

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

TABLA DE CONTENIDO

2	GENERALIDADES	2-1
2.1	ANTECEDENTES.....	2-1
2.1.1	Antecedentes del proyecto	2-1
2.1.2	Antecedentes con relación a los proyectos existentes en el área de influencia del proyecto eólico BETA	2-4
2.1.2.1	Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018.....	2-4
2.1.2.2	Plan de expansión de referencia de generación-transmisión 2016-2030 de la Unidad de Planeación Minero Energética.	2-8
2.1.2.3	Políticas de desarrollos regionales y locales.....	2-11
2.2	ALCANCE.....	2-13
2.2.1	Limitaciones y/o restricciones del EIA.....	2-15
2.3	METODOLOGÍA.....	2-18
2.3.1	Información cartográfica	2-18
2.3.2	Definición del área de influencia	2-20
2.3.3	Caracterización del medio abiótico	2-23
2.3.3.1	Geología.....	2-24
2.3.3.2	Geomorfología.....	2-25
2.3.3.3	Suelo y uso del suelo.....	2-28
2.3.3.4	Hidrología.....	2-35
2.3.3.5	Calidad del agua.....	2-67
2.3.3.6	Usos del agua.....	2-83
2.3.3.7	Geotecnia.....	2-84
2.3.3.8	Atmósfera.....	2-91
2.3.4	Caracterización del medio biótico	2-177
2.3.4.1	Ecosistemas.....	2-177
2.3.5	Caracterización del medio socioeconómico	2-257
2.3.5.1	Lineamientos para recolección de información secundaria: Revisión y análisis de información.....	2-259
2.3.5.2	Estrategias y técnicas para el levantamiento de información primaria con las comunidades del área de influencia por la presencia del Parque Eólico BETA	2-259
2.3.5.3	Estrategias y técnicas para el levantamiento de información primaria con las comunidades del área de influencia por la vía de acceso al Parque Eólico BETA	2-264

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.5.4	Desarrollo de los lineamientos de participación en el marco de la consulta previa con las comunidades del área de influencia asociadas a la presencia del parque eólico.	2-265
2.3.5.5	Desarrollo de los lineamientos de participación en el marco de la consulta previa con las comunidades del área de influencia asociadas a la vía de acceso al parque eólico.....	2-285
2.3.5.6	Información sobre población a reasentar	2-286
2.3.5.7	Caracterización del componente arqueológico	2-286
2.3.5.8	Información sobre población a reasentar	2-293
2.3.6	Paisaje.....	2-294
2.3.6.1	Unidades de paisaje local	2-294
2.3.6.2	Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico de la zona ..	2-303
2.3.6.3	Sitios de interés paisajístico.....	2-303
2.3.6.4	Percepción y valoración del paisaje	2-304
2.3.6.5	Identificación de grupos con interés y uso sobre el paisaje.....	2-305
2.3.6.6	Programas, proyectos, planes y similares de ordenamiento territorial y/o política pública con proyección de uso, gestión, disfrute y/o protección del paisaje.....	2-305
2.3.7	Servicios ecosistémicos.....	2-305
2.3.8	Zonificación ambiental	2-306
2.4	EQUIPO DE TRABAJO	2-308
2.4.1	Personal que participó en la elaboración del estudio de Impacto ambiental	2-308
2.4.2	Fechas o periodos del levantamiento de información para cada componente y/o medio	2-314

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Proyectos de relevancia nacional ubicados en La Guajira y que han sido licenciados por el ANLA	2-5
Tabla 2-2. Proyectos de relevancia nacional ubicados en La Guajira y que han sido licenciados por el ANLA	2-6
Tabla 2-3. Titulos mineros vigentes en el Departamento de La Guajira	2-7
Tabla 2-4. Proyectos de generación de electricidad registrados en la UPME, vigentes a enero de 2019.....	2-9
Tabla 2-5. Proyectos energéticos que se vienen adelantando en la Guajira	2-12
Tabla 2-6. Especificaciones de las imágenes usadas en el estudio	2-19
Tabla 2-7. Localización de los perfiles estratigráficos realizados en el área de estudio	2-29
Tabla 2-8 Procedimientos determinaciones físico-químicas en el suelo.....	2-31
Tabla 2-9 Factores de clasificación de uso del suelo y uso del suelo.....	2-32
Tabla 2-10. Información secundaria consultada.....	2-36
Tabla 2-11. Fecha de salaita de campo sistema léntico y lótico	2-36
Tabla 2-12. Código de áreas hidrográficas	2-39
Tabla 2-13. Código de zonas hidrográficas.....	2-40
Tabla 2-14. Estimación y cálculo de parámetros morfométricos de las unidades hidrográficas evaluadas.	2-43
Tabla 2-15. Clasificación densidad de drenaje.....	2-46
Tabla 2-16. Estaciones hidrometeorológicas consultadas.....	2-47
Tabla 2-17. Estaciones hidrometeorológicas para análisis de precipitación	2-48
Tabla 2-18. Estaciones meteorológicas en el área de influencia	2-50
Tabla 2-19. Valor de Variación Máxima Admisible (Delta máximo) del estadístico de Smirnov-Kolmogorov.....	2-58
Tabla 2-20. Relación de caudales medios mensuales en Estación Paraguachon	2-64
Tabla 2-21. Relación de datos hidrológicos en cada subcuenca de estudio.....	2-64
Tabla 2-22. Relación de caudales medios mensuales en cada subcuenca de estudio.....	2-64
Tabla 2-23. Puntos de seleccionados para monitoreo de calidad de agua para jagüeyes y pozo	2-68
Tabla 2-24. Ocupaciones de cauce visitadas en el área del parque eólico, en época seca (marzo y junio, 2018) y en época húmeda (mayo, 2018).....	2-69
Tabla 2-25. Ocupaciones de cauce visitadas en época seca en el área de la vía de acceso al parque eólico (época seca enero 2019)	2-70
Tabla 2-26. Protocolo de toma y análisis de las muestras.....	2-74
Tabla 2-27. Tabla de valores	2-78

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-28. Calificación del ICA según los valores.....	2-80
Tabla 2-29. Significancia de los Índice de Contaminación ICOs.	2-80
Tabla 2-30. Localización de los perfiles estratigráficos realizados en el área de estudio ...	2-85
Tabla 2-31. Estaciones utilizadas para el análisis climatológico.....	2-92
Tabla 2-32. Denominación termal	2-97
Tabla 2-33. Denominación por rangos de precipitación anual.....	2-98
Tabla 2-34. Zonificación climática	2-98
Tabla 2-35. Descripción técnica de las estaciones de monitoreo de calidad del aire.....	2-100
Tabla 2-36. Información de la balanza utilizada en laboratorio	2-104
Tabla 2-37. Información del espectrofotómetro utilizado en laboratorio.....	2-106
Tabla 2-38. Muestreadores pasivos para periodos largos de monitoreos.....	2-109
Tabla 2-39. Convenciones del índice de calidad del aire	2-113
Tabla 2-40. Puntos de corte del ICA	2-113
Tabla 2-41. Cálculo de incertidumbre.....	2-115
Tabla 2-42. Límites máximos permisibles de concentraciones establecidos en la norma colombiana.	2-117
Tabla 2-43. Fuentes de área en la etapa de construcción del proyecto.....	2-118
Tabla 2-44. Fuentes lineales en la etapa de construcción del proyecto.....	2-118
Tabla 2-45. Fuentes puntuales identificadas en la etapa de construcción del parque eólico BETA.	2-119
Tabla 2-46. Factores de emisión.....	2-121
Tabla 2-47. Emisiones relacionadas a otras actividades	2-122
Tabla 2-48. Estrategias de control de emisiones.....	2-123
Tabla 2-49. Parámetros de las fuentes de área	2-124
Tabla 2-50. Características de la Flota vehicular	2-125
Tabla 2-51. Transporte por actividad de construcción.....	2-125
Tabla 2-52. Parámetros para el cálculo de emisiones.....	2-126
Tabla 2-53. Tasas de emisión fuentes de área	2-127
Tabla 2-54. Emisiones funcionamiento de la planta de concreto.....	2-127
Tabla 2-55. Tasas de emisión de fuentes puntuales	2-128
Tabla 2-56. Tasas de emisión fuentes lineales por tipo de actividad*	2-128
Tabla 2-57. Emisiones totales estimadas por fuentes lineales	2-129
Tabla 2-58. Emisiones totales estimadas.....	2-130
Tabla 2-59. Parametrización AERMET	2-132

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-60. Parámetros modelo AERMOD.	2-135
Tabla 2-61. Datos de entrada del modelo ISC y AERMOD.	2-136
Tabla 2-62. Idealización de fuentes dentro del modelo AERMOD.	2-138
Tabla 2-63. Resumen fuentes puntuales.	2-139
Tabla 2-64. Resumen fuentes de área.	2-140
Tabla 2-65. Resumen fuentes de volumen.	2-141
Tabla 2-66. Receptores sensibles de modelación.	2-143
Tabla 2-67. Fechas y hora de monitoreo de ruido ambiental.	2-146
Tabla 2-68. Descripción técnica de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental ubicadas en el parque eólico.	2-148
Tabla 2-69. Descripción técnica de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental ubicadas en la vía de acceso.	2-151
Tabla 2-70. Colores recomendados para los mapas de ruido.	2-159
Tabla 2-71. Resumen del procedimiento de cálculo de la incertidumbre.	2-162
Tabla 2-72. Aforo punto Majayut.	2-169
Tabla 2-73. Aforo punto Mapuachon.	2-170
Tabla 2-74. Aforo punto EST 9.	2-171
Tabla 2-75. Niveles de potencia sonora – Equipos de construcción.	2-172
Tabla 2-762-77. Fuentes de área – Escenario Construcción.	2-173
Tabla 2-78. Fuentes Lineales – Escenario Construcción.	2-174
Tabla 2-79. Niveles de potencia sonora – Equipos de operación.	2-174
Tabla 2-80. Estaciones climáticas usadas para determinar la temperatura promedio mensual en el área del proyecto BETA.	2-178
Tabla 2-81. Estaciones climáticas usadas para determinar la precipitación promedio mensual y anual en el área del proyecto BETA.	2-178
Tabla 2-82. Rangos las variables para determinar zonas de vida.	2-180
Tabla 2-83. Características de la ortofoto.	2-182
Tabla 2-84. Número de parcelas establecidas por cobertura.	2-187
Tabla 2-85. Estadígrafos del muestreo en el Área de Influencia Biótica.	2-189
Tabla 2-86. Clases altimétricas para la categoría de regeneración.	2-196
Tabla 2-87. Ecuaciones utilizadas para el análisis de regeneración natural.	2-197
Tabla 2-88. Parámetros interpretativos del cociente de mezcla.	2-200
Tabla 2-89. Estratos definidos para los fustales de la comunidad de plantas del proyecto BETA.	2-201
Tabla 2-90. Índices de fragilidad del paisaje, desde el punto de vista ecológico.	2-214

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-91. Cronograma de las salidas de campo del componente faunístico	2-223
Tabla 2-92. Transectos realizados para observación de aves.....	2-226
Tabla 2-93. Escala de riesgo de colisión para los murciélagos del proyecto eólico BETA	2-245
Tabla 2-94. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP para Colombia	2-253
Tabla 2-95. Familias de Macroinvertebrados con el índice BMWP para Colombia.....	2-253
Tabla 2-96: Descripción gráfica de las actividades del proyecto	2-272
Tabla 2-97. Información digital utilizada para determinar las unidades de paisaje.	2-294
Tabla 2-98. Definición de códigos para la leyenda.	2-295
Tabla 2-99. Clases de calidad visual.....	2-296
Tabla 2-100. Parámetros de la evaluación de la calidad visual del paisaje con el método BLM, a partir de las componentes visuales del paisaje (1980)	2-296
Tabla 2-101. Factor de importancia para las componentes visuales del paisaje.	2-298
Tabla 2-102. Valores de referencia para la calificación del potencial estético del paisaje.	2-298
Tabla 2-103. Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual CAV. Fuente: BLM.	2-299
Tabla 2-104. Escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción visual. ..	2-300
Tabla 2-105. Puntos de observación definidos para el análisis de cuencas visuales del proyecto BETA	2-301
Tabla 2-106. Escala de referencia para la estimación de los elementos discordantes.	2-302
Tabla 2-107. Escala de referencia para la estimación del tamaño de los elementos discordantes.	2-302
Tabla 2-108. Escala de referencia para la estimación de la correspondencia cromática de los elementos discordantes.	2-302
Tabla 2-109. Escala de referencia para la estimación de la correspondencia cromática de los elementos discordantes.	2-303
Tabla 2-110. Personal que participó en el Estudio de Impacto Ambiental.	2-310
Tabla 2-111. Empresas contratistas que participaron en el Estudio de Impacto Ambiental. ...	2-313
Tabla 2-112. Fechas de ejecución de las campañas de muestreo de los medios abiótico y biótico	2-314
Tabla 2-113. Fechas de ejecución de las salidas de campo para el medio socioeconómico ..	2-314
Tabla 2-114. Reuniones con las comunidades del área de influencia – Parque Eólico BETA	2-315

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-115. Cronograma de reuniones con las comunidades del área de influencia – Vía de Acceso parque eólico.....2-316

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-2. Proyectos presentes en el departamento de La Guajira.....	2-13
Figura 2-3. Localización de planchas empleadas en el estudio.....	2-19
Figura 2-4. Esquema de conformación del área de influencia única (TdeR MADS 2016)...	2-21
Figura 2-5. Esquema metodológico para la definición del área de influencia única del proyecto	2-23
Figura 2-6. Pasos para la elaboración del mapa geológico y estructural.....	2-25
Figura 2-7. Esquema jerárquico y multicategorico del sistema geomorfológico.....	2-26
Figura 2-8. Pasos para la elaboración del mapa geomorfológico	2-28
Figura 2-9. Mapa de ubicación de calicatas para perfiles pedológicos	2-29
Figura 2-10. Proceso para delimitación de cuencas.....	2-38
Figura 2-11. Sistema de codificación de unidades hidrologicas	2-39
Figura 2-12. Codificación para subzona hidrográfica.	2-40
Figura 2-13. Extracto de mapa de Zonificación hidrográfica de Colombia. Área Caribe.	2-41
Figura 2-14. Mapa de subzonas hidrográficas en La Guajira	2-41
Figura 2-15. Estaciones meteorológicas consultadas	2-48
Figura 2-16. Estaciones de precipitación seleccionadas para su representación espacial .	2-49
Figura 2-17. Delimitación de las cuencas regionales y de los polígonos de Thiessen en el área de influencia.....	2-50
Figura 2-18. Coeficientes de cálculo para las curvas IDF. Fuente Manual de Drenaje para Carreteras (Instituto Nacional de Vías)	2-60
Figura 2-19. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales.....	2-61
Figura 2-20. Cuenca hidrográfica correspondiente a la Estación fluviométrica Paraguachon.	2-63
Figura 2-21. Mapa de ubicación de calicatas para perfiles estratigráficos	2-85
Figura 2-22. Puntos de muestreo de calidad del aire	2-103
Figura 2-23. (a) Muestreadores pasivos para cuantificación de VOC.....	2-109
Figura 2-24. Descripción de un diagrama de cajas	2-111
Figura 2-25. Estación meteorológica (Modelo Vantage VUE)	2-116
Figura 2-26. Modelo Digital del Terreno	2-131
Figura 2-26. Información meteorológica sectorial WRF.....	2-132
Figura 2-28. Esquema del sistema de modelación AERMOD	2-134
Figura 2-29. Idealización de fuentes del proyecto Parque Eólico Beta.....	2-139
Figura 2-29. Ubicación receptores sensibles.....	2-143

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Figura 2-30. Mallas de receptores e idealización de fuentes.....	2-145
Figura 2-32. Puntos de muestreo de ruido	2-156
Figura 2-33. Altura del micrófono para medir ruido ambiental	2-158
Figura 2-34. Características del modelo de emisión en su versión simplificada	2-164
Figura 2-35. Fuentes de modelamiento - Actual sin Proyecto.	2-166
Figura 2-35. Fuentes de modelamiento - Escenario construcción.....	2-167
Figura 2-37. Fuentes de modelamiento – Escenario de operación.....	2-168
Figura 2-38. Tráfico rodado escenario actual – sin proyecto	2-169
Figura 2-39. Modelo Digital del Terreno	2-176
Figura 2-40. Mapa biotemperatura de la zona.....	2-178
Figura 2-41. Mapa de isoyetas de la zona	2-179
Figura 2-42. Diagrama de zonas de vida (Holdridge, 1978)	2-181
Figura 2-43. Esquema metodológico para el componente flora.....	2-185
Figura 2-44. Representación esquemática de las parcelas en bloque a establecer para la caracterización florística	2-187
Figura 2-45. Ubicación de las parcelas realizadas para el muestreo de flora.	2-192
Figura 2-46. Ubicación puntos de muestreo de epífitas vasculares y no vasculares	2-205
Figura 2-47. Selección de los forofitos a evaluar dentro de las parcelas de 50m x 4m para el muestreo de epífitas vasculares y no vasculares	2-206
Figura 2-48. Representación esquemática para el muestreo de epífitas vasculares por estratos en cada forófito	2-207
Figura 2-49. Representación esquemática para el muestreo de bromelias y orquídeas de hábito terrestre.....	2-207
Figura 2-50. Representación esquemática para el muestreo de epífitas no vasculares por estratos en cada forofito	2-208
Figura 2-51. a) Representación esquemática para el muestreo de musgos, hepáticas y líquenes de hábito terrestre	2-210
Figura 2-52. Ubicación puntos y transectos de muestreo de fauna	2-224
Figura 2-53. Matriz intercultural wayuu	2-270
Figura 2-54. Ejemplo de impacto	2-283
Figura 2-55. Fases metodológicas para el análisis de los servicios ecosistémicos	2-306
Figura 2-56. Organigrama estudio de impacto ambiental	2-309

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 2-1. Ejecución calicata No. 2	2-30
Imagen 2-2. Ejecución calicata No. 8	2-30
Imagen 2-3. Ejecución calicata No. 9	2-31
Imagen 2-4. Visitas de campo a los puntos de ocupación de cauce en el área del parque eólico. Ejemplo, OC N. 1, arroyo Sotchy, en la ranchería de Sukuluwou (a) marzo de 2018; (b) junio de 2018; (c) mayo de 2018.	2-69
Imagen 2-5. Visitas de campo a los puntos de ocupación de cauce en la vía de acceso al parque eólico. Arroyo Santana, en la ranchería de Soshinchon enero de 2019	2-70
Imagen 2-6. Empleado del Laboratorio Zonas Costeras S.AS, tomando muestras de agua en Jagüey de Sukuluwou y Pozo de Tewou (mayo de 2018).....	2-71
Imagen 2-7. Medición de parámetros en campo Jagüey de Sukuluwou (temperatura, pH, oxígeno disuelto etc.) (mayo de 2018)	2-71
Imagen 2-8 Recolección de Microbiologicos en Jagüey de Sukuluwou y Pozo de Tewou. (mayo de 2018)	2-71
Imagen 2-9. Empleado del Laboratorio Zonas Costeras S.AS, tomando muestras de agua en Jagüey Aipishimana (enero de 2019).....	2-72
Imagen 2-10. Medición de parámetros en campo (temperatura, pH, oxígeno disuelto etc.) Jagüey Soshinchon (enero de 2019)	2-72
Imagen 2-11 Recolección de Microbiologicos en Molino Carloctamana (Karroloutamana). (enero de 2019)	2-72
Imagen 2-12. Ejecución de la calicata Número 1	2-87
Imagen 2-13. Ejecución de la calicata Número 2	2-88
Imagen 2-14. Ejecución de la calicata Número 3	2-88
Imagen 2-15. Ejecución de la calicata Número 4	2-89
Imagen 2-16. Ejecución de la calicata Número 5	2-89
Imagen 2-17. Ejecución de la calicata Número 6	2-90
Imagen 2-18. Ejecución de la calicata Número 7	2-90
Imagen 2-19. Ejecución de la calicata Número 8	2-91
Imagen 2-20. Muestreador Hi-Vol de PM10	2-104
Imagen 2-21. Balanza Analítica OHAUS PA-214-CO.....	2-105
Imagen 2-22. Muestreador de Gases tipo RAC.....	2-106
Imagen 2-23. Espectrofotómetro GENESYS 10 UV-VIS SCANNING THERMO ELECTRON 2-106	
Imagen 2-24. Analizador automático de CO.....	2-107
Imagen 2-25. Monitor de Gases marca RKI modelo Eagle 2.....	2-108

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Imagen 2-26. Sonómetro FUSION 01Db.....	2-161
Imagen 2-27. Descripción física del calibrador acústico CAL21	2-162
Imagen 2-28. Licencia de CadnaA K2 Ingeniería S.A.S	2-164
Imagen 2-29. a) Establecimiento de las parcelas, b) Marcaje del vértice inicial de la parcela, c) Georreferenciación del vértice inicial de la parcela, d) Medición de los individuos fustales, e) y f) Marcaje de los individuos fustales.	2-191
Imagen 2-30. a) a f) Proceso de colección, prensado e identificación del material vegetal. ...	2-194
Imagen 2-31. Implementación en campo de la metodología propuesta a) Cuadrícula de medición b) Utilización de equipos para la colección.	2-209
Imagen 2-32. a) Epífita no vascular presente en una de las unidades de muestreo, b) Epífita no vascular colectada, c) Proceso de colección de epífitas, d) Georreferenciación del forofito.	2-210
Imagen 2-33. Utilización en campo de la cuadrícula de muestreo para el muestreo de musgos hepáticas y líquenes de hábito terrestre.....	2-211
Imagen 2-34. Herpetólogo realizando (a) recorridos nocturnos y (b) recorridos diurnos. ..	2-225
Imagen 2-35. Muestreo visual de avifauna.....	2-227
Imagen 2-36. Grabación de vocalizaciones de aves.	2-229
Imagen 2-37. (a) Redes de niebla, (b) captura de aves con redes de niebla.	2-230
Imagen 2-38. Observación de aves en recorridos nocturnos.	2-231
Imagen 2-39. Observación de aves y murciélagos en vuelo con gafas de visión nocturna.....	2-232
Imagen 2-40. Monitoreo de luna llena (Moonwatching)	2-233
Imagen 2-41. Monitoreo acústico de murciélagos a nivel de cobertura vegetal	2-235
Imagen 2-42. Monitoreo acústico de murciélagos en torre anemométrica de la comunidad de Kijotchon.....	2-235
Imagen 2-43. Búsqueda de refugios de murciélagos	2-237
Imagen 2-44. (a) Trampa Sherman y (b) trampa Tomahawk, ubicadas en un arbustal abierto	2-237
Imagen 2-45. (a) Cámara trampa y (b) registro de huellas	2-239
Imagen 2-46. Principales medidas realizadas en los sonogramas de los murciélagos	2-244
Imagen 2-47. Jagüey 6 de Sukuluwou donde se tomaron las muestras hidrobiológicas ..	2-246
Imagen 2-48. Metodología para el muestreo de cuerpos de agua donde se tomaron las muestras hidrobiológicas	2-247
Imagen 2-48. Disco Sechi en (a) jagüey 2 y (b) jagüey 41	2-250
Imagen 2-49. Red de plancton (a) jagüey 6 y (b) jagüey 29	2-252
Imagen 2-50: Línea del tiempo para el desarrollo de un parque eólico	2-282

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Imagen 2-51. Paisaje Proyecto Eólico BETA.	2-288
Imagen 2-52. Paisaje Proyecto Eólico BETA.	2-288
Imagen 2-53. Actividades en campo	2-290

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2 GENERALIDADES

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes del proyecto

La empresa promotora del Proyecto de Generación de Energía Eólica BETA es una sociedad de derecho colombiano llamada Eolos Energía SAS ESP., con Nit: 900.681.857-0 con domicilio en Medellín. Tiene acuerdos para el desarrollo del proyecto con la empresa especializada en desarrollo de generación eólica RG Renovatio Group Limited, quien es un actor líder en el sector a nivel mundial, con presencia en Rumania, Polonia, Portugal, República de Moldavia, Bulgaria y Colombia. Las actividades del Grupo cubren gran parte de la cadena de valor de las energías renovables, desde el desarrollo de proyectos, a través de la ingeniería y EPC (Engineering, Procurement, and Construction), hasta la operación de activos y comercialización de energía.

La empresa Eolos Energía SAS ESP en su deseo de potenciar el crecimiento de la producción de energía eléctrica por medio de fuentes renovables en Colombia, planea la construcción y operación del proyecto de generación de energía eólica BETA en el departamento de La Guajira, en los municipios de Uribia y Maicao. A través de la ejecución de este proyecto, la empresa busca aprovechar el recurso eólico para la generación de energía eléctrica y la integración al Sistema de Transmisión Nacional – STN.

El departamento de La Guajira presenta un alto potencial eólico que se puede observar mediante el Atlas del viento¹ del IDEAM, el cual contiene mapas de velocidad del viento a diferentes alturas del suelo que revelan velocidades superiores a 8 m/s, indicando la viabilidad técnica para el desarrollo de proyectos eólicos en esta región del país. Por esta razón, la empresa Renovatio Group decidió comenzar actividades para el estudio del recurso eólico, mediante la instalación de varias torres de medición en los municipios de Maicao y Uribia. Con mediciones desde enero de 2015 hasta la fecha.

Dadas las óptimas condiciones del recurso eólico medido en la torre de medición de la ranchería de Kijotchon, la cual cuenta con todos los permisos necesarios ante las autoridades competentes (permiso de estudio del recurso eólico emitido por Corpoguajira, permiso de altura por parte de la Aeronáutica Civil y Protocolización de Consulta Previa con dicha comunidad) y las adecuadas relaciones con las comunidades en el rango de medición de esta torre anemométrica, Renovatio Group emprendió el desarrollo del proyecto eólico BETA en las rancherías de Cacherin, Curalarrain, Kijotchon, Majayut, Mapuachon, Sukuluwou y Tewou, las cuales hacen parte del área de influencia por la presencia del parque eólico y la infraestructura asociada, y posteriormente con las comunidades de Aipishimana, Apusilamana, Carcloctamana, Katzialamana 1, Matenari, Rosamana, Shoshinchon 1 y Shoshinchon 2, las cuales hacen parte del área de influencia por encontrarse en inmediaciones de la vía de acceso al parque eólico.

La torre de medición instalada en Kijotchon cuenta con el permiso de altura por parte de la Aeronáutica Civil, otorgado el 19 de mayo de 2016 mediante N. de doc. 4404-085-198.5-

¹ IDEAM. Atlas interactivo. [En línea]. <http://atlas.ideam.gov.co/presentacion/>. [Citado el 5 de diciembre de 2017].

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2016018947; Protocolización de Consulta Previa mediante acta de protocolización del 19 de octubre de 2016; y el permiso de estudio del recurso eólico que fue aprobado por parte de Corpoguajira mediante la Resolución 2059 del 20 de octubre de 2017.

Con el fin de realizar los trabajos de campo necesarios para la elaboración de los estudios ambientales, Renovatio Group solicitó el permiso de estudios a nivel nacional ante la ANLA, mediante radicado número 2017-042859-1-000 del 12 de junio de 2017 (expediente-LIQ0278-00) y mediante el Auto N° 3030 del 24 de julio de 2017 se inicia el trámite respectivo. Posteriormente, mediante Resolución N 01216 del 29 de septiembre de 2017, la ANLA otorga el Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales.

Adicionalmente, el 18 de septiembre de 2017 mediante el radicado EXTM17-41999 se solicitó ante el Ministerio del Interior la certificación de presencia o no de grupos étnicos en el área del parque eólico y mediante la Certificación N° 01470 del 22 de diciembre de 2017, se notificó la certificación para dicha área, en donde se registra la presencia de las comunidades indígenas wayuu Cacherin, Curalarrain, Kijotchon, Majayut, Sukuluwou, Mapuachon, y Tewou, pertenecientes al resguardo indígena Alta y Media Guajira. Por lo cual, para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 330 de la Constitución Política, los artículos 6 y 7 de la Ley 21 de 1991, el artículo 76 de la Ley 99 de 1993, el decreto 1320 de 1998 y la directiva presidencial 01 de 2010, el 10 de enero de 2018 se solicitó ante el Ministerio del interior el inicio de Consulta Previa con los grupos étnicos certificados.

A partir de la certificación de presencia de comunidades étnicas N° 01470 del 22 de diciembre de 2017, se surtieron cada una de las etapas de la Consulta Previa de las comunidades étnicas del área de influencia asociadas a la presencia del parque eólico, de la siguiente manera: 1) Preconsulta y Apertura, entre el 20 de febrero y el 2 marzo de 2018. 2) Identificación de impactos y medidas de manejo, entre el 17 y el 27 de abril de 2018. 3) Protocolización de acuerdos entre el 18 y el 28 de septiembre de 2018.

Es importante precisar que anterior a la fecha de radicación de la solicitud de presencia de comunidades étnicas, la empresa adelantó un proceso de relacionamiento con las comunidades étnicas con las cuales se ha tenido interés desde el principio de desarrollar el proyecto eólico. El mencionado relacionamiento, se desarrolló entre 2016 y 2018 y consistió en la implementación de un protocolo de relacionamiento con cada una de las (7) comunidades étnicas del área de influencia asociada al proyecto eólico.

En este sentido durante el último semestre de 2016 y en lo corrido del año 2017 y 2018, la Empresa, adelantó visitas de reconocimiento en campo con cada una de las comunidades a incluir en el desarrollo del proyecto eólico, teniendo como objetivos definidos para estas visitas los siguientes: reconocimiento de las autoridades ancestrales y tradicionales, reconocimiento de los límites que se fijan dentro del territorio, delimitación del polígono con las comunidades vecinas, caracterización general de los aspectos demográficos, espaciales, económicos, culturales, políticos de cada una de las comunidades y delimitación de un polígono único o área del proyecto en el cual se proyectaría el emplazamiento de la infraestructura asociada al parque eólico.

El 26 de enero de 2018, la empresa Eolos Energía SAS ESP mediante radicado No 2018006869-1-000 envió a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA la solicitud de pronunciamiento sobre la necesidad o no de presentar Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) para el proyecto de generación de energía eólica BETA.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

El 21 de marzo de 2018 mediante comunicado N° 2018032667-2-000 la ANLA se pronuncia sobre el requerimiento, e informa que conforme al expediente NDA1203-00 el equipo técnico de evaluación de la Subdirección de Evaluación y Seguimiento considera que para el proyecto de generación de energía eólica BETA No se requiere la presentación de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), teniendo en cuenta que se localiza en una zona con un potencial eólico con velocidades de viento superiores a 8 m/s, y a su vez evita y/o minimiza la afectación ambiental en los medios abiótico, biótico y socioeconómico.

El 05 de septiembre de 2018, mediante radicado N. E1-2018-026327, la empresa solicitó ante La Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible el levantamiento parcial de veda nacional para las especies de flora silvestre que se verán afectadas con el desarrollo del parque eólico y que se encuentran vedadas a nivel nacional (ver Anexo 34.1). El 13 de septiembre de 2018, mediante radicado ENT 6374 la empresa realizó la solicitud del levantamiento parcial de veda regional de individuos de la especie *Handroanthus Bilbergii*, presentes en el área del parque eólico (ver Anexo 34.2).

Una vez surtidas todas las etapas y actividades del EIA, específicamente aquellas que conciernen el consentimiento de las comunidades indígenas por el desarrollo del proyecto en su territorio, la sociedad Eolos Energía radicó ante la Agencia Nacional de Licencias Ambientales el 11 de octubre de 2018 el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de generación de energía eólica BETA; el cual tuvo visita de evaluación entre el 13 y el 17 de noviembre de 2018 y finalmente reunión de solicitud de información adicional los días 11 y 12 de diciembre de 2018.

Durante ésta reunión de información adicional la Autoridad Ambiental solicitó a la empresa Eolos Energía a través de los 29 requerimientos del acta N° 100 del 12 diciembre de 2018, que incluyera dentro del área de influencia del parque eólico la vía de acceso al proyecto y la totalidad de las unidades territoriales delimitadas por la sociedad, y con ello toda la modificación a los capítulos del EIA a que diese lugar por la inclusión del área adicional requerida por la autoridad.

De este modo, y con el fin de incluir el área adicional al área de influencia solicitada por la autoridad, la sociedad Eolos Energía desarrolló una estrategia para el relacionamiento con las comunidades indígenas asentadas sobre la vía de acceso, con el fin de realizar una socialización general del proyecto, un taller de impactos, medidas de manejo e identificación de servicios Ecosistémicos, todo esto con miras a la delimitación del área de influencia del acceso al proyecto.

Este primer momento de acercamiento con las comunidades del área de influencia por la inclusión de la vía de acceso, se realizó durante los días 18, 19 y 20 de diciembre de 2018.

A partir de los resultados de este primer encuentro se definió una nueva área de influencia y con esta, se solicitó ante el Ministerio del Interior una certificación sobre la presencia o no de comunidades étnicas, el cual se radicó el 24 de diciembre de 2018 con número de EXTMI18-52881. (Ver Anexo 23 Rad_Eolos_EXTMI18-52881)

Adicionalmente, para dar respuesta a los requerimientos de información adicional, el 08 de febrero de 2019, mediante radicado por página VITAL 3500090068185719003, la empresa solicitó ante La Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible el levantamiento parcial de veda nacional para las especies de flora silvestre que se verán afectadas con el desarrollo de la vía de acceso al

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

parque eólico y que se encuentran vedadas a nivel nacional (ver Anexo 34.1). El 04 de febrero de 2018, mediante radicado ENT-893 del 11 de febrero de 2019 la empresa realizó la solicitud del levantamiento parcial de veda regional de individuos de la especie *Handroanthus bilbergii*, presentes en el área del acceso al parque eólico (ver Anexo 34.2).

Con la finalidad de que la instalación del parque eólico BETA y su acceso correspondiente, produzca los menores impactos, se verificó que el área de influencia única del proyecto no se encontrara dentro de algún convenio de ecosistemas sensibles, tales como áreas protegidas, Distritos de Manejo Integrado (DMI), ecosistemas estratégicos, entre otros. Para esto se consultaron los portales del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y el Sistema Regional de Áreas Protegidas del Caribe colombiano (SIRAP) evidenciándose que el área de influencia única del proyecto no se encuentra dentro de ningún ecosistema sensible, a excepción de un área prioritaria para la conservación la cual no ha sido declarada bajo ninguna de las figuras antes mencionadas.

Además, en el diseño del Parque Eólico BETA, se tuvo en cuenta la existencia de proyectos de desarrollo en la región, con el fin de evitar traslapes de territorios.

2.1.2 Antecedentes con relación a los proyectos existentes en el área de influencia del proyecto eólico BETA

Con la finalidad de dar respuesta al requerimiento de información adicional número 2 y de evaluar posibles sobreposiciones con el proyecto de generación de energía eólica BETA, se actualizó la información sobre los proyectos existentes en la región, principalmente aquellos proyectos que se vienen adelantando en el área de influencia del mismo y que cuentan con licencia ambiental o se encuentran en proceso de licenciamiento.

En aras de actualizar la información, se solicitó a la Corporación Autónoma de La Guajira (Corpoguajira) y a la Autodad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) información sobre los proyectos, políticas y planes y programas de interés nacional y/o regional que se vienen adelantando a la fecha en los Municipios de Uribia y Maicao- departamento de La Guajira y el estado en el que se encuentran dichos proyectos (ver Anexo 49), adicionalmente, se consultaron las certificaciones emitidas por el Ministerio del Interior sobre la presencia o no de comunidades indígenas en las zonas donde se pretenden desarrollar proyectos eólicos y el registro de proyectos de generación de energía de la UPME², así mismo se consultó la página del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). A continuación, se presentan a modo de antecedentes la información relacionada con la presencia de planes, programas y proyectos a nivel nacional, regional y local que se relacionan con el proyecto de generación de energía eólica BETA y su área de influencia:

2.1.2.1 Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018

En este plan se establecen las principales estrategias de intervención que se realizan desde el Gobierno Nacional para el departamento de La Guajira; a saber, se entiende su importancia en la conectividad de flujos comerciales con otras regiones y departamentos, además de ser

² SIMEC, SIEL, Unidad de Planeación minero energética UPME. Registro de proyectos de generación (Inscripción según requisitos de las resoluciones UPME No. 0638 de 2007 y No. 0143 de 2016), Actualizado el 10 de diciembre de 2018 [En línea] <<http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/Inscripci%C3%B3ndeProyectosdeGeneraci%C3%B3n/tabid/113/Default.aspx>> [Citado el 18 de diciembre de 2018].

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

un corredor estratégico para el comercio internacional, su potencial turístico y modelo para la implementación de energías renovables y las denominadas no convencionales.

La Guajira se plantea como un corredor estratégico a nivel económico, por esta razón se proponen proyectos que deben ser considerados en las visiones regionales y locales para construir su desarrollo económico y continuar con sus tendencias de crecimiento; entre los principales se encuentran la intervención con tramo vial entre Villanueva - Cuestecitas y la ampliación a doble calzada de la vía Santa Marta - Riohacha; en proceso de priorización como proyectos estratégicos se encuentran la Línea Férrea entre Chiriguaná y Dibulla, y construcción de la doble calzada en la San Roque - Paraguachón, este último tramo coincide con el programa de las autopistas 4G y beneficiaria amplios sectores del resguardo de la Alta y Media Guajira.

La Guajira se cuenta como una zona de desarrollo incipiente, en la que se debe aprovechar su oferta ecosistémica para el desarrollo del turismo y las energías no convencionales, dentro de la que se incluye la energía eólica, esto tiene como foco transitar de las energías actuales que dependen en buena medida del recurso hídrico y que ponen en jaque la confiabilidad del sistema en periodos de hidrología baja.

El desarrollo de parques eólicos se asocia también con la posibilidad de universalizar el servicio de energía eléctrica y el aprovechamiento de recursos geotérmicos, energía de los mares, el potencial solar y eólico, entre otros³; todo esto con miras a la previsión de garantizar las coberturas de energía mejorando los costos y contribuyendo a la disminución de la contaminación ambiental.

A continuación, se presenta la información proporcionada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), sobre los proyectos de interés nacional que se adelantan en la región.

Tabla 2-1. Proyectos de relevancia nacional ubicados en La Guajira y que han sido licenciados por el ANLA

Expediente	Nombre Proyecto	Nombre Promotor	Estado	Sector	Municipio
LAM1094	Explotación de carbón bloque central del Cerrejón zona norte. Mina el Cerrejon (áreas integradas)	Carbones del Cerrejon Limited.	Licenciado	Carbón	Barrancas Hatonuevo Manaure Uribia
LAM2653	Gasoducto Ballenas (Colombia) - Centro de Refinación de Paraguaná CRP (Venezuela), ubicado en la península de la Guajira (Colombia) hasta la península de Paraguaná (Venezuela)	PDVSA Gas S.A. Sucursal Colombia	Licenciado	Hidrocarburos	Maicao Manaure Riohacha

³ Ibíd., p. 5-520.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Expediente	Nombre Proyecto	Nombre Promotor	Estado	Sector	Municipio
LAM4140	Licencia Ambiental para el proyecto de Perforación Exploratoria Bloque Tiburón	COLPAN OIL & GAS LTDA Sucursal Colombiana	Licenciado	Hidrocarburos	Uriibia
LAV0007-00-2018	Proyecto de generacion de energia eolica ALPHA	Vientos del Norte S.A.S E.S.P	Licenciado	Energía Alternativa	Maicao
LAV0029-00-2018	Estudio de impacto ambiental parque eolico Windpeshi	ENEL GREEN POWER Colombia	En evaluación	Energía Alternativa	Maicao
LAV0042-00-2018	Àrea de perforación exploratoria GUA 2	HOCOL S.A.	En evaluación	Hidrocarburos	Maicao

Fuente: Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales ANLA

Tabla 2-2. Proyectos de relevancia nacional ubicados en La Guajira y que han sido licenciados por el ANLA

Expediente	Nombre Proyecto	Nombre Promotor	Estado	Sector	Municipio
LAM0683	Bloque exploratorio Patillal Noreste	Drummont LTD	Licenciado	Minero	Albania Barrancas Fonseca
LAM2653	Área de perforación exploratoria Salinas	Petrolifera petroleum Colombia Limited	Licenciado	Hidrocarburos	Riohacha Manaure Maicao
LAM3256	Licencia ambiental para el área de perforación exploratoria Calisto	Ecopetrol S.A.	Licenciado	Hidrocarburos	Uriibia
LAM3269	Area de perforación exploratoria "Ganimedes"	Ecopetrol S.A.	Licenciado	Hidrocarburos	Rohoacha
LAM3491	Proyecto minero de explotación de carbon Bloque Central del Cerrejon zona norte mina el cerrejón (Areas integradas)	Carbones colombianos del Cerrejon S.A.	Licenciado	Mineria	Barrancas
LAM 4538	Proyecto minero de explotación de explotación de carbón bloque	Carbones del cerrejón LTD.	Licenciado	Mineria	Barrancas

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Expediente	Nombre Proyecto	Nombre Promotor	Estado	Sector	Municipio
	central del cerrejón zona norte. mina el cerrejón (áreas integradas).				
LAM5085	Proyecto de explotación minera de carbón cañaverales, localizado en jurisdicción de los municipios de distracción, fonseca, y san juan del cesar en el departamento de la guajira.	MPX Colombia S.A.	Licenciado	Mineria	Fonseca Distaccion San Juan del Cesar
LAV0045-13	Area de perforación exploratoria Maria Conchita	Turkish Petroleum International Company Limited	Licenciado	Hidrocarburos	Riohacha

Fuente: Sistema de información ambiental SIAC⁴

Tabla 2-3. Titulos mineros vigentes en el Departamento de La Guajira

TITULO	SECTOR	ESTADO
HI7-08101X	Minero	Titulo vigente - en ejecución
GEVB-08	Minero	Titulo vigente - en ejecución
IFD-11339X	Minero	Titulo vigente - en ejecución
146-97	Minero	Titulo vigente-suspendido
0196-20	Minero	Titulo vigente - en ejecución
GLL-15Z8	Minero	Titulo vigente - en ejecución
0029-44	Minero	Titulo vigente - en ejecución
HBL-084	Minero	Titulo vigente - en ejecución
HH4-10451	Minero	Titulo vigente - en ejecución
HJ6-08111	Minero	Titulo vigente - en ejecución
MANAURE	Minero	Titulo vigente - en ejecución
GH2-101	Minero	Titulo vigente - en ejecución
HK2-09191X	Minero	Titulo vigente - en ejecución
HGS-13301	Minero	Titulo vigente - en ejecución

⁴ SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL SIAC. [En línea] < <http://www.siac.gov.co/> > [Citado el 23 de enero de 2019].

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

TITULO	SECTOR	ESTADO
JCD-14381	Minero	Titulo vigente - en ejecución
IDC-11021X	Minero	Titulo vigente - en ejecución
0045-44	Minero	Titulo vigente - en ejecución
JJ3-15311	Minero	Titulo vigente - en ejecución
21850	Minero	Titulo vigente - en ejecución
FBIL-03	Minero	Titulo vigente - en ejecución
027-44	Minero	Titulo vigente - en ejecución
RBN-10281	Minero	Titulo vigente - en ejecución
062-44	Minero	Titulo vigente - en ejecución
ILI-15481	Minero	Titulo vigente - en ejecución
IFD-11336X	Minero	Titulo vigente - en ejecución
JHF-09081	Minero	Titulo vigente - en ejecución
PEJ-08251	Minero	Titulo vigente - en ejecución
RBN-12261	Minero	Titulo vigente - en ejecución
IFD-11332X	Minero	Titulo vigente - en ejecución
KLE-14581	Minero	Titulo vigente - en ejecución
024-44	Minero	Titulo vigente - en ejecución
IFD-11334X	Minero	Titulo vigente - en ejecución
IFD-11338X	Minero	Titulo vigente - en ejecución
IFD-11337X	Minero	Titulo vigente - en ejecución
IFD-11333X	Minero	Titulo vigente - en ejecución
HGS-13332	Minero	Titulo vigente - en ejecución

Fuente: Sistema de información geográfica Corpoguajira⁵ y Catastro minero⁶

2.1.2.2 Plan de expansión de referencia de generación-transmisión 2016-2030 de la Unidad de Planeación Minero Energética⁷.

Uno de los pilares planteados por el plan de expansión de la UPME es la transición de la generación de la energía eléctrica de los mecanismos tradicionales hacia la consolidación de alternativas que reduzcan los niveles de dependencia del recurso hídrico.

Muestra de lo planteado anteriormente es que las expresiones del cambio han generado que “durante los últimos meses se ha visto afectada la generación y la demanda de energía como

⁵ SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA CORPOGUAJIRA.<
<http://200.21.81.35:8080/SIGCORPOGUAJIRA/>> [Citado el 29 de enero de 2019].

⁶ CATASTRO MINERO CMC. [En línea]< <http://www.cmc.gov.co>> [Citado el 24 de enero de 2019]

⁷ Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2016). Plan de expansión de referencia de generación-transmisión 2016-2030. P 51. Información recuperada el 10 de julio de 2018, [disponible en línea]<
http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2016/Plan_GT_2016_2030/Plan_GT_2016_2030_Final_V1_12-12-2016.pdf> [Citado el 10 de enero de 2019].

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

consecuencia del aumento creciente de la temperatura, y la severidad del periodo de sequía extremo”.

La Guajira se ha convertido en uno de los polos para el desarrollo de proyectos de generación de energía, principalmente eólica, lo cual es debido a la intensidad de los vientos en la península colombiana (Alta Guajira), en donde se han registrado intensidades de viento entre los 5 m/s y 11 m/s. De acuerdo al plan de expansión de generación de energía eólica diseñado por la UPME, se estima que en los próximos 5 años La Guajira aporte el 13% de la energía en la matriz de generación nacional, con una producción posible de 3.131 MW⁸ considerándose así, como el pilar del desarrollo de energías no convencionales en referencia a lo eólico.

A pesar de lo anterior, se expresan preocupaciones por la presencia de comunidades indígenas en el territorio pues los complejos procesos de Consulta Previa, pueden comprometer las capacidades de generación de la zona⁹; además de lo anterior, existen restricciones para la construcción de parques eólicos de gran escala que puedan suplir las elevadas demandas que se han generado en las últimas décadas.¹⁰

Con base en la información obtenida en el SIEL (Sistema de Información Eléctrico Colombiano)¹¹, a enero de 2019, en la Unidad de Planeación Minero Energética se encuentran registrados 21 proyectos de generación de energía, de los cuales siete (7) se encuentran en la fase 1 y 14 en la fase 2.

Es de anotar que la fase hace referencia a la etapa en la que se encuentra dicho proceso, el cual se divide en tres fases, siendo la Fase 1 correspondiente a la etapa de pre-factibilidad del proyecto e incluye dentro de sus requisitos, la solicitud a la autoridad ambiental competente sobre la necesidad de realizar Diagnóstico Ambiental de Alternativas, estudio de impacto ambiental o si el proyecto no requiere ninguno de éstos, mientras que la fase 2 hace referencia a la etapa de factibilidad del proyecto” en donde se define si un proyecto es técnica, económica, financiera y ambientalmente factible y conveniente, y se establece la estructura financiera del mismo” y la Fase 3 hace referencia a que el proyecto ya debe tener diseños definitivos. De la misma forma el proyecto debe contar con “Licencia ambiental expedida o auto o acto administrativo mediante el cual la autoridad ambiental respectiva, decide que el proyecto no requiere licencia ambiental”¹²

Tabla 2-4. Proyectos de generación de electricidad registrados en la UPME, vigentes a enero de 2019.

NOMBRE PROYECTO	NOMBRE PROMOTOR	ESTADO	TIPO	CAPACIDAD MW	MUNICIPIO
PARQUE EÓLICO JOTOMANA	JEMEIWAA KA'I S.A.S	Fase 1	EÓLICO	0	URIBIA

⁸ GUAJIRA 360° CENTRO DE PENSAMIENTO PARA EL DESARROLLO. Energía eólica: La Guajira es la joya de la corona. [en línea] < <http://guajira360.org/wp-content/uploads/2017/05/Boletin-Energia-E%C3%B3lica.pdf> > [Citado el 23 de enero de 2019].

