente proporcional ($r\phi = 0.46$, $p < 0.05$), entre la energía eólica requiere poco terreno y produce menos impacto ambiental.
(Iamb1) El aprovechamiento del viento como energía requiere de pocos recursos del terreno * (Iamb3) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica, deja residuos y emisiones que dañan el medio ambiente	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación baja y directamente proporcional ($r\phi = 0.22$, $p < 0.05$), entre la energía eólica requiere poco terreno y genera residuos y emisiones que dañan el medio ambiente.
(Iamb1) El aprovechamiento del viento como energía requiere de pocos recursos del terreno * (Iamb4) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento para producir energía eléctrica son ruidosos	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación baja y directamente proporcional ($r\phi = 0.36$, $p < 0.05$), entre: la energía eólica requiere poco terreno y la tecnología eólica es ruidosa.

<p>(Iamb1) El aprovechamiento del viento como energía requiere de pocos recursos del terreno * (Iamb5) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento, producen impacto visual negativo</p>	,000 **	<p>Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación baja y directamente proporcional ($r\phi = 0.30$, $p < 0.05$), entre: la energía eólica requiere poco terreno y la tecnología eólica produce impacto visual negativo.</p>
<p>(Iamb1) El aprovechamiento del viento como energía requiere de pocos recursos del terreno * (Iamb6) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento son molestos para los animales (fauna) del lugar</p>	,000 **	<p>Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.16$, $p < 0.05$), entre: la energía eólica requiere poco terreno y la tecnología eólica molesta la fauna local.</p>

Prueba de Phi para Iamb_2 en relación a Iamb_3, Iamb_4, Iamb_5, Iamb_6

	P	Interpretación
<p>(Iamb2) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica produce menores impactos ambientales que otras energías * (Iamb3) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica, deja residuos y emisiones que dañan el medio ambiente</p>	,000 **	<p>Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación moderada y directamente proporcional ($r\phi = 0.36$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica produce menos impactos ambientales y genera residuos y emisiones que dañan el medio ambiente.</p>
<p>(Iamb2) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica produce menores impactos ambientales que otras energías * (Iamb4) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento para producir energía eléctrica son ruidosos</p>	,000 **	<p>Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación baja y directamente proporcional ($r\phi = 0.22$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica produce menos impactos ambientales y la tecnología eólica es ruidosa.</p>
<p>((Iamb2) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica produce menores impactos ambientales que otras energías * (Iamb5) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento, producen impacto visual negativo</p>	,000 **	<p>Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.18$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica produce menos impactos ambientales y la tecnología produce impacto visual negativo.</p>
<p>(Iamb2) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica produce menores impactos ambientales que otras energías * (Iamb6) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento son molestos para los animales (fauna) del lugar</p>	,000 **	<p>Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación baja y directamente proporcional ($r\phi = 0.21$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica produce menos impactos ambientales y tecnología eólica molesta para la fauna local.</p>

Prueba de Phi para Iamb_3 en relación a Iamb_4, Iamb_5, Iamb_6

	P	Interpretación
<p>(Iamb3) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica, deja residuos y emisiones que dañan el medio ambiente * (Iamb4) Los aparatos que se instalan para aprovechar el</p>	,000 **	<p>Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación moderada y directamente proporcional ($r\phi = 0.52$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica genera residuos y emisiones que dañan el medio ambiente y la tecnología eólica es ruidosa.</p>

viento para producir energía eléctrica son ruidosos

(Iamb3) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica, deja residuos y emisiones que dañan el medio ambiente * (Iamb5) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento, producen impacto visual negativo

,000 **

Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación moderada y directamente proporcional ($r\phi = 0.36$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica genera residuos y emisiones que dañan el medio ambiente y la tecnología eólica producen impacto visual negativo.

(Iamb3) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica, deja residuos y emisiones que dañan el medio ambiente * (Iamb6) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento son molestos para los animales (fauna) del lugar

,000 **

Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación baja y directamente proporcional ($r\phi = 0.25$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica genera residuos y emisiones que dañan el medio ambiente y la tecnología eólica es molesta para la fauna local.

Prueba de Phi para Iamb_4 en relación a Iamb_5, Iamb_6

P

Interpretación

(Iamb4) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento para producir energía eléctrica son ruidosos * (Iamb5) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento, producen impacto visual negativo

,000 **

Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.66$, $p < 0.05$), entre las variables: la tecnología eólica es ruidosa y la tecnología eólica producen impacto visual negativo.