⁹ Ibid., p. 2-9.

¹⁰ Ibid., p. 2-9

¹¹ SISTEMA DE INFORMACIÓN ELÉCTRICO COLOMBIANO- SIEL. [En línea] < <http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/Inscripci%C3%B3ndeProyectosdeGeneraci%C3%B3n/tabid/113/Default.aspx> > [Citado el 23 de enero de 2019].

¹² UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Registro_Proyectos_Generacion_Ago2016.pdf

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

NOMBRE PROYECTO	NOMBRE PROMOTOR	ESTADO	TIPO	CAPACIDAD MW	MUNICIPIO
PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO CUESTECITAS*	SOWITEC OPERATION COLOMBIA S.A.S.	Fase 1	SOLAR	135,35	RIOHACHA
CERRITO	DESARROLLOS EÓLICOS URIBIA SAS	Fase 1	EÓLICO	378	URIBIA
ENR COL I*	ENR COLOMBIA S.A. E.S.P.	Fase 1	SOLAR	120	RIOHACHA
PUNTA COCOS*	DESARROLLOS EÓLICOS ALTA GUAJIRA S.A.S.	Fase 1	EÓLICO	362,25	URIBIA
BETA	EOLOS ENERGIA S.A.S. - E.S.P.	Fase 2	EÓLICO	280	MAICAO
ALPHA	VIENTOS DEL NORTE S.A.S. - E.S.P.	Fase 2	EÓLICO	212	MAICAO
SKY SOLUTIONS PLANTA SOLAR GUAJIRA 1*	SKY SOLUTIONS COLOMBIA S.A.S.	Fase 1	SOLAR	0,15	URIBIA
PARQUE EÓLICO EL AHUMADO	GUAJIRA EOLICA I S.A.S.	Fase 2	EÓLICO	50	RIOHACHA
PARQUE EÓLICO MUSICHI	EOLICA MUSICHI S.A.S.	Fase 2	EÓLICO	194	MANAURE
PARQUE EÓLICO WINDPESHI	ENEL GREEN POWER COLOMBIA S.A.S. - E.S.P.	Fase 2	EÓLICO	200	MAICAO
PARQUE EOLICO TUMAWIND	ENEL GREEN POWER COLOMBIA S.A.S. - E.S.P.	Fase 2	EÓLICO	200	URIBIA
PARQUE EÓLICO GUAJIRA I	ISAGEN S.A. E.S.P.	Fase 2	EÓLICO	20	URIBIA
PLANTA FOTOVOLTAICA SOLAR GUARDIENTERA – PV*	AMBENER S.A.S.	Fase 1	SOLAR	181,25	EL MOLINO
PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO SAN JUAN	PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO SAN JUAN S.A.S.	Fase 2	SOLAR	91,28	SAN JUAN DEL CESAR
PROYECTO EOLICO URRACHICHI - CHEMESKY	ENEL GREEN POWER COLOMBIA S.A.S. - E.S.P.	Fase 2	EÓLICO	98	URIBIA
PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO WIMKE*	PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO WIMKE S.A.S.	Fase 2	SOLAR	99,99	SAN JUAN DEL CESAR
ACACIA 2	BEGONIA POWER S.A.S	Fase 2	EÓLICO	80	MAICAO
CAMELIA 1	BEGONIA POWER S.A.S	Fase 2	EÓLICO	52	MAICAO
CAMELIA 2	BEGONIA POWER S.A.S	Fase 2	EÓLICO	99	URIBIA

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

NOMBRE PROYECTO	NOMBRE PROMOTOR	ESTADO	TIPO	CAPACIDAD MW	MUNICIPIO
CAMELIA	BEGONIA POWER S.A.S	Fase 2	EÓLICO	99	URIBIA
* Proyectos que no se pudieron espacializar por falta de insumos.					

Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética – UPME 2019¹³.

2.1.2.3 Políticas de desarrollos regionales y locales

Para efectos de hacer un análisis de las políticas de desarrollo regionales (departamento de La Guajira) y locales (Municipio de Uribia y Maicao) se tiene que:

El enfoque de los instrumentos de desarrollo regional y local se sustentan en el reconocimiento del departamento como un territorio pluriétnico en el que conviven diversas culturas, cosmovisiones y pretende enlazar esta concepción y realizar los elementos propios de cada una de ellas con las perspectivas de desarrollo territorial y económico que se vienen presentando en las últimas décadas en la región, a continuación, se presentan algunas de las líneas de desarrollo que se conectan con el proyecto eólico BETA.

El acompañamiento a los procesos de Consulta Previa es uno de los pilares del plan de desarrollo e incluye la planificación de acciones para el seguimiento de las relaciones de los proyectos de intervención en los territorios ancestrales y resguardos. Lo anterior muestra una articulación con la planificación nacional al establecer mecanismos que puedan ayudar a la puesta en marcha de proyectos de este tipo superando las dificultades que tienen por su interacción con las comunidades indígenas y potenciando las condiciones de desarrollo establecidas en las políticas nacionales; a pesar de lo anterior, se manifiesta que algunos proyectos de este tipo no han generado ningún beneficio para el departamento y su intervención procura intermediar entre ambos actores¹⁴.

Dentro de sus proyectos estratégicos plantean la rehabilitación de la malla vial que conecta los municipios y principales polos de desarrollo con las ciudades del Caribe colombiano, este es un punto de encuentro con el plan nacional de desarrollo y plantea que es un factor que promovería el mejoramiento de condiciones de vida de la población rural.

En la dimensión ambiental incluyen la gestión del recurso hídrico, la identificación y mitigación de las condiciones de riesgo que presenta el territorio en su dimensión natural y social; también incluye estrategias para la adaptación al cambio climático en el que se incluye la gestión de energías alternativas que generen menor contaminación y que aprovechen el potencial de recursos ecosistémicos, especialmente en la región de la Alta y Media Guajira, es este aspecto clarifican que: “la Administración Departamental promoverá e impulsará el uso las energías renovables como fuentes naturales virtualmente inagotables, entre las cuales se destacan la energía solar, la energía eólica, la energía hidráulica y la energía de biomasa, muy conocidas y utilizadas, y además abundantes en la Península de La Guajira”.

¹³ Unidad de Planeación minero energética UPME. [En línea] <<http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/Inscripci%C3%B3ndeProyectosdeGeneraci%C3%B3n/tabid/113/Default.aspx>> [Citado el 23 de enero de 2019].

¹⁴ Gobernación de La Guajira. (2016). Plan de desarrollo departamental 2016-2019. P 471. Información recuperada el 10 de julio de 2018, disponible en el siguiente enlace: <http://www.laguajira.gov.co/web/la-gobernacion/planes-de-desarrollo/3371-plan-de-desarrollo-2016-2019.html>

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Los planes locales y regionales conecta la implementación de energías renovables con la solución de problemas como la cobertura de servicios y el aumento de la calidad de vida y los niveles de equidad de la población vulnerable; manifiestan experiencias exitosas en las que los proyectos se han ligado a las perspectivas de desarrollo, especialmente cuando requieren de intervención con las comunidades indígenas y labores de Consulta Previa; respecto a la energía eólica aclaran que es segura y que favorece mejores condiciones ambientales, sin embargo, ven desventajas como la variabilidad del viento, la generación de ruido y la afectación a las especies de aves.

La promoción para la implementación de la energía eólica es una apuesta que se encuentra establecida no solo a partir de los planes de gestión ambiental de CORPOGUAJIRA, sino, desde la misma Administración Departamental, desde donde se estipula la importancia que tiene la energía eólica frente al cambio climático y el mejoramiento en la calidad de vida los guajiros, planteando que las nuevas energías son importantes para transitar del esquema en el que el departamento ha sido productor de fuentes energéticas altamente contaminantes como el carbón y el gas; agrega que con esta finalidad el departamento propiciará consultas y concertaciones previas con las comunidades indígenas para conjuntamente sacar adelante estos proyectos siempre que promuevan las condiciones de desarrollo regional.

Tabla 2-5. Proyectos energéticos que se vienen adelantando en la Guajira

PROYECTO	TIPO	ESTADO
Joutay ISAGEN WAYUU SA ESP	Eólico	Licencia - CORPOGUAJIRA
Irraipa JEMEIWAA KAI SAS	Eólico	Licencia - CORPOGUAJIRA
Proyecto de Energía Eólica CAMELIA	Eólico	Licencia - CORPOGUAJIRA
Proyecto de Energía Eólica CAMELIA 1	Eólico	Licencia - CORPOGUAJIRA
Proyecto de Energía Eólica CAMELIA 2	Eólico	Licencia - CORPOGUAJIRA
Proyecto de Energía Eólica ACACIA 2	Eólico	Licencia - CORPOGUAJIRA
Proyecto de Energía Eólica GUAJIRA II	Eólico	Sin licencia
PARQUE EÓLICO EGP -URRAICHI - CHEMESKY	Eólico	Sin licencia
PARQUE EÓLICO TUMAWIND O KUISA	Eólico	Sin licencia
PARQUE EOLICO EL AHUMADO	Eólico	Sin licencia
PARQUE EOLICO MUSICHI	Eólico	Sin licencia
PARQUE EÓLICO JOTOMANA	Eólico	Sin licencia
PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO CUESTECITAS	Solar	Sin licencia
Proyecto de Energía Eólica Cerrito	Eólico	Sin licencia
PARQUE SOLAR FOTOVOLTÁICO SAN JUAN	Solar	Sin licencia

Fuente: CORPOGUAJIRA 2019¹⁵ y UPME 2019¹⁶

A continuación, en la Figura 2-1, se muestra la espacialización de la información obtenida sobre los proyectos que se vienen adelantando a la fecha en el departamento de La Guajira. Es de anotar que no todos los proyectos se pudieron espacializar, puesto que mucha de la información obtenida fue tomada de fuentes de información secundaria, debido a que el 17 de

¹⁵ SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA CORPOGUAJIRA. Op Cit. p 2-8.

¹⁶ Unidad de Planeación minero energética UPME. Op cit. p 2-11

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

diciembre de 2018 por medio del radicado ENT-9144 (ver anexo 49.1) se le solicitó a CORPOGUAJIRA información sobre los proyectos que se adelantan en la región, pero a febrero de 2019 no se obtuvo respuesta por parte de esta entidad.

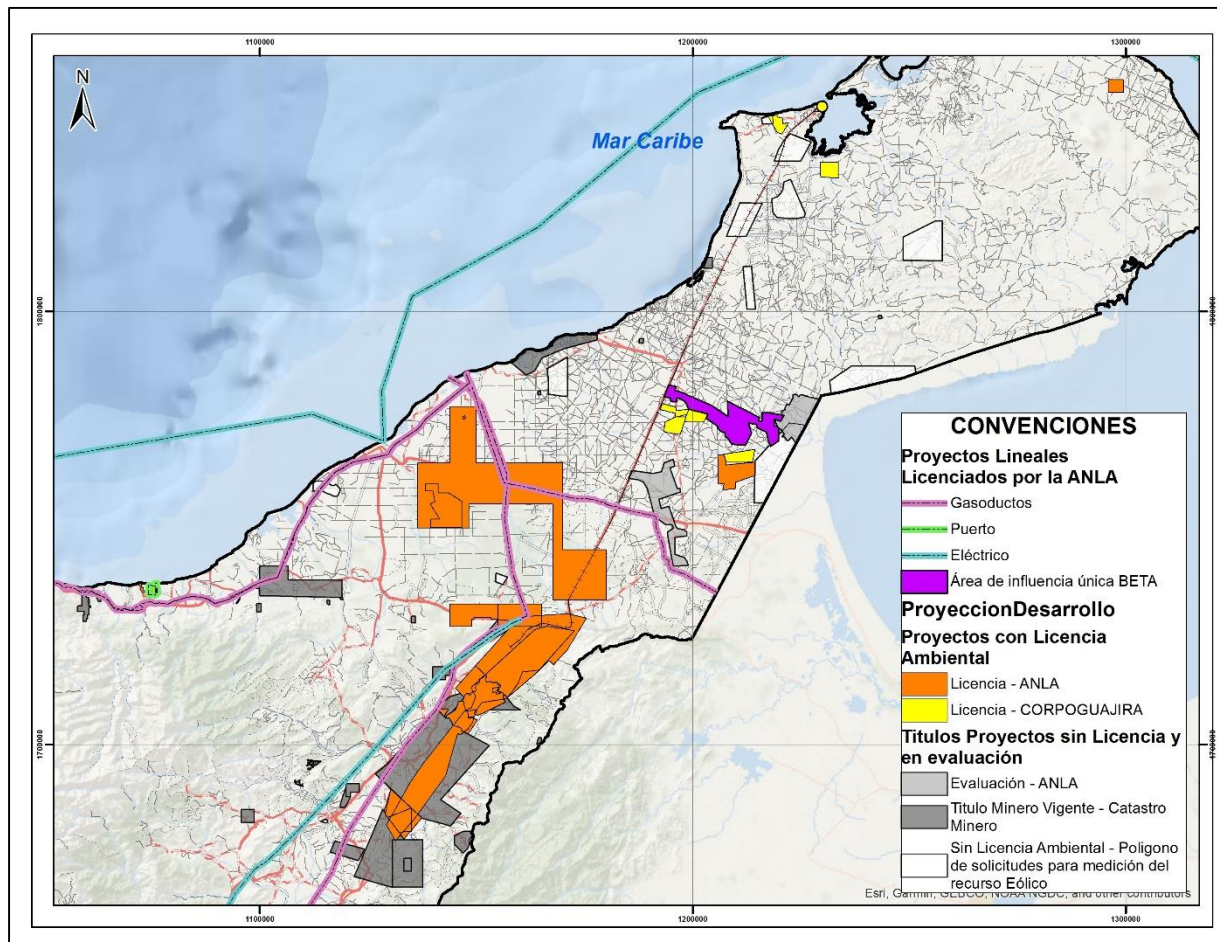


Figura 2-1. Proyectos presentes en el departamento de La Guajira.

Fuente: Renovatio 2019

Al espacializar la información obtenida de los proyectos que se adelantan a la fecha en el Departamento de la Guajira, ya sean de interés nacional y regional, se pudo evidenciar que el Proyecto de Generación de Energía Eólica BETA, no presenta superposición con ningún proyecto que cuente con licencia ambiental o con proyectos que se encuentren en operación; a excepción del corredor de la línea férrea de Cerrejón, por el cual tendrá que cruzar el acceso vial que dirige al parque eólico.

2.2 ALCANCE

El Estudio de Impacto Ambiental –EIA sirve como instrumento para la toma de decisiones frente a los impactos ambientales y sociales generados por el Proyecto de Generación de Energía Eólica BETA, por lo cual, el alcance del presente documento es la definición del conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, estén

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales identificados, que puedan ser causados por el desarrollo del proyecto en cada una de sus etapas.

El presente documento busca cumplir a cabalidad con toda la información necesaria para obtener la correspondiente Licencia Ambiental del Proyecto, siguiendo los lineamientos de los Términos de Referencia emitidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante Resolución No. 1312 del 11 de agosto de 2016¹⁷, la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales¹⁸, el Manual de Evaluación de Estudios Ambientales, Criterios y Procedimientos¹⁹, así como la normatividad ambiental vigente.

En tal sentido, el alcance del presente estudio comprende:

- Caracterización de los componentes asociados a los medios abiótico, biótico y socioeconómico, del área de influencia del proyecto eólico BETA, a partir de información secundaria y levantamiento de información primaria utilizando los diferentes métodos y técnicas propias de cada una de las disciplinas que intervinieron en el estudio
- Descripción detallada de cada una de las etapas del proyecto y de sus características con la finalidad de identificar y evaluar los riesgos ambientales asociados al mismo y planificar su ejecución con el menor daño ambiental posible.
- Identificación y evaluación cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales directos, sinérgicos y acumulativos que pueda ocasionar el proyecto en el desarrollo de las etapas de construcción, operación y desmantelamiento.
- Valoración económica de los impactos ambientales, mediante la identificación y cuantificación física y monetaria de los beneficios y costos derivados de cambios en los bienes y servicios ambientales producidos por los recursos naturales.
- Diseño de las medidas de manejo ambiental para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos identificados y diseño de las medidas de monitoreo y seguimiento.
- Diseño del plan de gestión del riesgo a partir de la identificación de las amenazas, vulnerabilidad y riesgo relacionados con el Parque Eólico y diseño del plan de desmantelamiento y abandono para el cierre de la etapa de construcción y el cierre de la etapa de operación.

¹⁷ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1312 de 2016. Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental - EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones.

¹⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL y LA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. (Resolución 1402 del 25 de julio de 2018). Metodología general para la presentación y elaboración de estudios ambientales. Bogotá. 2018. p. 228.

¹⁹ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Manual de evaluación de estudios ambientales: criterios y procedimientos. Bogotá. 2002. 252 p. ISBN: 958-9487-42-4.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Trámite de permisos, concesiones y/o autorizaciones requeridos para la ejecución de las etapas del proyecto (aprovechamiento forestal, ocupación de cauces, reuso de aguas tratadas en etapa de construcción, emisiones atmosféricas, disposición de excedentes de excavación).
- Identificación de las restricciones sociales y ambientales para el desarrollo del proyecto, con el fin de establecer de esta manera las zonas que deben ser excluidas o manejadas de manera especial para el desarrollo del proyecto, con el fin de asegurar la protección a las dinámicas sociales de las comunidades que habitan el área y proteger los elementos de importancia ambiental.
- Identificación y caracterización de los actores de las unidades territoriales del área de influencia que potencialmente pueden ser afectados por los impactos ambientales significativos del proyecto, propiciando su participación en la identificación y valoración de los impactos y en el diseño conjunto de instrumentos de gestión.

2.2.1 Limitaciones y/o restricciones del EIA

Se considera que, para la elaboración del Estudio de Impacto ambiental, se contó con adecuada información, en cuanto a calidad, cantidad y cobertura. La información que se obtuvo a partir de las diferentes fuentes, se considera que es aplicable para los análisis realizados en los diferentes capítulos del estudio.

Específicamente, se encontraron deficiencias o dificultades en los siguientes temas:

Desde el componente geológico, geomorfológico, la principal restricción correspondió a la identificación de los límites de las unidades, debido a la topografía plana y a la cobertura vegetal que caracterizan la zona, estos dos factores no permitieron una buena perspectiva para la observación del paisaje, teniendo en cuenta que la diferencias entre unidades son muy sutiles y están directamente relacionadas a la presencia de depósitos eólicos superficiales de poco espesor, razón por la que casi la totalidad de la delimitación de las unidades fueron realizadas a partir de la orto fotografía con control de campo en áreas previamente definidas, que permitieron la corroboración de los mismos.

Desde el componente atmosférico, en los modelos de dispersión de contaminantes se interacciona con dos tipos de variables: variables conocidas que pueden ser medidas, como son: velocidad y dirección del viento, temperatura, altura de mezcla, factores de emisión, características de receptores y fuentes, entre otros. Además, existen otras, las cuales no se pueden medir, por ejemplo, algunos detalles no resueltos del flujo atmosférico en condiciones convectivas. Cuando se corre el modelo, que es una idealización de la realidad, estas variables desconocidas generan la pérdida de precisión en las concentraciones de contaminantes finales. Estos errores han sido llamados incertidumbre inherente²⁰. Esta incertidumbre se puede considerar como una limitante del modelo. Para el proyecto eólico BETA se trabajó en ajustar el modelo matemático a la física y química de la atmósfera, para que el modelo presentara la mayor precisión posible. Lo mismo sucedió con los datos de entrada, donde se trabajó con la mejor calidad de los datos posible, obteniendo los datos de los cálculos estimados en la ingeniería básica del proyecto, esto con respecto a la cantidad de materiales, cantidad de vehículos, etc., con el fin de lograr que las concentraciones de salida del modelo fueran lo más aproximadas a la realidad, sin embargo, son datos estimados que serán

²⁰ MAVDT, «Guía nacional de modelación de calidad del aire,» 2008.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ajustados en ingeniería de detalle y en etapa de planeación de obras civiles. En todo caso, se trabajó con datos conservadores, donde se espera que la realidad sea igual o menor a los resultados del modelo.

En el medio biótico la principal limitación se presentó para el componente fauna, en cuanto a la selección de una metodología apropiada para describir y analizar el uso del espacio aéreo (diurno y nocturno) en el entorno de los posibles emplazamientos teóricos de los aerogeneradores, ya que en Colombia hasta la fecha no se cuenta con ningún estudio realizado sobre este tema, por lo cual la selección de la metodología a emplear requirió de la revisión de estudios realizados en parques eólicos de otros países, surgiendo la necesidad de adaptaciones, ya que, todos los estudios encontrados fueron realizados en la etapa de operación, siendo esta la etapa en la cual se puede calcular la magnitud real de colisión en un parque eólico.

Además, otra limitante es la prolongación de tiempo seco en la temporada de lluvias para el área de estudio del proyecto, lo que impidió los muestreos de los diferentes grupos biológicos en época de lluvia, sobre todo en las comunidades más sensibles a estas fluctuaciones como lo son los anfibios y las comunidades hidrobiológicas.

Para la caracterización del medio socioeconómico se tomó parte de la información de los POT de los municipios de Uribia y Maicao, los cuales se regalmentaron en los años 2001 y 2002. Estos instrumentos con 17 y 16 años de existencia, brindan una información caduca de los municipios de interés, lo cual genera en los datos disponibles un nivel de incertidumbre alto; para contrarrestar los efectos del uso de ésta información, se utilizaron fuentes oficiales más actuales como los planes de desarrollo del municipio con vigencia 2016-2019, las proyecciones del DANE, las fichas de caracterización territorial del DNP y la información suministrada por las administraciones locales.

Así mismo, es importante resaltar que, si bien el equipo del medio socioeconómico implementó metodologías de caracterización acordes a las dinámicas socioculturales del mundo wayuu, este se caracteriza por una alta movilidad territorial, dada la permanencia estacionaria de los asentamientos humanos sobre el territorio, de este modo el censo levantado entre febrero y abril de 2018, para las comunidades del área de influencia por el parque eólico y su infraestructura, puede no resultar vigente en su totalidad al momento de realizar la evaluación ambiental en el territorio. Teniendo en cuenta esta particularidad se realizaron las medidas de manejo para el cambio en las dinámicas poblaciones el cual se deriva de esta condición de movilidad.

El estudio del paisaje requiere del análisis de la percepción de los observadores, por tal razón, evaluar la calidad visual antes de la instalación del proyecto, podría implicar muchos supuestos y ser un factor limitante para la evaluación de dicho impacto. Por tal razón en el presente estudio de impacto ambiental, se propone hacer un seguimiento al componente paisaje con la finalidad de evaluar el impacto luego de que el parque eólico sea instalado.

En el desarrollo de la evaluación ambiental, la carencia de protocolos o metodologías estándar para la valoración de impactos acumulativos o sinérgicos, deja a libre escogencia del evaluador, el modo de abordar este tema. El análisis de impactos acumulativos, considera los proyectos de los que hay certeza sobre su ejecución, sin embargo, esto no significa que sean las únicas actividades que combinadas con el proyecto BETA, puedan generar agregación de impactos. Por este motivo, debe ser revisado a medida que el proyecto avanza en su operación, con el fin de re-valorar el primer intento de calificación.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Así mismo la empresa EOLOS ENERGÍA, adaptó el Estudio de Impacto Ambiental a los procesos de evaluación ambiental realizados por ANLA, específicamente en lo concerniente a la solicitud de información adicional realizada los días 11 y 12 de diciembre de 2018 mediante acta N° 11. En este sentido la estructura del documento presentado ante la autoridad ambiental el 11 de octubre de 2018, cambia en función de adaptar la información generada por el proyecto principalmente por la inclusión del corredor de acceso al áparque eólico; lo cual implicó la recolección, el procesamiento y el análisis de un volumen considerable de información para los medios abiótico, biótico y socioeconómico en los tiempos establecidos por ley, para este tipo de trámites, es decir, dos meses.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3 METODOLOGÍA

En este numeral se presentan las metodologías empleadas para el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Generación de Energía Eólica BETA. La información que se presenta está asociada a los enfoques, estrategias, métodos, instrumentos y técnicas empleadas para la recopilación, desarrollo, análisis y presentación de los resultados del Estudio de Impacto Ambiental.

Entendiendo el contexto cultural en el cual se encuentra inmerso este proyecto y que corresponde a comunidades indígenas wayuu de la Media y Alta Guajira, los procedimientos empleados para la recolección de información se diseñaron en el marco del conocimiento y relacionamiento con los pobladores del territorio, esto con el fin de respetar los usos y costumbres de las comunidades del área de influencia.

2.3.1 Información cartográfica

Para la elaboración de la cartografía base y temática del estudio fue necesaria la consulta de diferentes fuentes de información oficiales a nivel Nacional, Departamental y Regional, según lo establecido en la metodología general para la elaboración y presentación de Estudios Ambientales. Adicionalmente, para la elaboración del estudio se adquirió una fotografía aérea que cubre la totalidad del área de influencia única y cuenta con una resolución espacial de 15 cm la cual permitió realizar el ajuste de la información base y temática a la escala solicitada en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental en proyectos de uso de energía eólica continental TdR-09. Información que fue corroborada y/o actualizada en campo por medio de las salidas realizadas en cada uno de los medios y componentes.

Para la cartografía base del estudio se partió de la información suministrada por el Instituto Geografico Agustin Codazzi a escala 1:25.000 que cubre el área de estudio (10-III-A, 10-III-C, 9IID y 9IVB), y las planchas (9-IV-D, 10-I-C, 10-I-D, 10-III-B y 10-III-D) para completar la ventana cartográfica como se presenta en la Figura 2-2 y las especificaciones de la fotografía aérea empleada en estudio se presentan en la Tabla 2-6.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

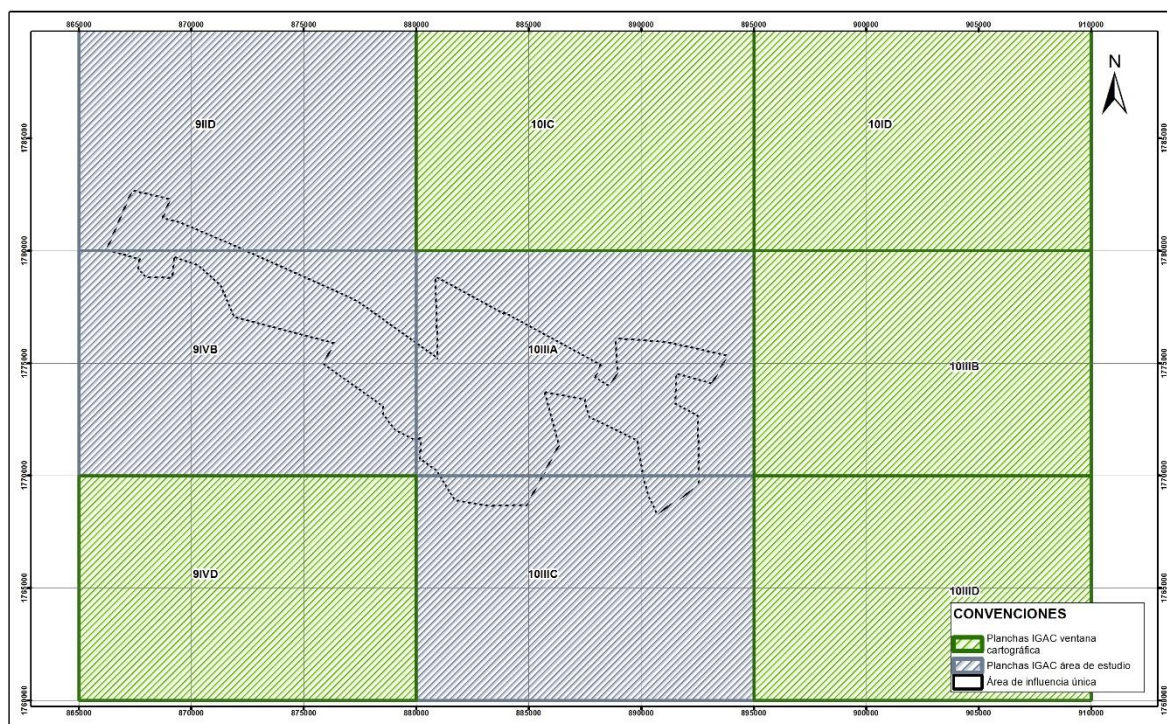


Figura 2-2. Localización de planchas empleadas en el estudio.

Fuente: Renovatio 2019

Tabla 2-6. Especificaciones de las imágenes usadas en el estudio

Ortofoto		
Características de la ortofoto	Valores	
Resolución espectral	Banda	Nanómetros
	Azul	400-600
	Verde	480-660
	Rojo	580-720
	NIR	620-100
Resolución espacial	0,15 m	
Resolución radiométrica	8 bits por banda para un total de 32 bits para la imagen de 4 bandas RGBI	

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.2 Definición del área de influencia

Para la definición del área de influencia del proyecto eólico BETA, se atendieron los requerimientos establecidos en los Términos de Referencia (TdeR) para Proyectos de Uso de Fuentes de Energía Eólica Continental emitidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible²¹, asimismo se tuvieron en cuenta los lineamientos planteados en el Manual de Evaluación de Estudios Ambientales²² y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales²³.

Los TdeR para proyectos eólicos plantean definir el área de influencia única, a partir de la sumatoria espacial de los polígonos de las áreas de influencia definidas para cada medio (abiótico, biótico y socioeconómico), identificando las áreas donde se manifiestan los impactos ambientales más significativos, ocasionados por el desarrollo del proyecto, obras o actividades asociadas.

Las áreas de influencia por cada medio fueron definidas como la unión espacial de las áreas que abarcan los impactos negativos más significativos de cada uno de los componentes de cada medio, los cuales corresponden a:

- Medio abiótico: geología, geomorfología, suelos, hidrología, atmósfera.
- Medio biótico: flora, fauna, ecosistemas acuáticos.
- Medio socioeconómico: político-organizativo, económico, tendencias de desarrollo, demográfico, cultural, espacial.

En la Figura 2-3, se puede observar el esquema de conformación del área de influencia única que proponen los TdeR-09²⁴

²¹ MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Op. cit. p. 2-6.

²² MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Op. cit. p. 2-6.

²³ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Op. cit. p. 2-6

²⁴ MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Op. cit. p. 2-6.

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

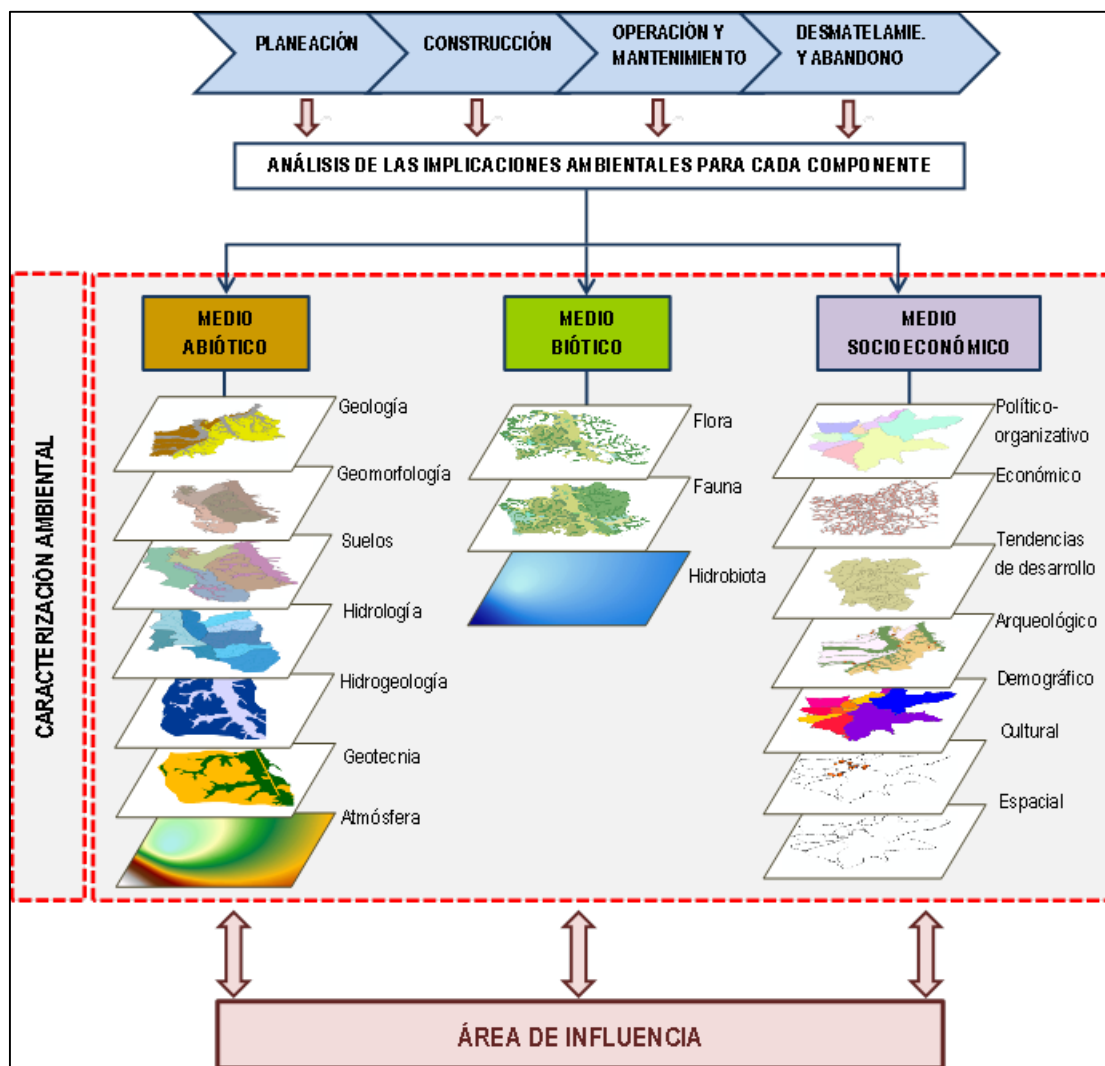


Figura 2-3. Esquema de conformación del área de influencia única (TdeR MADS 2016)²⁵

Fuente: Renovatio 2018

Previo al levantamiento de la línea base se definieron las áreas de influencia preliminares para cada medio, teniendo en cuenta los impactos generados con la instalación del parque eólico en cada uno de los componentes que conforman los diferentes medios.

Finalmente, luego de realizar los muestreos y/o caracterizaciones en las áreas de influencia preliminar y hacer una evaluación de impactos final, se realizaron diferentes geoprocесamientos, que permitieron delimitar las áreas de influencia de cada componente, para obtener áreas de influencia definitivas por medios y, finalmente, el área de influencia única del proyecto.

A continuación, se describen los procedimientos usados para definir el área de influencia única:

²⁵ MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Op. cit. p. 2-6.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Consideraciones técnicas del diseño y ubicación del proyecto

La definición del área de influencia única del proyecto se realizó a partir de la localización de la infraestructura del parque eólico en el territorio, lo cual permitió definir el área de intervención del proyecto y su interacción con cada uno de los medios. Con el fin de asegurar la protección a las dinámicas sociales de las comunidades que habitan el área del proyecto y para proteger los elementos de importancia ambiental de la zona, se realizó un análisis de restricciones ambientales y sociales donde se tuvieron en cuenta unos retiros de protección específicos para la distribución espacial de los aerogeneradores y de la infraestructura del proyecto.

En el capítulo 3 - Descripción del proyecto, se presenta la información técnica relacionada con el diseño del parque eólico; y en el numeral 3.2.3 Diseño del Proyecto, se muestran las distancias de protección definidas para localizar la infraestructura del proyecto.

- Identificación, evaluación y delimitación preliminar de los impactos del proyecto

Luego de conocer la ubicación y el diseño de la infraestructura del proyecto, se realizó una evaluación ambiental preliminar con la finalidad de identificar y delimitar los impactos generados por el proyecto en los componentes de cada medio. Estos impactos se definieron con base en la literatura consultada sobre proyectos de parques eólicos tanto en Colombia como en otras partes del mundo^{26, 27, 28, 29, 30}, así como con las consultas previas realizadas a las comunidades étnicas del proyecto.

- Delimitación preliminar del área de influencia por medios

Después de haber evaluado y espacializado los impactos preliminares; por medio de geoprocесamientos se delimitaron las áreas de influencia preliminares por componentes y por medios.

- Caracterización del área de influencia preliminar en cada uno de los medios

Como lo estipulan los términos de referencia, se realizaron muestreos y/o caracterizaciones de cada uno de los componentes de los diferentes medios, en las áreas de influencia preliminares definidas.

- Identificación, evaluación y delimitación final de los impactos del proyecto

Modelaciones como las de ruido y calidad del aire, muestreos de vegetación, caracterización social en campo, entre otras, permitieron reevaluar la delimitación de los impactos definidos preliminarmente, con esta información se pudo realizar un reajuste a la espacialización de los impactos, para posteriormente poder definir las áreas de influencia definitivas por medios.

- Definición de las unidades mínimas de análisis por cada medio

²⁶ PINILLA, A., RODRÍGUEZ, L y TRUJILLO, R. Performance evaluation of Jepirachi Wind Park. Renewable Energy. Renewable Energy. 2009. Volume 34, Issue 1. p. 48–52.

²⁷ EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. Gerencia de generación de energía. Subgerencia planeación. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Jepirachi. E632 Volumen 1. junio de 2002.

²⁸ WALSH PERÚ SA. Ingenieros y Cinéticos Consultores. Estudio de Impacto Ambiental Parque Eólico Tres Hermanas. Julio de 2012.

²⁹ MARTINEZ E. Estudio de Impacto Ambiental del parque Eólico del Monte Olvedo. Trabajo Fin de Grado. Ingeniería de Recursos Minerales y Energía. Julio de 2012.

³⁰ ASTURVENT ENERGÍAS S.L. Estudio de Impacto Ambiental del parque Eólico “A Xunqueira” 202 p.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Antes de definir las áreas de influencia definitivas por medios, se definieron las unidades mínimas de análisis para cada medio, con el fin de poder definir con mayor precisión las áreas de influencia definitivas por medios.

- Definición final de áreas de influencia por componentes y medios

Con la espacialización final de los impactos y las unidades mínimas de análisis, se definieron las áreas de influencia por componentes, las cuales por medio de una unión espacial permitieron definir las áreas de influencia definitivas por medios.

- Delimitación del área de influencia única

Por medio de una unión espacial entre las áreas definidas para cada medio: abiótico, biótico y socioeconómico, se definió el área de influencia única. Dicha área surgió de la sumatoria de las superficies de afectación de los impactos negativos más significativos de los diferentes medios.

A continuación, se presenta un resumen del esquema metodológico usado para definir el área de influencia única del proyecto (Figura 2-4).

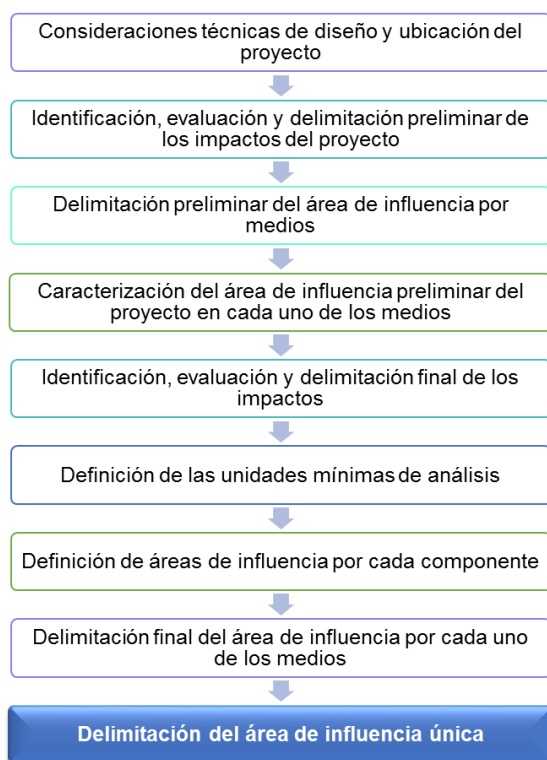


Figura 2-4. Esquema metodológico para la definición del área de influencia única del proyecto

Fuente: Renovatio 2018

2.3.3 Caracterización del medio abiótico

En este numeral se presentan las metodologías específicas empleadas para la caracterización del medio abiótico del área del proyecto.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.1 Geología

Una formación geológica superficial corresponde al conjunto de materiales que conforman la superficie de un terreno como son: roca fresca, roca meteorizada, suelo y depósitos no consolidados³¹. Las formaciones superficiales y geológicas, dependiendo de su origen, son afectadas por diferentes procesos morfodinámicos por lo que su caracterización y cartografía constituye una variable básica para el análisis de los estudios de impacto ambiental.

Para el desarrollo de esta variable fue necesaria la realización de un mapa preliminar, para el cual se utilizó como insumo base la cartografía geológica existente a escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano (SGC), la cual fue actualizada y redelimitada con base en la información obtenida del análisis de sensores remotos y la interpretación de ortofotografía donde fue posible identificar unidades principalmente. Adicional a esto se empleó como insumo para la elaboración de dicho mapa los depósitos o unidades de suelos identificados dentro del estudio de suelos del IGAC, los cuales fueron sujetos a verificación en la etapa de campo.

El trabajo de campo se llevó a cabo con el objetivo de obtener información de detalle del suelo y subsuelo, se realizó la caracterización y verificación de las unidades geológicas a escala 1:10.000 a partir del mapa preliminar, calicatas y unidades geomorfológicas, teniendo en cuenta parámetros como: composición, textura, compacidad, dureza, espesores y rasgos estructurales.

El producto resultante corresponde a la generación de salida cartográfica básica a partir del mapa preliminar y el trabajo de control geológico de campo. En esta salida cartográfica se definieron tipos de material transportado, estructuras geológicas (en caso de ser identificadas en campo), perfil de suelos y los depósitos producto de la dinámica interna de la corteza y la acción de los agentes meteóricos.

La zonificación cartográfica final contempló la delimitación de las unidades geológicas (ubicación, área y caracterización macroscópica) elaboradas con el detalle de los mapas geológicos a la escala estipulada para el estudio. La descripción de cada una de las unidades resultantes de esta zonificación se describió teniendo en cuenta los parámetros del Servicio Geológico de Colombia (SGC).

A continuación, se presentan los pasos para la elaboración del mapa e informe geológico.

³¹ HERMELIN. M. UNIVERSIDAD EAFIT, UNIVERSIDAD NACIONAL. 1987. Geología y Medio Ambiente en Colombia: Un balance. Revista universidad Eafit. N°. 80.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Figura 2-5. Pasos para la elaboración del mapa geológico y estructural

Fuente: Renovatio 2018

2.3.3.2 Geomorfología

La caracterización geomorfológica se desarrolló de acuerdo a la Clasificación Geomorfológica de la metodología oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi³², la cual se basa en las siguientes categorías:

³² INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 2007. Manual de campo para levantamiento de suelos y tierras, Colombia.

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

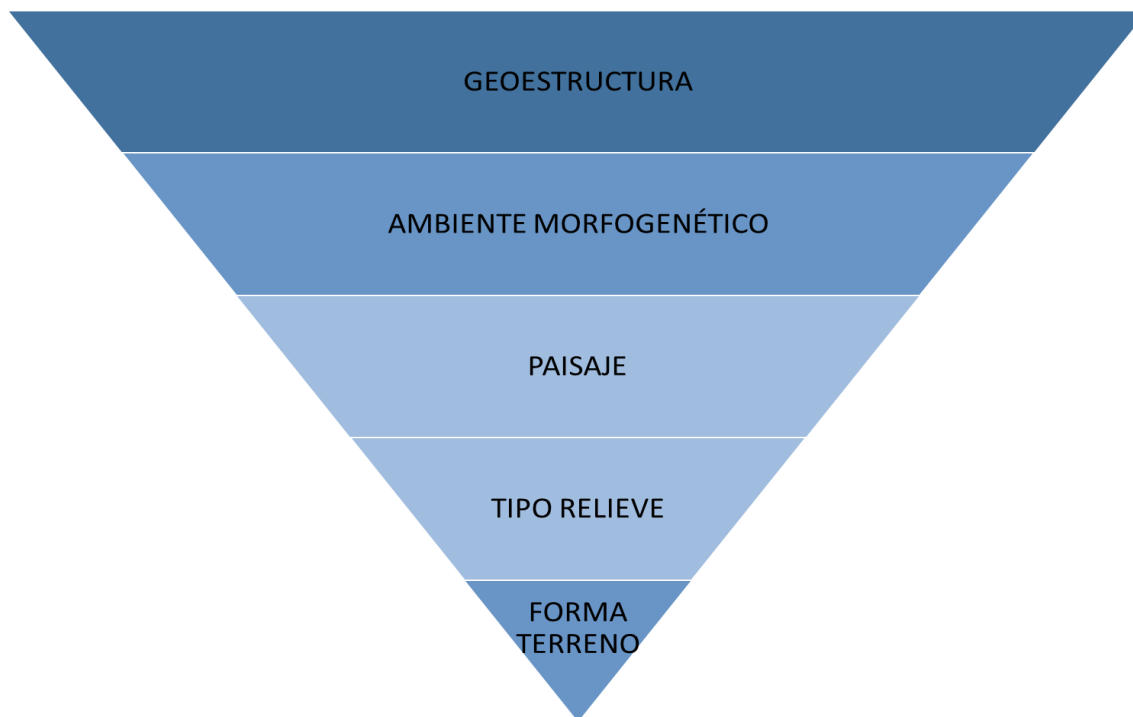


Figura 2-6. Esquema jerárquico y multicategorico del sistema geomorfológico

Fuente: Renovatio 2018

- a.** Geoestructura: corresponde a las megaestructuras de la tierra, caracterizadas según su formación u origen. Se consideran tres tipos: Cordillera, Cuenca Sedimentaria y Escudo o Cratón.
- b.** Ambiente morfogenético de la geoestructura: Corresponde al medio biofísico originado y controlado por la geodinámica (geoestructuras) interna y/o externa de la región, (Deposicional, Disolucional, Erosional o Denudacionales, Estructural, Mixto y Residual).
- c.** El paisaje: Es una porción de espacio, que se mide en decenas de kilómetros y que está constituido por una repetición de tipos de relieve idénticos o por una asociación de tipos de relieve diferentes. Un paisaje se caracteriza por los siguientes criterios: el tipo de topografía, la forma de la topografía, la posición relativa, la desnivelación y las condiciones de vecindad (Altiplanicie, Piedemonte, Lomerío, Peneplanicie, Montaña, Piedemonte, Planicie y Valle).
- d.** Tipos de relieve: Los tipos de relieve son aquellas geoformas determinadas por una combinación dada de topografía y geología estructural, y el modelado lo constituyen las geoformas determinadas por condiciones morfoclimáticas o por procesos morfogenéticos específicos.
- e.** Forma del terreno: Corresponde al nivel más bajo del sistema jerárquico propuesto; es la unidad geomorfológica elemental y está caracterizada por una geometría, una dinámica y una historia particular.

Para la caracterización de esta variable fue necesaria la elaboración de un mapa preliminar, usando la información básica disponible como información secundaria, análisis de sensores

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

remotos y fotografías aéreas, mapas topográficos, mapa de pendientes y un modelo de elevación digital (MED), análisis que permitió la delimitación de las unidades geomorfológicas preliminares, las cuales fueron sujetas de revisión en la etapa de campo, lo cual consistió en la verificación y ajuste de la zonificación geomorfológica.

Durante la campaña de campo desarrollada entre el 17 y 21 de abril de 2018, se realizó la corroboración de las unidades identificadas en el análisis de imágenes, se ajustaron y caracterizaron a detalle de acuerdo a los parámetros de geometría incluyendo rango de pendientes y relieve relativo. Dentro de la elaboración del mapa preliminar, igualmente, se realizó la evaluación de la información geológica de las diferentes unidades litológicas, respecto a su ambiente de formación, composición litológica y expresión morfológica, con el fin de definir la relación con las unidades geomorfológicas a cartografiar.

El resultado de estas etapas se traduce en el mapa final estandarizado que presenta las unidades geomorfológicas a escala 1:10.000 con su respectiva caracterización.

Para el desarrollo de esta clasificación se realizaron las siguientes actividades:

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Figura 2-7. Pasos para la elaboración del mapa geomorfológico

Fuente: Renovatio 2018

2.3.3.3 Suelo y uso del suelo

2.3.3.3.1 Suelos

Para definir las unidades cartográficas presentes en el área de estudio, se realizó un análisis de información secundaria disponible en el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de La Guajira³³. Una vez identificadas las unidades de suelos que abarca el proyecto, se procedió a realizar en campo la descripción de un perfil de suelos por cada unidad cartográfica para el área de influencia del proyecto.

2.3.3.3.1.1 Descripción y muestreo de suelos

Para cada una de las unidades de suelos identificadas se seleccionó un sitio de muestreo, en el cual se describió un perfil mediante la excavación de una calicata de acuerdo con las características del suelo, siendo estas las calicatas 2, calicata 8 y calicata 9, correspondientes a las unidades de suelo RZF, RZG, y RZN respectivamente. Para el presente estudio la calicata 2 y 8 se realizaron con dimensiones de 1 x 1 x 3,5 m (3,5m³), ya que en estos puntos se realizó el estudio tanto de suelos como de geotecnia, y la calicata 9 con dimensiones de 1 x 1 x 1,5 m (1,5m³) considerando que en este punto se realizó solo para el estudio de suelo.

La salida de campo para el análisis de los perfiles pedológicos se realizó entre el 17 y el 21 de abril de 2018 en donde se procedió con la evaluación de la descripción morfológica y la clasificación de suelos.

La descripción morfológica se realizó en cada uno de los horizontes y/o capas presentes así: espesor del horizonte, estructura (tipo, clase y grado de desarrollo), clase textural (contenidos

³³ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 2012. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras, Departamento de la Guajira. Imprenta Nacional de Colombia.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

de arena, limo y arcilla), profundidad efectiva (limitantes), color (tabla Munsell; matiz, value y chroma), porosidad (lupa de 20X; tamaño y cantidad de poros), pedregosidad superficial e interna, contenido de raíces (tamaño y cantidad), actividad de macroorganismos; y repelencia al agua por el método del tiempo de penetración de la gota de agua (Water Drop Penetration Time, WDPT, segundos). Se estimó el pH por cintas de comparación de color, resistencia a la penetración, reacción al ácido clorhídrico (HCl) para determinar la presencia de carbonatos de calcio. Además de la ubicación geográfica, ubicación en el paisaje, material parental, cobertura y uso del suelo.

Durante el muestreo de los perfiles en cada uno de los horizontes identificados se tomó una muestra de aproximadamente 1 kg la cual fue llevada al laboratorio con el fin de realizar las determinaciones físicas y químicas. En la Figura 2-8 y la Tabla 2-7 se presentan la localización espacial de las calitas y la ubicación, georreferenciación y profundidades, respectivamente.

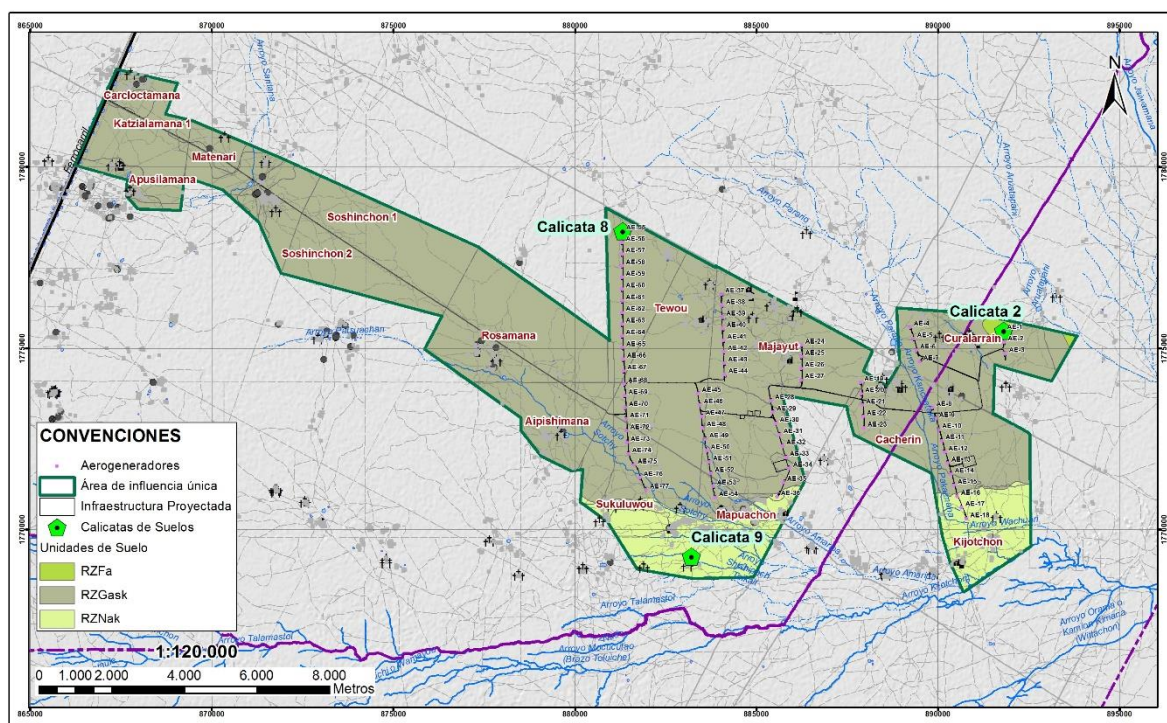


Figura 2-8. Mapa de ubicación de calicatas para perfiles pedológicos

Fuente: Renovatio 2019

Tabla 2-7. Localización de los perfiles estratigráficos realizados en el área de estudio

Identificación del perfil de suelo	Tema	Localización Ranchería	Coordenadas magna sirgas origen este		Profundidad (m)
			Este	Norte	
Calicata 2	Suelos y geotecnia	Curalarrain	891799,553	1775484,210	3,5 m
Calicata 8	Suelos y geotecnia	Tewou	881311,888	1778233,000	3,5 m

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Identificación del perfil de suelo	Tema	Localización Ranchería	Coordenadas magna sirgas origen este		Profundidad (m)
			Este	Norte	
Calicata 9	Suelo	Sukulowou	883207,979	1769264,780	1,5 m

SRC: Magna Sirgas Este

Fuente: Renovatio 2018



Imagen 2-1. Ejecución calicata No. 2

Fuente: Renovatio 2018



Imagen 2-2. Ejecución calicata No. 8

Fuente: Renovatio 2018

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-3. Ejecución calicata No. 9

Fuente: Renovatio 2018

2.3.3.3.1.1.1 Análisis de laboratorio

Las muestras de los diferentes horizontes descritos en campo se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, en donde se realizaron los siguientes análisis químicos: pH, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, carbono orgánico, calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo disponible, aluminio de cambio, y pruebas físicas de textura, porosidad, densidad aparente, densidad real y estabilidad estructural.

Los análisis se realizaron de acuerdo a los criterios establecidos por el Soil Survey Soil Manual³⁴. En la Tabla 2-8 se registran los procedimientos utilizados para el análisis de las muestras de suelo de los perfiles más representativos para la zona de estudio.

Tabla 2-8 Procedimientos determinaciones físico-químicas en el suelo

Propiedad	Unidad	Método
Materia Orgánica (Suelo)	%	Walkley and Black
pH	Unidades de pH	Agua (1:1)
Fósforo	mg/kg suelo	Bray II
CIC efectiva	cmol (+)/kg suelo	Suma de cationes
Aluminio	cmol (+)/kg suelo	Cloruro de Potasio 1M
Calcio	cmol (+)/kg suelo	Acetato de Amonio 1M
Magnesio	cmol (+)/kg suelo	Acetato de Amonio 1M
Potasio	cmol (+)/kg suelo	Acetato de Amonio 1M
Azufre	ppm	Fosfato monocálcico 0.008 F
Hierro	ppm	Olsen-EDTA

³⁴ SOIL SURVEY MANUAL. SOIL SURVEY DIVISIÓN STAFF, UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, Washington, DC. 1993.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Propiedad	Unidad	Método
Manganeso	ppm	Olsen-EDTA
Cobre	ppm	Olsen-EDTA
Zinc	ppm	Olsen-EDTA
Boro	ppm	Agua caliente
Densidad Aparente	-	Cilindro
Estabilidad Estructural	-	Yoder
Densidad Real	-	Picnómetro
Textura	-	Bouyoucos
Porosidad	-	A partir de Da y Dr

Fuente: Laboratorio de Suelos Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 2012.

2.3.3.3.2 Uso actual del suelo

Para determinar el uso actual del suelo se utilizó como insumo el mapa de coberturas realizado a partir de una fotografía aérea con triangulación en campo. Las coberturas se agruparon en los usos del suelo definidos en la Resolución 1415 del 17 de agosto de 2012³⁵, como se presenta en la Tabla 2-9.

Tabla 2-9 Factores de clasificación de uso del suelo y uso del suelo

Uso del suelo	Tipo de uso
Agrícola	Cultivos transitorios intensivos
	Cultivos transitorios semi-intensivos
	Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos
	Cultivos semipermanentes y permanentes semi-intensivos
Agroforestal	Silvoagrícola
	Agrosilvopastoril
	Silvopastoril
Ganadera	Pastoreos intensivo y semi-intensivo
	Pastoreo extensivo
Forestal	Producción
	Producción-protección
	Protección
Conservación	Forestal protectora
	Recursos hídricos
	Recuperación

Fuente: MADS, 2012

2.3.3.3.3 Uso potencial del suelo

La clasificación por capacidad de uso de las tierras se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States

³⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). [en línea] <<http://www.minambiente.gov.co/>> [Citado el 7 de septiembre de 2017].

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Department of Agriculture)³⁶, la cual fue adoptada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi³⁷. Esta metodología permitió agrupar las unidades cartográficas de suelos en grupos que tienen las mismas limitaciones y por tanto la misma capacidad para la realización de actividades de uso agrícola, pecuario, forestal y áreas de conservación, protección y manejo especial, con el ánimo de garantizar el desarrollo sostenible del recurso suelo.

Esta clasificación está integrada por un conjunto de criterios que definen rangos, los cuales permitieron obtener el valor de la capacidad de uso en términos de clases. La clase de capacidad agrupa suelos que presentan el mismo grado relativo de limitaciones generales y de riesgos.

En consecuencia, las clases consideradas fueron los siguientes tres (3) grandes grupos:

- Grupo de tierras con capacidad para ser utilizadas en agricultura y ganadería tecnificada de tipo intensivo y semi intensivo (clases 1 a 4).
- Grupo de tierras que pueden ser utilizadas en forma restringida, en actividades agrícolas, ganaderas, agroforestales y forestales (clases 5 a 7).
- Tierras que deben ser utilizadas sólo en preservación, conservación y ecoturismo (clase 8).

Las características que se evaluaron para asignar las diferentes clases agrológicas fueron: pendiente, erosión, movimientos en masa, drenaje natural, inundaciones, encharcamientos, profundidad efectiva, fragmentos en el suelo, pedregosidad superficial, afloramiento rocoso, fertilidad, contenido de sales, contenido de sodio, sales y sodio, Ca/Mg, saturación de aluminio, distribución de lluvias, piso térmico y condición de humedad.

Es importante aclarar que las unidades de capacidad de uso de las tierras se representan por símbolos formados de números arábigos y letras minúsculas. El primer número indica la clase por capacidad, las letras minúsculas representan la subclase y el número arábigo que continúa, separado por un guion, está relacionado con el grupo climático.

La clase agrupa suelos que presentan el mismo grado relativo de riesgos o limitaciones. Estas clases, que se conocen comúnmente como clases agrológicas, son ocho y, se designan con números arábigos de 1 a 8; en estas designaciones, los riesgos de daños al suelo o sus limitaciones en el uso se hacen progresivamente mayores a medida que se sube en la clase; es decir, los suelos de la clase 1 no tienen limitantes mientras que los de la clase 8 presentan limitantes severas.

En términos generales las clases 1 a 4 son capaces de producir cultivos bajo buenas condiciones de manejo, los de las clases 5, 6 y 7 son adecuados para plantas nativas o adaptables, pastos y cultivos especiales. Las tierras de la clase 8 no son adecuadas para las actividades agropecuarias ni forestales rentables.

Las subclases agrupan suelos dentro de una clase, con el mismo número y grado de limitaciones generales y riesgos para uso agrícola. Se designan añadiendo a la clase la letra o letras si es más de una, que indican las limitaciones que tiene el suelo; las letras utilizadas para la designación de las subclases son las siguientes:

³⁶ KLINGEBIEL, A. A.; MONTGOMERY, P.H. Land capability classification. Agricultural Handbook 210. USDA. Soil Conservation Service. Washington, D.C., EE.UU. 1961

³⁷ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Clasificación de las tierras por capacidad de uso. 2014.

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- e: Designa la erosión presente en la superficie del suelo.
- h: Designa la humedad excesiva sobre o dentro del perfil.
- s: Designa limitaciones físicas o químicas propias de los suelos y que impiden la penetración de las raíces y/o el laboreo.
- c: Designa al clima como limitante por exceso o déficit de humedad, temperatura y/o luminosidad extremadamente baja.
- p: Gradiente de la pendiente que limita el laboreo o aumenta la susceptibilidad de los suelos a la erosión.

Y la determinación del grupo de manejo se determina con base en las limitaciones específicas, sus respectivos grados y las características particulares de los suelos: material parental, grupo textural, permeabilidad, retención de humedad, pedregosidad, profundidad efectiva, tipo de contraste textural, fertilidad, contenido y saturación de aluminio, grados de las pendientes; clases de drenaje natural, frecuencia y duración de las inundaciones y/o encharcamientos, profundidad del nivel freático; grados de erosión y susceptibilidad a la erosión; clima en lo relacionado con disponibilidad de agua y temperatura.

2.3.3.3.4 Conflicto del uso del suelo

Para la definición de los conflictos de uso de las tierras, se cruzó la capacidad de uso (uso potencial) y el uso actual de las tierras (uso actual del suelo), mediante la aplicación de los criterios basados en las categorías de conflictos definidas en la Resolución 1415 del 17 de agosto de 2012³⁸. Estas categorías son las siguientes:

- **Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado (A):** Hace referencia a las tierras en que los usos actuales guardan total concordancia respecto de la capacidad de uso de las tierras, sin que el recurso suelo presente deterioro de significancia, permitiendo mantener las actividades productivas o desarrollar nuevas, sin deteriorar la base natural de los recursos. Adicionalmente se incluyen las tierras definidas como subutilizadas en las cuales los suelos permiten una mayor explotación.
- **Tierras en conflicto por sobreutilización ligera (O1):** Corresponde a las tierras en las que el uso actual, está próximo a la capacidad de uso de tierras, manifestando una ligera inconsistencia, evidenciando un nivel de explotación del recurso por encima del recomendado, con el consiguiente deterioro progresivo por el incremento de procesos erosivos, la disminución de la fertilidad natural y/o el deterioro de la flora y la fauna asociada; aspectos que de no ser atendidos promoverán alteraciones mayores en el largo plazo.
- **Tierras en conflicto por sobreutilización moderada (O2):** Se establece en las tierras en las cuales el uso actual se encuentran de forma moderada por encima de la capacidad de uso de las tierras, afectando medianamente su producción sustentable, disminuyendo la productividad y la capacidad de regeneración de los suelos; adicionalmente, este conflicto se refleja en la pérdida de la flora nativa y por consiguiente en la disminución de los hábitats de fauna, promoviendo en un mediano plazo alteraciones mayores.
- **Tierras en conflicto por sobreutilización severa (O3):** Identifica las tierras que presentan usos actuales inadecuados totalmente contrarios a la capacidad de uso de las tierras, sobrepasando la capacidad de soporte del medio natural en un grado severo;

³⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). Op Cit. p 2-6.

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

presentan graves riesgos de tipo ecológico y social, que evidencian en algunos sectores la degradación avanzada no solo de los suelos sino de los recursos naturales asociados, como son el agua, la flora y la fauna, afectando el balance natural y la estabilidad de los ecosistemas.

- **Tierras en conflicto por subutilización ligera (S1):** Corresponde a las tierras en las que el uso actual, está próximo a la capacidad de uso, manifestando una ligera inconsistencia, evidenciando un nivel de explotación del recurso por debajo del recomendado, con la consiguiente, baja utilización del recurso suelo, teniendo productividad diferente a la potencial de los suelos.
- **Tierras en conflicto por subutilización moderada (S2):** Se establece en las tierras en las cuales los usos actuales se encuentran de forma moderada por debajo de la capacidad de uso de las tierras, afectando los niveles de productividad de los suelos mediante un uso inadecuado del recurso; aunque no hay pérdida del recurso como tal, sí se evidencian factores de uso inadecuado del recurso y se desaprovechan las propiedades potenciales de producción del suelo.
- **Tierras en conflicto por subutilización severa (S3):** Identifica las tierras que presentan usos actuales inadecuados totalmente contrarios a la capacidad de uso de las tierras, subutilizando el recurso natural en un grado severo; los suelos no son utilizados correctamente según su uso potencial; no hay deterioro del recurso, pero puede presentar conflictos de carácter social muy graves.

2.3.3.4 Hidrología

El componente hidrológico tiene como objetivo caracterizar el estado actual del recurso hídrico en el área de estudio, así como servir de base para la determinación de la oferta hídrica en términos de cantidad y calidad para las unidades hidrográficas objeto de análisis, y de esta manera dar cumplimiento a los términos de referencia reglamentados por la Resolución No. 1312 del 11 de agosto de 2016 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

De acuerdo con lo anterior, para el desarrollo de la caracterización hidrológica del área de estudio, se implementó la siguiente metodología:

2.3.3.4.1 Etapa de recolección y revisión de información secundaria

En primera instancia, se realizó la consulta y recopilación de la información secundaria disponible en diversas fuentes, como se indica en la Tabla 2-10.

Dicha información se utilizó como insumo para la actualización de la base cartográfica del área de estudio, así como para la posterior elaboración del mapa hidrológico, en donde se identificaron las unidades hidrográficas como unidades espaciales de análisis y caracterización, los elementos descriptivos de cada una de las unidades hidrográficas presentes en el área y la identificación inicial de sistemas lentos y lóticos existentes por medio de la fotointerpretación.

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-10. Información secundaria consultada

Tipo	Descripción
Información cartográfica	- Planchas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), a escala 1:25.000 de 1970: (10-III-A y 10-III-C), y las planchas (9-II-D, 9-IV-B, 9-IV-D, 10-I-C, 10-I-D, 10-III-B Y 10-III-D). - Modelo Digital del Terreno obtenido del servidor global SRTM "Shuttle Rader Topography Mission": (web de descarga http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp).
Información hidrometeorológica	- Registros de información hidrometeorológica del IDEAM (Temperaturas, Precipitación, Evaporación, Nubosidad, Brillo Solar, Humedad Relativa y Velocidad y dirección del viento), de las estaciones seleccionadas, tal como se describe en el numeral 5.1.8 Atmósfera del Capítulo 5. - Registros de las estaciones limnimétricas y limnigráficas de las corrientes instrumentadas en el área de estudio. - Mapas de zonas hidrográficas, y subzonas hidrográficas. Decreto número 1640 del 2 de agosto de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (en adelante MADS). - Resolución 337 de 1978. Codificación de Cuencas.

Fuente: Renovatio 2018

La información hidrometeorológica fue utilizada para la estimación de los caudales característicos de los cuerpos de agua superficial, las características de cada una de las estaciones consultadas, se encuentran ampliamente descritas en el Capítulo 5 de línea base abiótica del presente EIA, en donde se indican cuales unidades hidrográficas cuentan con instrumentación y cuáles no, y la metodología de cálculo utilizada para cada cuenca, que para este estudio aplica la estación hidrométrica Paraguachon, localizada en la corriente Carraipía, la cual corresponde a la estación limnimétrica más cercana al área de influencia.

2.3.3.4.2 Etapa de campo

Con el fin de hacer la verificación en la zona del estado actual del recurso hídrico superficial asociado al área de influencia única, así como la actualización y consolidación de la información secundaria recopilada, en primera instancia se desarrolló la correspondiente etapa de trabajo en campo, de la siguiente manera:

2.3.3.4.2.1 Verificación de sistemas lénticos y lóticos

Con base en la identificación preliminar realizada por medio de la fotointerpretación, el equipo de trabajo realizó tres salidas de verificación en diferentes temporadas climáticas, dos en temporada seca y una en temporada de lluvias como lo establecen los términos de referencia para proyectos eólicos en zonas desérticas (ver Tabla 2-11); con base a este levantamiento se actualizó la información cartográfica respecto a estos elementos, señalando su localización exacta y sus características. Adicionalmente se incluyeron los nuevos sistemas identificados durante la etapa de campo.

Tabla 2-11. Fecha de salita de campo sistema léntico y lótico

Temporada	Fecha	Observación
Temporada seca 1	26 al 28 de marzo de 2018	

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Temporada	Fecha	Observación
Temporada húmeda	1 al 4 de mayo de 2018	Se realizó el levantamiento de la red hídrica en campo; y se realizó visita a los arroyos, jagüeyes y lagunas que se encontraron dentro del área de influencia única del proyecto BETA.
Temporada seca 2	18 al 21 de junio de 2018	
Temporada seca 3 (requerimiento de información adicional)	Del 11 al 15 de enero de 2019	

Fuente: Renovatio 2018

Es de anotar que se realizó una verificación puntual en cada uno de los cuerpos de agua identificados en el área del proyecto, diligenciando el formato de visita y realizando el registro fotográfico correspondiente para cada una de las temporadas. Ver anexo 47.3 Registro fotográfico-Hidrología y calidad de aguas.

A los arroyos identificados en el área de influencia única del proyecto BETA por medio de la ortofoto, se les realizó un recorrido de campo verificando su existencia como arroyos o como caminos. Dentro de las características de identificación se tuvieron en cuenta: Socavaciones por paso del agua, ancho y vegetación circundante. Durante las tres visitas realizadas, los arroyos se encontraron sin lámina de agua (secos).

2.3.3.4.3 Etapa de análisis de la información

Esta etapa corresponde al procesamiento, manejo e interpretación de la información recopilada en campo, la cual como se ha explicado anteriormente, se complementó y actualizó con la información secundaria obtenida en primera instancia.

Este proceso, se dividió en tres (3) partes: la primera de ellas, hace referencia a la delimitación y descripción de las unidades hidrográficas asociadas al área de estudio, mediante la aplicación de la metodología del IDEAM del sistema de codificación para las estaciones hidrometeorológicas, descrita en la Resolución 337 de 1978, y del Decreto 1640 de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas.

Así mismo, se incluyó la descripción del inventario de cuerpos de agua lénticos y lóticos presentes en el área de influencia del proyecto, el cual se construyó con base en la información primaria y secundaria descrita en el numeral anterior.

2.3.3.4.4 Delimitación topográfica de las cuencas, subcuencas y microcuencas del área de influencia

Para la delimitación topográfica de las cuencas se utilizó el modelo digital de elevación de 30 m, el cual corresponde a una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar y caracteriza las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Estos valores están contenidos en un archivo de tipo *raster* con estructura regular, que permite, a través de un sistema de Información Geográfica, definir las áreas aferentes según el interés del usuario y la escala de trabajo.

En la Figura 2-9 se presenta un diagrama con el proceso para la delimitación de las cuencas a nivel general.

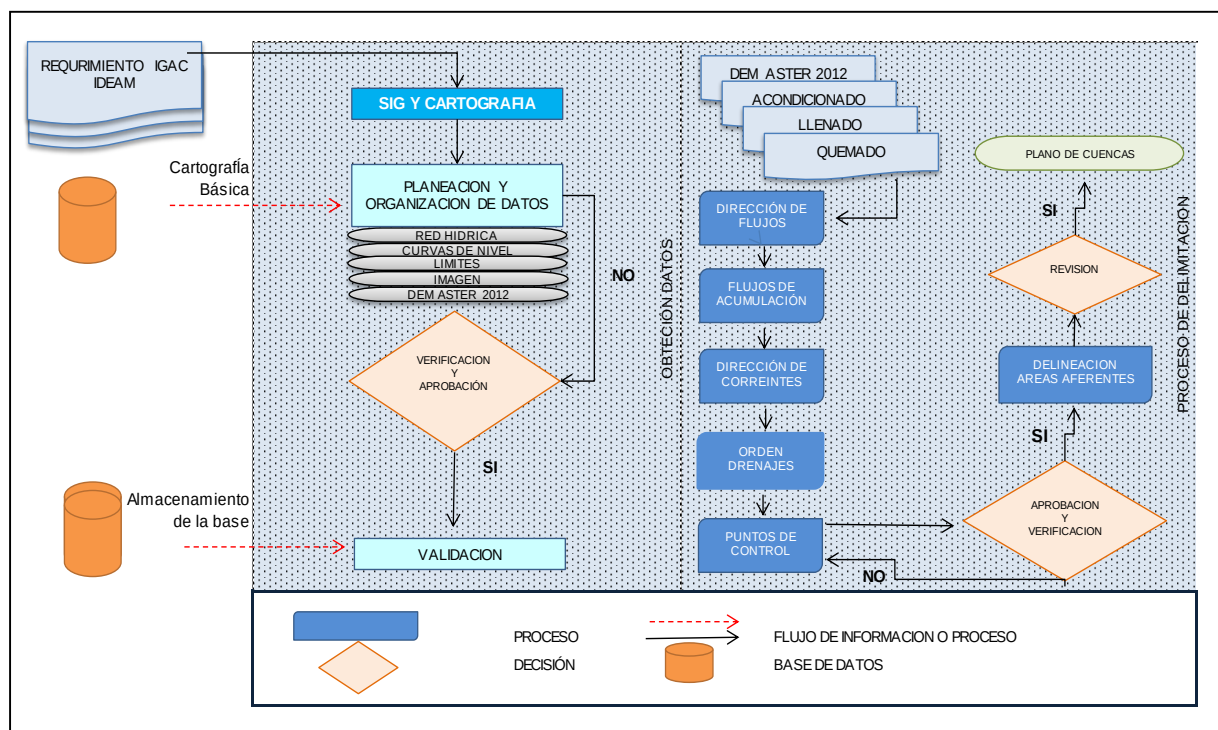


Figura 2-9. Proceso para delimitación de cuencas

Fuente: Argis resource center³⁹

Para la codificación de las cuencas se utilizó la metodología descrita en el documento “Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas” publicado por el IDEAM, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013.

La metodología de la zonificación de unidades hidrográficas se basó en los procedimientos establecidos inicialmente en la Resolución 0337 en 1978 por el HIMAT (hoy IDEAM) en ese entonces, iniciaron la tarea de zonificar el país en planos cartográficos análogos con base en la cartografía oficial suministrada por el IGAC. El propósito de esa zonificación fue identificar las cuencas donde se encontraban emplazadas las estaciones hidrometeorológicas, para asignarle, un código numérico de cuatro dígitos que permitiera relacionar la cuenca con la estación hidrológica o meteorológica. Partiendo de ese trabajo inicial, se estructuró la red hidrográfica de Colombia para esta versión de zonificación y codificación, con la cartografía oficial del IGAC en formato shapes y MDX (digital) a escala 1:500.000.

Inicialmente se delimitaron las cinco áreas hidrográficas:

- Área hidrográfica del Caribe
- Área hidrográfica del Pacífico
- Área hidrográfica del Magdalena-Cauca
- Área hidrográfica del Orinoco
- Área hidrográfica del Amazonas.

³⁹ ARGIS RESOURCE CENTER. [En línea] <
<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/./index.html#/009z00000052000000>>. [citado el 15 de agosto de 2018].

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Posteriormente se delimitaron las zonas y subzonas hidrográficas con cartografía y modelos más refinados y detallados. Además, se incorporaron ajustes sugeridos por las autoridades ambientales y el MADS cuando fueron pertinentes.

Finalmente, este sistema se modificó de tal manera que el código propuesto para la identificación de unidades hidrográficas de mayor desagregación a las subzonas y las fuentes hídricas para ser registradas en el SIRH lo conforma un consecutivo numérico compuesto por 10 dígitos. El código está conformado de la siguiente manera (Figura 2-10).

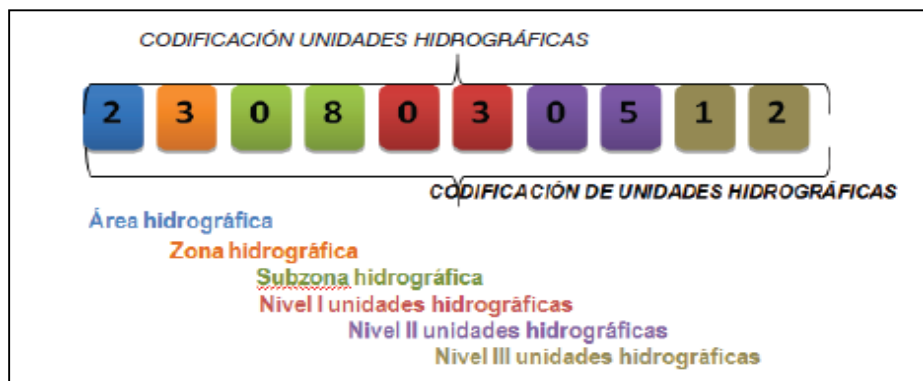


Figura 2-10. Sistema de codificación de unidades hidrologicas

Fuente: IDEAM, 2013⁴⁰.

Los primeros 4 dígitos corresponden a la zonificación hidrográfica nacional, la cual está codificada de la siguiente manera:

- El primer dígito corresponde a las áreas hidrográficas; sus valores se encuentran entre 1 y 5 (ver Tabla 2-12).

Tabla 2-12. Código de áreas hidrográficas

ID	ÁREA HIDROGRÁFICA
1	Caribe
2	Magdalena-Cauca
3	Orinoco
4	Amazonas
5	Pacífico

Fuente: Renovatio 2018 con información tomada del IDEAM, 2013⁴¹.

- El segundo dígito representa las zonas hidrográficas, las cuales son 41 en el total nacional; en el interior de cada área hidrográfica se inicia la numeración desde 1 y dado que estas no se subdividen en más de 9 zonas, los valores asignados se encuentran entre 1 y 9 (ver Tabla 2-13).

⁴⁰ IDEAM, zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, noviembre de 2013, Bogotá, D. C., Colombia.

⁴¹ Ibíd. p. 2-29.

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-13. Código de zonas hidrográficas.

ZH	CARIBE (1)	MAGDALENA CAUCA (2)	ORINOCO (3)	AMAZONA S (4)	PACÍFICO (5)
1	Atrato-Darien	Alto Magdalena	Inirida	Guainia	Mira
2	Caribe-Litoral	Saldaña	Guaviare	Vaupés	Patía
3	Sinú	Medio Magdalena	Vichada	Apaporis	Tapaje Amarales- Dagua- directos
4	Caribe-Urabá	Sogamoso	Tomo	Caqueta	San Juan
5	Caribe-La Guajira	Bajo Magdalena - Cauca- San Jorge	Meta	Yarí	Baudo- directos Pacífico
6	Catatumbo	Cauca	Casanare	Caguán	Pacífico- directos
7	Caribe Islas (San Andrés, Providencia, Santa Catalina)	Nechí	Arauca	Putumayo	Pacífico Islas
8		Cesar	Orinoco directos	Amazonas- directos	
9		Bajo Magdalena	Apure	Napo	

Fuente: Renovatio 2018 con datos tomados de IDEAM, 2013⁴²

El tercer y el cuarto dígito corresponden a las subzonas hidrográficas, que en total son 311; estas se enumeran iniciando en 01 en cada zona hidrográfica; en el interior de cada zona se encuentran hasta 34 subzonas



Figura 2-11. Codificación para subzona hidrográfica.

Fuente: IDEAM, 2013⁴³.

El área de Influencia única del proyecto se localiza en el área hidrográfica 1 Caribe y en la zona hidrográfica 5 Caribe-La Guajira. La Figura 2-12 es un extracto de anexo 2 del documento “Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas” publicado por el IDEAM, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013.

⁴² Ibíd. p. 2-29.

⁴³ Ibíd. p. 2-29.

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Figura 2-12. Extracto de mapa de Zonificación hidrográfica de Colombia. Área Caribe.

Fuente: IDEAM, 2013⁴⁴.

Se consultó igualmente el mapa de Subzonas Hidrográficas de Colombia de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (DGIRH), del que se extrajo la zona de la Guajira

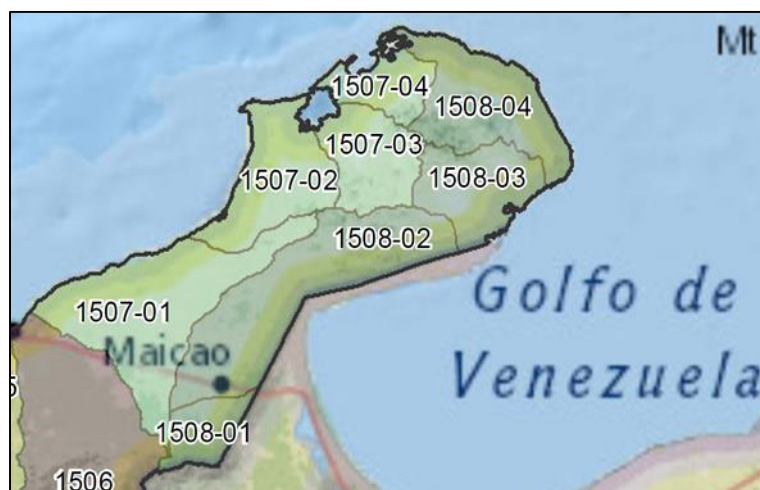


Figura 2-13. Mapa de subzonas hidrográficas en La Guajira

Fuente: Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (DGIRH)⁴⁵.

De la figura anterior se dedujo que todas las cuencas del área de estudio se encuentran en la cuenca 1508-02, por lo que se definieron cuencas de nivel II, todas ellas con los primeros 6 dígitos de los citados anteriormente.

2.3.3.4.5 Representación espacial de variables climáticas

Se procedió a realizar la representación espacial de variables climáticas de precipitación y temperatura con la finalidad de disponer de mapas regionales de isoyetas e isotermas.

⁴⁴ Ibíd. p. 2-30

⁴⁵ DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO (DGIRH). Mapa de Subzonas Hidrográficas de Colombia de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (DGIRH).

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Además, se analizaron la evapotranspiración potencial (ETP) y real (ETR) a partir de la cual se obtuvieron ciertos parámetros representativos del comportamiento hídrico del área de estudio.

A partir de la información disponible de las estaciones meteorológicas, se representaron espacialmente los valores de precipitación y temperatura mediante el trazado de curvas de isoyetas e isotermas respectivamente. Para ello se utilizó el método de interpolación de los splines de la herramienta Spatial Analyst Tools de ArcGIS.

Para el cálculo de la ETP y ETR existen varios métodos empíricos según la escala de los resultados deseados. Para obtener valores de ETP y ETR a escala anual, se aplicaron las formulaciones de Cenicafé y Turc, respectivamente.

Aplicando la formulación de Cenicafé al modelo digital de elevaciones (MDT), mediante *Raster calculator* del *Spatial Analyst Tools* de ArcGIS, se obtuvo la distribución espacial de la evapotranspiración potencial (ETP) y análogamente aplicando la formulación de Turc se obtuvo la distribución espacial de la ETR.

Así mismo, como alternativa al cálculo se empleó la formulación de Budyko para el paso de la ETP a la ETR, a partir de la precipitación media acumulada anual medida en mm/año.

Adicionalmente, se realizó un análisis de estas variables a escala mensual, utilizando las formulas de Holdridge para la ETP y de Budyko para la ETR y los datos de precipitación media mensual y temperatura media, máxima y mínima mensual.

A continuación, se señalan las formulas de los diferentes métodos por los cuales se calcula la evaporación real, tanto anual como mensual para el proyecto eólico BETA:

- **Cenicafé**

Esta metodología permite calcular la evapotranspiración potencial a partir de la elevación sobre el nivel del mar. La fórmula es la siguiente:

$$ETP = 1700,17 \times \exp(-0,0002h)$$

Siendo la ETP la evapotranspiración potencial en mm/año y h la altitud del punto sobre el nivel del mar en m.

- **Budyko**

La ecuación de Budyko permite calcular la evapotranspiración real, por medio de los valores de precipitación y Evapotranspiración potencial.

$$ETR = \left(ETP \times P \times \tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) \times \left(1 - \cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) + \sinh\left(\frac{ETP}{P}\right)\right) \right)^{0,5}$$

Siendo P la precipitación media y ETP la evapotranspiración potencial, ambas en mm.

- **Turc**

La formulación de Turc para el cálculo de la ETR anual está basada en un balance de masas, en función de elementos meteorológicos simples como la temperatura y la precipitación de la cuenca, aplicadas a largo plazo:

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde, ETR es la evapotranspiración real (mm/año), P es la precipitación media en la cuenca (mm/año) y T la temperatura promedio anual en °C.

Para $P/L > 0,316$, donde L es una función que depende de la temperatura y se expresa como:

$$L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

Si $P/L < 0,316$ ETR=P

- **Holdridge**

Esta metodología permite calcular la evapotranspiración potencial mensual a partir de la temperatura media mensual. La fórmula es la siguiente:

$$ETP \text{ mensual} = \frac{58,93 * tm * Ndm}{Ndaño}$$

Siendo:

ETP mensual la evapotranspiración potencial mensual en mm/mes,

tm la temperatura media mensual en °C,

Ndm el número de días del mes,

Ndaño el número de días del año.

2.3.3.4.6 Características morfométricas de las unidades hidrográficas

La segunda parte del componente, corresponde a la caracterización morfométrica de cada una de las unidades hidrográficas presentes en el área de influencia única del proyecto, la cual corresponde a la aplicación de ecuaciones y fórmulas matemáticas que relacionan las variables geométricas de las cuencas y corrientes objeto de estudio y que dan como resultado la identificación física de las cuencas.

Los parámetros físicos y morfométricos más relevantes se calcularon tomando como base la cartografía topográfica para la zona a escala 1:25.000, considerando los siguientes parámetros (Tabla 2-14):

Tabla 2-14. Estimación y cálculo de parámetros morfométricos de las unidades hidrográficas evaluadas.

Variable	Símbolo	Formula	Unidades
Diferencia de alturas	Hc	$Hc = Hmax - Hmin$	m
Pendiente media del cauce principal	J	$J = Hc/L$	%
Índice de compacidad	Kc	$Kc = \frac{0,28 * P}{\sqrt{A}}$	-
Factor de forma	Kf	$Kf = \frac{Lm}{L}$, siendo $Lm = \frac{A}{L}$	-

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Variable	Símbolo	Formula	Unidades
Razón de circularidad	R_c	$R_c = \frac{A}{A_c} = \frac{4\pi A}{P^2}$	-
Índice de sinuosidad	I_s	$I_s = \frac{LR}{Lr}$	-
Tiempo de concentración (<i>Kirpich</i>)	t_c	$T_c = 0,066 * \left(\frac{L}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,77}$	Horas
Densidad de drenajes	D_d	$D_d = \frac{L_c}{A}$	km/km ²

Fuente: MONSALVE, 1995⁴⁶.

2.3.3.4.6.1 Área de drenaje y perímetros de la cuenca

A partir de la delineación de la cuenca queda establecida el área de drenaje y el perímetro de la misma y se expresa en hectáreas o kilómetros cuadrados. Son dos parámetros útiles para evaluar en forma preliminar las dimensiones territoriales de la cuenca hidrográfica y esbozar características generales de la misma.

El área de una cuenca afecta en forma directa la magnitud de la tormenta y la escorrentía fluvial, de tal modo que el máximo flujo de descarga por unidad de área es inversamente proporcional al tamaño de la misma.

2.3.3.4.6.2 Pendiente media del cauce principal

Definido como el cociente entre la diferencia de cotas de los puntos más bajos de la cuenca y la longitud total del cauce principal.

$$P_m = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}}{L} \times 100$$

Donde:

P_m = pendiente media

$H_{\text{MÁX}}$ =Cota máxima

$H_{\text{MÍN}}$ =Cota mínima

L = longitud del cauce

2.3.3.4.6.3 Índice de compacidad

Formulado por Gravelius en 1914, se obtiene a partir del cociente entre el perímetro de la cuenca (P) y el perímetro de un círculo de área igual al área de la cuenca. Cuando más tienda el valor de este índice a la unidad, se considera que la cuenca tiene tendencia a la circularidad y por lo tanto es más compacta.

$$K_c = \frac{0,28 \times P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

⁴⁶ MONSALVE, G. Hidrología en la Ingeniería. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995.

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

P = Perímetro de la cuenca (km)

A = Área de la cuenca (Km²)

El coeficiente de compacidad no podrá ser menor a la unidad y, a medida que su valor se acerque a la unidad, la forma de la cuenca tenderá a parecerse a la de un círculo.

2.3.3.4.6.4 Factor de forma de la cuenca

Definido como el cociente entre el ancho medio de la cuenca, Am, y el largo máximo de la misma, Lm, pretende parametrizar la cuenca de tal manera que a través del mismo se obtenga una aproximación a su forma geométrica:

$$Kf = \frac{Am}{Lm^2}$$

Donde:

Am = Ancho medio de la cuenca

Lm = Longitud del cauce principal

Coeficientes de forma inferiores a la unidad implica cuencas alargadas y por tanto la respuesta hídrica esperable estará menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño.

2.3.3.4.6.5 Razón de circularidad

Es la relación entre el área de la cuenca y el área de un círculo de igual perímetro. Parámetro introducido por Miller en 1953 y expresado como Rc:

$$Rc = \frac{A}{Ac} = \frac{4\pi A}{P^2}$$

A = Área de la cuenca (km²)

Ac = área de un círculo de igual perímetro

Los valores oscilan entre 0 y 1, y el máximo valor equivale a la unidad, lo que correspondería a una cuenca de forma circular.

2.3.3.4.6.6 Índice de sinuosidad

Es la relación entre la longitud real y la longitud de la línea recta del cauce. Es un índice adimensional que cuanto más se acerca a la unidad significa que menos sinuoso y más rectilíneo es el cauce.

$$Is = \frac{LR}{Lr}$$

LR= Longitud real del cauce principal (Km)

Lr= Longitud del cauce principal en línea recta (Km)

Un río se considera meándrico cuando la sinuosidad es mayor a 1,5.

2.3.3.4.6.7 Tiempo de concentración

La definición que aparece reseñada con mayor frecuencia en la literatura, alude al tiempo transcurrido entre el final del hietograma de excesos y el final del escurrimiento directo. Sin

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

embargo, hay autores que reportan el Tc como el tiempo comprendido entre el centroide del hietograma de excesos y el punto de inflexión sobre la curva de recesión del hidrograma de escurrimiento directo. También, se ha definido como el tiempo que demora en viajar una gota de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés, que corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial.

$$Tc = 0,066x \left(\frac{L}{\sqrt{So}} \right)^{0,77}$$

Donde:

L, longitud del cauce principal, desde la ubicación del aforo hasta la divisoria (Km); y So, diferencia de cotas entre los puntos más extremos en m/m.

2.3.3.4.6.8 Densidad de la red de drenaje

Cociente entre la longitud de los cauces que conforman el sistema fluvial de la cuenca, expresados en kilómetros y el área total de la unidad hidroespacial expresada en kilómetros cuadrados.

$$D = \frac{\sum Li}{A}$$

Donde:

$\sum Li$ = longitudes de los cursos integrados (km)

A = Área de la cuenca (km²)

Esta medida de la textura del territorio de la cuenca, expresa el equilibrio entre el poder erosivo del caudal y la resistencia a la erosión expresada por las características geoecológicas del territorio de la cuenca. Sus valores están controlados por la litología del sustrato; la permeabilidad del suelo y su capacidad de infiltración; y la cobertura vegetal y tipo de la misma, características que deben evaluarse en forma global, ya que una alta densidad de drenaje expresa materiales geológicos friables, suelos relativamente impermeables o escasa cobertura vegetal. Constituye por lo tanto un indicador del potencial de erosividad intrínseco al territorio en estudio.

Generalmente la Densidad de Drenaje, expresada en Km/Km², toma valores que van desde 0,5 Km/Km² (cuencas con drenaje pobre) hasta 3,5 Km/Km² (cuencas excepcionalmente bien drenadas). La clasificación según Monsalve es:

Tabla 2-15. Clasificación densidad de drenaje

Rango de densidad Km/km ²	Clasificación
< 0,6	Pobrementemente drenada
0,7 – 2,9	Moderadamente drenada
>3	Altamente drenada

Fuente: MONSALVE, G. Hidrología en la Ingeniería. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995

A medida que la densidad de drenaje de una cuenca sea de mayor magnitud, es de esperar que el Tiempo de Concentración tienda a ser menor, y por tanto habrá mayor generación de escorrentía superficial.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.4.7 Datos hidrometeorológicos

Se realizó una consulta de los datos hidrometeorológicos requeridos para desarrollar el estudio climatológico e hidrológico al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Los datos proporcionados por IDEAM comprenden los siguientes:

- Precipitación:
 - Series temporales de medias diarias para el periodo de datos disponibles (mm).
 - Promedio mensual multianual (mm).
- Temperatura:
 - Promedio mensual multianual para el periodo de datos disponible (°C).
 - Promedio mensual multianual de máximos y mínimos para el periodo de datos disponible (°C).
- Otras variables climatológicas (presión atmosférica, humedad relativa, radiación solar, nubosidad y evaporación): promedio mensual multianual.

Las estaciones con datos disponibles se describen en la Tabla 2-16 y en la Figura 2-14 se presenta su ubicación con respecto al área de estudio.

Tabla 2-16. Estaciones hidrometeorológicas consultadas

Nombre de la estación	Código	Elevación m.s.n.m.	Coor X	Coor Y	Categoría	Municipio	Inicio	Final
Manaure	15075030	1	847110	1795014	CP	Manaure	1940	2016
Apto Maicao	15085010	53	872028	1752738	CP	Maicao	1971	1996
Rancho Grande	15085040	50	919410	1784449	CO	Uribea	1971	2016
Jasay	15080080	35	903267	1796018	PM	Uribea	1971	2016
Jojoncito	15070110	120	903279	1798146	PM	Uribea	1971	2017
Paraguachon	15080060	35	884844	1748279	PM	Maicao	1971	2017
Caracas Hda	15070150	80	838339	1761984	PM	Manaure	1971	2017
Maicao	15080150	50	872014	1750897	PM	Maicao	1958	1970
Guayabal	15070230	85	838882	1757330	PM	Maicao	1980	2014
Orochon	15070240	100	878681	1798258	PM	Uribea	1976	2017
Esc Ceura	15070160	85	847791	1757385	PM	Maicao	1971	2017
Huimpecht	15080050	10	899393	1778457	PM	Maicao	1971	1979
Chingolita La	15080110	500	878376	1741437	PM	Maicao	1992	2009
Coordenadas X e Y en Magna Sirgas Origen Este Colombia.								

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del catálogo estaciones 2016 IDEAM⁴⁷

⁴⁷ IDEAM. Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM. Datos abiertos Gobierno Digital Colombia. [En línea] < <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Catalogo-Estaciones-IDEAM/n6vw-vkfe/data> >. [Citado el 15 de agosto de 2018].

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Figura 2-14. Estaciones meteorológicas consultadas

Fuente: Renovatio 2018

Cabe mencionar que para el análisis regional de la precipitación se adoptó un mayor número de estaciones que para el análisis de crecidas. Esto es debido a que se permite así representar de una forma más real la forma de las isoyetas que si hubiésemos tomado únicamente las cinco (5) estaciones de precipitación que resultan influyentes al realizar los polígonos de Thiessen (Numeral 2.3.3.4.7.1). Es por ello que para el trazado de isoyetas se han seleccionado 9 estaciones mientras que para el resto del estudio se han tomado cinco (5) únicamente.