(Iamb4) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento para producir energía eléctrica son ruidosos * (Iamb6) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento son molestos para los animales (fauna) del lugar

,000 **

Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación moderada y directamente proporcional ($r\phi = 0.33$, $p < 0.05$), entre las variables: la tecnología eólica es ruidosa y la tecnología eólica es molesta para la fauna local

Prueba de Phi para Iamb_5 en relación a Iamb_6

P

Interpretación

(Iamb5) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento, producen impacto visual negativo * (Iamb6) Los aparatos que se instalan para aprovechar el viento son molestos para los animales (fauna) del lugar

,000 **

Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación moderada y directamente proporcional ($r\phi = 0.34$, $p < 0.05$), entre las variables: la tecnología eólica producen impacto visual negativo y la tecnología eólica es molesta para la fauna local

Tabla 3.19. Matriz de importancia

ETAPA DE CONSTRUCCION																																								
Actividad Impactante	Impactos	Valores de los atributos de impactos													$I = - (3I+2EX+MO+Pr+RV+AC+Pb+Ef+Pr+PS)$	Valor máximo de importancia																								
		(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1			2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	8	12											
		Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	baja	media	alta	Muy alta	total	puntual	parcial	extenso	total	crítica	Largo plazo			Medio plazo	inmediato	Fugaz	Temporal	permanente	Recuperable a corto plazo	Recuperable a mediano plazo	irrecuperable	Simple (sin sinérgico)	sinérgico	acumulativo	improbable	dudoso	cierto	indirecto	directo	Irregular y discontinuo	periódico	continuo	mínima	media	alta	máxima	total
		carácter	Intensidad (grado de destrucción)	Extensión (Área de influencia)	Momento (Plazo de influencia)	Persistencia (permanencia del efecto)	Reversibilidad (Recuperabilidad)	Acumulación (Incremento progresivo)	Probabilidad (incertidumbre o aparición)	Efecto (Relación causa efecto)	Periodicidad (Regularidad de manifestación)	Percepción social (Grado de percepción del impacto de la pob)																												
Signo	I	EX	Mo	Pr	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS	S	S																												
Medio Físico																																								
1 Preparación y limpieza del terreno	Calidad del aire	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	1	-21	100																											
	Ruido y vibraciones	-1	4	1	2	2	1	1	4	1	1	-27	100																											
	Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100																											
	Geomorfología	-1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	-38	100																										
	Suelo	-1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	-38	100																										
	Agua superficial	-1	2	1	2	1	2	2	4	4	1	2	-26	100																										
	Agua subterránea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100																										
	Ambiente biológico																																							
	Flora	-1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	-38	100																										
	Fauna	-1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	-38	100																										
Medio socioeconómico																																								
Aspecto social	1	4	1	1	1	1	1	1	4	2	1	26	100																											

	Aspecto cultural	-1	1	2	2	2	2	2	4	4	2	2	-27	100
	Aspecto económico	1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	38	100
	Ambiente de interés humano													
	Estética del proyecto	-1	2	1	2	2	1	2	4	4	2	1	-26	100
	Uso del territorio	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Paisaje	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
2 Construcción y adecuación de caminos de acceso	Medio Físico													
	Calidad del aire	-1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-19	100
	Ruido y vibraciones	-1	4	2	2	2	1	1	1	4	1	1	-29	100
	Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Geomorfología	-1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	1	-35	100
	Suelo	-1	4	2	2	1	2	2	4	4	1	4	-36	100
	Agua superficial	-1	2	1	4	2	2	2	4	4	1	2	-29	100
	Agua subterránea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Ambiente biológico													
	Flora	-1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	-38	100
	Fauna	-1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	-38	100
	Medio socioeconómico													
	Aspecto social	1	2	1	1	1	1	1	1	4	2	1	20	100
	Aspecto cultural	-1	4	1	4	2	1	1	4	4	2	2	-34	100
Aspecto económico	1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	38	100	
Ambiente de interés humano														

	Estética del proyecto	-1	1	2	2	2	2	2	4	1	2	1	-23	100
	Uso del territorio	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Paisaje	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Medio Físico													
	Calidad del aire	-1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-19	100
	Ruido y vibraciones	-1	4	2	2	2	1	1	1	4	1	1	-29	100
	Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Geomorfología	-1	1	2	1	2	2	2	4	4	1	4	-27	100
	Suelo	-1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	4	-23	100
	Agua superficial	-1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	2	-21	100
	Agua subterránea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Ambiente biológico													
	Flora	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Fauna	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Medio socioeconómico													
	Aspecto social	1	2	1	1	1	1	1	1	4	2	1	20	100
	Aspecto cultural	-1	4	1	4	2	1	1	1	4	2	2	-31	100
	Aspecto económico	1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	38	100
	Ambiente de interés humano													
	Estética del proyecto	-1	1	2	2	2	2	2	4	1	2	2	-24	100
	Uso del territorio	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Paisaje	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Medio Físico													