Tabla 2-17. Estaciones hidrometeorológicas para análisis de precipitación

Nombre de la estación	Código de la estación	Categoría	Municipio	Inicio	Final
Manaure	15075030	CP	Manaure	1940	2016
Maicao-Apto Maicao	15085010	CP	Maicao	1971	1996
Rancho Grande	15085040	CO	Uribia	1971	2016
Jasay	15080080	PM	Uribia	1971	2016
Jojoncito	15070110	PM	Uribia	1971	2017
Paraguachon	15080060	PM	Maicao	1971	2017
Caracas Hda	15070150	PM	Manaure	1971	2017

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Nombre de la estación	Código de la estación	Categoría	Municipio	Inicio	Final
Orochon	15070240	PM	Uribia	1976	2017
Esc Ceura	15070160	PM	Maicao	1971	2017

*CP: Climatologica principal, CO: Climatología ordinaria, PM: Pluviometrica

Fuente: Renovatio a partir de los daros del IDEAM, 2018

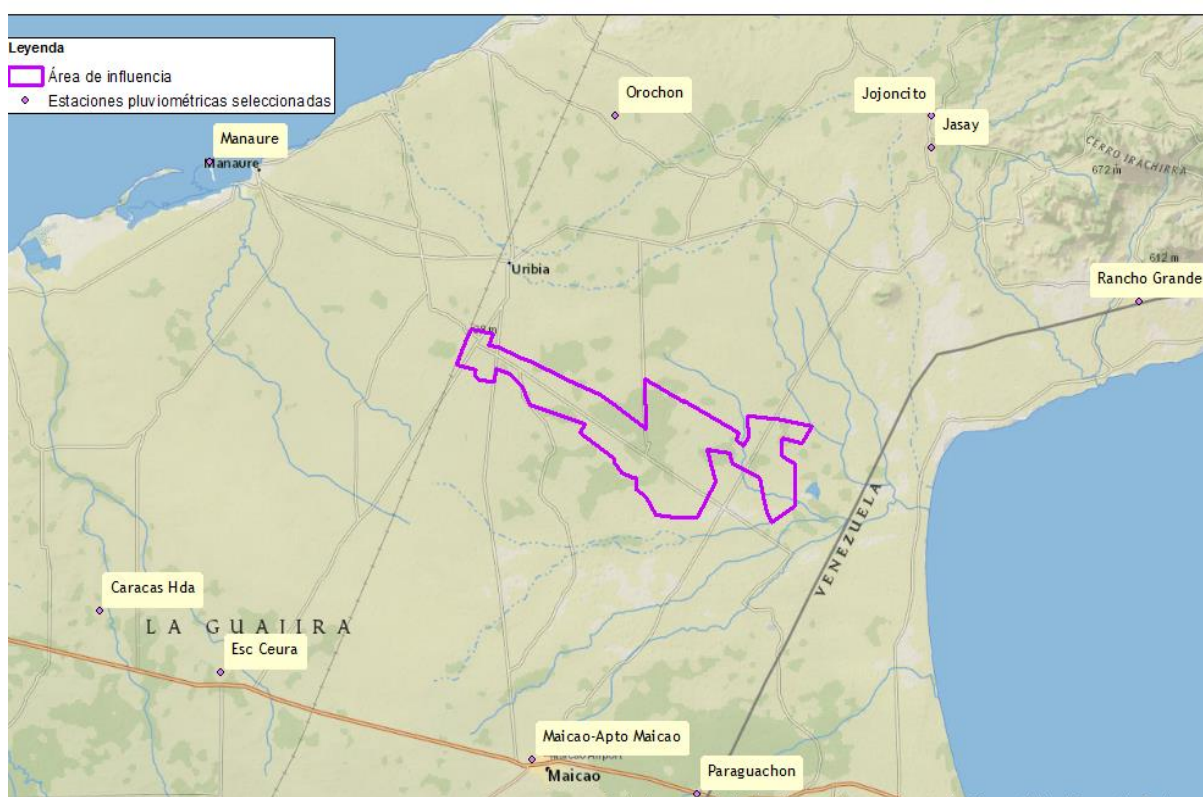


Figura 2-15. Estaciones de precipitación seleccionadas para su representación espacial

Fuente: Renovatio 2019

2.3.3.4.7.1 Determinación de las estaciones de influencia

Mediante el software GlobalMapper y con la ayuda de servidores globales de cartografía (SRTM O ASTER GDEM) se obtuvo cartografía digital de la zona a analizar. A partir de dicha cartografía y mediante el software ArcMap 10.1 se generó un Modelo Digital de Terreno (MDT) sobre el cual se determinaron las cuencas hídricas y la red de drenaje existente y así los Polígonos de Thiessen, con los cuales se determinaron las estaciones de influencia (Figura 2-16).

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

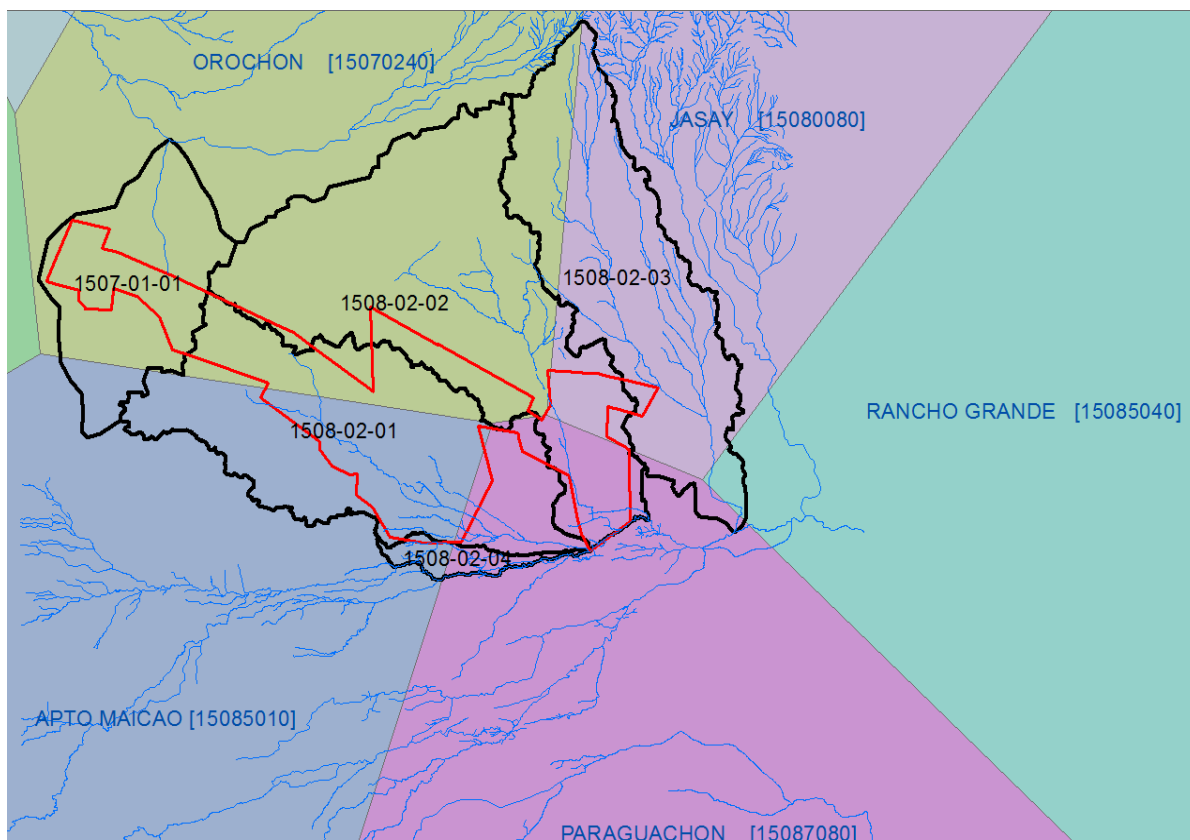


Figura 2-16. Delimitación de las cuencas regionales y de los polígonos de Thiessen en el área de influencia

Fuente: Renovatio 2019

A partir de los polígonos de Thiessen se determinaron las estaciones de influencia en la cuenca de estudio. Para ello se ha empleado el software ArcMap v.10.1.

Tabla 2-18. Estaciones meteorológicas en el área de influencia

Nombre de la estación	Código	Cota	Coord X	Coord Y	Municipio	Inicio	Final
Maicao - Apto Maicao	15085010	53	872028	1752738	Maicao	1958	1996
Rancho Grande	15085040	50	919410	1784449	Uribia	1971	2015
Paraguachon	15080060	35	884844	1748279	Maicao	1971	2015
Orochon	15070240	100	878681	1798258	Uribia	1976	2014
Jasay	15080080	35	903267	1796018	Uribia	1971	2014

Fuente: IDEAM

Las estaciones Maicao y Apto Maicao se unificaron pues correspondían a la misma estación, solo que alrededor de 1970 la ubicación cambió.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.4.8 Análisis estadístico a las series usadas

Los eventos hidrológicos e hidráulicos, tales como precipitaciones, caudales, etc., son eventos estocásticos que se caracterizan por poseer un patrón de comportamiento a lo largo del tiempo y, por otro lado, por ser capaces de pronosticar sus magnitudes a largo plazo en un momento dado con un mayor o menor grado de incertidumbre.

Los datos disponibles proporcionados por IDEAM se detallan en el Capítulo 5.1, Numeral 5.1.4.2., las series meteorológicas influyentes en la cuenca de estudio se someten a un estudio estadístico para conocer su comportamiento y garantizar la fiabilidad de la misma. De esta forma se valida su calidad y consistencia, ya que serán el input en los modelos hidrológicos que se desarrollarán en etapas posteriores.

En primer lugar, se procede a realizar la validación de las series, según el siguiente criterio:

La serie es válida si cumple una de las siguientes condiciones:

- 10 años válidos consecutivos
- 15 años válidos, aunque no sean consecutivos

Un año es válido si:

- Si cuenta con los 12 valores
- Si le falta un dato y el máximo de los 11 datos existentes se encuentra dentro del cuantil del 20% de los máximos anuales de la serie completa de la estación considerada
- Si le faltan dos datos y el máximo de los 10 datos existentes se encuentra dentro del cuantil del 10% de los máximos anuales de la serie completa de la estación considerada.
- Si le faltan tres datos y el máximo de los 9 datos existentes se encuentra dentro del cuantil del 5% de los máximos anuales de la serie completa de la estación considerada.
- Si le faltan más de tres datos y el máximo existente es el máximo de la serie completa.

Una vez validadas las series de datos se procede a realizar el estudio estadístico de las mismas.

Para poder determinar el modelo de ajuste estadístico más representativo de las series históricas de los datos hidrológicos indicados en el apartado anterior, se realiza un análisis de frecuencias utilizando los siguientes modelos de ajuste de función de distribución de frecuencias: Gumbel, Normal, LogNormal, Gamma, Pearson III y LogPearson III

La bondad de ajuste de cada función de distribución se analiza mediante los test Kolmogorov-Smirnov con el propósito de determinar el ajuste más representativo.

En los apartados siguientes se realiza el análisis estadístico de las series de precipitaciones máximas en 24 h en las estaciones influyentes en la cuenca de estudio.

A continuación, se desarrollan las distintas formulaciones referentes a las distribuciones empleadas, así como de los test de bondad empleados.

2.3.3.4.8.1 Parámetros estadísticos

A partir de una serie de datos, “muestra”, los estadísticos extraen información de la misma. Los principales estadísticos son los momentos de primer, segundo y tercer orden correspondientes a la media, varianza, y asimetría respectivamente.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Media μ

Es el valor esperado de la variable misma. Primer momento respecto al origen. Muestra la tendencia central de la distribución.

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

El valor estimado de la media a partir de la muestra es:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- Varianza σ^2

Mide la variabilidad de los datos. Es el segundo momento respecto a la media.

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx$$

El valor estimado de la varianza a partir de la muestra es:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

La desviación estándar “ σ ” es una medida de la variabilidad que tiene las mismas dimensiones que la media y simplemente es la raíz cuadrada de la varianza, se estima por s .

También es representativo el coeficiente de variación $Cv = \frac{\sigma}{\mu}$, siendo una medida adimensional de la variabilidad su estimado es $Cv = \frac{s}{\bar{x}}$.

- Coeficiente de asimetría γ

La distribución de los valores de una distribución alrededor de la media se mide por la asimetría. Se obtiene a partir del tercer momento alrededor de la media, dividiéndolo por el cubo de la desviación estándar para que sea adimensional.

$$E[(x - \mu)^3] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^3 f(x) dx \quad \text{Tercer momento respecto a la media} \quad \gamma = \frac{1}{\sigma^3} E[(x - \mu)^3]$$

Un estimativo del coeficiente de asimetría está dado por la siguiente expresión:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) * s^3}$$

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.4.8.2 Análisis de frecuencia. Funciones de distribución.

Mediante el análisis de frecuencias, además de conocer el comportamiento del evento de estudio, permite determinar la confiabilidad y calidad de la información histórica completada. Así como los eventos extremos.

El análisis de frecuencia consiste en determinar los parámetros de las distribuciones de probabilidad.

A continuación, se describen las principales distribuciones de probabilidad utilizadas en hidrología e hidráulica, así como la forma de estimar sus parámetros.

- Distribución empírica de la muestra

La distribución empírica de la muestra trabaja con la probabilidad de excedencia asignada a cada valor de la muestra. Si n es el total de valores y m es el rango de un valor en una lista ordenada de mayor a menor ($m=1$ para el valor máximo) la probabilidad de excedencia se puede obtener por medio de las siguientes expresiones:

California:
$$P = \frac{m}{n}$$

Weibull:
$$P = \frac{m}{n+1}$$

Hazen:
$$P = \frac{2m-1}{2n}$$

La expresión más utilizada es la de Weibull y es la aplicada en el presente estudio. Con las anteriores expresiones se halla lo que se conoce como la distribución empírica de una muestra, esta luego se puede ajustar a una de las distribuciones teóricas consideradas.

- Distribución Gumbel

Una familia importante de distribuciones usadas en el análisis de frecuencia hidrológico es la distribución general de valores extremos, la cual ha sido ampliamente utilizada para representar el comportamiento de crecidas y sequías (máximos y mínimos).

- Función de densidad

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[\frac{-(x-\beta)}{\alpha} - \exp \left(\frac{-(x-\beta)}{\alpha} \right) \right]$$

Donde α y β son los parámetros de la distribución.

$$F(x) = \int f(x) dx = \exp \left[-\exp \left(\frac{-(x-\beta)}{\alpha} \right) \right]$$

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Estimación de parámetros

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s$$

$$\beta = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

Donde $\bar{x}$ y s son la media y la desviación estándar estimadas con la muestra.

- Distribución Normal

La distribución normal es una distribución simétrica en forma de campana, también conocida como Campana de Gauss. Aunque muchas veces no se ajusta a los datos hidrológicos tiene amplia aplicación por ejemplo a los datos transformados que siguen la distribución normal.

- Función de densidad:

La función de densidad está dada por

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{\frac{-1(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad -\infty < x < \infty$$

Los dos parámetros de la distribución son la media μ y desviación estándar σ para los cuales $\bar{x}$ (media) y s (desviación estándar) son derivados de los datos.

- Estimación de parámetros

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$s = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

- Distribución LogNormal

Si los logaritmos Y de una variable aleatoria X se distribuyen normalmente se dice que X se distribuye normalmente.

Esta distribución es muy usada en el campo de la hidrología y la hidráulica. Tiene la ventaja que $X > 0$ y que la transformación Log tiende a reducir la asimetría positiva ya que al sacar logaritmos se reducen en mayor proporción los datos mayores que los menores.

Limitaciones: tiene solamente dos parámetros, y requiere que los logaritmos de las variables estén centrados en la media.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Función de densidad:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{\frac{-1(y-\mu_y)}{2\sigma_y^2}} \quad x > 0$$

$$y = \ln x$$

Donde:

μ_y : media de los logaritmos de la población (parámetro escalar), estimado $\bar{y}$

σ_y : Desviación estándar de los logaritmos de la población, estimado s_y .

- Estimación de parámetros

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i)$$

$$s_y = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \bar{y})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

- Distribución Gamma

Este modelo es una generalización del modelo Exponencial ya que, en ocasiones, se utiliza para modelar variables que describen el tiempo hasta que se produce p veces un determinado suceso.

- Función de densidad

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \exp(-x/\beta)$$

Este modelo depende de dos parámetros positivos: α y β . La función $\Gamma(p)$ es la denominada función Gamma de Euler.

α y β son los parámetros de escala y forma respectivamente y se obtienen con las siguientes expresiones:

- Estimación de parámetros

$$\mu = \alpha * \beta; \quad \sigma^2 = \alpha * \beta^2$$

Donde la media es μ y la desviación estándar es σ^2

- Distribución Pearson III (Gamma de tres parámetros)

Como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas, la función Gamma se utiliza para ajustar la distribución de frecuencia de variables tales como crecidas máximas anuales,

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Caudales mínimos, Volúmenes de flujo anuales y estacionales, valores de precipitaciones extremas y volúmenes de lluvia de corta duración. La función de distribución Gamma tiene dos o tres parámetros.

- Función de densidad

$$f(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left(\frac{x - \hat{x}_0}{\alpha} \right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{x - \hat{x}_0}{\alpha} \right)$$

Donde,

$x_0 \leq x < \infty$ para $\alpha > 0$

$\infty < x \leq x_0$ para $\alpha < 0$

α y β son los parámetros de escala y forma, respectivamente, y x_0 es el parámetro de localización.

- Estimación de parámetros

$$\hat{\beta} = \left(\frac{2}{Cs} \right)^2; \quad \hat{\alpha} = s \frac{Cs}{2}; \quad \hat{x}_0 = \bar{x} - \alpha \hat{\beta}$$

Cs es el coeficiente de asimetría, $\bar{x}$ y s son la media y la desviación estándar de la muestra respectivamente.

- Distribución LogPearson III

Si los logaritmos Y de una variable aleatoria X se ajustan a una distribución Pearson tipo III, se dice que la variable aleatoria X se ajusta a una distribución Log Pearson Tipo III. Esta distribución es ampliamente usada en el mundo para el análisis de frecuencia. Ésta trabaja igual que para la Pearson Tipo III pero con $\bar{X}$ y S_y como la media y desviación estándar de los logaritmos de la variable original X.

- Función de densidad:

$$f(x) = \frac{1}{x \alpha \Gamma(\beta)} \left(\frac{\ln(x) - y_0}{\alpha} \right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{\ln(x) - y_0}{\alpha} \right)$$

Donde,

$y_0 \leq y < \infty$ para $\alpha > 0$

$\infty < y \leq y_0$ para $\alpha < 0$

α y β son los parámetros de escala y forma, respectivamente, y y_0 es el parámetro de localización.

- Estimación de parámetros

$$\hat{\beta} = \left(\frac{2}{Cs} \right)^2; \quad \hat{\alpha} = s_y \frac{Cs}{2}; \quad \hat{x}_0 = \bar{x}_y - \alpha \hat{\beta}$$

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Cs es el coeficiente de asimetría, $\bar{x}_y$ y s_y son la media y la desviación estándar de los logaritmos de la muestra respectivamente.

2.3.3.4.8.3 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov

Para determinar que es adecuado el ajuste de los datos a una distribución de probabilidades y por lo tanto determinar cuál es la distribución de probabilidades que mejor se ajusta a los datos se ha propuesto una prueba estadística que determina la bondad del ajuste.

El estadístico Kolmogorov-Smirnov considera la desviación de la función de distribución de probabilidades de la muestra $P(x)$ respecto de la función de probabilidades teórica $P_0(x)$ tal que:

$$D = \max_{1 \leq i \leq n} (P_n(X_i) - P_0(X_i))$$

El estadístico D es la máxima diferencia entre la función de distribución acumulada de la muestra y la función de distribución acumulada teórica escogida.

Donde:

- x_i es el i-ésimo valor observado en la muestra (cuyos valores se han ordenado previamente de menor a mayor).
- $P_n(x)$ es un estimador de la probabilidad de observar valores menores o iguales que x_i .
- $P_0(x)$ es la probabilidad de observar valores menores o iguales que x_i cuando H_0 es cierta.

Así pues, D es la mayor diferencia absoluta observada entre la frecuencia acumulada observada $P_n(x)$ y la frecuencia acumulada teórica $P_0(x)$, obtenida a partir de la distribución de probabilidad que se especifica como hipótesis nula.

Si los valores observados $P_n(x)$ son similares a los esperados $P_0(x)$, el valor de D será pequeño. Cuanto mayor sea la discrepancia entre la distribución empírica $P_0(x)$ y la distribución teórica, mayor será el valor de D.

Por tanto, el criterio para la toma de la decisión entre las dos hipótesis será de la forma:

Si $D \leq D_\alpha$ Aceptar H_0

Si $D > D_\alpha$ Rechazar H_0

Donde el valor D_α se elige de tal manera que:

$P(\text{Rechazar } H_0/H_0 \text{ es cierta}) = P(D > D_\alpha/\text{Los datos siguen la distribución}) = \alpha$

Para el cálculo práctico del estadístico D deben obtenerse:

$$D^+ = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\frac{i}{n} - P_0(X_i) \right); \quad D^- = \max_{1 \leq i \leq n} \left(P_0(X_i) - \frac{i-1}{n} \right)$$

Y a partir de estos valores:

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

$$D = \max (D+; D-)$$

A su vez, el valor $D\alpha$ depende del tipo de distribución a probar y se encuentra tabulado. En general responde a la siguiente expresión:

$$D\alpha = \frac{C\alpha}{k(n)}$$

Donde $C\alpha$ y $k(n)$:

Tabla 2-19. Valor de Variación Máxima Admisible (Delta máximo) del estadístico de Smirnov-Kolmogorov.

n	Alfa			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
8	0.385	0.44	0.485	0.58
10	0.32	0.37	0.41	0.49
13	0.295	0.335	0.375	0.445
15	0.27	0.3	0.34	0.4
18	0.25	0.28	0.315	0.38
20	0.23	0.26	0.29	0.36
23	0.22	0.25	0.28	0.34
25	0.21	0.24	0.27	0.32
28	0.2	0.23	0.255	0.305
30	0.19	0.22	0.24	0.29
33	0.185	0.21	0.235	0.28
35	0.18	0.2	0.23	0.27
38	0.175	0.195	0.22	0.26
40	0.17	0.19	0.21	0.25
43	0.165	0.185	0.205	0.245
45	0.16	0.18	0.2	0.24
48	0.155	0.175	0.195	0.235
50	0.15	0.17	0.19	0.23

Fuente: Renovatio 2018

Distribución teórica:

n = datos de precipitación

$\alpha = 1.281/Sy$

Sy = desviación estándar de la serie

En el capítulo 5.1, Numeral 5.1.4.5.2.1 se presenta para cada una de las series de precipitaciones máximas en 24h, la gráfica que representa las diferentes funciones de distribución estudiadas, pudiendo determinar gráficamente la función que mejor representa el comportamiento de las precipitaciones en la zona de estudio. Además, se presentan las tablas que recogen los resultados obtenidos para cada serie de datos de precipitaciones máximas en

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

24 h estudiadas y el resumen del cálculo de la bondad de ajuste calculada por Kolmogorov-Smirnov para cada una de ellas.

2.3.3.4.9 Metodología para el cálculo de caudales

En primer lugar, se han definido las áreas de análisis producto de la interceptación de las cuencas por los viales del parque, es decir, la porción o porciones de las cuencas en el ámbito de estudio que son realmente interceptadas por los viales del parque, y cuya área deberá ser tenida en cuenta en la transformación de lluvia en escorrentía.

En segundo lugar, se estimó la precipitación máxima en 24 h asociada a cada área de análisis, a partir del análisis estadístico.

Por último, se ha aplicado la metodología siguiente para el cálculo de los caudales asociados a cada área de análisis:

- Cálculo del tiempo de concentración.
- Estimación de la curva IDF.
- Cálculo del caudal con el Método Racional.

Cálculo del tiempo de concentración. Se ha calculado el tiempo de concentración con la ecuación de Kirpich en los diferentes puntos de cálculo de caudal de la zona de estudio:

$$T_c = 0.06628 \times \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Donde:

T_c Tiempo de concentración en h

L Longitud del cauce principal en km

S Pendiente entre las elevaciones máximas y mínimas en m/m

Con esta fórmula se obtienen valores menores de tiempos de concentración que si se emplean otros métodos como el de Williams o el de V.T. Chow. De este modo se elige una fórmula conservadora, ya que cuanto menor es el tiempo de concentración mayor es la intensidad de precipitación.

Con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una cuenca y no sobreestimar la intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores, se toma como tiempo de concentración mínimo el valor de 15 min, según se indica en el Manual de drenaje de carreteras.

Estimación de la curva IDF. Las curvas intensidad-duración- frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de la zona en estudio y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos. Como no se disponen para la zona de estudio de curvas IDF, por lo tanto, se han calculado mediante la metodología simplificada recogida en el *Manual de Drenaje para Carreteras*, y que responde a la siguiente formulación:

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

$$I = \frac{a \times T^b \times M^c}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

- I** Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (en mm/h)
T Periodo de retorno en años
M Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual.
t Duración de la lluvia en minutos (min)
a, b, c, Parámetros de ajuste de la regresión

El parque eólico BETA se encuentra en la región Caribe (R2) por lo que se aplicaron los siguientes parámetros a=24,85, b=0,22, c=0,50 y d=0,10.

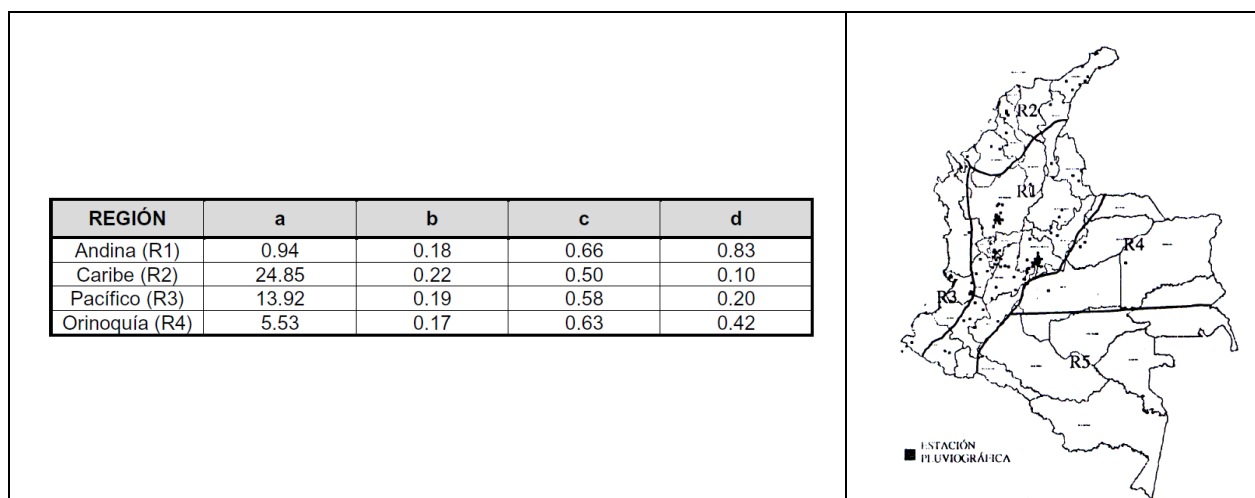


Figura 2-17. Coeficientes de cálculo para las curvas IDF. Fuente Manual de Drenaje para Carreteras (Instituto Nacional de Vías)

Cálculo del caudal con el método racional. Para el cálculo de los caudales asociados a cada microcuenca se ha utilizado el Método Racional, de acuerdo a la siguiente formulación:

$$Q_p = 0.278 \times C \times I \times A$$

Siendo:

- Q_p** Caudal punta en m³/s
C Coeficiente de escorrentía, tabulado
I Intensidad de lluvia en mm/h, obtenida entrando en la curva IDF con un tiempo igual al tiempo de concentración y periodo de retorno 2 años.
A Área de la microcuenca en km²

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía, y a falta de estudios específicos sobre la cobertura vegetal y tipología de suelos, se han utilizado los valores tabulados en el Manual de Drenaje para Carreteras:

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

Figura 2-18. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales.

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras, Instituto Nacional de Vía

De forma general se ha tomado para todo el parque un coeficiente de escorrentía de 0.2.

2.3.3.4.10 Estimación Índice de aridez y del Índice de retención y regulación de la cuenca

2.3.3.4.10.1 Cálculo del índice de aridez

El índice de aridez es un indicador del régimen natural y se define como una característica del clima, donde determina excedente o déficit de agua. Los componentes que definen el índice de aridez son la Evapotranspiración Potencial (ETP) y la Evapotranspiración Real (ETR) aplicadas como se expresa en la siguiente figura:

$$I_a = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

Ia = índice de aridez (adimensional)

ETP = Evapotranspiración potencial (mm)

ETR = Evapotranspiración real (mm)

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.4.10.2 Cálculo del índice de retención y regulación de la cuenca

Para calcular el índice de retención y regulación de cada cuenca estudiada interceptada por el área de estudio, se requiere de la curva de duración de caudales, característica en cada subcuenca de estudio, y por tanto se requiere disponer de la serie de caudales medios en cada una de ellas; sin embargo, no hay registros foronómicos en ninguna de ellas.

En ausencia de información oficial de series históricas de caudales en las cuencas de influencia, se implementa metodología de estimación indirecta. Al disponer de serie histórica de datos de caudales diarios en la estación fluviométrica de 15087080 Paraguachon, registrados en el periodo desde 1990 a 2011 y teniendo en cuenta la homogeneidad existente, tanto pluviométrica como de comportamiento hidrológico, en toda la extensión de la Guajira, se considera idóneo la aplicación de la metodología de transposición de cuencas.

El método o técnica de transposición de caudales de una cuenca a otra, pudiendo ser ambas de una misma cuenca o cuencas vecinas, es ampliamente usado y recomendado en estudios hidrológicos. El método se basa en los rendimientos específicos de las mismas, definido como caudal por unidad de área y precipitación (por ejemplo $[m^3/s]/[Ha*mm]$), y postula que si 2 (o más cuencas), son hidrológicamente homogéneas, entonces se cumple:

$$\frac{Q_1}{A_1 * P_1} = \frac{Q_2}{A_2 * P_2}$$

Donde:

- Q_i: Caudal aportado por la cuenca i.
- A_i: Área de la cuenca i.
- P_i: Precipitación media sobre la cuenca i.

Por lo tanto, si se conocen los parámetros de área y precipitación de ambas cuencas y se conoce el caudal efluente de la cuenca 1, el caudal efluente de la cuenca 2 será:

$$Q_2 = \frac{A_2 * P_2}{A_1 * P_1} * Q_1$$

A partir de la serie histórica de caudales registrados en la estación fluviométrica Paraguachon y conociendo que la cuenca hídrica tiene una superficie 313,6 Km² y un perímetro aproximado de 113,41 kilómetros, y teniendo en cuenta que se dispone de precipitaciones medias mensuales de esta cuenca, aplicando la formulación anterior se obtienen las series de caudales medios diarios mensuales en cada una de las subcuencas que intercepta el área de influencia de estudio.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

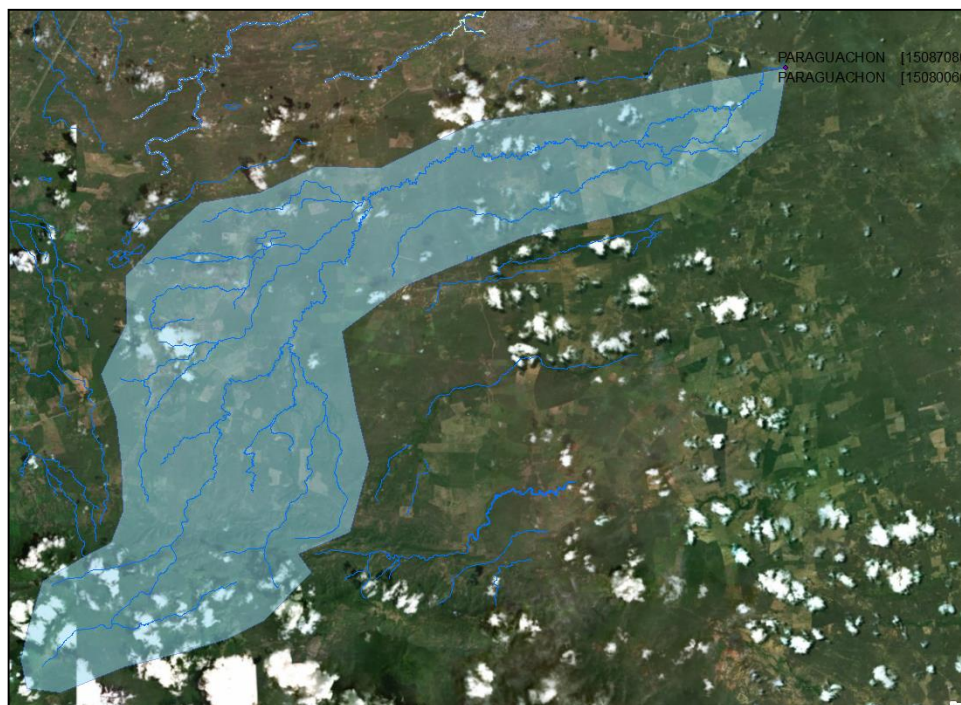


Figura 2-19. Cuenca hidrográfica correspondiente a la Estación fluviométrica Paraguachon.

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-20. Relación de caudales medios mensuales en Estación Paraguachon

Fecha	ene	feb	mar	abril	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
Q medios (m³/s)	0.63	0.00	0.00	0.01	0.45	0.04	0.00	0.11	0.32	0.48	1.93	2.18
P media (mm)	14.93	4.67	8.16	25.23	71.58	35.90	19.14	60.35	128.52	171.18	115.43	48.56

Fuente: Renovatio 2018

Tabla 2-21. Relación de datos hidrológicos en cada subcuenca de estudio

Precipitaciones medias mensuales (mm)														
Código	Nombre cuenca	Área (Ha)	ene	feb	mar	abril	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1508-02-01	Arroyo Sotchy	12155	0.1 0	10.0 8	0.0 0	8.97	92.7 6	16.2 2	15.4 4	58.8 6	112.6 5	260.2 4	122.1 6	30.4 2
1508-02-02	Arroyo Pakaimana	15149	0.0 0	9.24	0.0 0	4.88	88.7 4	12.5 2	16.8 9	60.3 9	109.6 2	259.6 2	112.5 8	31.5 3
1508-02-03	Arroyo Aruatapahi	10580	2.7 0	8.98	0.0 0	0.11	84.8 3	11.5 2	19.8 5	61.5 1	104.0 3	259.0 1	99.12	30.5 0
1508-02-04	Directos M.Izq.Arroyo Kijotchom	784	2.6 5	9.65	0.0 0	9.33	92.6 4	20.6 0	19.4 8	64.3 4	117.4 2	259.9 2	114.9 8	36.6 8
1507-01-01	Arroyo Santana	6267	0.7 0	9.90	0.0 0	15.6 6	86.0 2	15.2 8	12.7 7	49.3 0	104.7 9	230.6 4	122.4 5	24.1 6

Fuente: Renovatio 2018

Tabla 2-22. Relación de caudales medios mensuales en cada subcuenca de estudio

Caudales medios mensuales (m³/s)													
Código	Nombre cuenca	ene	feb	mar	abril	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1508-02-01	Arroyo Sotchy	0.002	0.002	0.000	0.002	0.224	0.007	0.000	0.043	0.110	0.284	0.790	0.529
1508-02-02	Arroyo Pakaimana	0.000	0.002	0.000	0.001	0.267	0.007	0.000	0.055	0.134	0.353	0.908	0.683
1508-02-03	Arroyo Aruatapahi	0.039	0.001	0.000	0.000	0.179	0.005	0.000	0.039	0.089	0.246	0.558	0.461

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Caudales medios mensuales (m³/s)													
Código	Nombre cuenca	ene	feb	mar	abril	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1508-02-04	Directos M.lzq. Arroyo Kijotchom	0.003	0.000	0.000	0.000	0.014	0.001	0.000	0.003	0.007	0.018	0.048	0.041
1507-01-01	Arroyo Santana	0.006	0.001	0.000	0.002	0.107	0.004	0.000	0.019	0.053	0.130	0.408	0.216

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Una vez disponibles las series de caudales medios diarios mensuales en cada una de las subcuencas de obtiene, para cada una de ellas la curva duración de caudales, como se desarrolla en el Capítulo 5.1 Numeral 5.1.4.7.2.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.5 Calidad del agua

Esta sección se basó en los lineamientos establecidos por los Términos de Referencia (TdR-09) definidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), con el fin de determinar la calidad del agua de los sistemas lóticos y lénticos del área de influencia del proyecto. Para lo cual, se adelantaron muestreos fisicoquímicos y microbiológicos, y los resultados obtenidos fueron comparados con los límites establecidos en el decreto 1594 de 1984 Artículos 38 y 39, y resolución 2115 de 2007. Así mismo se identificaron los usos del agua, teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 2.2.3.2.7.6 del Decreto 1076 de 2015.

2.3.3.5.1 Identificación de puntos de muestreo

Se realizó inicialmente la identificación de todos los cuerpos de agua presentes en el área de estudio con base en la imagen aérea de alta resolución disponible para el proyecto y posteriormente se realizaron visitas para corroborar la información levantada preliminarmente. Durante las salidas de campo, se tomó el registro fotográfico y se diligenciaron las fichas de campo para cada uno de los cuerpos de agua identificados en el área de influencia del proyecto, información que se encuentra recopilada en los numerales del 5.1.6.7 al 5.1.6.10 del capítulo 5.1 Caracterización del componente abiótico, y en el Anexo 47.3. Hidrología y calidad del agua.

Las salidas a campo se llevaron a cabo en varias temporadas, de la siguiente forma:

- Temporada seca 1: del 26 al 28 de marzo de 2018
- Temporada seca 2: del 18 al 21 de junio de 2018
- Temporada húmeda: del 1 al 4 de mayo de 2018

Posteriormente, para dar respuesta a la solicitud de información adicional del 13 de diciembre de 2018, donde se solicitaba ampliar el área de influencia para incluir la vía de acceso al proyecto, se realizó una salida de campo para la identificación y caracterización de los cuerpos de agua presentes en la nueva área de influencia. Salida que se llevó a cabo entre del 9 al 11 de enero de 2019, correspondiente a temporada seca.

Los sitios de muestreo para jagüeyes se eligieron con respecto a su representatividad en las rancherías, dependiendo si eran usados para consumo humano o no, este hecho permitió identificar los jagüeyes de mayor importancia y los cuales serían susceptibles de monitoreo.

Es de anotar que en la ranchería de Tewou no se presentaron jagüeyes para consumo humano por ende el jagüey seleccionado se basó en el segundo uso (doméstico y/o consumo animal), tamaño y número de personas que lo usaban. En esta ranchería, se encuentra un pozo de aguas subterráneas activo presente en el área donde se ubicarán los aerogeneradores, el cual es empleado para consumo animal, también fue un punto de muestreo considerado para el levantamiento de la línea base.

Por otra parte, en la ranchería de Cacherin no se identificaron fuentes hídricas dentro del área de influencia del proyecto.

En la Tabla 2-23 se muestran los puntos seleccionados para realizar los monitoreos de calidad de agua.

Al momento de realizar las salidas para la toma de muestras, los Jagüeyes nombrados 2, 11, 17, 18 y 19 no contuvieron agua por lo que no fue posible tomar muestras en ellos para los análisis físico- químicos y microbiológicos (Tabla 2-23) (ver resultados de monitoreo en

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

capítulo 5.1 Caracterización del componente abiótico, numeral 5.1.5.2 o en Anexo 9. Resultados lab. agua e hidrobiológicos).

Tabla 2-23. Puntos de seleccionados para monitoreo de calidad de agua para jagüeyes y pozo

Tipo Monitoreo	Nombre	Este	Norte	Cota	Ranchería	Consumo humano
Agua superficial	Jagüey 2	882883,614	1776458,823	32	Tewou	No
	Jagüey 6 ⁴⁸	882168,037	1771080,376	21	Sukuluwou	Si
	Jagüey 11	884492,834	1770782,397	13	Mapuachon	Si
	Jagüey 17	885713,672	1774006,455	14	Majayut	Si
	Jagüey 18	889557,799	1774155,382	16	Kijotchon	Si
	Jagüey 19	890918,962	1774915,737	15	Curalarrain	Si
	Jagüey Sochinchon ⁴⁹	871086	1779595	29	Soshinchon	Si
	Jagüey Rosamana ⁵⁰	878063	1774139	26	Rosamana	Si
	Jagüey 2 Aipishimana ⁵¹	879674	1772589	21	Aipishimana	Si
Agua subterránea	Pozo Tewou ⁵²	882599,235	1777570,658	31	Tewou	No
	Pozo Carloctama ⁵³	868120	1782420	33	Carloctamana	Si
	Pozo 2 Soshinchon ⁵⁴	871263	1779268	31	Sochinchon	Si

En color se muestran los puntos de monitoreo que se encontraron efectivamente con agua en el momento del monitoreo y que, por lo tanto, se pudieron tomar las muestras para los análisis físicoquímicos y microbiológicos.

Fuente: Renovatio 2019

Para los arroyos susceptibles de intervención por ocupaciones de cauce, se realizaron tres (3) salidas de campo: dos (2) en periodo de sequía y uno (1) de lluvia, en las fechas mencionadas al inicio de este numeral, como lo establecen los términos de referencia para proyectos eólicos en zonas desérticas. Para lo cual, se realizaron visitas puntuales a cada una de las ocupaciones de cauce (Tabla 2-24), diligenciando el formato de visita y realizando el registro fotográfico correspondiente. En todas las salidas de campo realizadas en las diferentes temporadas, se encontraron los arroyos secos, incluso en la visita realizada en mayo en época

⁴⁸ Ver ficha Uso del agua 5-11

⁴⁹ Corresponde al Jagüey 41. Ver ficha de uso del agua 5-46

⁵⁰ Corresponde al Jagüey 34. Ver ficha de uso del agua 5-39

⁵¹ Corresponde al Jagüey 29. Ver ficha de uso del agua 5-34

⁵² Corresponde al Pozo 1. Ver ficha de uso del agua 5-68

⁵³ Corresponde al Molino 1. Ver ficha de uso del agua 5-73

⁵⁴ Corresponde al Molino 2. Ver ficha de uso del agua 5-74

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

húmeda, debido a que no se registraron lluvias. Por tal motivo, no fue posible realizar toma de muestras para análisis de calidad del agua en dichos puntos (ver registro fotográfico de una ocupación en Imagen 2-4 o ver registro fotográfico completo en el capítulo 5.1 Caracterización del componente abiótico, numeral 5.1.5.3 o en Anexo 47.3 Hidrológico y calidad de aguas).

Tabla 2-24. Ocupaciones de cauce visitadas en el área del parque eólico, en época seca (marzo y junio, 2018) y en época húmeda (mayo, 2018)

Ocupación de cauce	Coordenadas (Magna Sirgas-Origen Este)	
	Este	Norte
OC - 1	881777,065	1771541,550
OC - 2	883586,841	1772344,353
OC - 3	889561,197	1773249,369
OC - 4	891182,301	1774715,161

Fuente: Renovatio 2018



(a)



(b)



(c)

Imagen 2-4. Visitas de campo a los puntos de ocupación de cauce en el área del parque eólico. Ejemplo, OC N. 1, arroyo Sotchy, en la ranchería de Sukuluwou (a) marzo de 2018; (b) junio de 2018; (c) mayo de 2018.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Para dar cumplimiento a los requerimientos de información adicional de incluir la vía de acceso en el área del proyecto, se hizo un recorrido por el tramo de vía identificando las ocupaciones de cauce que serían necesarias para la adecuación del acceso al parque. En la salida de campo que se realizó el 10 de enero de 2019 correspondiente a temporada seca, solo se identificó una ocupación de cauce denominada “OC – 5”, la cual se menciona a continuación:

Tabla 2-25. Ocupaciones de cauce visitadas en época seca en el área de la vía de acceso al parque eólico (época seca enero 2019)

Ocupación de cauce	Coordenadas (Magna Sirgas-Origen Este)	
	Este	Norte
OC - 5	1774715,160	891182,301

Fuente: Renovatio 2019



Imagen 2-5. Visitas de campo a los puntos de ocupación de cauce en la vía de acceso al parque eólico. Arroyo Santana, en la ranchería de Soshinchon enero de 2019

2.3.3.5.2 Toma de muestras

La toma de muestras para análisis de calidad de agua en el área del proyecto, se efectuó por parte del Laboratorio Zonas Costeras S.A.S, el cual cuenta con acreditación del IDEAM mediante Resolución 3121 del 28 de diciembre del 2017 bajo la norma NTC ISO/EC 17025 (ver Anexo 9. Resultados lab. agua e hidrobiológicos), el laboratorio tomó muestras puntuales en los cuerpos de agua superficial (jagüeyes de consumo humano) y subterráneo (pozo y molinos), para evaluar y analizar los parámetros físicos, químicos, microbiológicos (ver Capítulo 5.1. numeral 5.1.5) e hidrobiológicos (ver Capítulo 5.2 numeral 5.2.1.2). Para el área del parque eólico como tal, se realizó el monitoreo en época de lluvias (3 de mayo del 2018), y para el área de la vía de acceso se realizó en época seca (10 de enero de 2019). Es de acotar que, en la primera salida, solo se monitoreó el jagüey 6 puesto que era el único con agua al momento del monitoreo, debido a que no se registraron lluvias en la época húmeda (mayo 2018). Además, cabe resaltar que los monitoreos realizados posteriormente en enero de 2019, se realizaron con el fin de dar respuesta a los requerimientos de información adicional solicitados por la ANLA, en esta salida solo los jagüeyes de uso para consumo humano

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

(Jagüey Soshinchon, jagüey Rosamana y jagüey 2 Aipishimana) se encontraron con agua, por lo tanto, fue a estos que se les realizó monitoreos (ver Imagen 2-6 a Imagen 2-11) o Anexo 47. Registro fotográfico de calidad de aguas de los puntos monitoreados.



Imagen 2-6. Empleado del Laboratorio Zonas Costeras S.AS, tomando muestras de agua en Jagüey de Sukuluwou y Pozo de Tewou (mayo de 2018).



Imagen 2-7. Medición de parámetros en campo Jagüey de Sukuluwou (temperatura, pH, oxígeno disuelto etc.) (mayo de 2018)



Imagen 2-8 Recolección de Microbiológicos en Jagüey de Sukuluwou y Pozo de Tewou. (mayo de 2018)

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-9. Empleado del Laboratorio Zonas Costeras S.AS, tomando muestras de agua en Jagüey Aipishimana (enero de 2019)



Imagen 2-10. Medición de parámetros en campo (temperatura, pH, oxígeno disuelto etc.) Jagüey Soshinchon (enero de 2019)



Imagen 2-11 Recolección de Microbiológicos en Molino Carloctamana (Karroloutamana). (enero de 2019)

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Dentro de la metodología empleada para la toma de las muestras de agua para análisis fisicoquímicos y microbiológicos, en los jagüeyes empleó un balde transparente y en los pozos de agua subterránea un balde verde de 6 litros cada uno, con el cual se llenaron los recipientes de vidrio ámbar, plástico opaco y la bolsa microbiológica debidamente rotulados. Así mismo, las muestras fueron preservadas teniendo en cuenta el análisis a realizar (acidificación y/o refrigeración). Una vez colectadas, las muestras se preservaron en neveras de icopor, registrando correctamente en formatos de campo la información correspondiente, como fecha y hora de muestreo, responsable de la toma, origen, tipo de fijación y otras observaciones pertinentes (Anexo 9. Resultados lab. agua e hidrobiológicos).

Adicionalmente, se midieron variables *in situ*, tales como: temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto por medio de un equipo multiparámetro. Para los demás parámetros a evaluar, se colectaron muestras de agua, las cuales posteriormente fueron enviadas al laboratorio Zonas Costeras S.A.S para su correspondiente análisis. Cabe mencionar que el tiempo transcurrido entre toma de muestras y recepción de las mismas en el laboratorio no superó las 48 horas.

2.3.3.5.3 Parámetros monitoreados

A continuación, en la Tabla 2-26 se observan los volúmenes, recipientes y protocolos de conservación y análisis para cada uno de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que fueron analizados en los cuerpos de agua monitoreados.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-26. Protocolo de toma y análisis de las muestras

Parámetro	Método de referencia	Unidad	Preservción	Envase	Volumen	Jagüey	Pozo
pH (In situ)	SM 4500-H+ B /Electrométrico	U de pH	Inmediata	-	-	X	X
Temperatura (In situ)	SM 2550 B /Electrométrico	°C	Inmediata	-	-	X	X
Conductividad (in Situ)	SM 2510 B /Electrométrico	mS/cm	Inmediata	-	-	X	X
Oxígeno Disuelto (in situ)	SM 4500-O G /Electrodo de membrana	mg/L	Inmediata	-	-	X	X
Turbidez	SM 2130 B / Nefelométrico	UNT	Refrigeración a < 6°C	Plástico	500	X	X
Cloruros	SM 4500 Cl		Refrigeración a < 6°C	Plástico	500	X	
Salinidad	SM 2520B / Electrométrico	UPS	Refrigeración a < 6°C	Plástico	500		X
Sulfatos	SM 4500-SO42- E /Turbidimétrico	mg SO42-/L	Refrigeración a < 6°C	Plástico	500	X	X
DBO5	SM 5210 B, SM 4500-O G /Incubación a 5 días y Electrodo de Membrana.	mg O/L	Refrigeración a < 6°C	Vidrio	1000	X	X
DQO	SM 5220 D /Reflujo Cerrado - Colorimétrico	mg O2/L	Refrigeración a < 6°C; acidificó con H2SO4 hasta pH <2.	Vidrio Ambar	250	X	X
Solidos Suspendidos Totales	SM 2540 D /Gravimétrico - Secado a 103°C – 105°C	mg/L	Refrigeración a < 6°C	Plástico	1000	X	X
Sólidos Sedimentables	SM 2540 F/ Cono Imhoff – Volumétrico	mL/L	Refrigeración a < 6°C	Plástico	1000	X	X
Fenoles	SM 5530 D / Destilación y Fotométrico Directo	mg /L	Refrigeración a < 6°C	Plástico	1000	X	X
Grasas y Aceites	SM 5520 D/Extracción Soxhlet	mg/L	Refrigeración a < 6°C; acidificó con H2SO4 hasta pH <2.	Vidrio Boca ancha	1000	X	X

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Parámetro	Método de referencia	Unidad	Preservción	Envase	Volumen	Jagüey	Pozo
Hidrocarburos	SM 5520 D, F Edición 22/Extracción Soxhlet		Refrigeración a < 6°C; acidificó con H2SO4 hasta pH <2.	Vidrio Ambar	250	X	
Surfactantes Aniónicos	SM 5540 C /Surfactantes Aniónicos como SAAM	mg SAAM/L	Refrigeración a < 6°C	Plástico	500	X	X
Nitrógeno total	Calculo (NO2, NO3, NKT)	mg N/L	Refrigeración a < 6°C; acidificó con H2SO4 hasta pH <2.	Plástico	500	X	X
Acidez	SM 2310 B /Volumétrico	mg CaCO3/L	Refrigeración a < 6°C	Plástico	1000	X	X
Alcalinidad Total	SM 2320 B / Volumétrico	mg CaCO3/L	Refrigeración a < 6°C	Plástico	1000	X	X
Dureza Total	SM 2340 C /Volumétrico con EDTA	mg CaCO3/L	Refrigeración a < 6°C; acidificó con H2SO4 hasta pH <2.	Plástico	500	X	X
Dureza Cálrica	SM 3500-Ca B / Volumétrico con EDTA	mg CaCO3/L	Refrigeración a < 6°C; acidificó con H2SO4 hasta pH <2.	Plástico	500	X	X
Color	ISO 7887 B / Espectrofotométrico	m-1 a 436 nm	Refrigeración a < 6°C	Plástico	500	X	X
		m-1 a 525 nm	Refrigeración a < 6°C	Plástico	500	X	X
		m-1 a 620 nm	Refrigeración a < 6°C	Plástico	500	X	X
Magnésio Total	SM 3500 Mg B / Cálculo	mg Mg2+/L	Refrigeración a < 6°C; Acidificó con pH < 2 con HNO3	Vidrio Ambar	1000	-	X

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Parámetro	Método de referencia	Unidad	Preservción	Envase	Volumen	Jagüey	Pozo
Coliformes Totales	SM 9221 B/Fermentación en tubos múltiples	NMP/100 mL	Refrigeración a < 6°C	Bolsa Microbiológica	250	X	X
Coliformes Termotolerantes	SM 9222 D/Filtracion por membrana	UFC/100 cm3	Refrigeración a < 6°C	Bolsa Microbiológica	250	X	X
Fosforo	APHA-AWWA-WEF-SM 4500-P B, E: Phosphorus-Sample Preparation - Ascorbic Acid 22nd Edition. 2012		Refrigeración a < 6°C; acidificó con H2SO4 hasta pH <2.	Vidrio Ambar	250	X	-
Solidos Disueltos Totales	APHA-AWWA-WEF-SM 2540 C: Solids – Total Dissolved Solids Dried at 180°C. 23nd Ed.2017	mg SDT/L	Refrigeración a < 6°C	Plástico	1000	X	X
Arsénico Total	EPA 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry. Rev. 5.4. 1994.	mg Metal/L	Refrigeración a < 6°C; Acidificó con pH < 2 con HNO3	Vidrio Ambar	1000	X	X
Bario Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X
Cadmio Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X
Cobre Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X
Cromo Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X
Hierro Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X
Mercurio Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X
Níquel Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X
Plata Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X
Plomo Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X
Potasio Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X
Selenio Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Parámetro	Método de referencia	Unidad	Preservción	Envase	Volumen	Jagüey	Pozo
Zinc Total		mg Metal/L		Vidrio Ambar	1000	X	X

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.5.4 Índice de Langelier

Para calcular el índice de Langelier (IL) se utilizó la siguiente ecuación:

$$IL = pH + TF + HF + AF - 12,5$$

En donde,

pH es el valor obtenido de pH

TF es el factor de temperatura

HF es el factor de dureza cálcica

AF es el factor de alcalinidad total

Para los factores se utilizó la siguiente tabla de valores^{55 56}(Tabla 2-27).

Tabla 2-27. Tabla de valores

Temperatura		Dureza cálcica		Alcalinidad total	
°C	TF	ppm	HF	ppm	AF
0	0,0	5	0,7	5	0,7
4	0,1	25	1,4	25	1,4
8	0,2	50	1,7	50	1,7
12	0,3	75	1,9	75	1,9
16	0,4	100	2,0	100	2,0
20	0,5	150	2,2	150	2,2
24	0,6	200	2,3	200	2,3
28	0,7	250	2,4	250	2,4
32	0,7	300	2,5	300	2,5
36	0,8	400	2,6	400	2,6
40	0,9	500	2,7	500	2,7
50	1,0	1.000	3,0	1.000	3,0

2.3.3.5.5 Índice de calidad del agua (ICA)

El índice de calidad del agua (ICA), se calculó con base en las recomendaciones del IDEAM⁵⁷, utilizando cinco parámetros del agua (oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica y pH) a cada parámetro se le dio una ponderación de 0,2. La fórmula que se utilizó para calcular el ICA fue la siguiente:

$$ICA_{ntj} = \left(\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$$

En donde,

⁵⁵ LANGEIER W F. Chemical equilibria in water treatment. American water work association. 1946. 38, 169

⁵⁶ IDEAM. Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA). Formato Común Hoja Metodológica. p. 11.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ICA_{njt} es el índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

W_i es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt} es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t.

n es el número de variables da calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

Para el cálculo del índice de oxígeno disuelto se utilizó la siguiente formula:

$$I_{od} = 1 - (1 - 0,01 * PS_{od})$$

En donde,

I_{od} es el índice de oxígeno disuelto y

PS_{od} es el porcentaje de saturación del oxígeno.

Para calcular el índice de sólidos suspendidos totales se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_{SST} = 1 - (0,02 + 0,003 SST)$$

Si $SST \leq 4,5$ entonces $I_{SST} = 1$

Si $SST \geq 320$, entonces $I_{SST} = 0$.

Para calcular el índice de demanda química de oxígeno (DQO) se utilizó el siguiente criterio:

Si $DQO \leq 20$, entonces I_{DQO} es igual a 0,91

Si $20 < DQO \leq 25$, entonces I_{DQO} es igual a 0,71

Si $25 < DQO \leq 40$, entonces I_{DQO} es igual a 0,51

Si $40 < DQO \leq 80$, entonces I_{DQO} es igual a 0,26

Si $DQO > 80$, entonces I_{DQO} es igual a 0,125

Para calcular el índice de conductividad eléctrica se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_{CE} = 1 - 10^{(-3,26 + 1,34 \log_{10} CE)}$$

Cuando $I_{C.E} < 0$, entonces $I_{C.E} = 0$.

Para calcular el índice de pH se utilizó el siguiente criterio:

Si $pH < 4$, entonces $I_{pH} = 0,1$

Si $4 \leq pH \leq 7$, entonces $I_{pH} = 0,02628419 * e^{(pH - 0,520025)}$

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Si $7 < \text{pH} \leq 8$, entonces $I_{\text{pH}} = 1$

Si $8 < \text{pH} \leq 11$, entonces $I_{\text{pH}} = 1 * e^{[(\text{pH}-8)-0,5187742]}$.

La calificación del índice para cada cuerpo de agua y el color que se le dio de advertencia, según los valores obtenidos fue el siguiente (Tabla 2-28).

Tabla 2-28. Calificación del ICA según los valores

Rango del valor	Calificación	Color de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

2.3.3.5.6 Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)

Para calcular el índice de la alteración de la calidad del agua IACAL, se utilizó el shape de subzonas hidrográficas de Colombia, con esta información y en base al estudio realizado por el IDEAM⁵⁸, el cual contiene los formatos shape del IACAL calculado para año medio y para año seco de Colombia, se procedió a ubicar el polígono del proyecto en los dos diferentes escenarios climáticos.

2.3.3.5.7 Índice de Contaminación (ICO)

El índice de contaminación se analiza para identificar los posibles impactos que algunos parámetros pueden ocasionar sobre el cuerpo de agua, como son los coliformes, dureza, alcalinidad, entre otros, que se ven representados por diferentes índices como son: índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), índice de contaminación por mineralización ICOMI e índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS. Para calcular estos índices se utilizó el método de Ramírez⁵⁹ los cuales se señalan del numeral 2.3.3.5.6.1 al 2.3.3.5.6.3. Así mismo, la calificación del índice para cada cuerpo de agua y el color que se le dio de advertencia, según los valores obtenidos fue el siguiente (Tabla 2-29).

Tabla 2-29. Significancia de los Índice de Contaminación ICOs.

ICO	Grado de Contaminación
0 – 0,2	Ninguna
> 0,2 – 0,4	Baja
> 0,4 – 0,6	Media
> 0,6 – 0,8	Alta
> 0,8 - 1	Muy Alta

Fuente: Ramírez *et al.* (1999)⁶⁰

⁵⁸ IDEAM. Citado en <<http://www.ideam.gov.co/web/agua/iacal>>. [Consultado el 13 de septiembre del 2017].

⁵⁹ RAMÍREZ, A., RESTREPO, R., VIÑA, G. 1997. Cuatro Índices De Contaminación para Caracterización de Aguas Continentales. Formulación y Aplicación. Ciencia Tecnología Y Futuro 1(3): 135-153.

⁶⁰ RAMÍREZ, A., RESTREPO, R., CARDEÑOSA, M. 1999. Índice De Contaminación para Caracterización de Aguas Continentales y Vertimientos. Formulación. Ciencia Tecnología Y Futuro 1(5): 89-99.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.5.7.1 Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

La fórmula que se utilizó para calcular el ICOMO fue la siguiente:

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{Coliformes} + I_{Oxigeno \%})$$

Donde:

I_{DBO} es el índice de DBO_5

$I_{Coliforme}$ es el índice de coliformes

$I_{Oxigeno \%}$ es el índice de porcentaje de oxígeno

Para el cálculo del índice de oxígeno disuelto se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_{DBO} = -0,05 + 0,70 \log_{10} DBO(mg/L)$$

Cuando la $DBO > 30$ (mg/L); el $I_{DBO} = 1$

Cuando la $DBO < 2$ (mg/L); el $I_{DBO} = 0$

Para el cálculo del índice de coliformes totales se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_{Coliformes\ Totales} = -1,44 + 0,56 \log_{10} Col.Tot(NMP/100ml)$$

Si Coliformes Totales > 20000 (NMP/100 ml); el $I_{coliformes\ totales} = 1$

Si Coliformes Totales < 500 (NPM/100 ml); el $I_{coliformes\ totales} = 0$

Para el cálculo del índice de porcentaje de oxígeno se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_{Oxigeno \%} = 1 - 0,01.Oxigeno\%$$

Si Oxígeno (%) $> 100\%$ el $I_{Oxigeno \%} = 0$

Para sistemas lénticos con eutrofización y porcentajes de saturación mayores al 100%, se sugiere reemplazar la expresión por:

$$I_{Oxigeno \%} = 0,01.Oxigeno\% - 1$$

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.5.7.2 Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)

La fórmula que se utilizó para calcular el ICOMI fue la siguiente:

$$ICOMI = \frac{1}{3}(I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$$

Donde:

$I_{Conductividad}$ es el índice de conductividad

I_{Dureza} es el índice de dureza

$I_{Alcalinidad}$ es el índice de alcalinidad

Para el cálculo del índice de conductividad se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_{Conductividad} = \text{Log}_{10} I_{Conductividad}$$

$$\text{Log}_{10} I_{Conductividad} = 3,26 + 1,34 \text{Log}_{10} \text{Conductividad}(\mu\text{S}/\text{cm})$$

$$I_{Conductividad} = 10^{\text{Log} I_{Conductividad}}$$

Si la conductividad > 270 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el $I_{Conductividad} = 1$

Para el cálculo del índice de la dureza se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_{Dureza} = \text{Log}_{10} I_{Dureza}$$

$$\text{Log}_{10} I_{Dureza} = -9,09 + 4,40 \text{Log}_{10} \text{Dureza}(\text{mg}/\text{L})$$

$$I_{Dureza} = 10^{\text{Log} I_{Dureza}}$$

Si Dureza > 110 mg/L; el $I_{Dureza} = 1$

Si Dureza < 110 mg/L; el $I_{Dureza} = 0$

Para el cálculo del índice de la Alcalinidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_{Alcalinidad} = -0,25 + 0,005 \text{Alcalinidad}(\text{mg}/\text{L})$$

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Si Alcalinidad > 250 mg/L; el $I_{\text{Alcalinidad}} = 1$

Si Alcalinidad < 50 mg/L; el $I_{\text{Alcalinidad}} = 0$

2.3.3.5.7.3 Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

$$ICOSUS = -0,02 + 0,003 \text{SólidosSustependidos (mg/L)}$$

Si Sólidos Suspendidos > 340 mg/L; el ICOSUS = 1

Si Sólidos Suspendidos < 10 mg/L; el ICOSUS = 0

2.3.3.6 Usos del agua

La identificación de las fuentes de abastecimiento de agua en el área de influencia del proyecto y la identificación de usos y usuarios se realizó por medio de las encuestas realizadas (Anexo 25. Info Social) para el medio social del estudio de impacto ambiental y a través de reconocimiento en campo en cada Ranchería, para lo cual se georeferenciaron todos los lugares de abastecimiento de agua presentes en la zona.

La identificación de las fuentes de abastecimiento de agua en el área de influencia del proyecto y la identificación de usos y usuarios, se realizó por medio de las encuestas ejecutadas para el medio social del EIA entre febrero y marzo de 2018, y posteriormente en enero de 2019 en el marco del levantamiento de datos para la información adicional. Por lo tanto, a través de dichas encuestas y del reconocimiento en campo en cada ranchería del área de influencia, se georeferenciaron todos los lugares de abastecimiento de agua presentes en la zona. Para el área del parque eólico, dicho levantamiento y seguimiento de las fuentes hídricas superficiales (jagüeyes y lagunas) se realizó en tres (3) temporadas: temporada seca (del 26 al 28 de marzo de 2018 y del 18 al 21 de junio de 2018) y temporada de invierno (del 1 al 4 de mayo de 2018), con el fin de revisar el estado de estos cuerpos de agua durante las diferentes temporadas climáticas, en cuanto a los cuerpos de agua subterránea se realizó visita en una temporada seca (26 de marzo de 2018) y una temporada de invierno (3 de mayo de 2018).

Para dar respuesta al requerimiento de información adicional de actualizar la línea base, se realizó una salida para el reconocimiento de los cuerpos de agua presentes en el área de la vía de acceso al proyecto, la cual se llevó a cabo en temporada seca (del 10 al 14 de enero de 2019). En el anexo 47.3 Hidrología y calidad de agua se presenta el registro fotográfico de las fuentes de aprovisionamiento y fuentes hídricas visitadas en todas las temporadas.

En el área de influencia del proyecto no se registran Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas-POMCA o Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH. El instrumento más cercano que se encontró fue el POMCA del Río Carraipía-Paraguachón la cual es la cuenca más importante del municipio de Maicao, ya que es la que abastece al acueducto de la cabecera Municipal, sin embargo, esta cuenca en mención no se encuentra dentro del área de estudio del presente proyecto.

Debido a que los arroyos presentes en el área del proyecto, no son fuente de abastecimiento de agua para las comunidades locales y solo son usados por el ganado caprino u ovino en temporada de lluvias, no se tuvieron en cuenta en el análisis de aprovisionamiento de agua de la comunidad; adicionalmente se verificó y análisis información de Corpoguajira sobre el

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

inventario de concesiones y usos del agua en el Municipio de Maicao y Uribia y no se encontraron concesiones otorgadas en el área de estudio, debido a que son fuentes hídricas que permanecen secas la mayor parte del tiempo.

2.3.3.7 Geotecnia

Este estudio se compone de tres partes interrelacionadas y complementarias entre sí: un estudio geológico, un estudio geomorfológico y el estudio geotécnico.

El estudio geológico y en el estudio geomorfológico tuvo por objetivo la obtención de las características y condiciones generales del terreno donde se emplazará el parque eólico, para lo cual se obtuvo la siguiente información:

- Estratigrafía y litología de las diferentes formaciones afectadas.
- Estructura geológica a lo largo del corredor, plegamientos, fallas, etc.
- Disposición de los planos de discontinuidad: estratificación, esquistosidad y juntas dominantes a lo largo de la traza.
- Estimación de zonas, laderas o tramos potencialmente inestables.
- Cartografía de manantiales, sumideros y zonas húmedas o encharcadas. Cartografía de pozos y medida del nivel freático en aquellos que son accesibles. Condiciones hidrológicas generales.
- Características generales y distribución de los principales depósitos de suelos. Diferenciación cartográfica de los depósitos en función de su granulometría general. Cartografía de rellenos y vertederos de origen antrópico.

Por su parte en el estudio Geotécnico tuvo por objetivo conocer en detalle el comportamiento mecánico de los suelos presentes en la zona de estudio a fin de adoptar las recomendaciones geotécnicas adecuadas para cada problemática específica. Este informe se realizó a través de los datos obtenidos en los estudios de geología y geomorfología previos. Se definieron los siguientes aspectos:

- Naturaleza y parámetros geotécnicos de las formaciones de suelos atravesados. Estudio del espesor y distribución del recubrimiento de suelos de menor consistencia. Caracterización geotécnica de las diferentes formaciones y materiales reconocidos a lo largo de la traza.
- Análisis de los datos obtenidos en fases previas en reuniones periódicas multidisciplinarias y recomendaciones para su ajuste.
- Caracterización del método de excavación y de las condiciones de excavación.
- Diseño de los taludes de desmonte admisibles, en los diferentes tramos del trazado, con indicación de zonas problemáticas si las hubiera donde se requieren medidas de contención.
- Clasificación de los materiales excavados y posibilidades de utilización en rellenos.
- Determinación de la capacidad portante del terreno para soportar los rellenos, recomendaciones para el apoyo de los mismos y estudio de los asentamientos que pueden producirse.
- Diseño de taludes estables para los terraplenes y medidas complementarias de seguridad, en su caso.
- Estimación del Índice C.B.R. para el dimensionamiento del firme.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.7.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó entre el 17 y el 21 de abril de 2018, en donde se tomaron las respectivas muestras que posteriormente fueron entregadas a los laboratorios Analquimicos, INCIGAM y el laboratorio de suelos, de la escuela de geociencias de la Universidad Nacional de Colombia (ver Anexo 7. Result. lab. suelos, geología y geotecnia).

En el área de estudio se realizaron 9 calicatas, siete (7) para perfiles estratigráficos de 3,5 metros de profundidad, una (1) a una profundidad de 2,6 m y una (1) a profundidad de 1,5m. A partir de la descripción de las mismas, se identificó una uniformidad en el tipo de material, conservando textura, gama de colores y presencia de carbonatos. A continuación, se presenta la ubicación y descripción de cada una de ellas. En la Figura 2-20 y la Tabla 2-30 se presenta la localización de las calicatas para el estudio geotécnico en el área de estudio y la descripción de ubicación, georreferenciación y profundidad de las calicatas. Así mismo, algunas calicatas se emplearon para el estudio del suelo.

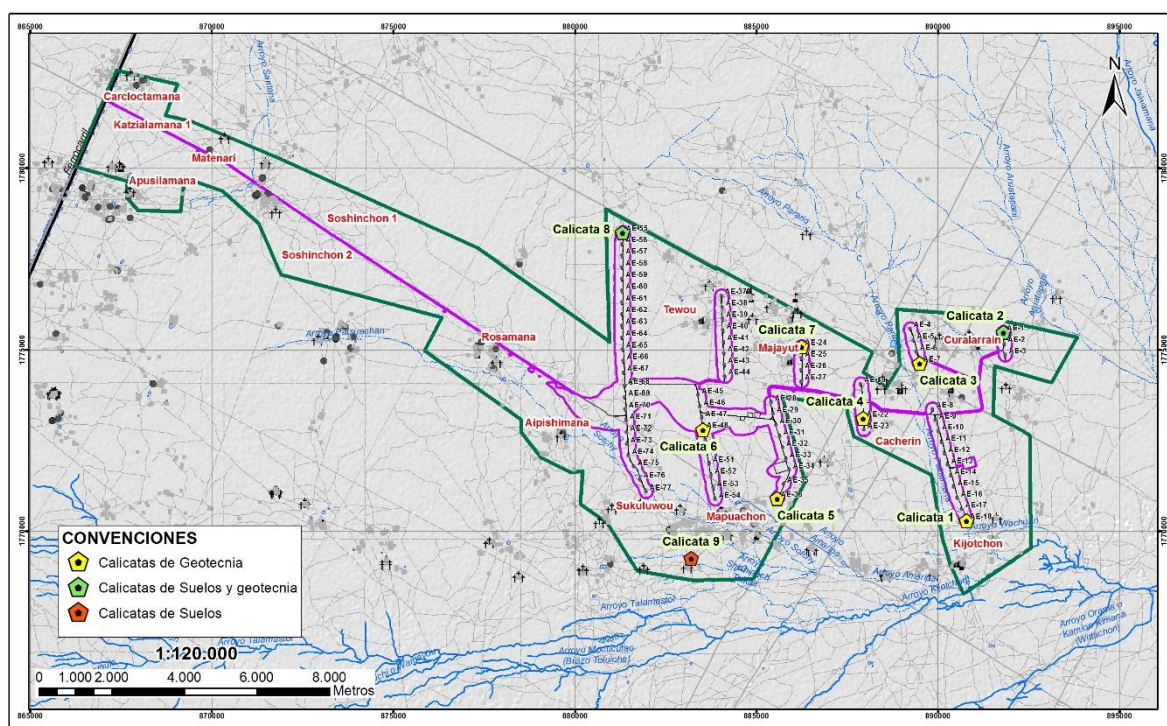


Figura 2-20. Mapa de ubicación de calicatas para perfiles estratigráficos

Fuente: Renovatio 2019

Tabla 2-30. Localización de los perfiles estratigráficos realizados en el área de estudio

Identificación del perfil de suelo	Tema	Localización Ranchería	Coordenadas magna sirgas origen este		Profundidad (m)
			Este	Norte	
Calicata 1	Geotecnia	Kijotchon	890786,969	1770301,630	2,6 m

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Identificación del perfil de suelo	Tema	Localización Ranchería	Coordenadas magna sirgas origen este		Profundidad (m)
			Este	Norte	
Calicata 2	Suelos y geotecnia	Curalarraín	891799,553	1775484,210	3,5 m
Calicata 3	Geotecnia	Curalarraín	889491,815	1774629,030	3,5 m
Calicata 4	Geotecnia	Kacherin	887938,402	1773115,160	3,5 m
Calicata 5	Geotecnia	Mapuachon	885576,332	1770915,000	3,5 m
Calicata 6	Geotecnia	Sukulowou	883528,595	1772806,930	3,5 m
Calicata 7	Geotecnia	Majayut	886245,390	1775092,120	3,5 m
Calicata 8	Suelos y geotecnia	Tewou	881311,888	1778233,000	3,5 m
Calicata 9	Suelos	Sukulowou	883207,979	1769264,780	1,5 m

Fuente: Renovatio 2018

Se realizó una descripción básica de campo del suelo evaluando propiedades morfológicas como: el espesor del horizonte A, el color, la estructura y la clase textural del suelo, además de otros parámetros como límites.

En cada perfil se hizo la caracterización morfológica de los horizontes y/o capas del suelo de la siguiente manera: se perfiló o pulió una cara de la calicata para eliminar el brillo de las herramientas de corte y poder apreciar los diferentes horizontes y/o capas del suelo. Una vez realizada esta labor se marcaron los límites con un cuchillo pedológico para determinar el espesor existente para cada horizonte y/o capa.

A continuación, se detallan los trabajos de campo realizados:

- Recorrido del área del parque por personal técnico responsable de la realización de este estudio.
- Toma de datos geológicos y geotécnicos *in situ*.
- Recorrido específico por zonas donde se prevé afecciones al cauce por parte de las infraestructuras viarias.
- Programación de la campaña de investigación geotécnica.
- Realización de prospecciones de campo: siete (7) calicatas manuales hasta profundidades de 3,50 m, una (1) calicata manual de 2,6 m de profundidad y una (1) hasta 1,5m.
- Ensayos de penetrómetros de bolsillo en todas las calicatas.
- Toma de muestras en calicatas para realización de análisis de laboratorio.

Cabe mencionar, que no se realizaron calicatas adicionales para la vía de acceso ya que no se identificaron unidades geológicas diferentes a la del parque eólico, no obstante, para investigaciones geotécnicas futuras se recomienda realizar calicatas en los viales que se requieran construir.

• Ensayos de laboratorio

Se realizaron los siguientes ensayos en laboratorio sobre muestras obtenidas en 8 de las 9 calicatas excavadas. Los materiales excavados en la calicata C-9 se emplearon para el estudio de suelos:

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Densidades reales y aparentes: 4 y 2 muestras respectivamente.
- Granulometría: 16 muestras.
- Humedad natural: 16 muestras.
- Límites de Atterberg: 16 muestras.
- Ensayos químicos:
 - Sales solubles: 12 muestras.
 - Materia orgánica: 13 muestras.
 - Carbonatos: 12 muestras.
 - Sulfatos: 12 muestras.
 - Acidez Baumann-Gully: 12 muestras.
 - Yeso: 12 muestras
 - pH: 13 muestras
- Proctor Modificado: 6 muestras.
- CBR: 5 muestras.

En las imágenes de la Imagen 2-12 a la Imagen 2-19, se presentan las ocho (8) calicatas para el estudio de geotecnia realizadas en el área de influencia del proyecto.



Imagen 2-12. Ejecución de la calicata Número 1

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-13. Ejecución de la calicata Número 2

Fuente: Renovatio 2018



Imagen 2-14. Ejecución de la calicata Número 3

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-15. Ejecución de la calicata Número 4

Fuente: Renovatio 2018



Imagen 2-16. Ejecución de la calicata Número 5

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

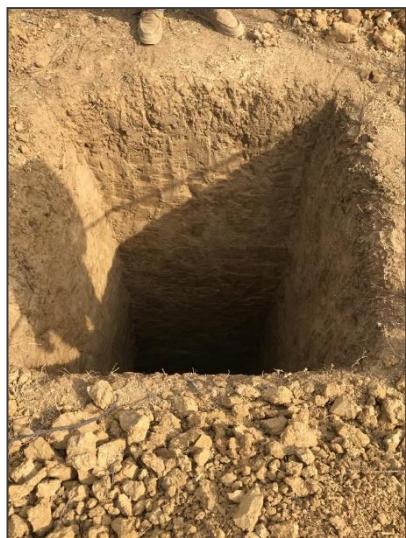


Imagen 2-17. Ejecución de la calicata Número 6

Fuente: Renovatio 2018



Imagen 2-18. Ejecución de la calicata Número 7

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-19. Ejecución de la calicata Número 8

Fuente: Renovatio 2018

Con la finalidad de identificar el índice de liquidez, correspondiente a identificar el grado de consistencia líquida que presenta el suelo *in situ*, para el cual se empleó la siguiente formula:

$$LI = \frac{w - w_p}{w_L - w_p}$$

Donde:

LI: es el índice de liquidez

w: Contenido de la humedad del suelo in situ

w_P: Límite líquido del suelo

w_L: Límite plástico del suelo

Los resultados y análisis de este índice se presentan en el capítulo 5.1, numeral 5.1.7.2 resultados de los ensayos de laboratorio.

2.3.3.8 Atmósfera

2.3.3.8.1 Meteorología

Con el fin de identificar, zonificar y describir las condiciones climáticas del área de estudio se tuvo como punto de partida el análisis del comportamiento de los diferentes elementos climáticos básicos como son: precipitación, temperatura, humedad relativa, nubosidad, evaporación, y brillo solar; de los cuales se destacan la precipitación y la temperatura, por cuanto permiten definir, clasificar y zonificar el clima de una región dada, en tanto que los demás elementos dan atributos a las unidades definidas.

A continuación, se presenta la metodología implementada para el desarrollo del componente climatológico del presente estudio, la cual inicia desde el análisis de selección de estaciones,

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

y el manejo, depuración y análisis de la información disponible y registrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (en adelante IDEAM).

2.3.3.8.1.1 Selección de estaciones

La selección de estaciones meteorológicas se realizó consultando el shape de localización de la estaciones que conforman la red hidrometeorológica nacional “Catalogo_Estaciones_IDEAM_Enero21_2016v2” actualizado a enero de 2016⁶¹, para hacer el respectivo análisis de proximidad al área de estudio y de disponibilidad inicial de datos, con lo que se realizó la selección de las estaciones que se encontraban en operación en un buffer de posible influencia en torno al área de estudio, y que de acuerdo con el tipo de instrumentos que poseen, podrían brindar la mayor cantidad de información en término de tiempo (periodos de monitoreo) y en término de variables climáticas.

De esta depuración, se obtuvo el listado de estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis del componente de atmósfera (Tabla 2-31).

Tabla 2-31. Estaciones utilizadas para el análisis climatológico.

Nombre de la estación	Código	Variable climática	Categoría	Tipo de estación	Municipio	Periodo de medición
Maicao-Apto Maicao	15085010	P, T, Hr, Bs, Nd	Climatológica principal	Meteorológica	Maicao	1971 – 1996
Paraguachon	15080060	P	Pluviométrica	Meteorológica	Maicao	1971 – 2015
Orochon	15070240	P	Pluviométrica	Meteorológica	Uribia	1976 – 2014
Rancho Grande	15085040	P, T, Hr, Bs	Climatológica ordinaria	Meteorológica	Uribia	1971 – 2015
Jasay	15080080	P	Pluviométrica	Meteorológica	Uribia	1971 - 2014
Manaure	15075030	T, Hr, Bs, Nd, Eva	Climatológica principal	Meteorológica	Manaure	1940 - 2016
Nazareth	15085020	T, Hr, Bs, Eva	Climatológica principal	Meteorológica	Uribia	1971 – 1981
Apt Alm Padilla	15065010	T, Hr, Bs, Nd, Eva, Patm	Sinóptica principal	Meteorológica	Riohacha	1972 - 2017
Pto Bolivar	15075060	T, Hr, Bs	Climatológica principal	Meteorológica	Uribia	1986 - 2017
Esc Agr Carraipia	15085030	Bs, Nd	Climatológica ordinaria	Meteorológica	Maicao	1968 - 2017
Kijotchon		Velocidad, dirección del viento, Patm	--	Anemométrica	Uribia	2017 - 2018

T: Temperatura, P: precipitación, Hr: Humedad relativa, Bs: Brillo solar, Nd: Nubosidad, Eva: Evapotranspiración, Patm: Presión Atmosférica.

⁶¹ Disponible en: http://institucional.ideam.gov.co/jsp/redes-y-estaciones_144

Eolos ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.8.1.2 Periodo de datos analizado

Una vez seleccionadas las estaciones, se procedió a determinar el periodo homogéneo de estudio para cada una de las variables climáticas a partir de la información registrada en cada estación por cada año desde la fecha de instalación.

2.3.3.8.1.3 Vacíos de información

El estudio de vacíos consiste en determinar el porcentaje de datos faltantes en las series temporales y así seleccionar el nivel de descomposición que se requiere para iniciar el proceso de reconstrucción (Carvaja, 2010)⁶².

Se realizó para las estaciones seleccionadas la estimación del porcentaje de datos disponibles y de datos faltantes. En términos generales, se considera metodológicamente aceptable para aquellos parámetros donde se cuenta con un porcentaje de datos faltantes mayor a 40%, descartar los datos considerando que la serie presenta alta incertidumbre para establecer la normal climatológica del área de estudio.

Para aquellos parámetros donde se cuenta con un porcentaje de datos faltantes menor al 10% como ocurre en la mayoría las estaciones para el parámetro de precipitación total mensual multianual, no se realiza estimación de datos faltantes por cuanto se considera que la data es representativa y suficiente en el análisis estadístico.

2.3.3.8.1.4 Análisis y procesamiento de la información

El análisis de un elemento meteorológico se basa en los resultados de un proceso que incluye el inventario y selección de la información, la depuración, la selección del período de estudio y la estimación de datos que falten en la serie estudiada. Para la caracterización de las variables climáticas y determinar los valores medios mensuales y en alguno de los casos máximos precipitados, se adquirió en medio digital, la información de la precipitación total mensual, los valores totales mensuales de evaporación, los valores totales mensuales brillo solar, los valores medios mensuales de la humedad relativa, nubosidad media mensual, los valores medios mensuales de temperatura y los valores medios mensuales de velocidad del viento.

La depuración de la información consistió en la implementación de los pasos seguidos frecuentemente por la mayoría de los estudios climáticos e hidrológicos, implementando los métodos descritos a continuación:

2.3.3.8.1.4.1 Selección de las series de tiempo para el análisis

De acuerdo con las series de datos entregadas por el IDEAM se escogió un periodo determinado de años, se procedió a recalcular las tendencias medias, máximas y mínimas de cada parámetro, con el fin de garantizar la consistencia estadística de la información. Debido a esta razón, las series de datos presentadas en el Anexo 11. Clima, presentan valores diferentes a los señalados en el componente climatológico del presente estudio.

Una vez depurada la información como se indica en los apartados siguientes (análisis de consistencia y homogeneidad), se generaron las tablas y figuras para representar la variación temporal de los diferentes parámetros analizados y la descripción de las características

⁶² CARVAJA, M. (2010). Reconstrucción de datos faltantes de precipitación pluvial diaria mediante la. Revista Peruana Geo Atmosférica, 76-88.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

climáticas locales, tomando como base la información y el análisis obtenido a nivel regional para el periodo de análisis establecido por parámetro.

2.3.3.8.1.4.2 Análisis de homogeneidad de las series datos

Los análisis de homogeneidad de series son un aspecto fundamental en los estudios hidroclimáticos y deben realizarse previamente a cualquier otro análisis, con el objetivo de determinar la calidad y la relación de la información que se está utilizando con las demás estaciones del entorno.

Una muestra es homogénea si sus variaciones responden exclusivamente a las variaciones de la atmosfera⁶³. El método utilizado es el de dobles masas, que consiste en construir una curva doble acumulativa, en la cual son relacionados los totales anuales acumulados de precipitación de un determinado lugar y la media acumulada de los totales anuales de todas las estaciones de la región, considerada climatológica e hidrológicamente homogénea desde el punto de vista de datos⁶⁴, mediante la siguiente ecuación:

$$P_{aj} = \left(\frac{M_a}{M_o} \right) * P_o$$

Donde:

P_{aj} : Observaciones de precipitación ajustadas a las condiciones actuales de localización, exposición o método de observación del puesto pluviométrico.

P_o : Datos observados que deben ser corregidos.

M_a : Pendiente de la recta durante el periodo correcto de toma de datos.

M_o : Pendiente de la recta en el período en que se hicieron las observaciones P_o .

2.3.3.8.1.4.3 Análisis de consistencia de datos

Para las investigaciones y análisis climáticos, es muy importante que los datos sean intercomparables en la totalidad de los registros. Esta consideración concierne particularmente los datos obtenidos en una misma ubicación en fechas y momentos diferentes. A lo largo de un registro prolongado, pueden aparecer problemas vinculados a las modificaciones de las prácticas de observación y en particular de los instrumentos. Tales cambios pueden dar lugar a graves problemas y la utilidad de una serie histórica⁶⁵.

Se utilizó el método del *Water Resources Council* para la realización de ajustes de series dudosas de variables anuales de precipitación, que se alejan significativamente de la tendencia de la información, proceso recomendado para detectar los puntos que se separan de la tendencia de los valores máximos (por encima o por debajo) y facilitar la toma de decisiones de retención o eliminación de datos que puedan afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos⁶⁶ con un nivel de significancia del 10%.

⁶³ POLLACK, C. (2013). Análisis de Homogeneidad de las series del entorno de Guipuzcoa. San Sebastian.

⁶⁴ MONSALVE, G. (1995). Hidrología en la Ingeniería. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería

⁶⁵ MARTINEZ, A. (2005). Fundamentos de Hidrogeología. Madrid.

⁶⁶ CHOW, V. T. (1994). Hidrología Aplicada. Bogotá: Mac Graw Hill.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Utilizando la ecuación de frecuencia se puede hallar los datos dudosos altos o bajos con la siguiente ecuación:

$$Y_H = Y + K_n S_y$$

Donde:

Y_H es el umbral de datos dudosos alto en unidades logarítmicas.

Y y S_y son variables estadísticas para un tamaño de la muestra.

Utilizando los valores K_n que contienen la prueba de la metodología *Water Resources Council* para la distribución normal. Los picos de crecientes considerados como datos dudosos bajos o altos se eliminan del registro y se repite el análisis de frecuencia.

2.3.3.8.1.4.4 Completado de registros faltantes

- Completado de datos

Es habitual que las series de datos reportadas por el IDEAM, presenten vacíos y faltas de registro, debido a diversos factores como ausencia de registrador o fallas instrumentales entre otros, por esta razón es necesario establecer un método que asegure la consistencia estadística de la información mediante la estimación de estos datos faltantes, para ello se utilizan los datos de estaciones índices que sí tienen los datos completos y que se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación en estudio. Distancia y altitud son pues los factores principales para la selección de las estaciones índice.

Las series de datos fueron completadas de acuerdo a la necesidad de cada variable, una vez se tiene para cada una de las estaciones las series, se recalculan las tendencias medias, máximas y mínimas para el periodo de análisis seleccionado

El completado de los datos mensuales se realizó mediante métodos aritméticos de estimación de registros faltantes recomendados por el Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos y la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Para el caso específico de las estaciones analizadas, se utilizó el método de la Tasa Normal, que no exceda registros faltantes en más del 10% y se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_x = \left(\frac{1}{n}\right) * \left(\frac{N_x}{N_1}\right) P_1 + \left(\frac{N_x}{N_2}\right) P_2 \dots \dots \dots + \left(\frac{N_x}{N_n}\right) P_n$$

Dónde:

N: Número de estaciones pluviométrica con datos de registros continuos cercanas a la estación "x", la cual va ser completada en su registro.

P_x : Precipitación de la estación "x" durante el periodo de tiempo por completar.

P_1 a P_n : Precipitación de las estaciones 1 a n durante el periodo de tiempo por completar.

N_x : Precipitación media anual a nivel multianual de la estación "x".

- Análisis de homogeneidad

El análisis y modelación de datos hidrológicos a menudo asume que los datos son estacionarios en la media y en la varianza. Sin embargo, si se presentan cambios o tendencias en los datos, la suposición de estacionariedad no es válida. Es por esto que los cambios o tendencias deben ser identificados antes del análisis de los datos. Un análisis de homogeneidad consiste, básicamente, en comparar parámetros que se obtienen a partir de

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

los estadísticos de las series (media, varianza, etc.) con valores críticos teóricos correspondientes a determinadas funciones de distribución de probabilidad, según la prueba usada.

A fin de detectar los cambios en la media de las series, se han implementado tres pruebas: la prueba de suma de rangos de Wilcoxon o Mann – Whitney, la T simple y la T modificada, de tal forma que se pueda realizar una comparación entre dichas pruebas y brindar una mayor seguridad al resultado. Posibles cambios en la varianza son detectados por otras tres pruebas, la F simple, la F modificada y la Ansari – Bradley; por otro lado se ha implementado la prueba T para rastrear tendencias en la media de la serie (en caso de que las hubiera) y para los valores extraordinarios (valores inusualmente altos o bajos dentro de los registros), se usan las pruebas de Rango normalizado y Dixon simple.

El procedimiento general consiste en verificar si existe un cambio en la varianza de los registros, según el resultado de las pruebas, se continúa con el análisis de cambio en la media (la prueba F simple se usa para elegir el estadístico para la prueba T simple, la prueba F modificada se usa para elegir el estadístico para la prueba T modificada), en caso de existir un cambio en la media éste procede a ser removido, ajustando la media de los valores posteriores al salto, a esta nueva serie (que no presenta ya cambios en su media) se le realizan las pruebas de cambio de varianza y de tendencia de la media.

El análisis se realizó para las series mensuales y anuales, para las series con registros mayores a 10 años se toma un número de datos significativo (que corresponde a la longitud mínima en que se particionan las series para realizar su comparación y correspondiente prueba de hipótesis) igual a 5 años o 60 meses según la escala temporal del análisis, para las series con registros menores a 10 años se toma un número de datos significativos de 24 meses y no se realiza el análisis a escala anual debido a que el número de datos es insuficiente; para series con registros tan cortos el resultado arrojado por este análisis de homogeneidad no puede ser muy concluyente, aun así se considera necesario someterlas a este análisis a escala mensual.

2.3.3.8.1.4.5 Análisis espacial de precipitación y temperatura

Con base en los registros recopilados y la caracterización temporal de la precipitación y la temperatura se realizó la distribución climática espacial (denominados como isoyetas e isotermas) a partir de la información analizada y mediante el empleo de herramientas de análisis espacial.

Las isoyetas e isotermas se calcularon mediante la herramienta de interpolación *splines* (interpolación segmentaria) de la extensión de Geoestadística de ArcGis 10.1.

El método *splines* (o interpolación segmentaria) estima valores usando una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie. En vez de usar un solo polinomio para interpolar los datos, usa segmentos de polinomios y los une de la mejor forma posible para formar el polinomio de interpolación. Por ello, el resultado es una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada, con lo que respeta el valor de la precipitación en los puntos utilizados para la interpolación.

El algoritmo que utiliza la herramienta Spline para la interpolación de la superficie se basa en la siguiente ecuación:

$$S(x,y) = T(x,y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j)$$

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Dónde:

$j = 1, 2, \dots, N$.

N es el número de puntos.

λ_j son coeficientes hallados mediante la resolución de un sistema de ecuaciones lineales.

r_j es la distancia desde el punto (x,y) al punto j.

2.3.3.8.1.5 Clasificación climática y zonificación climática

La clasificación y zonificación climática se ha desarrollado de acuerdo con la metodología propuesta por el IDEAM en su documento "Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia"⁶⁷, en el que para la caracterización climática se utiliza diferentes metodologías tales como los de Köppen, Lang, Martonne, Dantin-Revenga, Gorezynski, Currey, Fournier y Walter-Gaussen. Se optó por asumir un sistema cuya caracterización aplicara los regímenes térmicos y de humedad propios de la geografía colombiana, considerándolos como los elementos meteorológicos más relevantes y útiles para la caracterización de un ecosistema desde el punto de vista climático (IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 2007)⁶⁸. De acuerdo con el IDEAM, los elementos considerados más relevantes para el mapa de caracterización climática fueron la temperatura y la precipitación. Por esta razón, otros elementos del clima como la dirección y velocidad del viento, humedades relativas y radiación, entre otros, no fueron consideradas en el análisis.

Los elementos considerados más relevantes para el mapa de caracterización climática son la temperatura y la precipitación.

2.3.3.8.1.5.1 Temperatura

Para realizar la clasificación termal de acuerdo con los rangos indicados en la Tabla 2-32, se utiliza la regresión lineal para determinar los valores de temperatura en función de la altura sobre el nivel del mar, donde los valores de elevación o altura sobre el nivel del mar han sido tomados a partir del modelo de elevación digital del terreno (DEM) en la zona de estudio, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Temperatura (}^{\circ}\text{C)} = 28,1926 - 0,00561473 * \text{Elevación (m.s.n.m)}$$

Para cada valor de elevación obtenido, se ubica en el respectivo rango altitudinal definido y se le asigna la denominación termal indicada en la Tabla 2-32.

Tabla 2-32. Denominación termal

Denominación termal	Rangos altitudinales (m.s.n.m)	Rangos de temperatura
Cálido	De 0 a 800	$T > 24^{\circ}\text{C}$
Templado	De 801 a 1.800	Entre 18°C y 24°C
Frío	De 1.801 a 2.800	Entre 12°C y 18°C
Muy frío	De 2.801 a 3.700	Entre 6°C y 12°C
Extremadamente frío y/o nival	De 3.701 a 4.500 y de 4.500 en adelante para nival	Entre $1,5$ y 6°C , y menores a

⁶⁷ IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP. Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia. Bogotá: IGAC. (2007)

⁶⁸ Ibíd. p. 2-87.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Denominación termal	Rangos altitudinales (m.s.n.m)	Rangos de temperatura
		1,5 para nival

Fuente: IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 200)⁶⁹

2.3.3.8.1.5.2 Precipitación

Para realizar el análisis espacial de dicha clasificación climática asociada a la variable de precipitación, se considera la información de la interpolación obtenida en las isoyetas, y para cada una de estas se le asigna la respectiva “Denominación precipitación” de acuerdo con los rangos de precipitación anual, indicados en la Tabla 2-33:

Tabla 2-33. Denominación por rangos de precipitación anual

Denominación precipitación	Rangos de precipitación anual
Árido	De 0 a 500 mm/año
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Pluvial	Mayor de 7.001 mm/año

Fuente: IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 200770

2.3.3.8.1.5.3 Mapa de zonificación climática

Una vez categorizados los dos elementos meteorológicos principales para la clasificación climática (Tabla 2-34), se realizó una intersección espacial entre las dos capas y se obtuvo un mapa resultado cuyos polígonos relacionan un rango de precipitación con un rango termal (IDEAM, 2007).

Tabla 2-34. Zonificación climática

Cálidos (0 – 800 m.s.n.m), > 24 °C	
Árido	De 0 a 500 mm/año
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Pluvial	Mayor de 7.001 mm/año
Templados (800 – 1.800 m.s.n.m). Entre 18°C y 24°C	
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Pluvial	Mayor de 7.001 mm/año
Fríos (1.800 – 2.800 m.s.n.m). Entre 12°C y 18°C	
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año

⁶⁹ Ibíd. p. 2-87.