4 Excavaciones, zanjas y movimientos de tierra	Calidad del aire	-1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-19	100	
	Ruido y vibraciones	-1	4	1	2	2	1	1	1	4	1	1	-27	100	
	Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Geomorfología	-1	1	2	1	2	2	2	4	4	1	1	-24	100	
	Suelo	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	2	-27	100	
	Agua superficial	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100	
	Agua subterránea	-1	1	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-23	100	
	Ambiente biológico														
	Flora	-1	4	2	4	1	2	2	2	4	4	1	-36	100	
	Fauna	-1	2	1	1	2	2	2	2	4	4	1	-26	100	
	Medio socioeconómico														
	Aspecto social	1	2	1	2	1	1	1	1	4	2	1	21	100	
	Aspecto cultural	-1	4	1	4	2	1	1	1	4	2	2	-31	100	
	Aspecto económico	1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	38	100	
	Ambiente de interés humano														
	Estética del proyecto	-1	1	2	2	2	2	2	4	1	2	2	-24	100	
Uso del territorio	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100		
Paisaje	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100		
5 Fundaciones y montaje de estructuras	Medio Físico														
	Calidad del aire	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100	
	Ruido y vibraciones	-1	4	1	2	2	1	1	1	4	1	1	-27	100	
	Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	

	Geomorfología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Suelo	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	2	-27	100
	Agua superficial	-1	2	1	2	2	2	2	4	2	1	2	-25	100
	Agua subterránea	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	2	-27	100
Ambiente biológico														
	Flora	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Fauna	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
Medio socioeconómico														
	Aspecto social	1	2	1	2	1	1	1	1	4	2	1	21	100
	Aspecto cultural	-1	4	2	4	4	4	1	1	4	2	4	-40	100
	Aspecto económico	1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	38	100
Ambiente de interés humano														
	Estética del proyecto	-1	1	2	2	2	2	2	4	1	2	2	-24	100
	Uso del territorio	-1	2	1	2	2	2	2	1	4	1	1	-23	100
	Paisaje	-1	2	1	2	2	2	2	1	4	1	1	-23	100
Medio Físico														
6 Levantamiento de torres e instalaciones eléctricas	Calidad del aire	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100
	Ruido y vibraciones	-1	4	2	2	2	1	1	1	4	1	1	-29	100
	Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Geomorfología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Suelo	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Agua superficial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

	Agua subterránea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Ambiente biológico														
	Flora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Fauna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Medio socioeconómico														
	Aspecto social	1	1	1	1	2	1	1	1	4	2	1	18	100	
	Aspecto cultural	-1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	4	-25	100	
	Aspecto económico	1	3	2	4	1	2	2	4	4	1	4	35	100	
	Ambiente de interés humano														
	Estética del proyecto	-1	1	2	2	2	2	2	4	1	2	2	-24	100	
	Uso del territorio	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100	
	Paisaje	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100	
7 Generación y disposición de residuos	Medio Físico														
	Calidad del aire	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100	
	Ruido y vibraciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Geomorfología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Suelo	-1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	1	-20	100	
	Agua superficial	-1	1	1	4	2	2	1	1	1	1	2	-19	100	
	Agua subterránea	-1	4	1	1	1	2	2	1	4	1	2	-28	100	
	Ambiente biológico														
	Flora	-1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	1	-20	100	
Fauna	-1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	1	-20	100		

Medio socioeconómico													
Aspecto social	1	1	2	4	2	2	1	1	4	2	1	24	100
Aspecto cultural	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Aspecto económico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Ambiente de interés humano													
Estética del proyecto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Uso del territorio	-1	1	2	2	2	2	2	4	1	1	1	-22	100
Paisaje	-1	1	2	2	2	2	2	4	1	1	1	-22	100

ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO																																								
Actividad Impactante	Impactos	Valores de los atributos de impactos																																						
		(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	8	12	$I = \frac{3I+2EX+MO+Pr+RV+AC+Pb+EF+PR+PS}{+PS}$	Valor máximo de importancia					
		Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	baja	media	alta	Muy alta	total	puntual	parcial	extenso	total	crítica	Largo plazo	Medio plazo	inmediato	Fugaz	Temporal	permanente	Recuperable a corto plazo	Recuperable a mediano plazo	irrecuperable	Simple (sin sinergia)	sinérgico	acumulativo	improbable	dudoso	cierto	indirecto	directo	Irregular y discontinuo	periódico	continuo			mínima	media	alta	máxima	total
		carácter	Intensidad (grado de destrucción)					Extensión (Área de influencia)					Momento (Plazo de influencia)			Persistencia (permanencia del efecto)			Reversibilidad (Recuperabilidad)			Acumulación (Incremento progresivo)			Probabilidad (incertidumbre o aparición)			Efecto (Relación causa efecto)		Periodicidad (Regularidad de manifestación)			Percepción social (Grado de percepción del impacto de la pob)							
Signo	I					EX					Mo			Pr			Rv			Ac			Pb			Ef		Pr			PS			S	S					
Medio Físico																																								
1 Generación de energía eólica	Calidad del aire	1	1	1	4	1	1	2	4	4	1	1	2	4	4	4	1	1	23	100																				
	Ruido y vibraciones	-1	4	1	2	2	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	1	1	-27	100																				
	Ahorro de emisiones	1	8	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	60	100																				

	Geomorfología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Suelo	-1	1	2	2	2	2	2	2	4	1	1	-23	100	
	Agua superficial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Agua subterránea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Ambiente biológico														
	Flora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Fauna	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	2	-27	100	
	Medio socioeconómico														
	Aspecto social	1	2	1	4	1	1	1	1	1	2	1	20	100	
	Aspecto cultural	-1	2	1	4	2	1	1	1	4	2	2	-25	100	
	Aspecto económico	1	4	4	4	4	2	2	4	4	1	4	45	100	
	Ambiente de interés humano														
	Estética del proyecto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Uso del territorio	-1	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	-30	100	
Paisaje	-1	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	-30	100		
2 Mantenimiento de equipos e instalaciones	Medio Físico														
	Calidad del aire	-1	1	1	4	1	1	2	1	1	4	2	-21	100	
	Ruido y vibraciones	-1	4	1	2	2	1	1	1	4	1	1	-27	100	
	Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Geomorfología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	Suelo	-1	1	2	2	2	2	2	2	4	1	1	-23	100	
Agua superficial	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100		

3 Generación y disposición de residuos	Agua subterránea	-1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	-16	100
	Ambiente biológico													
	Flora	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Fauna	-1	1	2	2	2	2	2	4	1	1	2	-23	100
	Medio socioeconómico													
	Aspecto social	1	2	1	4	1	1	1	1	1	2	1	20	100
	Aspecto cultural	-1	2	1	4	2	1	1	1	4	2	2	-25	100
	Aspecto económico	1	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4	48	100
	Ambiente de interés humano													
	Estética del proyecto	-1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	-23	100
	Uso del territorio	-1	1	2	2	2	2	2	4	1	1	2	-23	100
	Paisaje	-1	1	2	2	2	2	2	4	1	1	2	-23	100
	Medio Físico													
Calidad del aire	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100	
Ruido y vibraciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
Geomorfología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
Suelo	-1	1	2	2	2	2	2	2	4	1	1	-23	100	
Agua superficial	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100	
Agua subterránea	*1	1	1	1	1	2	2	1	4	1	1	-18	100	
Ambiente biológico														
Flora	-1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	1	-20	100	
Fauna	-1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	1	-20	100	

Medio socioeconómico														
Aspecto social	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	-17	100
Aspecto cultural	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Aspecto económico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Ambiente de interés humano														
Estética del proyecto	-1	1	2	2	2	2	2	2	4	1	2	2	-24	100
Uso del territorio	-1	2	1	2	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
Paisaje	-1	2	1	2	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100

ETAPA DE DESMANTELAMIENTO																																								
Actividad Impactante	Impactos	Valores de los atributos de impactos																																						
		(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	8	12	I = - (SI+2EX+MO+PT+RV+AC+PB+EF+PR+PS)	Valor máximo de importancia					
		Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	baja	media	alta	Muy alta	total	puntual	parcial	extenso	total	crítica	Largo plazo	Medio plazo	inmediato	Fugaz	Temporal	permanente	Recuperable a corto plazo	Recuperable a mediano plazo	irrecuperable	Simple (sin sinérgico)	sinérgico	acumulativo	improbable	dudoso	cierto	indirecto	directo	Irregular y discontinuo	periódico	continuo			mínima	media	alta	máxima	total
		carácter	Intensidad (grado de destrucción)					Extensión (Área de influencia)					Momento (Plazo de influencia)			Persistencia (permanencia del efecto)			Reversibilidad (Recuperabilidad)			Acumulación (Incremento progresivo)		Probabilidad (incertidumbre o aparición)		Efecto (Relación causa efecto)		Periodicidad (Regularidad de manifestación)		Percepción social (Grado de percepción del impacto de la pob)										
Signo	I					EX					Mo			Pr			Rv			Ac		Pb		Ef		Pr		PS					S			S				
Medio Físico																																								
1 Abandono y retiro de instalaciones del parque eólico	Calidad del aire	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-17	100					
	Ruido y vibraciones	-1	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-29	100				
	Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100				

	Geomorfología	1	2	1	2	2	2	2	4	4	2	2	28	100
	Suelo	1	2	1	2	2	2	2	4	4	2	2	28	100
	Agua superficial	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	1	1	-26	100
	Agua subterránea	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100
	Ambiente biológico													
	Flora	1	1	1	4	2	1	1	1	4	4	2	24	100
	Fauna	1	4	2	4	4	2	2	4	4	1	4	41	100
	Medio socioeconómico													
	Aspecto social	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100
	Aspecto cultural	1	2	1	4	2	1	1	1	4	2	2	25	100
	Aspecto económico	1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	38	100
	Ambiente de interés humano													
	Estética del proyecto	-1	1	2	2	2	2	2	4	4	1	4	-28	100
Uso del territorio	1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	38	100	
Paisaje	1	4	2	4	1	2	2	4	4	1	4	38	100	
2 Generación y disposición de residuos	Medio Físico													
	Calidad del aire	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100
	Ruido y vibraciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Ahorro de emisiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Geomorfología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Suelo	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	4	4	-30	100
Agua superficial	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	4	4	-30	100	