⁷⁰ IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP. Op Cit. p. 2-29.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Muy fríos (2.800 – 3.700 msnm) Entre 6° C y 12° C	
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Extremadamente fríos (3.700 – 4.500 msnm) Entre 1,5 y 6° C	
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Nival (> 4.500 msnm) < 1,5° C	
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año

Fuente: IGAC, IDEAM, IAVH, Invermar, I. Sinchi, IIAP, 2007

2.3.3.8.2 Calidad del aire

Los monitoreos de calidad del aire se realizaron por parte de la empresa K2 Ingeniería en temporada seca. El número de muestras por estación fue de 18 y la frecuencia de muestreo fue diaria durante 18 días continuos, desde el 6 al 24 de marzo de 2018.

En los monitoreos se utilizaron los métodos de muestreo y de cálculo recomendados por la Agencia de Protección Ambiental (U.S. EPA) de los Estados Unidos de América y avalados por la legislación colombiana, tanto las soluciones para el muestreo como las muestras en sí, permanecieron en una cadena de frío y estas últimas se transportaron bajo cadena de custodia, lo cual permitió mantener la trazabilidad y calidad de los resultados. Los métodos utilizados en el monitoreo fueron los siguientes:

2.3.3.8.2.1 Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas

Se realizó el inventario de fuentes de emisiones atmosféricas fijas y móviles al interior del proyecto.

Para las fuentes móviles se realizó un aforo vehicular de 24 horas en todas las vías del proyecto.

Para las fuentes fijas se inventariaron las vías del proyecto y las viviendas.

2.3.3.8.2.2 Puntos de muestreo

Se seleccionaron seis (6) estaciones de muestreo, cinco en las viviendas más cercanas dentro de las rancherías del proyecto eólico BETA y una fuera del área de influencia del proyecto denominado punto Blanco, que se espera no tenga influencia del proyecto cuando este se encuentre en operación, esto con el fin de realizar análisis comparativos a futuro.

La representatividad de los puntos se eligió con base en la selección de las áreas más sensibles y con la finalidad de cubrir el área de influencia del proyecto de la siguiente manera: una (1) que cubre la parte suroeste del proyecto en las rancherías de Sukuluwou y Mapuachon, una (1) que cubre la parte noroeste del proyecto en las rancherías Tewou y Majayut, una (1) que cubre la parte oeste del proyecto en las rancherías de Majayut y Cacherin, una (1) que cubre la ranchería de Kijotchon al sureste del proyecto y una (1) en la ranchería de Curalarrain

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

que cubre la parte noreste del proyecto y el punto Blanco localizado al este del proyecto. A continuación, se presenta información de coordenadas, descripción general y fotografías para cada punto de muestreo (Tabla 2-35).

El monitoreo fue desarrollado en el periodo comprendido entre el 6 al 24 de marzo de 2018 por la empresa K2 Ingeniería SAS, quien se encuentra acreditada mediante la resolución de renovación 1695 del 4 de agosto de 2016 y con extensión No. 0232 del 5 de febrero de 2017 y 1313 del 16 de junio de 2017. Los compuestos orgánicos volátiles expresados como BTX, fueron analizados por el laboratorio en Suiza PASSAM LTD, con acreditación vigente hasta el año el 31 de marzo de 2019; y los hidrocarburos totales con el laboratorio ANALQUIM LTDA con acreditación vigente mediante la resolución No. 0556 del 5 de marzo de 2018.

Así mismo, en las estaciones Mapuachon y Punto Blanco se instaló en cada una de ellas un equipo meteorológico Vantage Vue marca Davis Instruments, los cuales registraron datos de temperatura, presión barométrica, precipitación, velocidad del viento y humedad relativa. Realizándose el registro meteorológico entre el 5 y el 25 de marzo de 2018.

Tabla 2-35. Descripción técnica de las estaciones de monitoreo de calidad del aire

Estación 1	Nombre:	Majayut
	Coordenadas: Magna sirgas este	X 885844,07 Y 1774582,90
	Altitud:	16 msnm
	Equipos:	Hi-Vol VFC PM10, RAC 3 Gases, Analizador Infrarrojo No Dispersivo, Tubos Pasivos, Tubos Absorbentes.
	Contaminantes:	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO, Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), expresados como BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) e Hidrocarburos Totales.
	Descripción general:	Estación ubicada en la comunidad indígena de Majayut en la parte oeste del proyecto, en zona rural del municipio de Uribia, departamento de La Guajira
	Periodo de medición:	2018-03-06/ 2018-03-24
Estación 2	Nombre:	Tewou
	Coordenadas: Magna sirgas este	X 883633,19 Y 1775663,67
	Altitud:	21 msnm
	Equipos:	Hi-Vol VFC PM10, RAC 3 Gases, Analizador Infrarrojo No Dispersivo, Tubos Pasivos, Tubos Absorbentes

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

	Contaminantes:	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO, Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), expresados como BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) e Hidrocarburos Totales.
	Descripción general:	Estación ubicada en la comunidad indígena de Tewou en la parte noroeste del proyecto, en zona rural del municipio de Uribia, departamento de La Guajira
	Periodo de medición:	2018-03-06 / 2018-03-24
Estación 3	Nombre:	Mapuachon
	Coordenadas: Magna sirgas este	X 884164,97 Y 1770381,77
	Altitud:	19 msnm
	Equipos:	Hi-Vol VFC PM ₁₀ , RAC 3 Gases, Analizador Infrarrojo No Dispersivo, Tubos Pasivos, Tubos Absorbentes.
	Contaminantes:	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO, Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), expresados como BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) e Hidrocarburos Totales.
	Descripción general:	Estación ubicada en la comunidad indígena de Mapuachon en la casa de la autoridad tradicional, en la parte suroeste, en zona rural del municipio de Uribia, departamento de La Guajira.
	Periodo de medición:	2018-03-06 / 2018-03-24
Estación 4	Nombre:	Kijotchon
	Coordenadas: Magna sirgas este	X 891781,18 Y 1769758,22
	Altitud:	19 msnm
	Equipos:	Hi-Vol VFC PM ₁₀ , RAC 3 Gases, Analizador Infrarrojo No Dispersivo, Tubos Pasivos, Tubos Absorbentes
	Contaminantes:	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO, Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), expresados como BTX

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

		(Benceno, Tolueno y Xileno) e Hidrocarburos Totales.
	Descripción general:	Estación ubicada en la comunidad indígena de Kijotchon en la parte sureste del proyecto, en zona rural del municipio de Maicao, departamento de La Guajira.
	Periodo de medición:	2018-03-06 / 2018-03-24
Estación 5	Nombre:	Punto Blanco
	Coordenadas: Magna sirgas este	X 892731,82 Y 1773015,61
	Altitud:	14 msnm
	Equipos:	Hi-Vol VFC PM10, RAC 3 Gases, Analizador Infrarrojo No Dispersivo, Tubos Pasivos, Tubos Absorbentes
	Contaminantes:	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO, Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), expresados como BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) e Hidrocarburos Totales.
	Descripción general:	Estación ubicada en la comunidad indígena de Jurapa en la parte este del proyecto, en zona rural del municipio de Maicao, departamento de La Guajira.
	Periodo de medición:	2018-03-06 / 2018-03-24
Estación 6	Nombre:	Curalarrain
	Coordenadas: Magna sirgas este	X 891027,44 Y 1775188,15
	Altitud:	17 msnm
	Equipos:	Hi-Vol VFC PM10, RAC 3 Gases, Analizador Infrarrojo No Dispersivo, Eagle 2, Tubos Pasivos, Tubos Absorbentes
	Contaminantes:	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO, Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), expresados como BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) e Hidrocarburos Totales.
	Descripción general:	Estación ubicada en la comunidad indígena de Curalarrain en la parte noreste,

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

		en zona rural del municipio de Maicao, departamento de La Guajira.
	Periodo de medición:	2018-03-06 / 2018-03-24

Fuente: Renovatio 2018

En la Figura 2-21, se observa la ubicación espacial de los puntos de muestreo de calidad del aire.

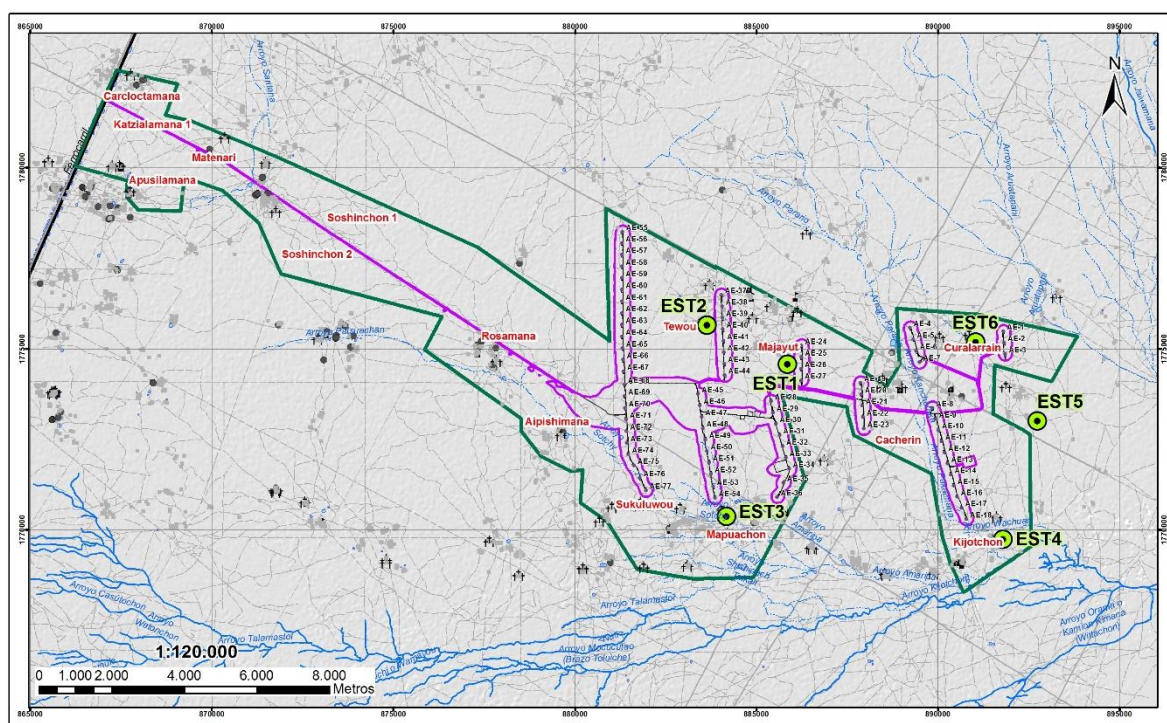


Figura 2-21. Puntos de muestreo de calidad del aire

Fuente: Renovatio 2019

2.3.3.8.2.3 Medición del material particulado PM10

- Toma de muestras para la determinación de material particulado como PM10 en la atmósfera, Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J: PM10.

Para el monitoreo de las partículas y la calibración de los equipos de muestreo de alto volumen se siguieron las recomendaciones de las normas de la U.S. EPA contenidas en el 40 CFR Parte 50, Apéndice J, "Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter PM10 in the Atmosphere", (High Volume Method) junto con la Norma Técnica Colombiana NTC 3704 del ICONTEC.

El método consistió en hacer pasar una muestra de aire, succionada por un motor, a través de un filtro de fibra de vidrio, previamente secado y pesado, durante 24 horas. Los flujos de

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

operación se encuentran entre 1,02 y 1,7 (m³/min) para PM₁₀. Para material particulado se utilizaron equipos de alto volumen Hi – Vol (ver Imagen 2-20) los cuales fueron verificados al inicio del muestreo mediante el uso de metodología de orificios.



Imagen 2-20. Muestreador Hi-Vol de PM₁₀

Fuente: Base de datos K2 INGENIERÍA S.A.S.

Al estar operando en éste rango de flujo, las muestras se colectaron por periodos de 24 horas. La concentración de la masa de las partículas suspendidas se calculó por medio de la diferencia en pesos del filtro antes y después del muestreo y del total del flujo de aire muestreado.

Finalizado el tiempo de muestreo, el filtro se secó a 85°C por una hora en estufa, se llevó a temperatura ambiente en desecador y se pesó nuevamente. La diferencia de peso, es la masa (µg) neta, que dividida por el volumen de aire (m³) muestreado durante las 24 horas, determina la concentración de partículas, expresadas en µg/m³. Para la determinación del material particulado, en el laboratorio de K2 Ingeniería S.A.S se utilizó una balanza digital OHAUS.

Las características de la balanza digital utilizada en laboratorio por la firma consultora K2 INGENIERÍA S.A.S se observa en la Tabla 2-36 y la Imagen 2-21.

Tabla 2-36. Información de la balanza utilizada en laboratorio

Serial	Marca y Modelo	Fecha de calibración	Fecha de vencimiento calibración
8328240501	OHAUS PA214	2017-06-21	2019-06-21

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



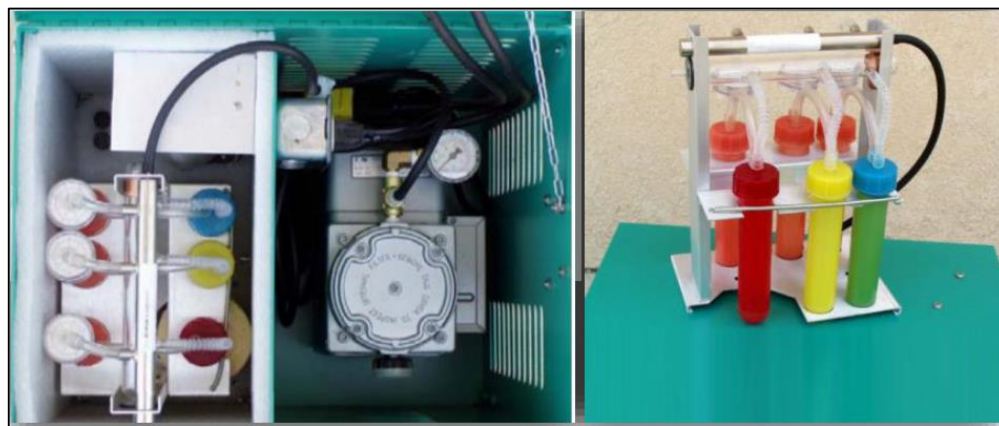
Imagen 2-21. Balanza Analítica OHAUS PA-214-CO

Fuente: Base de datos K2 INGENIERÍA S.A.S.

2.3.3.8.2.4 Medición de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre (NO_2 y SO_2)

- Toma de muestras para determinación de SO_2 , Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice A: Pararrosalinina y toma de muestras para determinación de NO_x , Método Jacobs N° EQN-1277-026: Arsenito de sodio.

Para realizar el monitoreo de SO_2 y NO_2 , se utilizó un equipo que opera mediante el sistema de burbujeo de la muestra en tubos lavadores, los cuales poseen soluciones absorbentes específicas para estos gases. El cálculo de la concentración en 24 horas se determinó mediante el flujo de muestreo, tiempo de operación del muestreador, concentración de SO_2 y NO_2 en la muestra y la curva de calibración correspondiente. El flujo requerido de 180 y 220 ml/min se logró mediante la utilización de orificios críticos, una vez que la bomba mantuvo un vacío mínimo de 500 mm de Hg. El equipo muestreador de gases fue de tipo RAC (ver Imagen 2-22), el cual se encuentran referenciado a mayor detalle en el Anexo 12. Monitoreos de Calidad del Aire y fueron verificados al inicio del muestreo mediante el uso de una unidad tipo burbuja Gilibrator 2 o tubo cilíndrico.



EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Imagen 2-22. Muestreador de Gases tipo RAC

Fuente: Base de datos K2 INGENIERÍA S.A.S.

Para SO₂, en el laboratorio se siguió el método de la pararrosanilina para el Dióxido de Azufre (EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice A), el cual es absorbido en una solución de potasio o de tetracloromercurato de sodio (TCM). La muestra es acondicionada para evitar interferencias, en particular de metales y de agentes oxidantes, como ozono y óxidos de nitrógeno. La solución es tratada con formaldehído, ácido fosfórico y pararrosanilina, a fin de mantener condiciones adecuadas de pH y de color. La concentración final se determinó mediante colorímetro para lo cual se utilizó un espectrofotómetro, a una longitud de onda de 548 nm.

Para el NO₂, en el laboratorio se aplicó el método NOx Jacobs – Hocheiser Modificado por D.A Levaggi, W. Siu y M. Feldstein; Journal of the Pollution Control Association 2012, 23:1, 30-33. Trietanolamina, adoptado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Las concentraciones atmosféricas de dióxido de nitrógeno (NO₂) fueron medidas indirectamente por fotometría midiendo la intensidad de luz, en longitudes de onda mayor a 600 nanómetros. Para la cuantificación de los colores se utilizó un espectrofotómetro (Imagen 2-23).

Las características del espectrofotómetro utilizado en laboratorio, se observan en la Fuente: Base de datos K2 INGENIERÍA S.A.S.

Tabla 2-37.



Imagen 2-23. Espectrofotómetro GENESYS 10 UV-VIS SCANNING THERMO ELECTRON

Fuente: Base de datos K2 INGENIERÍA S.A.S.

Tabla 2-37. Información del espectrofotómetro utilizado en laboratorio

Serial	Marca y Modelo	Fecha de calibración	Fecha de vencimiento calibración
2L5L366001	Espectrofotómetro uv-vis	2017-08-23	2019-08-23

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.8.2.5 Medición de monóxido de carbono (CO)

- Toma de muestras para determinación de CO, Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice C.

El método de referencia se basa en la absorción de energía de determinadas longitudes de onda que tiene el CO y consiste en medir la radiación infrarroja absorbida por el CO mediante un fotómetro no dispersivo.



Imagen 2-24. Analizador automático de CO

Fuente: Base de datos K2 INGENIERÍA S.A.S.

Las mediciones de CO se realizaron en tiempo real con analizadores infrarrojos no dispersivos CO12M Enviromental S.A (Imagen 2-24). El CO12M el cual representa la última evolución de la tecnología en detección de gases, cuyas concentraciones son reportadas en ppm. El método consistió en realizar mediciones al aire libre en cada uno de los puntos a evaluar.

Para los cálculos, se requirió la conversión de la concentración en ppm a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con la siguiente expresión establecida en la sección 7.3.1.1. Manejo y presentación de las variables de calidad del aire del Manual de diseño del protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (resolución 2154 de 2010):

$$C_{\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}} = \frac{C(\text{ppm}) * PM}{24.45} * 10^3$$

Dónde:

C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): Concentración de CO en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

C (ppm): Concentración de CO en ppm

PM: Peso molecular de CO, 28.01 g/mol.

2.3.3.8.2.6 Medición de dióxido de carbono (CO₂)

Para llevar a cabo la determinación de los niveles de Dióxido de Carbono (CO₂) en el aire, se utilizó un equipo automático analizador de gases marca RKL modelo Eagle 2 que despliega resultados en tiempo real, (Imagen 2-25)

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-25. Monitor de Gases marca RKI modelo Eagle 2

Fuente: Base de datos K2 INGENIERÍA S.A.S.

La calibración se realiza mediante el uso de cilindros certificados con procesos multipunto siguiendo recomendaciones EPA. El Eagle 2 es un instrumento poderoso que ofrece el estándar de espacios confinados y protección para el LEL, O₂, H₂S y CO combinaciones de detección nunca antes ofrecidas en un monitor portátil de gases.

2.3.3.8.2.7 Medición de compuestos orgánicos volátiles (COV) expresados como benceno, tolueno y xileno (BTX)

Las mediciones de calidad del aire de BTX fueron desarrolladas con muestreadores pasivos, dispositivos avalados por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire⁷¹; estos dispositivos son recomendados para uso indicativo en lugares donde las condiciones de monitoreo no son seguras y donde es difícil la instalación de muestreadores activos. Los muestreadores o tubos pasivos permiten la difusión de un contaminante hacia el interior del tubo donde es adsorbido por una matriz para luego ser analizados en el laboratorio.

Los muestreadores pasivos basan su funcionamiento en la difusión de contaminantes desde el aire hacia un medio de adsorción. Dentro de los contaminantes que pueden ser medidos con este tipo de tecnología, además de los COV's (BTX), se encuentran NO₂, SO₂, H₂S, CO, O₃, NH₃. En estos, la fuerza impulsora es el gradiente de concentración entre el aire circundante y la superficie de adsorción donde la concentración se considera nula. Así mismo, las moléculas gaseosas de contaminantes presentes en el aire se difunden hacia el interior del muestreador donde son finalmente recogidas cuantitativamente en un filtro impregnado o en un material adsorbente. De esta manera se alcanza una concentración promedio en el tiempo considerado sin requerimientos de electricidad, bombas u otro equipo de soporte.

De acuerdo al contaminante monitoreado, los muestreadores pasivos para muestreos a largo plazo tienen tiempos específicos de almacenaje y toma de muestra (Tabla 2-38).

⁷¹ MANUAL DE DISEÑO DEL PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE. Sección 5.7.8.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-38. Muestreadores pasivos para periodos largos de monitoreos

Producto	Tipo	Tiempo de exposición	Rango de trabajo (µg/m3)	Límite de detección (µg/m3)	Tiempo de almacenamiento (meses)
BTX	Membrana	2 a 4 semanas	0,5 a 50	0,2 para un tiempo de muestreo de 1 mes	Antes de uso: 24 después de uso: 6

Los tubos muestreadores son de diferentes tipos y dependen del contaminante evaluado.

El muestreador pasivo para cuantificar el Benceno se compone de tubos difusores ORSA5 el cual consiste en un tubo de muestreo de vidrio abierto, relleno en sus dos extremos con carbón activado. Cada abertura se llena con una capa de acetato de celulosa. Esta configuración permite que el aire ambiente se difunda en el tubo de muestreo de una manera controlada. Las BTX se absorben en el carbón activado y su desorción se da por el Sulfuro de Carbono. El análisis se realiza mediante cromatografía de gases.



Figura 2-22. (a) Muestreadores pasivos para cuantificación de VOC

Fuente: Passam ag⁷²

2.3.3.8.2.8 Medición de Hidrocarburos totales

- Toma de Muestras de compuestos orgánicos volátiles en el ambiente: EPA, Método TO-17, Muestreo activo en Tubos Adsorbentes.

La determinación de hidrocarburos totales en el ambiente, se realizó mediante el método EPA TO-17, el cual se basa en la desorción térmica y cromatografía de gases de tubos adsorbentes.

La medición se realizó en las seis (06) estaciones, tomando una (01) muestra de una (1) hora en cada uno de los seis (06) puntos, por el método de referencia “Compendio de Métodos para la determinación de Compuestos Orgánicos Tóxicos en el aire-ambiente – Segunda Edición, Método Compendio TO-17 (Determinación de Compuestos Orgánicos Volátiles en el aire-ambiente, utilizando un muestreo Activo con tubos adsorbentes) de la U.S. EPA”. 2da. Edición.

⁷² PASSAM AG. [En línea]. < <http://www.passam.ch/wp/> > [Citado el 10 de agosto de 2018]

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

La muestra es captada mediante una bomba de succión a una velocidad de flujo constante de 87 cc/min, determinada en el regulador, durante 60 o 120 minutos al día por estación. La muestra queda depositada en un tubo relleno de material absorbente (carbón activado). La muestra capturada en el material es llevada para análisis por cromatografía de gases (FID) en el laboratorio. Este proceso consiste en desorber la muestra del carbón activado mediante una corriente gaseosa inerte y caliente y luego movilizarla a un tubo relleno con material adsorbente llamado columna, en el cual se realiza la separación de los componentes de la muestra por afinidad química con el material de relleno de la columna.

Los diferentes componentes eluyen a velocidades distintas hacia el detector, el cual es un sistema que utiliza una llama para la ionización de los componentes de la muestra. El detector es sensible al grado de ionización de la muestra y entrega un valor que relaciona a la respuesta del mismo detector con la cantidad de materia conocida de un hidrocarburo (o de una mezcla de hidrocarburos) de referencia que es utilizado como estándar para el análisis. La concentración de los hidrocarburos en el aire ambiente está dada por el resultado en masa del análisis cromatográfico y el volumen de muestreo medido en campo y corregido a condiciones estándar.

Existen cuatro criterios de desempeño que deben cumplirse para que un sistema califique bajo el Compendio Método TO-17. Estos criterios son muy similares a los del Compendio Método TO-15, "Determinación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en el aire recolectados en recipientes especialmente preparados y analizados por Cromatografía de Gases / Espectrometría de Masas (GC / MS)". Estos criterios son:

- Un límite de detección del método $\leq 0,5$ ppb.
- Precisión (analítica) del duplicado dentro del 20% en muestras sintéticas de un gas o vapor objetivo dado en una mezcla humidificada de gas o vapor objetivo típico.
- Concordancia del 25% para los pares de tubos distribuidos en cada conjunto de muestreo.
- Exactitud de la medición dentro del 30% para las concentraciones normalmente esperadas en el aire ambiente contaminado (0,5 a 25 ppb). Tanto la espectrometría de masas o detectores específicos pueden ser utilizados para el análisis.

2.3.3.8.2.9 Diagrama de cajas

La elaboración de estos diagramas, permiten la realización del análisis de los datos para su validación. El diagrama de caja es una representación gráfica de varias estadísticas:

- El primer cuartil (valor por debajo del cual está el 25% de los datos) representado por el borde inferior de la caja.
- La mediana como medida de tendencia central, correspondiente al segundo cuartil (valor por debajo del cual está el 50% de los datos) representada por la línea horizontal dentro de la caja.
- El tercer cuartil (valor por debajo del cual está el 75% de los datos) representado por el borde superior de la caja.
- El intervalo intercuartílico como medida de la dispersión, definido como la diferencia entre el tercer y primer cuartil, representado por la altura de la caja.
- El valor mínimo que corresponde al mínimo valor de los datos o, en caso de valores atípicos, a 1,5 distancias intercuartílicas, medidos hacia abajo desde la mediana.
- El valor máximo que corresponde al máximo valor de los datos o, en caso de valores atípicos, a 1,5 distancias intercuartílicas, medidos hacia arriba desde la mediana.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Los valores extremos, que son los que se encuentran entre 1,5 distancias intercuartílicas y hasta 3 distancias intercuartílicas medidas desde la mediana, representados por un círculo.
- Los datos atípicos que se encuentran a más de tres (3) distancias intercuartílicas medidos desde la mediana, representados por un asterisco.
- El número de caso que corresponde a la medición en la cual se encontró el valor extremo o el dato atípico.

Los percentiles son valores que dividen una distribución de frecuencias obtenidas en una medición en cien partes ordenadas y de igual área; de forma similar se definen los deciles y los cuartiles ya que corresponden a dividir una distribución de frecuencias en 10 partes iguales (10, 20, 30, 90, 100) y en 4 partes iguales (25, 50, 75 y 100), respectivamente. Teniendo en cuenta que cada diagrama de caja corresponde a la representación gráfica del monitoreo de algún contaminante específico para determinado intervalo de tiempo, es adecuado que la lectura de los valores de concentraciones se realice en el eje vertical del diagrama y que cada bloque o caja corresponda a un intervalo de tiempo definido (Figura 2-23).

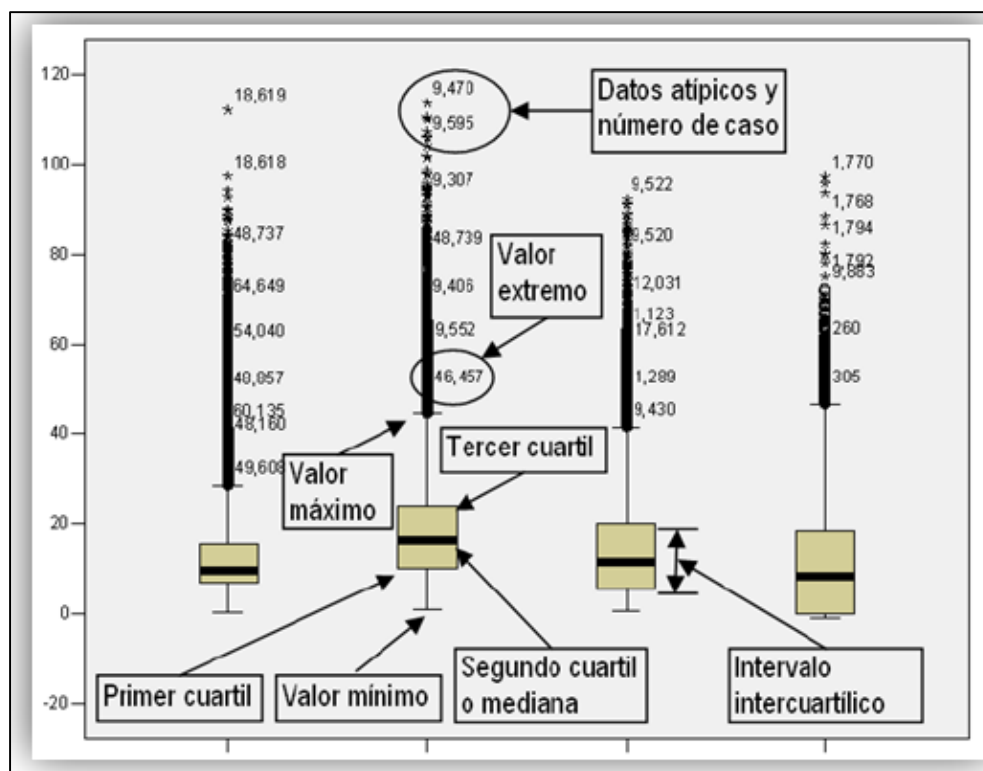


Figura 2-23. Descripción de un diagrama de cajas⁷³

2.3.3.8.2.10 Comparación de concentraciones con la norma

Los datos promedio de concentración que se obtuvieron del monitoreo de calidad de aire corresponden a los valores de concentración de cada contaminante en particular obtenidos a las condiciones locales de presión y temperatura. Para realizar la comparación de estos

⁷³ RESOLUCIÓN MAVDT 2154 DE 2010 "por la cual se ajusta el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire adoptado a través de la resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones".

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

promedios con los estándares máximos establecidos en Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 “Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones” del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), deben ser corregidos a condiciones de referencia⁷⁴, es necesario expresar cada dato obtenido a estas mismas condiciones de referencia de 298,15 K y 101,325 kPa (25°C y 760 mmHg) y deben estar expresados en µg/m³. La conversión a condiciones de referencia se calcula de la siguiente manera:

$$CCR = \frac{CL * PL}{760} * \frac{298^{\circ}K}{(273 + TL)}$$

Dónde:

CCR: Concentración del contaminante a condiciones de referencia; µg/m³

CL: Concentración del contaminante a condiciones de locales de presión y temperatura; µg/m³

PL: Presión barométrica promedio local; mmHg

TL: Temperatura ambiente promedio local; (°C).

2.3.3.8.2.11 Determinación del Índice de calidad del aire (ICA)

El Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire de Colombia, año 2010, define al ICA como un índice que “permite comparar los niveles de contaminación de calidad del aire, de las estaciones que pertenecen a un Sistema de Vigilancia de Calidad del aire (SVCA). Es un indicador de la calidad del aire diaria. El ICA corresponde a una escala numérica a la cual se le asigna un color, el cual a su vez tiene una relación con los efectos a la salud. El índice de calidad del aire ha sido adoptado a partir del documento Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality –the Air Quality Index (AQI) documento EPA-454/B-09-001 de febrero de 2009. El índice de calidad del aire está enfocado en cinco contaminantes principales: Ozono, material particulado, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono.”

- Rangos del ICA

El ICA corresponde a un valor adimensional, que oscila entre 0 y 500. En el la Tabla 2-39 y Tabla 2-40 se presentan los efectos a la salud que se deben tener en cuenta y los rangos de corte cualitativos, de acuerdo al valor del ICA.

- Puntos de corte del ICA

Teniendo en cuenta que el ICA tiene una correlación directa con los efectos en la salud, los puntos de corte del ICA son los límites correspondientes a efectos entre la salud y la calidad del aire. En este caso, se utiliza la información reportada por la Resolución 2254 de 2017 que presenta dichas relaciones.

En la Tabla 2-39 se muestra los puntos de corte del ICA de acuerdo con los efectos sobre la salud reportados por la Resolución 2254 de 2017. Tabla N°5, Hoja 8 y hoja 9.

⁷⁴ Resolución 610 de 2010 del 24 de marzo de 2010 “Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-39. Convenciones del índice de calidad del aire

ICA	Clasificación	Efectos a la salud de acuerdo con el rango del ICA
0-50	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
51-100	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en individuos sensibles.
101-150	Dañina a la salud para grupos sensibles	Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. Ozono Troposférico: las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores, y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire. Material Particulado: las personas con enfermedad cardiaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.
151-200	Dañina a la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.
201-300	Muy dañina a la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.
301-500	Peligrosa	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.

Fuente: Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017. Tabla N°5, Hoja 8 y hoja 9.

En la Tabla 2-40 se muestran los puntos de corte a partir de los cuales se determinó el Índice de Calidad del Aire (ICA) en las estaciones.

Tabla 2-40. Puntos de corte del ICA

ICA	Color	Clasificación	PM ₁₀ 24h µg/m ³	PM _{2.5} 24h µg/m ³	CO 8h µg/m ³	SO ₂ 24h µg/m ³	NO ₂ 1h µg/m ³	O ₃ 8h µg/m ³	O ₃ 1h µg/m ³ (1)
0-50	Verde	Buena	0 54	0 12	0 5094	0 93	0 100	0 106	-
51-100	Amarilla	Moderada	55 154	13 37	5095 10819	94 197	101 189	107 138	-
101-500	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles	155 254	38 55	10820 14254	198 489	190 677	139 167	245 323
151-200	151-200 Dañina a la salud	Dañina a la salud	255 354	56 150	14255 17688	487 797	678 1221	168 207	324 401
201-300	Púrpura	Muy dañina a la salud	355 424	151 250	17689 34862	798 1583	1222 2349	208 393	402 794

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ICA	Color	Clasificación	PM ₁₀ 24h µg/m ³	PM _{2.5} 24h µg/m ³	CO 8h µg/m ³	SO ₂ 24h µg/m ³	NO ₂ 1h µg/m ³	O ₃ 8h µg/m ³	O ₃ 1h µg/m ³ (1)
301-500	Marrón	Peligrosa	425 604	251 500	34863 57703	1584 2629	2350 3853	394 ⁽²⁾	795 1185

- (1) En general, se requiere que en todas las zonas de monitoreo se reporte ICA de ozono 8 horas. Sin embargo, hay un pequeño número de áreas donde un ICA basado en valores de ozono de 1 hora sería más precautorio. En estos casos, además de calcular el valor índice de ozono de 8 horas, se debe calcular ICA de ozono de 1 hora y reportar el más alto de los dos.
- (2) El ICA de ozono de 8 horas no será calculado para concentraciones superiores a 394 µg/m³. Para valores superiores se realiza únicamente el cálculo de ICA de ozono para 1 hora.

Fuente: Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017. Tabla N°6, Hoja 9.

- Cálculo del índice nacional de la calidad del aire (ICA)

El ICA es calculado a partir de la siguiente ecuación, que corresponde a la metodología utilizada por la U.S. E.P.A. y debe ser reportado el mayor valor que se obtenga del cálculo de cada uno de los contaminantes medidos:

$$I_p = \frac{(I_{Hi} - I_{Lo})}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} * (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Donde:

IP = Índice para el contaminante p

C_p = Concentración medida para el contaminante p

BP_{Hi} = Punto de corte mayor o igual a C_p

BP_{Lo} = Punto de corte menor o igual a C_p

I_{Hi} = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BP_{Hi}

I_{Lo} = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BP_{Lo}

2.3.3.8.2.12 Incertidumbre asociada al monitoreo de la calidad del aire

La incertidumbre asociada a las mediciones equivale a la incertidumbre teórica de los métodos empleados en las mediciones y análisis de laboratorio y a la incertidumbre entregada por el certificado de calibración para cada uno de los equipos empleados. En el Anexo 12. Resultados monitoreos calidad del aire se adjuntan las copias de los certificados originales de calibración.

El procedimiento para el cálculo de la incertidumbre corresponde a la guía dada en EURACHEM/CITAC *Guide Quantifying Uncertainty in analytical Measurement*. EURACHEM/CITAC –2012- England Crown Copyright 3° Ed; teniendo en cuenta las siguientes fuentes:

- Incertidumbre calculada y reportada en el laboratorio.
- Precisión de equipos (datos del manual).
- Certificados de calibración.

En la Tabla 2-41 se presentan los valores de incertidumbre considerados para cada contaminante criterio. Con base a lo anterior, y partiendo de un factor de cobertura de K=2 para un nivel de confianza del 95%, el mayor valor de incertidumbre de medición asociado al estudio de Calidad del Aire es de ±0,46 para PM₁₀, ±0,17 para NO₂ y ±0,28 para SO₂.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-41. Cálculo de incertidumbre

Fuente Identificadas de Incertidumbre	PM ₁₀		NO ₂		SO ₂	
	Inc. Estándar Combinada UC (y)	Inc. Expandida U	Inc. Estándar Combinada UC (y)	Inc. Expandida U	Inc. Estándar Combinada UC (y)	Inc. Expandida U
Análisis de laboratorio	+/- 0,23	+/- 0,46	+/- 0,08	+/- 0,17	+/- 0,14	+/- 0,28
Equipo de medición (en campo)						
Equipo de verificación en campo						

Fuente: Renovatio 2018

2.3.3.8.2.13 Variables climáticas

Se ubicaron dos (2) estaciones meteorológicas Vantage Vue; marca Davis Instruments (Figura 2-24), en la estación Mapuachon coordenadas: X 884164,970 y Y 1770381,770 y Punto Blanco coordenadas X 892731,820 y Y 1773015,610. Con estos datos se buscó estudiar el comportamiento de las condiciones atmosféricas, para determinar predominancias en velocidad y dirección del viento con el fin de establecer la dirección y grado de dispersión de los contaminantes en la atmósfera dentro de la zona de estudio, los parámetros que midió la estación fueron velocidad, precipitación, temperatura, presión barométrica y humedad relativa, la estación estuvo activa durante todos los días en que se monitoreó el aire entre el 05 a 25 de marzo de 2018.

Por otra parte, es importante el análisis de la pluviometría de la zona para determinar si existe o no remoción húmeda en la zona (lavado atmosférico). La combinación de otros aspectos como humedad y datos de superficie como temperatura, radiación solar y velocidad del viento deben llevar a la estimación de la estabilidad atmosférica⁷⁵.

⁷⁵ Resolución 2154 de 2010. Manual de diseño del Protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Sección 4.4.3. Estudio Micro meteorológico y/o Meteorológico Preliminar. p. 21.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Figura 2-24. Estación meteorológica (Modelo Vantage VUE)

2.3.3.8.3 Modelación de la calidad del aire

Para la modelación de contaminantes dentro de la metodología se tuvieron en cuenta los términos de referencia establecidos en la normativa Res. 610 de 2010 y Res. 601 de 2006 ambas expedidas por el actual MADS, la US EPA y el protocolo nacional de calidad del aire.

2.3.3.8.3.1 Contaminantes evaluados

Se evaluaron los contaminantes regulados por la Resolución 2254 de 2017 del MADS⁷⁶. Dados los efectos nocivos sobre la salud humana que se han demostrado por exposición a altas concentraciones de PM10, este se ha convertido en el contaminante de mayor interés para las autoridades ambientales en Colombia; por lo tanto, se evalúa en la modelación junto con otros contaminantes criterios:

- Material Particulado con diámetro aerodinámico inferior a 10 μm (PM10).
- Óxidos de Nitrógeno (NOx).
- Óxidos de Azufre (SOx).
- Monóxido de Carbono (CO).
- Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC).

2.3.3.8.3.2 Norma de Calidad del Aire

El MADS con la Resolución 2254 de 2017, establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión para todo el territorio nacional en condiciones de referencia, en dicha norma se presentan los máximos niveles permisibles de concentración de contaminantes en la atmósfera, los procedimientos para la medición de la calidad del aire, los programas de reducción de la contaminación del aire y los niveles de prevención, alerta y emergencia, y las medidas generales para su mitigación. La norma es aplicable en todo el territorio nacional.

⁷⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - MADS, "Resolución 2254 de 2017," 2017.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

En el Artículo 2 de la Resolución 2254 de 2017 se establecen los Límites Máximos Permisibles vigentes en condiciones de referencia para los contaminantes criterio, los cuales se usaron para realizar los análisis de las modelaciones de contaminantes del proyecto eólico BETA.

Tabla 2-42. Límites máximos permisibles de concentraciones establecidos en la norma colombiana.

Contaminante	Unidad	Límite Máximo Permissible	Tiempo de Exposición
PM ₁₀	(µg/m ³)	50	Anual
		75*	24 horas
PM _{2.5}		25	Anual
		50	24 horas
NO ₂		60	Anual
		200	24 horas
SO ₂		50	Anual
		100	24 horas
CO		5,000	8 horas
		35,000	1 hora

*Este límite máximo entró en vigencia a partir del 1 de Julio de 2018.

Fuente: Resolución 2254 de 2017 del MADS

2.3.3.8.3.3 Fuentes generadoras de contaminantes

Teniendo en cuenta que las fuentes generadoras de contaminantes a la atmosfera se clasifican en tres tipos; fuentes de área, fuentes puntuales y fuentes lineales (generalmente representan el tráfico rodado por vías), se presentan a continuación según las actividades del parque eólico BETA y de la vía de acceso, que podrán generar emisiones y que sirvieron de insumo para la modelación.

2.3.3.8.3.3.1 Fuentes de área

Como fuentes de área se tuvieron en cuenta las siguientes construcciones:

- Construcción de 56.27 Km de vías (incluyendo la vía de acceso) con las especificaciones presentadas en el capítulo 3 descripción del proyecto.
- Construcción de campamento.
- Construcción de fundaciones para aerogeneradores.
- Construcción de plataformas para grúas de montaje de aerogeneradores.
- Construcción de depósitos para tierra vegetal y suelos de excavación que no serán utilizados como relleno.
- Construcción de zanjas para el cableado que conectará los aerogeneradores con la sub estación eléctrica.
- Construcción de una planta de concreto.
- Operación de la planta de concreto
- Construcción de una sub estación eléctrica
- Construcción de fundaciones para aerogeneradores.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

En la Tabla 2-43 se presentan la caracterización de las actividades generadoras de contaminantes correspondientes a las fuentes de área descritas anteriormente. En el capítulo 3 descripción del proyecto Numeral 3.2.4.3.3.1 Plantas de concreto, se presentan las características a mayor detalle de la planta de concreto.

Tabla 2-43. Fuentes de área en la etapa de construcción del proyecto

Grupo de actividades	Actividad	Caracterización de contaminantes
1. Operaciones de manejo de materiales en áreas de construcción	1.1. Remoción de tierra vegetal y suelos por tractor (Bulldozing)	PM ₁₀
	1.3. Cargue y descargue de tierra vegetal y suelos extraídos	
	1.4. Descargue suelos reutilizados para terraplén	
	1.5. Descargue de material de afirmado	
2. Operación de planta concretadora	2.1 Descargue de áridos	
	2.2 Transporte de áridos a tolva de mezclado	
	2.3 Cargue neumático de cemento a silo	
	2.4 Carga de tolva con agregados para mezclado	
	2.5 Mezclado de concreto	
3. Otras operaciones	3.1. Erosión eólica en áreas intervenidas	

Fuente: Renovatio 2019

2.3.3.8.3.3.2 Fuentes lineales

Como fuentes lineales se tuvo en cuenta el tráfico de vehículos por las vías internas del proyecto (Tabla 2-44).

Tabla 2-44. Fuentes lineales en la etapa de construcción del proyecto

Actividad	Caracterización de contaminantes
Transporte interno y externo* de materiales en vehículos pesados (Tractocamiones, volquetas y camiones mixer)	PM ₁₀
Tráfico de vehículos livianos dentro de la zona de influencia del proyecto (Camionetas 4x4 doble cabina)	PM ₁₀
Combustión interna de vehículos pesados y livianos	PM ₁₀ , NO _x , SO _x , CO y VOC

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

* Se refiere al tráfico proveniente desde fuera de los límites del proyecto y que pasa por la vía de acceso al mismo

Fuente: Renovatio 2019

2.3.3.8.3.3.3 Fuentes puntuales

Solo existirán dos fuentes puntuales de emisión de contaminantes a la atmósfera y corresponden a dos generadores eléctricos, uno (1) ubicado en la planta de concreto y otro ubicado en el campamento, los cuales funcionarán durante todo el periodo de construcción del parque eólico (2 años). Los generadores son de referencia CATERPILLAR PRIME 455 ekW y funcionan con combustible DIESEL, por lo tanto, los contaminantes generados corresponden a PM₁₀, NO_x, SO_x, CO (ver Tabla 2-45).

Tabla 2-45.Fuentes puntuales identificadas en la etapa de construcción del parque eólico BETA.

Nombre	Coordenada X	Coordenada Y	Caracterización de contaminates *
Generador eléctrico 1 (Planta de concreto)	884823,798	1773207,696	PM10, NOx, SOx, CO.
Generador eléctrico 2 (Campamento)	885028,270	1773202,160	

Fuente: Renovatio 2019

2.3.3.8.3.4 Factores de emision

Un factor de emisión es un valor representativo que intenta relacionar la cantidad de un contaminante emitido a la atmósfera con un valor de actividad asociada con la descarga de ese contaminante, así mismo, estos factores se expresan normalmente como el peso del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia o la duración de la actividad de emisión de contaminante. Estos factores facilitan la estimación de las emisiones de las diversas fuentes de contaminación al aire. La ecuación general para la estimación de las emisiones es:

$$E = A * EF * \left(1 - \frac{ER}{100}\right)$$

Fuente: AP 42⁷⁷

Dónde:

E= emisión. A= tasa de actividad. EF= factor de emisión y ER= % de eficiencia de los sistemas de control de emisiones.

De forma complementaria se usaron los siguientes documentos del AP-42 y NPI:

- Capítulo 11 Sección 11.9 Western Surface Coal Mining
- Capítulo 13 Sección 13.2.2 Unpaved Roads
- Capítulo 13 Sección 13.2.4 Aggregate Handling and Storage Piles
- Capítulo 13 Sección 13.2.5 Industrial Wind Erosion

⁷⁷ EPA, "Compilation Pollutant Emission Factors. AP-42. Fifth Edition. Volume I: Stationary Point and Area Sources. United States of America," 2009.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- National Pollutant Inventory (NPI) Emission Technique manual for Mining

A continuación, se muestran los factores de emisión que fueron utilizados para la estimación de emisiones, dichos factores se discriminan por actividades propias de cada construcción. Ver Tabla 2-46.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-46. Factores de emisión

Operación	Actividad	Factor de Emisión PM ₁₀	Unidades
Manejo de Tierra vegetal y suelos	Excavación, y remoción o empuje	$0.75 \times 0.45 \times \left[\frac{(s)^{1.5}}{(M)^{1.4}} \right]$	Kg PM ₁₀ /h
	Cargue y descargue	$k \times 0.0016 \times \left[\frac{(U/2.2)^{1.3}}{(M/2)^{1.4}} \right]$	Kg PM ₁₀ /Mg
Transporte de materiales de construcción, tierra vegetal, y suelos	Tráfico de vehículos por vías destapadas	$k \left[\left(\frac{s}{12} \right)^a \left(\frac{W}{3} \right)^b \right] \left(\frac{365-p}{365} \right) \left(1 - \frac{CE}{100} \right)$	lb PM ₁₀ /VMT
Operación de planta concretadora	Descargue de áridos	0.0017	Kg/ t de áridos
	Transporte por banda de áridos a tolva de mezclado	0.0017	Kg/ t de áridos
	Cargue neumático de cemento a silo	0.00017	Kg/ t de cemento
	Cargue de tolva con agregados para mezclado	0.0013	Kg/ t de agregados
	Mezclado de concreto	0.0028	Kg/ t de cemento
Otras operaciones	Erosión eólica en áreas intervenidas	$0.85 \times \left[\left(\frac{s}{1.5} \right) \times (b') \times \left(\frac{c'}{235} \right) \times \left(\frac{e}{15} \right) \right]^{**}$	Kg PM ₁₀ /(m ² *año)
	Nivelado de vía	$0.60 \times 0.0056 \times (S)^{2.0}$	Kg PM ₁₀ /VKT

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Fuente: AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors⁷⁸ y NPI⁷⁹

Dónde:

a, b, c, d, k: Constantes Empíricas, (ad).

c': Días secos en el año, (días).

C: Factor de emisión en flota vehicular para: escape, uso de frenos y desgaste de neumáticos, (lb/VMT).

CE: Eficiencia de control de polvo en vías no pavimentadas, (%).

e: % de tiempo con viento >5.33 m/s, (%).

k': Multiplicador de tamaño de partícula, (ad).

M: Contenido de humedad del material manejado, (%).

p: Número de días en el año con mínimo 0.254 mm de lluvia, (días).

s: Contenido de finos (pasa malla 200) del material manejado o de la superficie de las vías, (%).

S: Velocidad promedio del vehículo, (km/h).

U: Velocidad del viento (m/s).

W: Peso promedio de los vehículos, (toneladas cortas).

PM10: Material Particulado con diámetro aerodinámico inferior a 10 µm.

PST: Partículas Suspendidas Totales

VKT: Kilómetros viajados por un vehículo, (km).

*: Se utiliza un factor multiplicador de 2.8185x10⁻¹ para convertir de lb/VMT a kg/VKT

**: Se utiliza un factor multiplicador de 1.1219x10⁻⁴ para convertir de lb/Acre a kg/m²

En la Tabla 2-47 se presentan factores de emisión relacionados a otras actividades tanto para material particulado como para NO₂, SO₂, CO y VOC.

Tabla 2-47. Emisiones relacionadas a otras actividades

Actividad	Factor de Emisión	Unidades
Combustión interna de vehículos	Software Mobile 6.2*	g/Vehículo-milla
Combustión interna equipos fuera de vías (Generadores eléctricos)	Ficha técnica generador CAT PRIME 455 ekW 569 kVA 60 Hz 1800 rpm 480 Volts	g/hp-h

* Software aplica para estimación de emisiones de PM10, NO₂, SO₂, CO y VOC

Fuente: K2 Ingeniería

2.3.3.8.3.4.1 Eficiencia de los Sistemas de Control

El control de polvo es indispensable para preservar la calidad del aire en la zona de influencia del proyecto, es por esta razón que la empresa Eolos Energía SAS ESP propende por garantizar la aplicación eficaz de agua mediante riego y humectación permanente con tanqueros en vías de acceso y áreas de manejo de materiales.

Los porcentajes de control de emisiones utilizados según la actividad fueron tomados del NPI (National Pollutant Inventory). En la Tabla 2-48 se consolidan las acciones de control

⁷⁸ Ibíd., p. 2- 109

⁷⁹ NPI, "Emission estimation technique manuals."

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

específicas para las actividades que generan emisiones de contaminantes dentro del proyecto de construcción del parque Eólico Beta.

Tabla 2-48. Estrategias de control de emisiones.

ACTIVIDAD	EFICIENCIA DEL CONTROL DE EMISIONES			DESCRIPCIÓN
	MIN	MAX	MEDIA	
1. OPERACIONES DE MANEJO DE SUELOS				
1.1 Remoción de tierra vegetal y suelos por tractor (Bulldozing)	30	50	40	Control when soil is naturally o artificially moist
1.2 Cargue y descargue de tierra vegetal y suelos de excavación.	30	50	40	No control
1.6 Transporte de materiales	35	75	55	watering >= 2 litres/m2/h
1.7 Adecuación de áreas	30	50	40	Wind breaks and water sprays to keep ore wet
2. OTRAS OPERACIONES				
2.1 Erosión eólica en áreas intervenidas	30	50	40	Water sprays, wind breaks, primary earthworks, rock armour and/or topsoil applied
2.2 Tráfico de vehículos	35	75	55	watering >= 2 litres/m2/h

AP-42: *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*⁸⁰ y NPI

En cuanto a las vías destapadas se presenta en el documento *Emission Factor Documentation for AP-42. Section 13.2.2. Unpaved Roads, Final Report. 1998*; la variabilidad de eficiencias de control en vías sin pavimentar y las eficiencias reportadas en la literatura australiana o EPA se encuentra limitada exclusivamente para aplicación con agua.

El efecto del riego de rutina para controlar las emisiones de los caminos sin pavimentar se discute en la Sección 13.2.2.3 del documento en mención, "Controles". Sin embargo, todas las vías están sujetas a cierta mitigación natural debido a la lluvia y otras precipitaciones de la zona específica.

La siguiente ecuación presenta el factor de mitigación natural utilizado en vías de acarreo al interior del proyecto parque Eólico Beta.

$$E_{EXT} = E * \left[\frac{(365 - P)}{365} \right]$$

Donde

E_{ext} = Factor de emisión anual de tamaño específico extrapola para la mitigación natural, lb/VMT

E = Factor de emisión de la Ecuación 1a o 1b (*Unpaved Roads – US-EPA*)

⁸⁰ EPA. Op Cit. p. 2- 109.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

P = Número de días en un año con al menos 0.254 mm (0.01 pulgadas) de precipitación.

2.3.3.8.3.4.2 Variables para el cálculo de emisiones.

La Tabla 2-49 presenta las cantidades removidas y transportadas de tierra vegetal y suelo de excavación, así como la cantidad de materiales de afirmado descargados en cada zona de construcción (relleno, base y sub-base granular), de acuerdo a las actividades que realizará el proyecto eólico BETA.

Tabla 2-49. Parámetros de las fuentes de área

Actividad de construcción	Área de actividad (ha)	Volumen de material removido y cargado en el período (m³)	Volumen de material de relleno descargado en el período (m³)	Volumen de material de afirmado descargado en el período (m³)
Vía de acceso	7,64	63,352.59	2,816.61	41,649.29
Fundaciones	3,45	104,333.50	52,935.2	-
Plataformas	17,18	54,613.5	95,725.5*	76,610.06
Campamento	2,27	56,213.39	18,327.73	13,873.52
Depósito para material de excavación 1	9,20	-	151,194.73	-
Depósito para material de excavación 2	9,20	-	93,658.75	-
Adecuación y construcción de vías internas	23,51	148,439.10	70,258.6*	139,917.4
Construcción Zanjas para cableado	5,00	55,053.24	55,053.24*	-
Planta de concreto (construcción)	1,81	44,889.88	14,635.83	11,078.87
Sub estación eléctrica	0,98	24,286.23	7,918.25	5,993.90

*Corresponde a los suelos de excavación que se reutilizan como relleno de construcción

Fuente: Renovatio 2019

Adicionalmente se tiene en cuenta que, para la construcción de las 77 fundaciones, se necesitan 56.283,73 m³ de concreto.

El material descargado en los depósitos corresponde a tierra orgánica y suelos de excavación que no se reutilizaron como núcleo de terraplenes, estos suelos provienen exclusivamente de las edificaciones auxiliares (Campamento, sub estación eléctrica y planta de concreto) y de la vía de acceso en donde la cantidad de núcleo necesario para terraplenado es inferior a la cantidad de suelo removido, pues se consideró que todo el suelo de excavación es apto para reutilización. Las cantidades discriminadas en tierra orgánica y suelos de excavación descargados en los depósitos son 127,003.20 m³ y 98,676.6 m³ respectivamente. Se asumió que el suelo sobrante de las excavaciones para, fundaciones se reutilizó en el núcleo de terraplén necesario para cada plataforma.

A continuación, se presentan las principales características de los vehículos que circularán por las vías del parque Eólico, transportando materiales, equipos y componentes necesarios para el montaje de cada aerogenerador También se presentan las características de los vehículos livianos que circularán alrededor de todo el parque durante su construcción (Ver Tabla 2-50).

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-50. Características de la Flota vehicular

Material a transportar	Tipo	Peso (t)		Capacidad de carga (t)	Velocidad Vehículos (mi/h)
		Vacío	Lleno		
Tierra vegetal y suelo de excavación provenientes de cada área de construcción.	Volquetas	14,4	42,9	28,5	35
Material de afirmado para áreas de construcción	Volquetas	14,4	42,9	28,5	35
Piezas necesarias para ensamblar e instalar los aerogeneradores	Tractocamiones	17,0	52,0	35	35
Materias primas para la producción de concreto dentro del parque	Tractocamiones	17,0	52,0	35	35
Agua industrial para fabricación de concreto	Camión cisterna	17,0	57,0	40	35
Mixer para el transporte y descarga de concreto en fundaciones	Camión mixer	35,0	13,0	22,0	35
Transporte interno de personas relacionadas con el proyecto	Camioneta 4x4 de doble cabina	2,71		-	35

Fuente: Renovatio 2019

Dada la disposición vial del proyecto, los recorridos se segmentaron según la actividad de construcción a la que pertenecen, y se calculó el número de viajes necesarios según la cantidad de material a transportar. Ver Tabla 2-51.

Tabla 2-51. Transporte por actividad de construcción

Construcción	Actividad	Tipo de transporte	Número de viajes
Vías de acceso	Movimiento de tierra vegetal y suelos a depósitos	Interno	3,432
	Movimiento de material de afirmado a zona de adecuación.	Externo	2,557.41
Aerogeneradores	Transporte aerogenerador por área construida	Externo	10
	Transporte de material de afirmado por área construida	Externo	59.35
	Movimiento de tierra vegetal por área construida	Interno	32.73

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Construcción	Actividad	Tipo de transporte	Número de viajes
	Transporte de concreto por área construida	Interno	73.10
Campamento	Transporte de material de afirmado a zona de construcción	Externo	827.54
	Movimiento de tierra vegetal a depósitos	Interno	923.70
	Movimiento de suelos de excavación a depósitos	Interno	1,269.68
Vías internas	Transporte de material de afirmado por km de vía	Externo	177.77
	Movimiento de tierra vegetal y suelos por km de vía	Interno	90.71
Planta de concreto	Transporte de materias primas (agregados, cemento y agua) para producción de concreto	Externo	7,461.8
	Movimiento de material de afirmado a zona de construcción	Externo	660.85
	Transporte de tierra vegetal y suelos a depósitos	Interno	1,751.55
Subestación eléctrica	Transporte de material de afirmado a zona de construcción	Externo	357.53
	Movimiento de suelos de excavación a depósitos	Interno	548.55
	Movimiento de tierra vegetal a depósitos	Interno	241.92
Tráfico de vehículos livianos	Movimiento de vehículos livianos por Km	Interno	293.10

Fuente: Renovatio 2019

El tipo de transporte mostrado en la tabla anterior describe el tipo de recorrido que tienen que hacer los vehículos por cada actividad de construcción, es decir, el transporte externo se refiere a todos los materiales y equipos que vienen desde fuera de los límites proyecto hasta la construcción respectiva, y el transporte interno se refiere a todos los materiales de construcción sobrantes que se deben llevar al depósito más cercano (tierra vegetal y suelos de excavación).

Por último, se presentan los datos necesarios para el cálculo de las emisiones (ver Tabla 2-52).

Tabla 2-52. Parámetros para el cálculo de emisiones

Parámetro	Unidad	Valor
Velocidad del viento	m/s	5,2
Densidad de tierra vegetal y suelos de excavación	t/m ³	1,65
Contenido de limos del material	%	20
Contenido de limos en vías destapadas adecuadas*	%	10
Contenido de humedad del material	(%)	4
Días húmedos en el año (precipitación mayor que 0.25mm)	-	90
% de tiempo con viento > 19.2 Kph (5.33 m/s)	m/s	39,13
Jornada laboral construcción	h/día	10
Factor de conversión m2 a ha	-	0,0001

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Parámetro	Unidad	Valor
Longitud vía adecuada	m	39.860,62
Longitud vía construida	m	39,58
Ancho de vías	m	6
Densidad material de afirmado fundaciones	t/m3	1,8
Densidad material de afirmado plataformas	t/m3	1,7
Velocidad media de motoniveladora	km/h	10

*Tomado del documento técnico "Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá D.C."⁸¹

Fuente: Renovatio 2019

2.3.3.8.3.4.3 Tasas de emisión

A continuación, se presentan las tasas de emisión correspondientes a cada uno de los contaminantes evaluados para las fuentes de área y puntuales.

Tabla 2-53. Tasas de emisión fuentes de área

Fuentes de área		
Contaminante	Sin control (t/m ²)	Con control (t/m ²)
PM ₁₀	1,39E-04	8,90E-05

Fuente: Renovatio 2019

La tasa de emisión discriminada por cada actividad que se lleva a cabo durante el funcionamiento de la planta de concreto se presenta en la Tabla 2-54. Vale la pena destacar que de la planta de concreto solo se emite Material particulado debido a la naturaleza de sus actividades. Con estas características damos respuesta al requerimiento 9. a. en donde nos piden aclarar como se realizó la caracterización de la planta concretadora en la modelación de contaminantes

Tabla 2-54. Emisiones funcionamiento de la planta de concreto

ACTIVIDAD	EMISION PM ₁₀ (t/per)
Descargue de áridos	0,33
Transporte de áridos a tolva de mezclado	0,33
Cargue neumático de cemento a silo	0,01
Carga de tolva con agregados para mezclado	0,25
Mezclado de concreto	0,17
TOTAL EMISIONES	1,08
% Aporte sobre el total de PM₁₀ emitido por fuentes de área*	0,23%

Fuente: Renovatio 2019

⁸¹ INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO - IDU, "Sub bases y bases," especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá d.c. Bogotá, 2005, ch. 4.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-55. Tasas de emisión de fuentes puntuales

Fuentes puntuales*	
Contaminante	(t/per)
PM ₁₀	1,84
NOx	11,94
SOx	1,72
CO	0,68

*Los sistemas de controles son inherentes al mantenimiento preventivo de los equipos.

Fuente: Renovatio 2019

Las tasas de emisión correspondientes a las fuentes lineales se presentan en la Tabla 2-56 dado que los desplazamientos mostrados en la Tabla 2-52 son diferentes tanto en emisión como en Km recorridos.

Tabla 2-56. Tasas de emisión fuentes lineales por tipo de actividad*

Actividad	PM ₁₀ sin control (t/Km)	PM ₁₀ con control (t/Km)	NOx (t/Km)	SOx (t/Km)	CO (t/Km)	VOC (t/Km)
Movimiento de tierra vegetal y suelos por construcción de vía de acceso	5,59	1,40	1,94,E-03	4,60,E-05	8,40,E-04	1,04,E-03
Transporte de material de afirmado por construcción de vía de acceso	4,16	1,56	1,45,E-03	3,43,E-05	6,26,E-04	7,72,E-04
Transporte de aerogenerador por área construida	1,43E-02	3,57E-03	5,66E-06	1,34E-07	2,45E-06	3,02E-06
Transporte de material de afirmado por aerogenerador	8,30E-02	2,08E-02	3,36E-05	7,96E-07	1,45E-05	1,79E-05
Movimiento de tierra vegetal por aerogenerador	4,44E-02	1,11E-02	1,80E-05	4,26E-07	7,76E-06	9,58E-06
Transporte de concreto a zonas de construcción de aerogeneradores	0	0	2,26E-05	9,80E-07	1,79E-05	2,21E-05
Transporte de material de afirmado por campamento	1,322	3,30E-01	4,69E-04	1,11E-05	2,02E-04	2,50E-04
Movimiento de tierra vegetal a deposito desde campamento	1,475	3,69E-01	5,23E-04	1,24E-05	2,26E-04	2,79E-04
Movimiento de suelos a deposito desde campamento	2,028	5,07E-01	7,19E-04	1,70E-05	3,11E-04	3,83E-04
Transporte de material de afirmado por km de vía construida	2,13E-01	5,33E-02	1,01E-04	2,38E-06	4,35E-05	5,37E-05

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Actividad	PM ₁₀ sin control (t/Km)	PM ₁₀ con control (t/Km)	NOx (t/Km)	SOx (t/Km)	CO (t/Km)	VOC (t/Km)
Transporte tierra vegetal y suelos por km de vía construida	1,09E-01	2,72E-02	5,14E-05	1,22E-06	2,22E-05	2,74E-05
Transporte de materias primas para la producción de concreto	5,371	1,34E+00	1,09E-03	4,75E-05	8,65E-04	1,07E-03
Transporte de material de afirmado a planta de concreto	6,806	1,70E+00	3,74E-04	8,86E-06	1,62E-04	2,00E-04
Transporte tierra vegetal y suelos a depósitos desde planta de concreto	1,823	4,56E-01	9,92E-04	2,35E-05	4,28E-04	5,29E-04
Transporte de material de afirmado a subestación	4,01E-01	1,00E-01	2,02E-04	4,80E-06	8,75E-05	1,08E-04
Transporte de tierra vegetal por subestación eléctrica	2,71E-01	6,78E-02	1,37E-04	3,25E-06	5,92E-05	7,30E-05
Movimiento de suelos a deposito desde subestación eléctrica	6,15E-01	1,54E-01	3,11E-04	7,49E-06	1,34E-04	1,66E-04
Movimiento de vehículos livianos por Km	1,39E-01	3,48E-02	7,24E-06	8,01E-07	1,45E-04	1,06E-05
Movimiento de camiones mixer hacia zonas de construcción	9,49E-02	2,37E-02	2,2574E-05	9,8048E-07	1,788E-05	2,207E-05

*Representan la emisión de la totalidad de los viajes por actividad por km

Fuente: Renovatio 2019

A continuación, en la Tabla 2-57 se presentan los valores totales estimados por fuentes lineales.

Tabla 2-57. Emisiones totales estimadas por fuentes lineales

Total fuentes lineales (t/per)		
Contaminante	Sin control (t/per)	Con control (t/per)**
PM ₁₀	1,134,32	293,30
NOx	*	0,25
SOx	*	0,01
CO	*	0,12
VOC	*	0,04

*Emisión sin control solo representa las actividades de emisión de PM₁₀ sin riego.

**Los sistemas de control son inherentes al mantenimiento preventivo de los equipos y riego de agua para PM₁₀.

Fuente: Renovatio 2019

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

En la Tabla 2-58 se presentan las emisiones totales que se pueden generar por la actividad de construcción del parque eólico.

Tabla 2-58. Emisiones totales estimadas

Totales (t/per)		
Contaminante	Sin control (t/per)	Con control (t/per)**
PM ₁₀	1,226,05	352,75
NOx	*	12,19
SOx	*	1,73
CO	*	0,80
VOC	*	0,04
*Emisión sin control solo representa las actividades de emisión de PM ₁₀ sin riego		
**Los sistemas de controles son inherentes al mantenimiento preventivo de los equipos y riego de agua para PM ₁₀ .		

Fuente: Renovatio 2018

Es importante aclarar que solo se tuvieron en cuenta las estrategias de control de emisiones de PM₁₀ presentadas en la Tabla 2-49, puesto que los demás contaminantes evaluados se generan por combustión interna de vehículos.

2.3.3.8.3.5 Modelo Digital del Terreno

En el modelo de dispersión de contaminantes objeto de estudio, se tuvo en cuenta el relieve de la zona y las elevaciones tanto para los receptores sensibles como para todas las fuentes simuladas, reproduciendo de esta manera las condiciones topográficas en el dominio de interés, la información topográfica fue tomada del proyecto ASTER Global Digital Elevation Map de la NASA con una resolución de 1.5" de arco cuya representación 3D se muestra en la en la Figura 2-25.

De acuerdo a la norma del ANLA sobre el manejo de información cartográfica, toda la información se procesó de acuerdo a la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 del MADS, por la cual se modifica y consolida el modelo de almacenamiento geográfico contenido en la metodología general para la presentación de estudios ambientales y el manual de seguimiento ambiental de proyectos, el sistema de referencia geográfico utilizado corresponde a MAGNA-SIRGAS origen Bogotá-Este.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

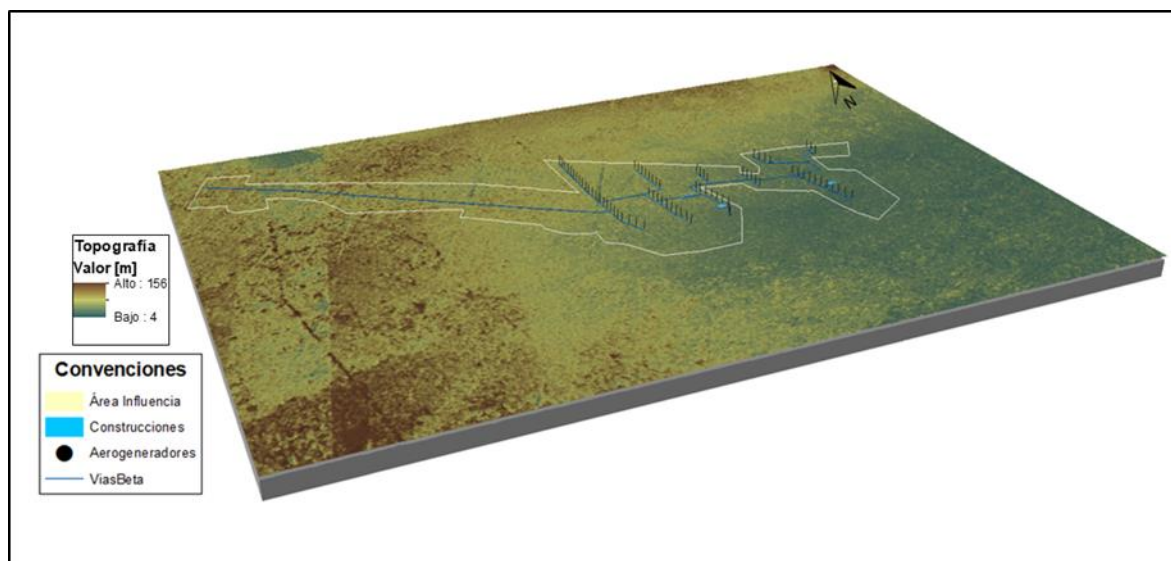


Figura 2-25. Modelo Digital del Terreno

Fuente: Renovatio 2018, con base en modelo Aster Global Digital Elevation – 19/06/2015⁸²

2.3.3.8.3.6 Análisis meteorológico

Para el análisis de dispersión de emisiones se utilizó el modelo de simulación de última generación WRF (Weather Research and Forecasting)⁸³, por requerimientos de la Autoridad Ambiental. La resolución temporal de los parámetros evaluados está dada según el análisis que se quiere realizar. Toda la información empleada en este capítulo corresponde a datos meteorológicos entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2017 cada hora.

Se debe tener presente que la información meteorológica que se muestra en esta sección difiere de los resultados de los monitoreos realizados en campo. La meteorología WRF corresponde a un modelamiento de datos de un año completo, mientras la meteorología de los monitoreos comprende datos puntuales de superficie con intervalos de tiempo más cortos. AERMOD requiere para un año, datos de 8.760 horas de variables meteorológicas que no son posibles medir con equipos localizados en superficies, mientras que, la meteorología WRF permite tener este amplio rango de datos.

En este capítulo se certifica la calidad de los datos, en cuanto al funcionamiento en el procesador AERMET. Los datos fueron procesados en las tres etapas de AERMET v 15181, el cual fue publicado el 30 de junio de 2015 en la página oficial de la US-EPA⁸⁴. Los archivos entregados son “RENOV_BETA.sfc” y “RENOV_BETA.pfl”, generados a partir de los archivos “K2_RENOV_BETA.sam” y “K2_RENOV_BETA.ua”, según la siguiente parametrización en AERMET.

⁸² GEOPHYSICAL INSTITUTE OF THE UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS, "Imágenes satelitales ALOS, sensor radar PALSAR," 2015.

⁸³ *Ibíd.*, p. 2-118.

⁸⁴ EPA, "Compilation Pollutant Emission Factors. AP-42. Fifth Edition. Volume I: Stationary Point and Area Sources. United States of America," 2009.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-59. Parametrización AERMET

ETAPA 1: Extracción	
Upper Air: Intervalo de tiempo (yy/mm/dd): Ubicación de la estación (Grados decimales):	17/01/01 a 17/12/31 11.5887 W -72.1106N
Surface: Intervalo de tiempo (yy/mm/dd): Ubicación de la estación (Grados decimales):	17/01/01 a 17/12/31 11.5887 W -72.1106N
ETAPA 2: Compilación	
Merge: Intervalo de tiempo (yy/mm/dd):	17/01/01 a 17/12/31
ETAPA 3: Preparación de Datos para AERMOD	
Sectores: Numero de sectores: Periodo de sectores:	1 Mensual

Fuente: MeteoSIM⁸⁵

La información meteorología sectorial utilizada contempla la clasificación de uso del suelo tres (3) Km a la redonda del punto de origen (ver ubicación de la estación en la Figura 2-26):

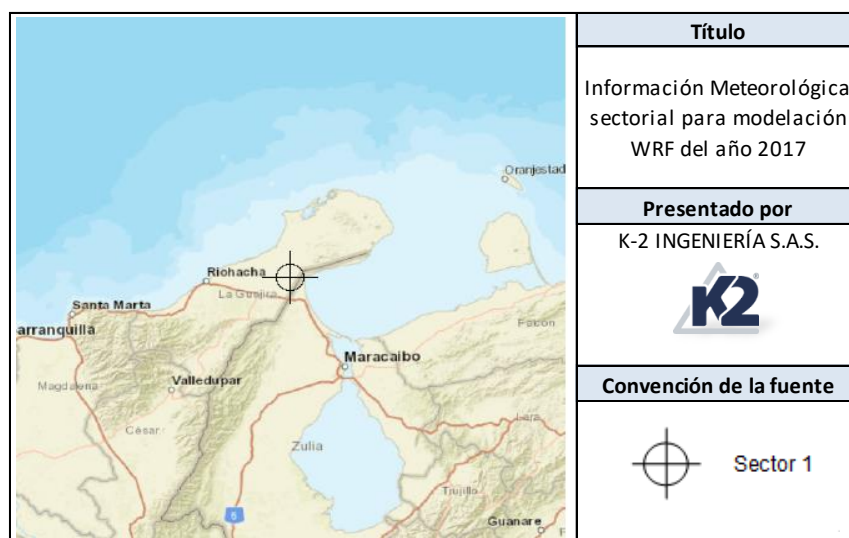


Figura 2-26. Información meteorológica sectorial WRF

Fuente: MeteoSIM⁸⁶

Se realizó el Climograma de Gaussen, para determinar si el mes corresponde a un mes seco o a un mes húmedo. El climograma relaciona la precipitación mensual y la temperatura promedio mensual; se considera a un mes como seco si la precipitación es inferior a dos veces la temperatura promedio.

⁸⁵ MeteoSIM, "Meteorología WRF Proyecto Parque Eólico Beta," 2017.

⁸⁶ *Ibíd.*, p. 2-119.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

El Anexo 35, El Anexo Digital AD-1. “Archivos de Modelación”, contiene toda la información utilizada en la simulación junto con los datos de la información meteorológica WRF y topografía empleada en las modelaciones.

Adicionalmente se calculó la altura de mezcla de la siguiente manera:

2.3.3.8.3.6.1 *Altura de mezcla*

La altura de la capa de mezcla constituye un parámetro básico en la modelación de la dispersión de los contaminantes atmosféricos, por cuanto es la zona inferior de la atmósfera donde ocurre fundamentalmente el transporte turbulento de masa y energía y donde los contaminantes se trasladan e interaccionan.

Se define la altura de la capa de mezcla como la altura de la capa adyacente a la tierra en la que los contaminantes se dispersan verticalmente por convección o por turbulencia mecánica en un período de aproximadamente una hora, es decir, la elevación sobre la superficie hasta la cual se considera que ocurre un mezclado vertical vigoroso de los gases en la atmósfera.

En otras palabras, la altura de la capa de mezcla representa el grado de dispersión de los contaminantes. En este sentido, entre mayor sea la altura de mezcla mayor será la dispersión de los contaminantes. La altura de mezcla se calculó a partir de la modelación meteorológica WRF para el periodo de enero a diciembre de 2017, se aprecia que en el mes de junio es cuando se presenta en su mayor altura. En el anexo 35. Modelación de calidad de aire se presentan los resultados correspondientes.

2.3.3.8.3.7 *Descripción del modelo*

De todos los modelos actualmente disponibles son pocos los reconocidos por instituciones de prestigio y relevancia internacional. Por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA, por su sigla en inglés) así como la Autoridad Ambiental en Colombia, muestran preferencia y recomiendan ampliamente el uso del modelo gaussiano AERMOD para describir la dispersión de fuentes fijas, área, volumen, entre otros⁸⁷

Las consideraciones matemáticas con las que trabaja el modelo Aermod se encuentran descritas en el Anexo 35. Modelación de calidad de aire/Marco teórico.

AERMOD (American Meteorology Society – E.P.A. Regulatory Model) es un modelo desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Es un modelo de pluma de estado estacionario que asume que las concentraciones en todas las distancias están gobernadas por la meteorología promedio de una hora⁸⁸. La Figura 2-27 muestra el diagrama de flujo para el procesamiento de información en el modelo de dispersión AERMOD, que consiste de un módulo principal (AERMOD) y dos preprocesadores (AERMET y AERMAP).

⁸⁷ EPA, "Compilation Pollutant Emission Factors. AP-42. Fifth Edition. Volume I: Stationary Point and Area Sources. United States of America," 2009.

⁸⁸ *Ibíd.*, p. 2-133.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

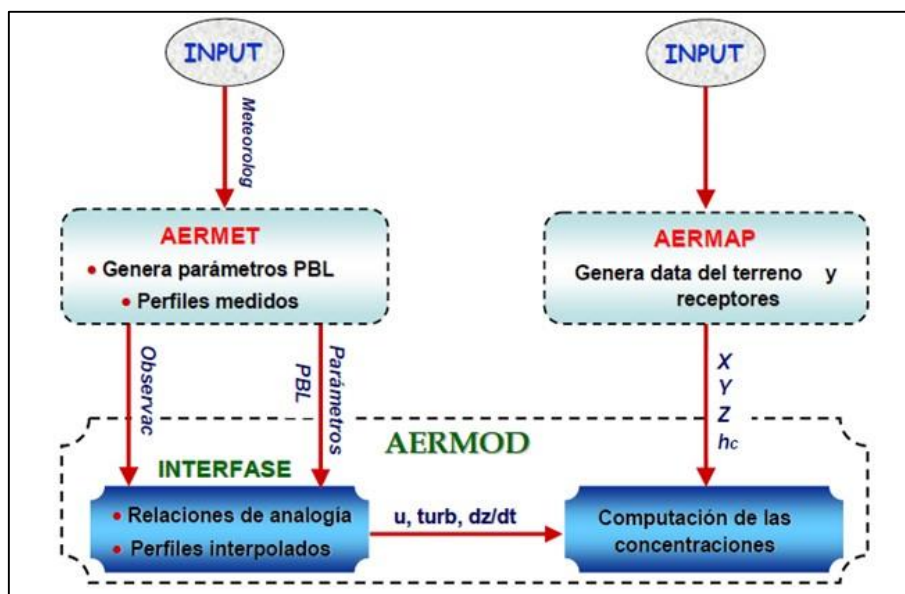


Figura 2-27. Esquema del sistema de modelación AERMOD

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México (Cabrera, 2008)⁸⁹

AERMET usa mediciones meteorológicas representativas del dominio de modelación para calcular parámetros de la capa límite. La interfase interna de AERMOD usa éstos parámetros calculados para generar perfiles de viento, temperatura y turbulencia⁹⁰. La profundidad de la capa límite y la dispersión de los contaminantes dentro de ésta, están influenciadas a escala local por las características superficiales: rugosidad, albedo y radio de Bowen. Estas variables de superficie, junto con observaciones meteorológicas básicas (velocidad de viento, dirección de viento, temperatura y cobertura de nubes) son datos requeridos por AERMET para calcular los siguientes parámetros de la capa límite planetaria (PBL, por su sigla en inglés)⁹¹:

- Velocidad de fricción, u^*
- Longitud de Monin-Obukhov, L
- Escala de velocidad convectiva, w^*
- Escala de temperatura, θ^*
- Altura de la capa de mezcla convectiva (z_{ic}) y mecánica (z_{im})
- Flujo de calor superficial, H

La estabilidad de la capa límite planetaria (PBL) está dada por el signo de H (convectivo para $H > 0$ y estable para $H < 0$).

El preprocesador de terreno AERMAP emplea la información topográfica para calcular la influencia del terreno en la dispersión, obteniendo una mejor valoración del escalamiento de altura del terreno en la concentración del material dispersado⁹². AERMAP también es usado para crear el mallado y las elevaciones de los receptores. Para cada receptor, el preprocesador

⁸⁹ D RODRÍGUEZ, "Variación de la estabilidad y altura de la capa de mezcla en la ciudad de Pinar del Río: su relación con condiciones sinópticas.," 2014.

⁹⁰ EPA Op. cit. p. 2-121.

⁹¹ EPA. Op. cit. p. 2-121.

⁹² D RODRÍGUEZ. Op. cit. p. 2-121.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

AERMAP pasa la siguiente información hacia AERMOD: ubicación del receptor (xr, yr), altura sobre el nivel promedio del mar (zr) y la escala de altura del terreno para un receptor específico (hc)⁹³:

Para terreno complejo, AERMOD incorpora el concepto de la línea divisora de corriente para condiciones establemente estratificadas. Dependiendo del caso, la pluma es modelada combinando dos posibles casos: pluma de estado horizontal y/o pluma de estado topográfico. En terreno plano los dos estados son equivalentes, pero cuando se incorpora el concepto de la línea divisora de corriente en terreno elevado, la concentración total es calculada como la suma ponderada de las concentraciones asociadas a estos dos estados de la pluma⁹⁴. La ponderación de los dos estados depende de:

- El grado de estabilidad atmosférica
- La velocidad de viento
- La altura de la pluma con respecto al terreno.

AERMOD caracteriza la PBL por medio de un “escalamiento” de la capa de mezcla. Para ello, AERMOD construye perfiles verticales de velocidad de viento, dirección de viento, turbulencia y temperatura, basados en mediciones de campo y extrapolaciones. Sólo se requiere de una medición en superficie de la velocidad de viento (medido entre zo y 100 m, donde zo es la rugosidad superficial). AERMOD también requiere de datos de cobertura de nubes, al igual que de un radiosondeo en la mañana para calcular la altura de mezcla convectiva a lo largo del día. Las características de superficie (rugosidad superficial, radio de Bowen y albedo) son también entradas requeridas para construir los perfiles de “analogía” de los parámetros de la PBL⁹⁵. Cabe mencionar también que, en caso de no contar con alguno de estos parámetros, el preprocesador AERMET los estima.

En el anexo 35. Modelación de calidad/Marco teórico se profundizan los conceptos que definen al modelo gaussiano.

2.3.3.8.3.7.1 Variables meteorológicas de entrada del modelo aermod

En la Tabla 2-60 y Tabla 2-61 se presentan todas las variables meteorológicas que puede requerir AERMOD dependiendo de las opciones seleccionadas.

Tabla 2-60. Parámetros modelo AERMOD.

Tipo		Símbolo	Descripción
Terreno		ED	Elevación digital
		US	Uso de suelos
Meteorología	Parámetros meteorológicos	v	Velocidad del viento
		T	Temperatura ambiente
		Dv	Dirección del viento
		EA	Estabilidad Atmosférica
		Hrur	Altura de capa de mezcla rural
		Hurb	Altura de capa de mezcla urbana
		f v	Velocidad de fricción

⁹³ EPA. Op. cit. p. 2-121.

⁹⁴ EPA. Op. cit. p. 2-121.

⁹⁵ EPA. Op. cit. p. 2-121.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tipo		Símbolo	Descripción
		LMO	Longitud de Monin Obhukov
		R	Rugosidad
		Pc	Código de Precipitación
		Pr	Tasa de Precipitación
		FC	Flujo de Calor Sensible
		EV	Escala de velocidad convectiva
		B	Parámetro de Bowen
		A	Albedo de medio día
	Radio sondeo	PRE	Presión
		DIFTRC	Diferencia con la temperatura de rocío
		ALT	Altura sondeo
	EMA	WSMDir	Dirección del viento más alto
		WSMK	Velocidad del viento más alto
		AvgRh	Humedad relativa promedio
		AvgSR	Radiación solar
	Observatorio	PRE24	Precipitación en las últimas 24 horas
		PRELAMP	Precipitación en el periodo
		PRETPO	Periodo de muestreo para precipitación
		TEMMAX	Temperatura máxima
		TEMAMB	Temperatura ambiente
		TEMMIN	Temperatura mínima
		TEMROC	Temperatura de rocío
		PRSMAR	Presión al nivel del mar
		NUBOCT	Nubosidad (Octas)
		NUBBAJ	Altura de las nubes más bajas

Fuente: MADS-2008⁹⁶

Tabla 2-61. Datos de entrada del modelo ISC y AERMOD.

Tipo		Símbolo	Descripción	ISC	AERMOD
Meteorología	Parámetros primarios	V.V	Velocidad del viento	√	√
		T	Temperatura ambiente	√	√
		D.V	Dirección del viento	√	√
		R.S	Radiación solar	√	√
Meteorología	Parámetros primarios	EA	Estabilidad Atmosférica	√	√
		Hmix conv	Altura de capa de mezcla rural	√	√
		Hmix mec	Altura de capa de mezcla urbana	√	√
		u^*	Velocidad de fricción	√*	√
		L	Longitud de Monin Obhukov	√*	√

⁹⁶ CABRERA, F; UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, *Evaluación de un Modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos con la técnica espectroscópica DOAS Pasiva.*, 2008.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tipo	Símbolo	Descripción	ISC	AERMOD
	Z_o	Rugosidad superficial	$\sqrt{*}$	$\sqrt$
	P_c	Código de Precipitación	$\sqrt{**}$	
	P_r	Tasa de Precipitación	$\sqrt{**}$	
	H_o	Flujo de Calor Sensible		$\sqrt$
	w_*	Escala de velocidad convectiva		$\sqrt$
	B	Parámetro de Bowen		$\sqrt$
	α	Albedo de medio día		$\sqrt$
	N	Nubosidad (Octas)	$\sqrt$	$\sqrt$

$\sqrt{*}$ Si se desea cuantificar deposición seca y húmeda

$\sqrt{**}$ Solo necesarios para cuantificar deposición húmeda

$\sqrt{\Delta}$ Para especificar altura en fuente y receptores

Fuente: MADS-2008⁹⁷

Debido a que en el país no existen los equipos para obtener todos los parámetros anteriores, se hace necesario estimar los secundarios por medio de las formulaciones recomendadas en la literatura. La metodología de Sozzi es la recomendada por IDEAM y ha sido usada en modelaciones del MADS (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible). La opción que se utilizó para este estudio fue el modelo regional de simulación atmosférica WRF (Weather Research and Forecast) que es desarrollado y mantenido por el NCAR (National Center for Atmospheric Research) con contribuciones de la comunidad científica internacional. El modelo WRF es altamente adaptable a diferentes zonas geográficas y aplicaciones, ya que cuenta con más de 280 parámetros de configuración. De igual manera, el modelo de simulación atmosférica WRF de última generación supera el antiguo modelo MM5 en precisión y desempeño, ajustado y calibrado especialmente para el territorio colombiano.

Los cálculos que se implementan de variables especializadas dentro del modelo WRF-MeteoSIM⁹⁸, cuenta con las siguientes especificaciones:

- Resolución espacial de 3 km (distancia horizontal entre puntos de grilla) para todo el territorio nacional incluido San Andrés y Providencia.
- 28 niveles desde superficie hasta 50mb con una densidad máxima en superficie.
- Simulación explícita de las nubes con 5 tipos de hidrometeoros (vapor, agua líquida, nieve, hielo y granizo suave).
- Simulación de la radiación de onda corta y larga separada por once y dieciséis bandas respectivamente.
- Capa límite según teoría de similitud.
- Cálculo del balance hídrico en superficie, suelo y canopy.

2.3.3.8.3.8 Escenarios modelados

A continuación, se muestran las consideraciones realizadas para seleccionar los escenarios de modelación.

⁹⁷ Ibíd., p. 2-124.

⁹⁸ MeteoSIM, Op Cit. p 2-119.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.8.3.8.1 Estado actual o línea base

Teniendo en cuenta que en la zona de influencia del proyecto actualmente no existen fuentes significativas generadoras de contaminantes de interés más que la erosión eólica, este escenario no fue modelado.

2.3.3.8.3.8.2 Escenario de construcción

La etapa de construcción tiene toda la atención en este estudio dado que los movimientos de tierra y tráfico de vehículos pesados por vías destapadas son los principales generadores de contaminantes de interés a la atmosfera. Este escenario fue el único que se modeló y de dicho modelo se desglosan los dos escenarios evaluados que son:

- Escenario de construcción sin medidas de control.
- Escenario de modelación con control.

Vale la pena señalar que el único contaminante que está sometido a medidas de control es el material particulado pues los demás se generan por combustión interna de los vehículos.

2.3.3.8.3.8.3 Escenario de operación

En el escenario de operación del proyecto de generación de energía eólica no se contemplaron fuentes significativas de emisión de contaminantes dadas las condiciones de funcionamiento de un parque eólico. Eventualmente solo habrá tráfico mínimo de vehículos livianos por vía destapada para realizar actividades de inspección y mantenimiento, por tanto y al igual que con el escenario actual tampoco se modeló.

2.3.3.8.3.8.4 Modelación de dispersión

Con el fin de estimar el comportamiento de las emisiones generadas durante la construcción del proyecto parque Eólico Beta (tipo gaussiano), se idealizaron las fuentes de emisión considerando la topografía y coordenadas en el sistema de referencia Magna Sirgas Colombia Este.

2.3.3.8.3.8.5 Idealización de las fuentes

Se idealizaron las fuentes de emisión para las actividades de construcciones en el proyecto Parque Eólico Beta identificadas como fuentes de área, puntuales y lineales, según la actividad. La Tabla 2-62 presenta la forma como fueron idealizadas las fuentes de emisión al momento de introducirlas al modelo.

Tabla 2-62. Idealización de fuentes dentro del modelo AERMOD.

Actividad	Tipo de Fuente	Comentarios
1. OPERACIONES CON MATERIALES		
1.1. Remoción de suelos por Tractor (Bulldozing).	Área	Un único nivel
1.2. Cargue de tierra vegetal y suelos excavados.	Área	Un único nivel
1.3. Descargue de tierra vegetal, suelos excavados y material de afirmado.	Área	Un único nivel
2. OPERACIONES DE TRANSPORTE		
2.1. Transporte de equipos y materiales en vehículos pesados	Lineal	Se utilizaron fuentes de volumen de acuerdo a la
2.2. Tráfico de vehículos livianos.	Lineal	
2.3. Combustión interna de vehículos.	Lineal	

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

		conformación de las vías.
3. OTRAS OPERACIONES		
3.1. Erosión eólica en áreas intervenidas	Área	Un único nivel
2.4. Combustión interna equipos fuera de vías	Puntual	Un único nivel

**Se consideraron como fuente de área al introducirlas al modelo debido a la información disponible.*

Fuente: Renovatio 2019.

Los datos básicos sobre las fuentes incluyen:

- Localización de la fuente a través de sus coordenadas Magna Colombia Este X (Este) Y (Norte).
- Alturas sobre el nivel del mar de la base de la fuente. es decir, la altura del terreno.
- Altura de la fuente sobre el nivel del terreno
- Características geométricas de las fuentes.

En la Figura 2-28 se presenta la idealización de las fuentes que se cargaron en el modelo AERMOD y el resumen con la codificación específica para cada una de ellas se puede evidenciar desde la Tabla 2-62 a Tabla 2-64.

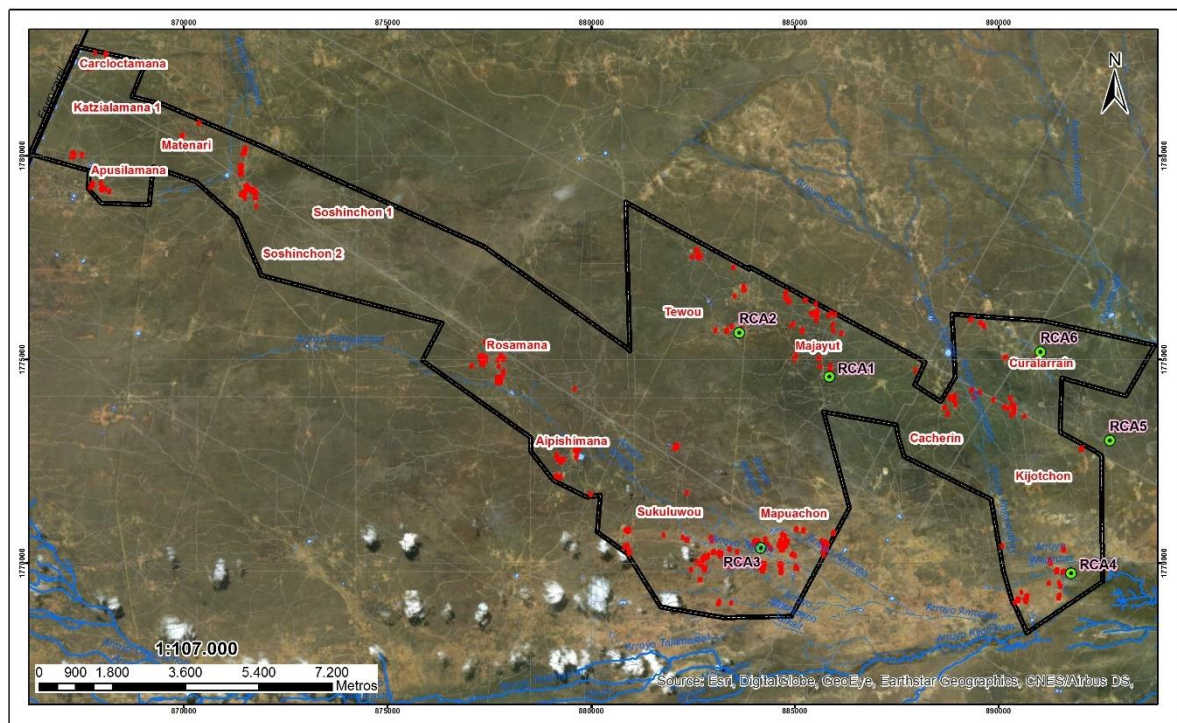


Figura 2-28. Idealización de fuentes del proyecto Parque Eólico Beta.

Fuente: Renovatio 2019

Tabla 2-63. Resumen fuentes puntuales.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Index	ID	Description	X coordinate m	Y coordinate m	Elevation meters	Emission rate g/s	Stack height meters	Stack temp. K	Stack velocity m/s	Stack diameter meters
1	1 GEN_1	GEN_SUB_E	884820.4	1773206.6	20.86	0.058469217	2	778.55	10	0.15
2	2 GEN_2	GEN_CAMP	885012.9	1773202.1	19.26	0.058469217	2	778.55	10	0.15

Fuente: Renovatio 2019

Tabla 2-64. Resumen fuentes de área.