Agua subterránea	-1	2	1	2	2	2	1	1	4	4	2	-26	100
Ambiente biológico													
Flora	-1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	1	-20	100
Fauna	-1	1	1	1	2	1	2	4	4	1	1	-21	100
Medio socioeconómico													
Aspecto social	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100
Aspecto cultural	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Aspecto económico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Ambiente de interés humano													
Estética del proyecto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Uso del territorio	-1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	1	-20	100
Paisaje	-1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	2	-21	100

Tabla 3.20. Matriz de cuantificación de impactos

MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTOS																			
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO			ETAPA: CONSTRUCCIÓN								ETAPA: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				ETAPA: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				IMPORANCIA MEDIA TOTAL
			ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO								ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO				ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO				
			Preparación y limpieza del terreno	Construcción y adecuación de caminos de acceso y servidumbre	Circulación de maquinaria, operación de equipos y transporte de maquinaria	Excavación, zanjedo y movimiento de tierra	Fundaciones y montaje de estructura	Levantamiento de torres e instalación eléctrica	Generación y disposición de residuos	Valor Medio	Generación de energía eólica	Mantenimiento de equipos e instalaciones	Generación y disposición de residuos	Valor Medio	Abandono y retiro de instalaciones	Generación y disposición de residuos	Valor Medio		
MEDIO	FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12					
MEDIO FISICO	Calidad del aire	M1	-21	-19	-19	-19	-16	-16	-16	-18	-23	-21	-16	-20	-17	-16	-17	-18	
	Ruido y Vibraciones	M2	-27	-29	-19	-19	-16	-16	-16	-20	-27	-27	0	-18	-29	0	-15	-18	
	Ahorro de emisiones	M3	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	20	0	0	0	7	
	Geomorfología	M4	-38	-35	-27	-24	0	0	0	-18	0	0	0	0	28	0	14	-1	
	Suelo	M5	-38	-36	-23	-27	-27	-26	-20	-28	-23	-23	-23	-23	28	-30	-1	-17	
	agua superficial	M6	-26	-29	-25	-26	-25	0	-19	-21	0	-16	-16	-11	-26	-30	-28	-20	
	Agua subterránea	M7	0	0	0	-23	-27	0	-28	-11	0	-16	-18	-11	-16	-26	-21	-14	
Importancia Media del medio físico									-17					-9					-12
MEDIO BIOLOGICO	Flora	M8	-38	-38	-26	-36	-26	0	-20	-26	0	-26	-20	-15	24	-20	2	-13	
	Fauna	M9	-38	-38	-26	-26	-26	0	-20	-25	-27	-23	-20	-23	41	-21	10	-13	
	Importancia Media del medio biológico									-26					-19				
MEDIO SOCIO ECONOMICO	Aspecto social	M10	26	20	20	21	21	18	24	21	20	20	-17	8	-16	-16	-16	4	

	Aspecto cultural	M11	-27	-34	-31	-31	-40	-25	0	-27	-25	-25	0	-17	25	0	12.5	-10
	Aspecto económico	M12	38	38	38	38	38	35	0	32	45	48	0	31	38	0	19	27
	Importancia Media del medio socioeconómico									9				7			5	7
AMBIENTE DE INTERES HUMANO	Estética del proyecto	M13	-26	-23	-24	-24	-24	-24	0	-21	0	-23	-24	-16	-28	0	-14	-17
	Uso del territorio	M14	-26	-26	-26	-26	-23	-26	-22	-25	-30	-23	-26	-26	38	-20	9	-14
	Paisaje	M15	-26	-26	-26	-26	-23	-26	-22	-25	-30	-23	-26	-26	38	-21	8.5	-14
	Importancia Media del ambiente de interés humano									-24				-23			1	-15
IMPORTANCIA MEDIA TOTAL DEL PROYECTO																		-8

Tabla 3.21. Prueba de Phi para variables de percepción de pobladores sobre impacto social

Prueba de Phi para ISO_1 en relación a la ISO_2, ISO_3, ISO_4, ISO_5, ISO_6, ISO_7	P	Interpretación
(ben1) El aprovechamiento del viento para producir energía, trae beneficios como la iluminación pública * (ben2) En los sitios donde aún se alumbran con leña, el aprovechamiento del viento trae reducción de problemas de salud	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación muy buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.86$, $p < 0.05$), entre la energía eólica trae iluminación pública y trae reducción de problemas de salud.
(ben1) El aprovechamiento del viento para producir energía, trae beneficios como la iluminación pública * (ben3) Aprovechar la energía del viento disminuye el uso de leña	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación muy buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.83$, $p < 0.05$), entre la energía eólica trae iluminación pública y disminución del uso de leña.
(ben1) El aprovechamiento del viento para producir energía, trae beneficios como la iluminación pública * (ben4) El aprovechamiento del viento trae mejora en la atención de salud nocturna	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación muy buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.77$, $p < 0.05$), entre: la energía trae iluminación pública y mejora en la atención de la salud nocturna
(ben1) El aprovechamiento del viento para producir energía, trae beneficios como la iluminación pública * (ben5) El aprovechamiento del viento como fuente de energía trae perjuicio para la comunidad	,007 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.091$, $p < 0.05$), entre: trae iluminación pública y perjuicio a la comunidad.
(ben1) El aprovechamiento del viento para producir energía, trae beneficios como la iluminación pública * (ben6) El aprovechamiento del viento para producir energía eléctrica permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.773$, $p < 0.05$), entre: trae iluminación pública y mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales
(ben1) El aprovechamiento del viento para producir energía, trae beneficios como la iluminación pública * (ben7) El aprovechamiento del viento como fuente de energía permitiría realizar eventos comunales nocturnos	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.78$, $p < 0.05$), entre: trae iluminación pública y permitiría realizar eventos comunales nocturnos
Prueba de Phi para ISO_2 en relación a la ISO_3, ISO_4, ISO_5, ISO_6, ISO_7	P	Interpretación
(ben2) En los sitios donde aún se alumbran con leña, el aprovechamiento del viento trae reducción de problemas de salud * (ben3) Aprovechar la energía del viento disminuye el uso de leña	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación muy buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.87$, $p < 0.05$), entre la energía eólica trae reducción de problemas de salud y disminuye el uso de leña.
(ben2) En los sitios donde aún se alumbran con leña, el aprovechamiento del viento trae reducción de problemas de salud * (ben4) El aprovechamiento del viento trae mejora en la atención de salud nocturna	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.78$, $p < 0.05$), entre la energía eólica trae reducción de problemas de salud y mejora en la atención de salud nocturna

(ben2) En los sitios donde aún se alumbran con leña, el aprovechamiento del viento trae reducción de problemas de salud * (ben5) El aprovechamiento del viento como fuente de energía trae perjuicio para la comunidad	,005 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.095$ $p < 0.05$), entre la energía eólica trae reducción de problemas de salud y trae perjuicio para la comunidad
(ben2) En los sitios donde aún se alumbran con leña, el aprovechamiento del viento trae reducción de problemas de salud * (ben6) El aprovechamiento del viento para producir energía eléctrica permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.77$, $p < 0.05$), entre la energía eólica trae reducción de problemas de salud y permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales
(ben2) En los sitios donde aún se alumbran con leña, el aprovechamiento del viento trae reducción de problemas de salud * (ben7) El aprovechamiento del viento como fuente de energía permitiría realizar eventos comunales nocturnos	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación muy buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.81$, $p < 0.05$), entre la energía eólica trae reducción de problemas de salud y permite realizar eventos comunales nocturnos
Prueba de Phi para ISO_3 en relación a la ISO_4, ISO5, ISO6, ISO7		
(ben3) Aprovechar la energía del viento disminuye el uso de leña * (ben4) El aprovechamiento del viento trae mejora en la atención de salud nocturna	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.73$, $p < 0.05$), entre la energía eólica disminuye el uso de leña y trae mejora en la atención de salud nocturna
(ben3) Aprovechar la energía del viento disminuye el uso de leña * (ben5) El aprovechamiento del viento como fuente de energía trae perjuicio para la comunidad	,35 ns	No existe relación, entre la energía eólica disminuye el uso de leña y trae perjuicio para la comunidad
(ben3) Aprovechar la energía del viento disminuye el uso de leña * (ben6) El aprovechamiento del viento para producir energía eléctrica permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.71$, $p < 0.05$), entre la energía eólica disminuye el uso de leña y permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales
(ben3) Aprovechar la energía del viento disminuye el uso de leña * (ben7) El aprovechamiento del viento como fuente de energía permitiría realizar eventos comunales nocturnos	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.75$ $p < 0.05$), entre la energía eólica disminuye el uso de leña y permitiría realizar eventos comunales nocturnos
Prueba de Phi para ISO_4 en relación a la ISO_5, ISO_6 ISO_7		
(ben4) El aprovechamiento del viento trae mejora en la atención de salud nocturna * (ben5) El aprovechamiento del viento como fuente de energía trae perjuicio para la comunidad	,027 *	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación buena e inversamente proporcional ($r\phi = -0.75$, $p < 0.05$), entre las variables: la tecnología eólica trae mejora en la atención de salud nocturna y la tecnología eólica trae perjuicio para la comunidad

(ben4) El aprovechamiento del viento trae mejora en la atención de salud nocturna * (ben6) El aprovechamiento del viento para producir energía eléctrica permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.77$, $p < 0.05$), entre las variables: la tecnología eólica trae mejora en la atención de salud nocturna y la tecnología eólica permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales
(ben4) El aprovechamiento del viento trae mejora en la atención de salud nocturna * (ben7) El aprovechamiento del viento como fuente de energía permitiría realizar eventos comunales nocturnos	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación muy buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.82$, $p < 0.05$), entre las variables: la tecnología eólica trae mejora en la atención de salud nocturna y la tecnología eólica permite realizar eventos comunales nocturnos
Prueba de Phi para ISO_5 en relación a la ISO_6 ISO_7	P	Interpretación
(ben5) El aprovechamiento del viento como fuente de energía trae perjuicio para la comunidad * (ben6) El aprovechamiento del viento para producir energía eléctrica permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.12$, $p < 0.05$), entre las variables: la tecnología eólica trae perjuicio para la comunidad y la tecnología eólica permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales
(ben5) El aprovechamiento del viento como fuente de energía trae perjuicio para la comunidad * (ben7) El aprovechamiento del viento como fuente de energía permitiría realizar eventos comunales nocturnos	.13 ns	No existe relación, entre la energía eólica trae perjuicio para la comunidad y permite realizar eventos comunales nocturnos
Prueba de Phi para ISO_6 en relación a la ISO_7	P	Interpretación
(ben6) El aprovechamiento del viento para producir energía eléctrica permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales* (ben7) El aprovechamiento del viento como fuente de energía permitiría realizar eventos comunales nocturnos	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación muy buena y directamente proporcional ($r\phi = 0.85$, $p < 0.05$), entre las variables: la tecnología eólica permite tener mayor comunicación a través de internet, correo y redes sociales y permite realizar eventos comunales nocturnos

Tabla 3.22. Prueba Phi para variables percepción de pobladores sobre impacto económico

Prueba de Phi para Iecon_1 en relación a la Iecon_2, Iecob_3 Iecon_4 Iecon_5 Iecon_6	P	Interpretación
(Econ1) La energía eólica tienen un costo que depende de los precios de gas y petróleo * (Econ2) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica puede impulsar el desarrollo de la región de Estelí	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.16$, $p < 0.05$), entre la energía eólica tienen un costo que depende de los precios de gas y petróleo y puede impulsar el desarrollo de la región de Estelí

(Econ1) La energía eólica tienen un costo que depende de los precios de gas y petróleo * (Econ3) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica crea puestos de trabajo	,002 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.105$, $p < 0.05$), entre la energía eólica tienen un costo que depende de los precios de gas y crea puestos de trabajo
(Econ1) La energía eólica tienen un costo que depende de los precios de gas y petróleo * (Econ4) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica, es una energía segura en el sentido que permanece en el día y en la noche	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.18$, $p < 0.05$), entre la energía eólica tienen un costo que depende de los precios de gas y es una energía segura en el sentido que permanece en el día y en la noche
(Econ1) La energía eólica tienen un costo que depende de los precios de gas y petróleo * (Econ5) Cree usted que la comunidad puede participar en la gestión de un proyecto para aprovechar la energía del viento.	,236 ns	No existe relación entre la energía eólica tienen un costo que depende de los precios de gas y participación de la comunidad en la gestión de un proyecto para aprovechar la energía del viento
(Econ1) La energía eólica tienen un costo que depende de los precios de gas y petróleo * (Econ6) Estaría dispuesto a participar en una cooperativa destinada a aprovechar el viento que posee la zona para generar energía eléctrica.	,089 ns	No existe relación entre la energía eólica tienen un costo que depende de los precios de gas y participación en una cooperativa
Prueba de Phi para Iecon_2 en relación a la Ieconb_3 Iecon_4 Iecon_5 Iecon_6		
P	P	Interpretación
(Econ2) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica puede impulsar el desarrollo de la región de Estelí * (Econ3) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica crea puestos de trabajo	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación moderada y directamente proporcional ($r\phi = 0.46$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica puede impulsar el desarrollo de la región de Estelí y crea puestos de trabajo.
(Econ2) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica puede impulsar el desarrollo de la región de Estelí * (Econ4) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica, es una energía segura en el sentido que permanece en el día y en la noche	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación moderada y directamente proporcional ($r\phi = 0.52$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica puede impulsar el desarrollo de la región de Estelí y es una energía segura en el sentido que permanece en el día y en la noche
(Econ2) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica puede impulsar el desarrollo de la región de Estelí * (Econ5) Cree usted que la comunidad puede participar en la gestión de un proyecto para aprovechar la energía del viento.	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.12$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica puede impulsar el desarrollo de la región de Estelí y participación de la comunidad en la gestión de un proyecto para aprovechar la energía del viento.
(Econ2) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica puede impulsar el desarrollo de la región de Estelí * (Econ6) Estaría dispuesto a participar en una cooperativa destinada a aprovechar el viento que posee la zona para generar energía eléctrica.	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.15$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica puede impulsar el desarrollo de la región de Estelí y participación personal en una cooperativa.
Prueba de Phi para Iecon_3 en relación a la Iecon_4 Iecon_5 Iecon_6		
P	P	Interpretación

(Econ3) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica crea puestos de trabajo * (Econ4) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica, es una energía segura en el sentido que permanece en el día y en la noche	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación moderada y directamente proporcional ($r\phi = 0.57$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica crea puestos de trabajo y la tecnología eólica es energía segura en el sentido que permanece en el día y en la noche.
(Econ3) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica crea puestos de trabajo * (Econ5) Cree usted que la comunidad puede participar en la gestión de un proyecto para aprovechar la energía del viento.	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.19$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica crea puestos de trabajo y participación de la comunidad en la gestión de un proyecto para aprovechar la energía del viento
(Econ3) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica crea puestos de trabajo * (Econ6) Estaría dispuesto a participar en una cooperativa destinada a aprovechar el viento que posee la zona para generar energía eléctrica.	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación baja y directamente proporcional ($r\phi = 0.22$, $p < 0.05$), entre las variables: energía eólica crea puestos de trabajo y participación personal en una cooperativa.
Prueba de Phi para Iecon_4 en relación a la Iecon_5 Iecon_6	P	Interpretación
(Econ4) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica, es una energía segura en el sentido que permanece en el día y en la noche * (Econ5) Cree usted que la comunidad puede participar en la gestión de un proyecto para aprovechar la energía del viento.	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación insignificante y directamente proporcional ($r\phi = 0.21$, $p < 0.05$), entre las variables: la tecnología eólica es una energía segura en el sentido que permanece en el día y participación de la comunidad en la gestión de un proyecto para aprovechar la energía del viento.
(Econ4) El aprovechamiento del viento para energía eléctrica, es una energía segura en el sentido que permanece en el día y en la noche * (Econ6) Estaría dispuesto a participar en una cooperativa destinada a aprovechar el viento que posee la zona para generar energía eléctrica.	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación baja y directamente proporcional ($r\phi = 0.22$, $p < 0.05$), entre las variables: la tecnología eólica es una energía segura en el sentido que permanece en el día y participación personal en una cooperativa
Prueba de Phi para Iecon_5 en relación a la Iecon_6	P	Interpretación
(Econ5) Cree usted que la comunidad puede participar en la gestión de un proyecto para aprovechar la energía del viento * (Econ6) Estaría dispuesto a participar en una cooperativa destinada a aprovechar el viento que posee la zona para generar energía eléctrica.	,000 **	Se encontró una relación estadística altamente significativa, asociación moderada y directamente proporcional ($r\phi = 0.47$, $p < 0.05$), entre las variables: participación de la comunidad en la gestión de un proyecto para aprovechar la energía del viento participación personal en una cooperativa

Tabla 3.23. Participantes en grupo focal y entrevistas

Participantes Grupo Focal. Fecha 18.12.18. Local Alcaldía municipal San Nicolás					
No	Nombre	Institución			Código
1	Douglas Bonz	Policía (II jefe)			P1GF
2	Omar José López Camas	FSLN (organización)			P2GF
3	Ismael Araúz Salas	Promotor político FSLN			P3GF
4	Marlon Antonio Valdivia Espinoza	INAFOR			P4GF
5	Martha Picado	Alcaldía San Nicolás			P5GF
6	Xóchitl Jormaly Larios López	Estudiante universitario			P6GF
7	Lázaro Castellón Salinas	MINSA			P7GF
8	Erick Pastor Mendoza	MEFCCA			P8GF
9	Kelvin Reynerio Araúz Rocha	Técnico de cedulaación CEM			P9GF
10	José Noel Gutiérrez Centeno	JS 19 de julio			P10GF
11	José Miguel Laguna Rizo	JS 19 de julio			P11GF
Participantes Entrevista					
No	Nombre	Fecha	Comunidad	Oficio	Código
1	Jesssenia Rayo Dávila	03.03.18	El Sesteo	Directora educación de adulto	PE1
2	Bernardino Blandón Gutiérrez	01.03.18	La Tejera	Productor	PE2
3	Juan Cruz Ramírez Ramírez	02.03.18	La Garnacha	Escultor	PE3
4	Belkis Amparo Rocha Moreno	01.03.18	La Garnacha	Docente	PE4
5	Damaris del R Castillo Moreno	02.03.18	La Sirena	Docente	PE5
6	Josefa Pichardo Silva	18.01.18	Rodeo Grande	Ama de casa	PE6
7	Ezequiel Centeno Salas	01.02.18	Cuajiniquil	Productor	PE7
8	Tiburcia Rocha	17.02.18	Paso Real	Ama de casa	PE8
9	Nicolasa Centeno	18.01.18	Quebrada de Agua	Ama de casa	PE9
10	Juan Herrera	20.03.18	La Garnacha	Productor	PE10