Index	ID	Description	X coordinate m	Y coordinate m	Elevation meters	Emission rate g/(s·m ²)	Release height meters	Init. vert. dim. meters
1	1 VI_4	V_INGRESO_4	879385.6	1774195.3	30.39	1.72611E-05	1	0.47
2	2 VI_1	V_INGRESO_1	869176.5	1780775.1	31.57	1.72611E-05	1	0.47
3	3 VI_2	V_INGRESO_2	872084.5	1778996.8	35.33	1.72611E-05	1	0.47
4	4 VI_3	V_INGRESO_3	875957.6	1776436.8	35.6	1.72611E-05	1	0.47
5	5 VI_5	V_INGRESO_5	879383.6	1774191.2	30.48	1.72611E-05	1	0.47
6	6 DEP_1_N	Deposito_1_N	885867.9	1771695.8	16.31	8.81E-07	1	0.47
7	7 P_CONC_N	Planta_Concreto_N	884891.7	1773141.6	19.58	9.17E-06	1	0.47
8	8 AE_54	Plat_Fund	883839.8	1770956.8	19.8	1.39E-05	1	0.47
9	9 AE_77	Plat_Fund	881960.9	1771160.4	18.7	1.39E-05	1	0.47
10	10 AE_53	Plat_Fund	883830.9	1771205.8	19.71	1.39E-05	1	0.47
11	11 AE_76	Plat_Fund	881811.7	1771437.2	19.21	1.39E-05	1	0.47
12	12 AE_52	Plat_Fund	883729	1771623.1	18.15	1.38E-05	1	0.47
13	13 AE_75	Plat_Fund	881634.1	1771799.8	20.06	1.39E-05	1	0.47
14	14 AE_51	Plat_Fund	883673.7	1771934.4	17.49	1.39E-05	1	0.47
15	15 AE_74	Plat_Fund	881489.2	1772099.8	25.32	1.39E-05	1	0.47
16	16 AE_50	Plat_Fund	883658.9	1772182.5	18.85	1.39E-05	1	0.47
17	17 AE_73	Plat_Fund	881456.2	1772420	25.55	1.39E-05	1	0.47
18	18 AE_49	Plat_Fund	883583.4	1772564.1	20.59	1.39E-05	1	0.47
19	19 AE_72	Plat_Fund	881439.8	1772741.4	22.01	1.39E-05	1	0.47
20	20 AE_48	Plat_Fund	883508.2	1772876.8	22.93	1.39E-05	1	0.47
21	21 AE_71	Plat_Fund	881426.5	1773063.1	23.49	1.39E-05	1	0.47
22	22 AE_47	Plat_Fund	883477	1773193.4	25.54	1.39E-05	1	0.47
23	23 AE_70	Plat_Fund	881406.5	1773365.6	26.09	1.39E-05	1	0.47
24	24 AE_46	Plat_Fund	883420.4	1773507.2	25.49	1.39E-05	1	0.47
25	25 AE_69	Plat_Fund	881395	1773688.6	26.08	1.39E-05	1	0.47
26	26 AE_45	Plat_Fund	883380.7	1773818	25.2	1.39E-05	1	0.47
27	27 AE_68	Plat_Fund	881378	1774008	25.94	1.39E-05	1	0.47
28	28 AE_67	Plat_Fund	881364.1	1774368.6	25.63	1.39E-05	1	0.47
29	29 AE_66	Plat_Fund	881348.3	1774691.4	25.3	1.39E-05	1	0.47
30	30 AE_65	Plat_Fund	881328.5	1775012.9	25.24	1.39E-05	1	0.47
31	31 AE_64	Plat_Fund	881322.3	1775334.2	25.26	1.39E-05	1	0.47
32	32 AE_30	Plat_Fund	885549.3	1773000.5	18.93	1.39E-05	1	0.47
33	33 AE_36	Plat_Fund	885581	1770983.8	16.13	1.39E-05	1	0.47
34	34 AE_35	Plat_Fund	885751.8	1771379.9	15.7	1.39E-05	1	0.47
35	35 AE_34	Plat_Fund	885908.1	1771761.6	16.47	1.39E-05	1	0.47
36	36 AE_33	Plat_Fund	885817.3	1772072.1	17.17	1.39E-05	1	0.47
37	37 AE_32	Plat_Fund	885729.3	1772380.1	17.87	1.39E-05	1	0.47
38	38 AE_31	Plat_Fund	885643	1772691.4	18.5	1.39E-05	1	0.47
39	39 DEP_1	Deposito_1	885867.9	1771695.8	16.31	1.69E-04	1	0.47
40	40 SUB_EST	SubEstacion	884666	1773137.2	21.81	1.81E-05	1	0.47
41	41 P_CONC	Planta_Concreto	884891.7	1773141.6	19.58	8.73E-05	1	0.47
42	42 AE_29	Plat_Fund	885431.7	1773308.8	18.33	1.39E-05	1	0.47
43	43 AE_28	Plat_Fund	885379.6	1773619.8	19.05	1.39E-05	1	0.47
44	44 AE_27	Plat_Fund	886248.8	1774150	19.51	1.39E-05	1	0.47
45	45 AE_44	Plat_Fund	884150.1	1774274.8	24.22	1.39E-05	1	0.47
46	46 AE_26	Plat_Fund	886253.8	1774471.4	19.63	1.39E-05	1	0.47
47	47 AE_43	Plat_Fund	884139.2	1774591.5	24.03	1.39E-05	1	0.47
48	48 AE_25	Plat_Fund	886258.5	1774793.8	21.49	1.39E-05	1	0.47
49	49 AE_42	Plat_Fund	884135.2	1774095	24.7	1.39E-05	1	0.47

Fuente: Renovatio 2019

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-65. Resumen fuentes de volumen.

Index	ID	Description	X coordinate m	Y coordinate m	Elevation meters	Emission rate g/s	Release height meters	Init. lat. dim. meters	Init. vert. dim. meters
1	1 V1	V_DEP	884823.7425	1773142.94	22	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
2	2 V2	V_DEP	884873.5225	1773138.255	18	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
3	3 V3	V_DEP	884923.3025	1773133.569	25	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
4	4 V4	V_DEP	884973.0825	1773128.884	24	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
5	5 V5	V_DEP	885022.8625	1773124.199	21	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
6	6 V6	V_DEP	885072.6425	1773119.514	19	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
7	7 V7	V_DEP	885122.4225	1773114.828	22	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
8	8 V8	V_DEP	885172.2025	1773110.143	27	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
9	9 V9	V_DEP	885221.9825	1773105.458	25	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
10	10 V10	V_DEP	885271.7625	1773100.773	19	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
11	11 V11	V_DEP	885321.5425	1773096.088	19	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
12	12 V12	V_DEP	885371.3225	1773091.402	18	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
13	13 V13	V_DEP	885421.1025	1773086.717	18	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
14	14 V14	V_DEP	885468.4299	1773073.213	16	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
15	15 V15	V_DEP	885494.7793	1773031.998	22	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
16	16 V16	V_DEP	885509.2929	1772984.151	23	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
17	17 V17	V_DEP	885523.8064	1772936.304	21	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
18	18 V18	V_DEP	885538.32	1772888.457	22	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
19	19 V19	V_DEP	885552.8336	1772840.609	19	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
20	20 V20	V_DEP	885567.3472	1772792.762	15	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
21	21 V21	V_DEP	885581.8608	1772744.915	23	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
22	22 V22	V_DEP	885596.3743	1772697.068	23	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
23	23 V23	V_DEP	885610.8879	1772649.221	21	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
24	24 V24	V_DEP	885625.4015	1772601.373	24	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
25	25 V25	V_DEP	885639.9151	1772553.526	22	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
26	26 V26	V_DEP	885652.6041	1772505.183	18	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
27	27 V27	V_DEP	885663.0518	1772456.298	18	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
28	28 V28	V_DEP	885676.6173	1772408.174	19	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
29	29 V29	V_DEP	885690.3453	1772360.096	16	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
30	30 V30	V_DEP	885704.0733	1772312.017	20	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
31	31 V31	V_DEP	885717.8013	1772263.939	15	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
32	32 V32	V_DEP	885731.5293	1772215.86	13	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
33	33 V33	V_DEP	885745.2573	1772167.782	20	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
34	34 V34	V_DEP	885758.9853	1772119.703	19	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
35	35 V35	V_DEP	885772.7133	1772071.625	18	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
36	36 V36	V_DEP	885786.4413	1772023.546	19	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
37	37 V37	V_DEP	885800.1692	1771975.468	20	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
38	38 V38	V_DEP	885813.8972	1771927.389	17	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
39	39 V39	V_DEP	885827.6252	1771879.311	17	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
40	40 V40	V_DEP	885841.8255	1771831.371	20	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
41	41 V41	V_DEP	885850.4212	1771803.259	22	1.39E-01	1	23.25581	21.63332
42	42 V42	V_P_CON	881200.6179	1773178.555	26	1.64E-01	1	23.25581	21.63332
43	43 V43	V_P_CON	881250.5752	1773180.621	26	1.64E-01	1	23.25581	21.63332
44	44 V44	V_P_CON	881300.5325	1773182.687	22	1.64E-01	1	23.25581	21.63332
45	45 V45	V_P_CON	881349.6032	1773190.447	30	1.64E-01	1	23.25581	21.63332
46	46 V46	V_P_CON	881389.5402	1773219.659	32	1.64E-01	1	23.25581	21.63332
47	47 V47	V_P_CON	881410.5874	1773264.437	30	1.64E-01	1	23.25581	21.63332
48	48 V48	V_P_CON	881411.3432	1773314.305	29	1.64E-01	1	23.25581	21.63332
49	49 V49	V_P_CON	881450.5537	1773354.333	27	1.64E-01	1	23.25581	21.63332

Nota: Todas las fuentes se pueden ver con mayor detalle en el anexo 35. AD-1.

Fuente: Renovatio 2019

2.3.3.8.3.8.6 Receptores evaluados

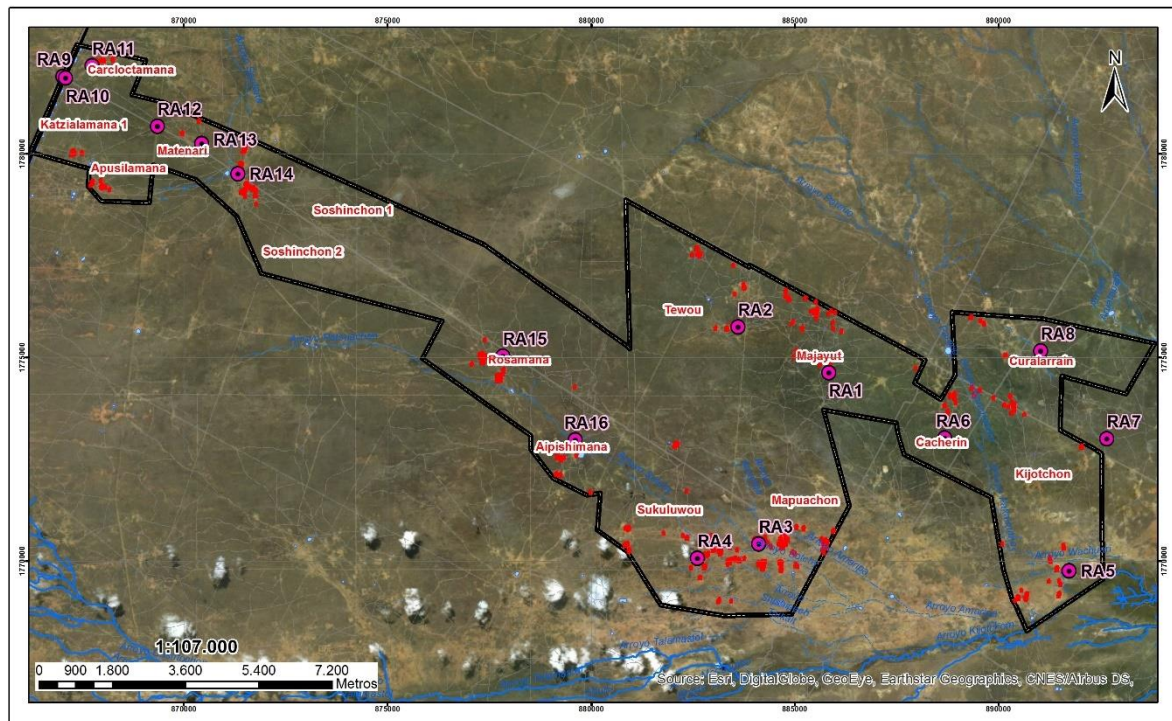
- Resolución y definición del dominio

Se introdujeron como receptores sensibles o de interés los puntos correspondientes a las seis (6) estaciones de la campaña de monitoreo de calidad del aire realizada por la empresa K2 INGENIERÍA S.A.S. durante el año 2018, lo anterior con el fin de establecer una comparación entre los resultados de concentración de los diferentes contaminantes modelados y los resultados de la campaña de monitoreo. Adicionalmente se tuvieron en cuenta 380 receptores correspondientes a viviendas o espacios habitables, centros

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

educativos e iglesias que se encuentran ubicados dentro de los límites del proyecto. La ubicación de los receptores evaluados en la modelación se presenta en la Figura 2-29 y en la

Tabla 2-66. Receptores sensibles de modelación



EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Figura 2-29. Ubicación receptores sensibles.

Fuente: Renovatio 2019.

Tabla 2-66. Receptores sensibles de modelación

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Index	ID	Description	X coordinate m	Y coordinate m	Elevation meters	Hill height scale meters	Flagpole height meters	Sensitive
1	1 D1	Comunidad Maji	885844.07	1774582.9	23.37	23.37	1.8	0
2	2 D2	Comunidad Tew	883633.19	1775663.67	25.06	25.06	1.8	0
3	3 D3	Comunidad Map	884164.9	1770381.77	19.48	19.48	1.8	0
4	4 D4	Comunidad Kijol	891781.18	1769758.22	9.27	9.27	1.8	0
5	5 D5	Comunidad Punt	892731.82	1773015.61	10.01	10.01	1.8	0
6	6 D6	Comunidad Curt	891027.44	1775188.15	15.82	15.82	1.8	0
7	7 H_1	Poblacional	884149.2024	1770401.785	19.49	19.49	1.8	0
8	8 H_2	Poblacional	884269.7814	1770605.413	19.25	19.25	1.8	0
9	9 H_3	Poblacional	884404.4416	1770370.855	19.13	19.13	1.8	0
10	10 H_4	Poblacional	884296.7151	1770492.268	19.26	19.26	1.8	0
11	11 H_5	Poblacional	885042.402	1770842.737	17.4	17.4	1.8	0
12	12 H_6	Poblacional	884149.4267	1770395.171	19.49	19.49	1.8	0
13	13 H_7	Poblacional	884117.1795	1770553.336	19.51	19.51	1.8	0
14	14 H_8	Poblacional	884337.4921	1770448.999	19.21	19.21	1.8	0
15	15 H_9	Poblacional	885209.4409	1770806.019	17.1	17.1	1.8	0
16	16 H_10	Poblacional	885224.6518	1770819.991	17.05	17.05	1.8	0
17	17 H_11	Poblacional	888709.8135	1772983.162	19.1	19.1	1.8	0
18	18 H_12	Poblacional	888741.7276	1773676.362	19.63	19.63	1.8	0
19	19 H_13	Poblacional	888929.7757	1774113.564	19.11	19.11	1.8	0
20	20 H_14	Poblacional	888930.732	1774130.543	19.08	19.08	1.8	0
21	21 H_15	Poblacional	888809.1378	1774076.455	19.25	19.25	1.8	0
22	22 H_16	Poblacional	888728.1202	1772986.438	19.14	19.14	1.8	0
23	23 H_17	Poblacional	888679.1455	1773822.245	19.58	19.58	1.8	0
24	24 H_18	Poblacional	884700.2036	1770723.068	18.28	18.28	1.8	0
25	25 H_19	Poblacional	884629.2609	1769956.566	18.74	18.74	1.8	0
26	26 H_20	Poblacional	884662.4975	1769970.312	18.69	18.69	1.8	0
27	27 H_21	Poblacional	882103.8889	1772882.022	19.65	19.65	1.8	0
28	28 H_22	Poblacional	882055.1732	1772873.946	19.67	19.67	1.8	0
29	29 H_23	Poblacional	891275.7752	1770012.169	10.59	10.59	1.8	0
30	30 H_24	Poblacional	891451.7825	1769821.763	8.96	8.96	1.8	0
31	31 H_25	Poblacional	891434.0217	1769830.149	9.03	9.03	1.8	0
32	32 H_26	Poblacional	891441.8794	1769843.87	9.05	9.05	1.8	0
33	33 H_27	Poblacional	890368.0685	1773849.863	17.16	17.16	1.8	0
34	34 H_28	Poblacional	890358.4065	1773825.559	17.22	17.22	1.8	0
35	35 H_29	Poblacional	890323.4392	1773637.258	17.53	17.53	1.8	0
36	36 H_30	Poblacional	890390.0758	1773718.402	17.23	17.23	1.8	0
37	37 H_31	Poblacional	892033.0756	1772827.276	11.56	11.56	1.8	0
38	38 H_32	Poblacional	890973.8232	1775045.744	15.58	15.58	1.8	0
39	39 H_33	Poblacional	891010.8913	1775031.721	15.55	15.55	1.8	0
40	40 H_34	Poblacional	889562.5083	1775905.799	18.06	18.06	1.8	0
41	41 H_35	Poblacional	890157.0354	1775048.327	15.97	15.97	1.8	0
42	42 H_36	Poblacional	890996.5167	1775198.874	15.86	15.86	1.8	0
43	43 H_37	Poblacional	889522.7593	1774208.765	18.33	18.33	1.8	0
44	44 H_38	Poblacional	891267.0091	1770095.022	11.57	11.57	1.8	0
45	45 H_39	Poblacional	890300.6438	1774065.333	17.07	17.07	1.8	0
46	46 H_40	Poblacional	889882.4517	1774023.779	18.21	18.21	1.8	0
47	47 H_41	Poblacional	890396.7637	1773862.357	17.05	17.05	1.8	0
48	48 H_42	Poblacional	888926.3807	1773988.201	19.32	19.32	1.8	0

Nota: Todos los receptores se pueden ver con mayor detalle en el anexo AD-1, del Anexo 35. Mod. Calidad Aire

Fuente: Renovatio 2019.

Para la modelación se utilizaron dos mallas de receptores, la primera y más extensa se proyectó 16,25 km en dirección Este y 20,80 km en dirección Norte con espaciado de 650 metros y extensión de área de 338 km², el origen de esta malla de receptores comprendió las siguientes coordenadas: 475,329.992 m. al Este y 1,271,666.565 m al Norte. La segunda malla se encuentra dentro de la primera y es una malla tipo buffer de receptores con espaciado de 250 metros en X y Y. En la Figura 2-30 se pueden observar las mallas utilizadas, la idealización de las fuentes y los receptores discretos escogidos para la modelación.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

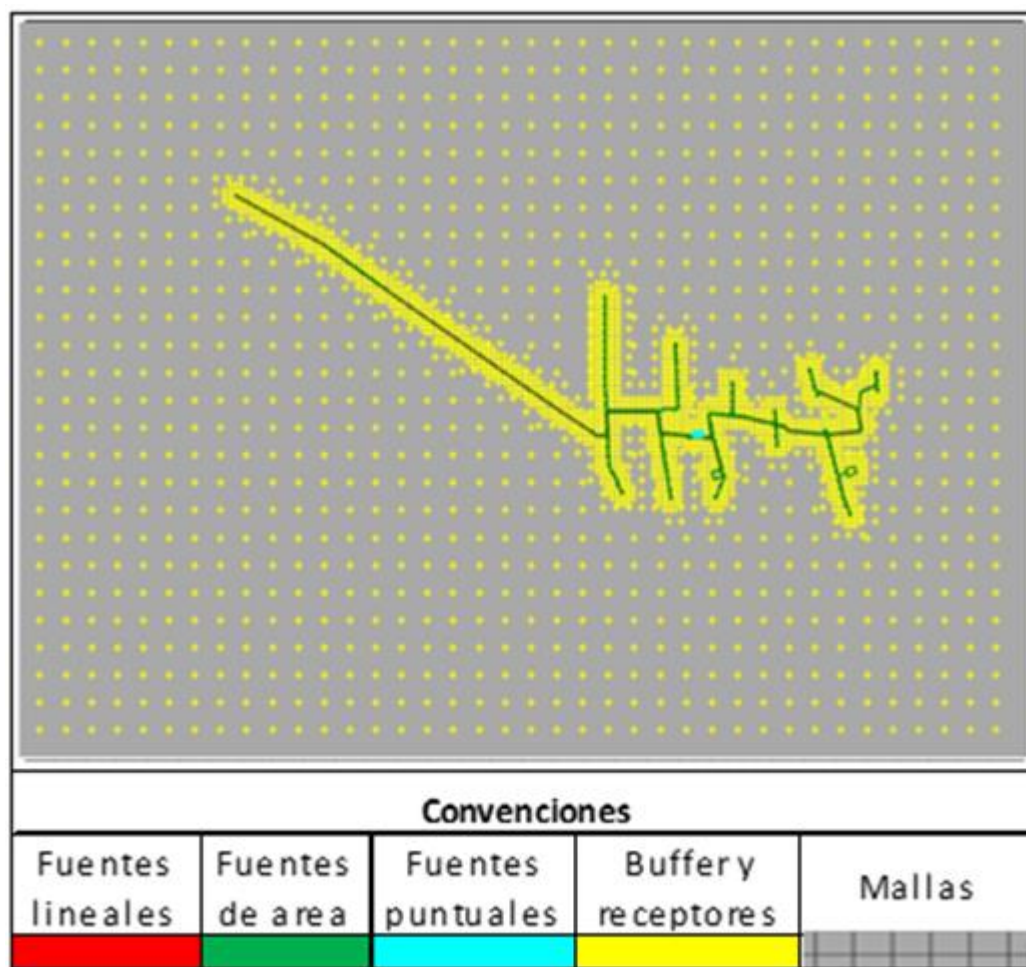


Figura 2-30. Mallas de receptores e idealización de fuentes

Fuente: Renovatio 2019.

2.3.3.8.4 Ruido

2.3.3.8.4.1 Puntos de monitoreo

Las mediciones de ruido ambiental se realizaron en 16 puntos estratégicos distribuidos entre los municipios de Maicao y Uribia, departamento de la Guajira. Para la campaña 1 (marzo de 2018) se realizó el estudio de la línea base del área de influencia directa del parque eólico Beta en los siguientes puntos: Punto 1 Majayut, Punto 2 Tewou, Punto 3 Mapuachon, punto 4 Sukuluwou, punto 5 Kijotchon, punto 6 Cacherin, punto 7 Blanco y punto 8 Curalarrain. La campaña 2 (enero de 2019) se realizó por requerimiento de información adicional de la ANLA del estudio de la línea base de la vía de acceso del proyecto y se monitorearon los siguientes puntos: Punto 1 Katzialamana 1, Punto 2 Katzialamana 1, Punto 3 M Carcloctamana (Karroloutamana), punto 4 Apusilamana, punto 5 Matenari (Mathunali), punto 6 Soshinchon 1, punto 7 Rosamana y punto 8 Aipisimana (Tabla 2-67).

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Todos los puntos se clasificaron como Sector B para subsectores de zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre en conformidad a los actos administrativos notificados por el departamento de planeación municipal de los municipios de Maicao y Uribia.

Tabla 2-67. Fechas y hora de monitoreo de ruido ambiental

Punto de medición	Medición	Diurno	Horario de Medición	Nocturno	Horario de Medición
Ordinario	Punto 1	14/03/2018	10:58	14/03/2018	21:45
	Punto 2	14/03/2018	11:57	14/03/2018	22:24
	Punto 3	14/03/2018	12:48	14/03/2018	23:06
	Punto 4	14/03/2018	13:21	14/03/2018	23:34
	Punto 5	14/03/2018	14:22	15/03/2018	00:20
	Punto 6	14/03/2018	16:31	14/03/2018	21:07
	Punto 7	14/03/2018	15:02	15/03/2018	00:59
	Punto 8	14/03/2018	15:49	15/03/2018	01:42
Dominical	Punto 1	11/03/2018	10:52	11/03/2018	21:42
	Punto 2	11/03/2018	11:54	11/03/2018	22:22
	Punto 3	11/03/2018	12:44	11/03/2018	23:05
	Punto 4	11/03/2018	13:40	12/03/2018	00:28
	Punto 5	11/03/2018	14:34	12/03/2018	01:02
	Punto 6	11/03/2018	16:52	11/03/2018	21:02
	Punto 7	11/03/2018	15:15	12/03/2018	01:40
	Punto 8	11/03/2018	16:10	12/03/2018	02:15
Ordinario	Punto 9	14/01/2019	10:46	14/03/2018	00:11
	Punto 10	14/01/2019	10:12	14/01/2019	00:46
	Punto 11	14/01/2019	09:49	14/01/2019	00:29
	Punto 12	14/01/2019	12:05	14/01/2019	23:39
	Punto 13	14/01/2019	14:51	14/01/2019	21:12
	Punto 14	14/01/2019	15:28	14/01/2019	21:40
	Punto 15	14/01/2019	16:46	14/01/2019	22:53
	Punto 16	14/01/2019	16:19	14/01/2019	22:27
Dominical	Punto 9	13/01/2019	11:01	13/01/2019	22:432
	Punto 10	13/01/2019	11:24	13/01/2019	23:05
	Punto 11	13/01/2019	11:44	13/01/2019	23:28
	Punto 12	13/01/2019	12:49	13/01/2019	22:08
	Punto 13	13/01/2019	16:28	13/01/2019	21:40
	Punto 14	13/01/2019	17:10	13/01/2019	21:07
	Punto 15	13/01/2019	18:16	13/01/2019	21:22
	Punto 16	13/01/2019	18:52	13/01/2019	21:48

Fuente: Renovatio 2019

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

A continuación, se presenta información de coordenadas, descripción general y fotografías para cada punto de muestreo (Tabla 2-68), así como el mapa con los puntos de muestreo (Figura 2-31).

.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-68. Descripción técnica de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental ubicadas en el parque eólico

	Punto No.1:	RA1. Majayut	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena Majayut en casa del señor Miguel en dirección al norte.	
	Coordenadas planas origen este	X 885841,186	Y 1774622,859
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	FUSION 01 dB # SERIAL: 11427 STELL 01 dB # SERIAL: 34375238	
	Estándar Permissible:	Día: 65 dB	Noche: 50 dB
	Punto No. 2:	RA2. Tewou	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena Tewou a un costado de la casa del señor Robin hacia el norte	
	Coordenadas planas origen este:	X 883606,228	Y 1775746,754
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	FUSION 01 dB # SERIAL: 11427 STELL 01 dB # SERIAL: 34375238	
	Estándar Permissible:	Día: 65 dBA	Noche: 50 dBA
	Punto No. 3:	RA3. Mapuachon	

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Mapuachon hacia el noroeste de la casa del señor José León	
	Coordenadas planas origen este:	X 884113,59	Y 1770418,856
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	FUSION 01 dB # SERIAL: 11427 STELL 01 dB # SERIAL: 34375238	
	Estándar Permissible:	Día:65 dBA	Noche:50 dBA
	Punto No. 4:	RA4. Sukuluwou	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena Sukuluwou en la escuela.	
	Coordenadas planas origen este:	X 882615,219	Y 1770061,812
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	FUSION 01 dB # SERIAL: 11427 STELL 01 dB # SERIAL: 34375238	
	Estándar Permissible:	Día: 65 dBA	Noche: 50 dBA
	Punto No. 5:	RA5. Kijotchon	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Kijotchon hacia el este de las viviendas.	

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

	Coordenadas planas origen este:	X 891735,728	Y 1769758,381
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	FUSION 01 dB # SERIAL: 11427 STELL 01 dB # SERIAL: 34375238	
	Estándar Permissible:	Día: 65 dBA	Noche: 50 dBA
	Punto No. 6:	RA6. Cacherin	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Cacherin en dirección al oeste de las viviendas	
	Coordenadas planas origen este:	X 888683,616	Y 1773017,534
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	FUSION 01 dB # SERIAL: 11427 STELL 01 dB # SERIAL: 34375238	
	Estándar Permissible:	Día: 65 dBA	Noche: 50 dBA
	Punto No. 7:	RA7 Blanco	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Jurapa en dirección hacia el oeste de las viviendas de la ranchería.	

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

	Coordenadas planas origen este:	X 892665,099	Y 1772997,4
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	FUSION 01 dB # SERIAL: 11427 STELL 01 dB # SERIAL: 34375238	
	Estándar Permisible:	Día: 65 dBA	Noche: 50 dBA
	Punto No. 8:	RA8 Curalarrain	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Curalarrain hacia el sureste	
	Coordenadas planas origen este:	X 891042,479	Y 1775157,369
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	FUSION 01 dB # SERIAL: 11427 STELL 01 dB # SERIAL: 34375238	
	Estándar Permisible:	Día: 65 dBA	Noche: 50 dBA

Fuente: Renovatio 2018

Tabla 2-69. Descripción técnica de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental ubicadas en la vía de acceso

PUNTO NO. 9	NOMBRE:	RA9 Katzialamana 1	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Katzialamana 1, municipio de Uribia.	
	Coordenadas:	N: 11°39'47.97"	W: 72°17'48.99"
		X =867028.628 m	Y=1781894.781m

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

PUNTO NO. 9	NOMBRE:	RA9 Katzialamana 1	
	Altitud:	4 msnm	
	Fecha de medición:	Ordinario diurno: 14-01-2019 Hora: 10:46	Ordinario nocturno: 14-01-2019 Hora: 00:11
		Dominical diurno: 13-01-2019 Hora: 11:01	Dominical nocturno: 13-01-2019 Hora: 22:43
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	CUBE 01 dB # SERIAL: 11274 STELL 01 dB # SERIAL: 34344468	
	Estándar Permisible:	Día:65 dBA	Noche:50 dBA

PUNTO NO. 10	NOMBRE: Punto 10	RA10 Katzialamana 2	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Katzialamana 1, en el municipio Uribí.	
	Coordenadas:	N: 11°39'46.93"	W: 72°17'46.84"
		X =867093.623 m	Y=1781862.538m
	Altitud:	4 msnm	
	Fecha de medición:	Ordinario diurno: 14-01-2019 Hora: 10:12	Ordinario nocturno: 14-01-2019 Hora: 00:46
		Dominical diurno: 13-01-2019 Hora: 11:24	Dominical nocturno: 13-01-2019 Hora: 23:05
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	CUBE 01 dB # SERIAL: 11274 STELL 01 dB # SERIAL: 34344468	
	Estándar Permisible:	Día:65 dBA	Noche:50 dBA

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

PUNTO NO. 11:	NOMBRE:	RA11 Carcloctamana	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Carcloctamana (Karroloutamana), en el Km 73.7 vía Uribí.	
	Coordenadas:	N: 11°39'56.63"	W: 72°17'25.17"
		X = 867751,372m	Y=1782157,841m
	Altitud:	4 msnm	
	Fecha de medición:	Ordinario diurno: 14-01-2019 Hora: 09:49	Ordinario nocturno: 14-01-2019 Hora: 00:29
		Dominical diurno: 13-01-2019 Hora: 11:44	Dominical nocturno: 13-01-2019 Hora: 23:28
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
Equipo:		CUBE 01 dB # SERIAL: 11274 STELL 01 dB # SERIAL: 34344468	
Estándar Permisible:		Día:65 dBA	Noche:50 dBA

PUNTO NO. 12	NOMBRE:	RA12 APUSILAMANA	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Apusilamana, en el municipio de Uribí.	
	Coordenadas:	N: 11°39'8.7"	W: 72°16'31.97"
		X = 869356,772m	Y=1780678,217m
	Altitud:	4 msnm	
	Fecha de medición:	Ordinario diurno: 14-01-2019 Hora: 12:05	Ordinario nocturno: 14-01-2019 Hora: 23:39
		Dominical diurno: 13-01-2019 Hora: 12:49	Dominical nocturno: 13-01-2019 Hora: 22:08
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

PUNTO NO. 12	NOMBRE:	RA12 APUSILAMANA	
	Equipo:	CUBE 01 dB # SERIAL: 11274 STELL 01 dB # SERIAL: 34344468	
	Estándar Permisible:	Día:65 dBA	Noche:50 dBA

PUNTO NO. 13	NOMBRE:	RA13 MATERANI	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Matenari (Mathunali).	
	Coordenadas:	N: 11°38'54.78"	W: 72°15'56.12"
		X =870439.541 m	Y=1780245.533m
	Altitud:	4 msnm	
	Fecha de medición:	Ordinario diurno: 14-01-2019 Hora: 14:51	Ordinario nocturno: 14-01-2019 Hora: 21:12
		Dominical diurno: 13-01-2019 Hora: 16:28	Dominical nocturno: 13-01-2019 Hora: 21:40
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
Equipo:		CUBE 01 dB # SERIAL: 11274 STELL 01 dB # SERIAL: 34344468	
Estándar Permisible:		Día:65 dBA	Noche:50 dBA

PUNTO NO. 14:	NOMBRE:	RA15 SOSHINCHON 1	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Soshinchon 1.	
	Coordenadas:	N: 11°38'30.92"	W: 72°15'26.84"
		X =871325.054 m	Y=1779508.520 m
	Altitud:	4 msnm	
	Fecha de medición:	Ordinario diurno: 14-01-2019 Hora: 15:28	Ordinario nocturno: 14-01-2019 Hora: 21:40
		Dominical diurno: 13-01-2019 Hora: 17:10	Dominical nocturno: 13-01-2019 Hora: 21:07
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes;	

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

PUNTO NO. 14:	NOMBRE:	RA15 SOSHINCHON 1	
		Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	CUBE 01 dB # SERIAL: 11274 STELL 01 dB # SERIAL: 34344468	
	Estándar Permisible:	Día:65 dBA	Noche:50 dBA

PUNTO NO. 15	NOMBRE:	RA15 ROSAMANA	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Rosamana, en el municipio de Uribe.	
	Coordenadas:	N: 11°36'5.93"	W: 72°11'51.47"
		X =877832.292 m	Y=1775026.106m
	Altitud:	4 msnm	
	Fecha de medición:	Ordinario diurno: 14-01-2019 Hora: 16:46	Ordinario nocturno: 14-01-2019 Hora: 22:53
		Dominical diurno: 13-01-2019 Hora: 18:16	Dominical nocturno: 13-01-2019 Hora: 21:22
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	CUBE 01 dB # SERIAL: 11274 STELL 01 dB # SERIAL: 34344468	
	Estándar Permisible:	Día:65 dBA	Noche:50 dBA

PUNTO NO. 16:	NOMBRE:	RA16 AIPISHIMANA	
	Ubicación:	Punto ubicado en la comunidad indígena de Aipishimana, en el municipio de Uribe.	
	Coordenadas:	N: 11°36'5.93"	W: 72°11'51.47"
		X =879610.823 m	Y=1772968.332m
	Altitud:	4 msnm	
	Fecha de medición:	Ordinario diurno: 14-01-2019 Hora: 16:19	Ordinario nocturno: 14-01-2019 Hora: 22:27
		Dominical diurno: 13-01-2019 Hora: 18:52	Dominical nocturno: 13-01-2019 Hora: 21:48

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

PUNTO NO. 16:	NOMBRE:	RA16 AIPISHIMANA	
	Sector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Sector B Tranquilidad y ruido moderado	
	Subsector uso de Suelo según Resolución 627/2006:	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; y Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	
	Equipo:	CUBE 01 dB # SERIAL: 11274 STELL 01 dB # SERIAL: 34344468	
	Estándar Permissible:	Día:65 dBA	Noche:50 dBA

Fuente: Renovatio 2019

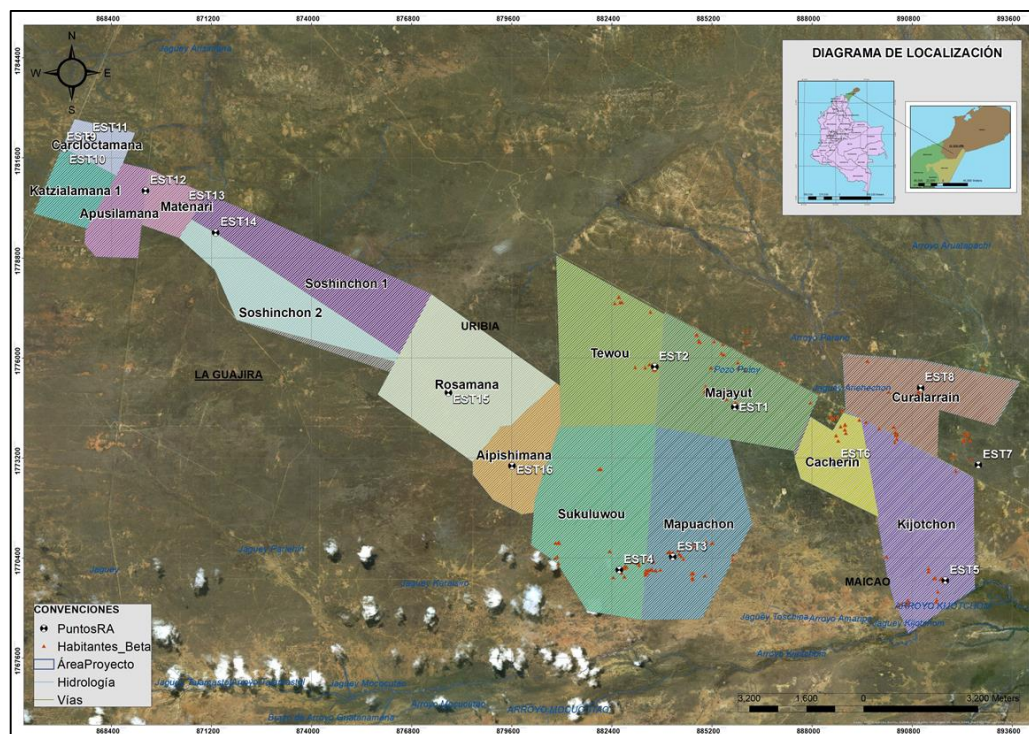


Figura 2-31. Puntos de muestreo de ruido

Fuente: Renovatio 2019

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.3.8.4.2 Trabajo de campo

La metodología de campo que se utilizó está basada en la Resolución 627 de 2006 del actual MADS. Para el cálculo de los niveles de presión sonora ajustados, se siguió la metodología de ajustes por tonos e impulsos establecidos en la Resolución 627 de 2006 (ver Anexo 13. Monitoreos Ruido). Los resultados no se corrigieron por bajas frecuencias - KS (instalaciones de ventilación y climatización) debido a la naturaleza de las fuentes identificadas y no se corrigieron por hora - KR ya que el valor calculado del LAeq se realizó tanto para horario diurno como nocturno, y no como un solo valor de LAeq para el día y la noche.

Antes de cada medición, se realizó la respectiva calibración del sonómetro con un calibrador electroacústico, a su vez, se definió la microlocalización *in-situ* del sensor de viento para que favoreciera las bajas velocidades, respetando el requerimiento normativo de realizar las mediciones en condiciones inferiores a los 3 m/s. La pantalla antiviento se instaló sobre el micrófono siempre que el equipo se encontrara midiendo, así mismo, las correcciones de la curva de respuesta de esta pantalla fueron aplicadas en el equipo de medición. No se realizaron mediciones durante lluvias y cerca de suelos mojados por los cuales transitan vehículos. De igual manera, se procuró un mínimo número de personas alrededor del sonómetro, siendo como mínima la presencia del operador del equipo. Las lecturas fueron tomadas con el filtro de ponderación de frecuencia A y respuesta lenta (Slow), a fin de cuantificar los niveles equivalentes de presión sonora, y además con el filtro frecuencial de 1/3 de octavas con respuesta impulsiva (*Impulsive*) para realizar los ajustes normativos, y para finalmente comparar los resultados con la normatividad ambiental vigente, Resolución 627 de 2006 del actual MADS.

Las mediciones unitarias de ruido ambiental tuvieron una duración de 15 minutos según lo establecido por la Resolución 627 de 2006 y teniendo en cuenta las consideraciones metodológicas de la norma UNE-ISO 1996:2009 (*Acústica - Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental Parte 2: Determinación de los niveles de Ruido Ambiental*). Los parámetros de interés fueron: los niveles equivalentes sonoros (A) (LAeq), indicadores L10 y L90 para cada horario de medición.

En el caso de ruido ambiental, el sensor del equipo se ubicó a una altura de 4 m con ayuda de un trípode (Figura 2-32) rotándose en las direcciones Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical hacia arriba, con duración distribuida uniformemente durante la hora de medición; el enfoque metodológico del presente monitoreo acogió en todo sentido los lineamientos definidos en el Anexo 35. Mod. Calidad Aire. Capítulo II de la Resolución 627 de 2006 del MADS denominado “Procedimiento de Medición para Ruido Ambiental”. Las mediciones de ruido ambiental se realizaron en horario diurno y nocturno para un día ordinario y un día dominical.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

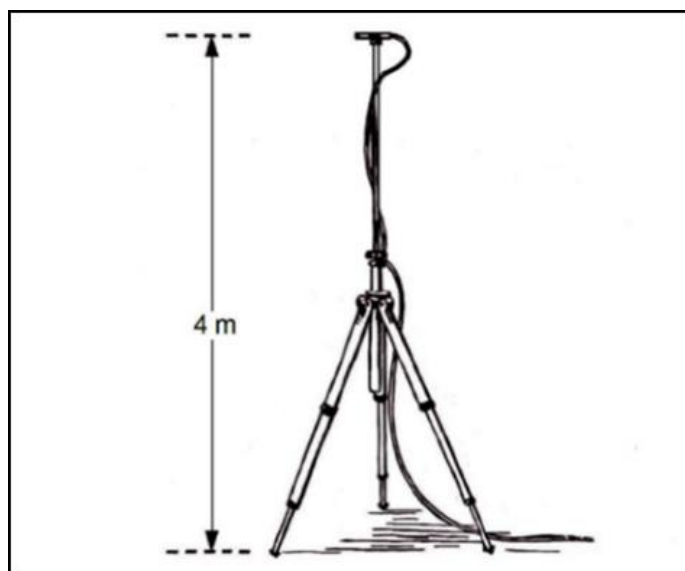


Figura 2-32. Altura del micrófono para medir ruido ambiental⁹⁹

2.3.3.8.4.3 Procedimiento de cálculo

El resultado de la medición de ruido ambiental se obtuvo mediante la siguiente expresión (Res. 627 de 2006):

$$L_{Aeq} = 10 \times \log \left(\left(\frac{1}{5} \right) \times \left(10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}} \right) \right)$$

Dónde:

LAeq = Nivel equivalente resultante de la medición.

LN = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte.

LO = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste.

LS = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur.

LE = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este.

LV = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical.

En lo que respecta a los ajustes, las mediciones se corrigieron por tono (KT) y por impulso (KI). Se debe resaltar que los niveles corregidos de presión sonora, son los que se compararon con los estándares máximos permisibles de ruido ambiental y emisión de ruido como se establece en el Artículo 6 “ajustes” parágrafo segundo de la Resolución 627 de 2006.

Se seleccionó el mayor valor de K entre KI y KT:

$$L_{RA(X),T} = L_{A(X),T} + (K_I, K_T)$$

Dónde:

KI es un ajuste por impulsos (dB(A))

KT es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A))

(X) corresponde a LAeq resultante de la medición para este estudio.

⁹⁹ Proyecto de Protocolo para la medición de emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido, actual MADS, Versión 8, 2009

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).

2.3.3.8.4.4 Elaboración de curvas de ruido

De acuerdo a los resultados de las mediciones, se procedió a elaborar las representaciones gráficas de los indicadores de ruido ambiental, las denominadas curvas de ruido (isoruido), a una altura de cuatro (4) metros respecto al nivel del piso por cada horario de medición siguiendo la metodología y colores recomendados en la Resolución 627 de 2006 del MAVDT, como se presentan en la Tabla 2-70.

Tabla 2-70. Colores recomendados para los mapas de ruido

Zona de ruido dBA(A)	Color	Sombreado
Menor de 35	Verde claro	Puntos pequeños, baja densidad
35 a 40	Verde	Puntos medianos, media densidad
40 a 45	Verde oscuro	Puntos grandes, alta densidad
45 a 50	Amarillo	Líneas verticales, baja densidad
50 a 55	Ocre	Líneas verticales, media densidad
55 a 60	Naranja	Líneas verticales, alta densidad
60 a 65	Cinabrio	Sombreado cruzado, baja densidad
65 a 70	Carmín	Sombreado cruzado, media densidad
70 a 75	Rojo lila	Sombreado cruzado, alta densidad
75 a 80	Azul	Franjas verticales anchas
80 a 85	Azul oscuro	Completamente negro

Fuente: Renovatio 2018

Para la elaboración de las isófonas o mapas de ruido se aplicó el software Surfer 12, en el cual el método de grillado utilizado es kriging. La base de los cálculos en los planos, corresponde a una simple atenuación geométrica. No se consideran las atenuaciones aportadas por el aire. Inicialmente se realizaron las mediciones *in situ* de ruido ambiental que posteriormente, al aplicar técnicas de interpolación, que se basan en la auto-correlación espacial de los puntos para la predicción y generación de superficies continuas, se estiman valores desconocidos a partir de los registros realizados.

Surfer es un programa basado en la cartografía de la red que interpola espaciados irregularmente datos XYZ en una grilla regularmente espaciados. La grilla se utilizó para producir diferentes tipos de mapas, incluyendo el contorno, vector, imagen, relieve sombreado, cuencas hidrográficas, la superficie 3D y mapas de alambre 3D.

Para la elaboración de los mapas existen diferentes metodologías que permiten la construcción de las curvas de ruido. Usualmente, se realizan mediciones *in situ* de ruido ambiental; posteriormente, al aplicar técnicas de interpolación, se estiman valores desconocidos a partir de los registros realizados. Actualmente, los métodos más usados son Kriging e IDW (*Inverse Distance Weighting*) que se basan en la autocorrelación espacial de los puntos para la predicción y generación de superficies continuas.

2.3.3.8.4.5 Método Kriging

En general, el propósito del método Kriging, es estimar el valor desconocido de una variable en un punto con coordenadas específicas usando, en la mayoría de los casos, un estimador

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

lineal de n valores conocidos de la variable a interpolar, minimizando la varianza del error cuadrático medio del campo espacial interpolado. Se busca representar los valores que puede tomar la variable dentro del área de estudio mediante una función aleatoria. Este estimador involucra una matriz de pesos, la cual es construida a partir de cada uno de los datos y su relación con los demás en función de su separación. El valor estimado por esta metodología es aquel que minimiza la varianza del error de la estimación y debe ser un estimador insesgado. Este método tiene en cuenta tanto el espaciamiento de los puntos en los cuales se tiene información, como su distribución en el dominio a interpolar.

Kriging es un método basado en auto correlación espacial de las variables. El Kriging es un estimador lineal insesgado que busca generar superficies continuas a partir de puntos discretos. Asume que la media, aunque desconocida, es constante y que las variables son estacionarias y no tienen tendencias. Permite transformación de los datos, eliminación de tendencias y proporciona medidas de error. Para determinar la autocorrelación se usan semivariogramas y vecindades obtenidos a partir de un análisis exploratorio de los datos. El semivariogramas permite a partir de la covarianza entre los puntos, representar la variabilidad de los mismos y su dependencia en función de la distancia y la dirección.

2.3.3.8.4.6 Equipos empleados

2.3.3.8.4.6.1 Sonómetro FUSION 01dB

El sonómetro FUSION es Clase 1 con un sofisticado micrófono DMK01 con pantalla antiviento, está diseñado para realizar mediciones de niveles de presión sonora con amplia cantidad de indicadores como nivel sonoro continuo equivalente, niveles estadísticos, nivel de exposición sonora, entre otros con ajustes de ponderación temporal *Fast*, *Slow*, *Impulse* o *Peak*, y ponderación en frecuencia A, B, C o Z; además permite incorporarle un sensor para mediciones de vibraciones triaxiales.

Se caracteriza por mantener un diseño que lo hace resistente a condiciones de intemperie, permite la comunicación remota mediante una interfaz web en un terminal e comunicación inalámbrica, Wifi, Ethernet y 3G, lo que hizo posible que pueda ser controlado por smartphone, tabletas, etc. Presenta, además, una gran capacidad de almacenamiento gracias a su autonomía de 24 horas y soporte de SD hasta 128 GB y puede realizar sus procesos de verificación eléctrica en campo de manera automática.

Cuenta con avanzados sistemas de procesamiento para detección y grabación del audio de eventos mediante triggers. La Figura 2-23 muestra el sonómetro Fusion de 01 dB.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-26. Sonómetro FUSION 01Db

Fuente: ACOEM, 2015100

2.3.3.8.4.6.2 Sonometro CUBE 01 Db

El sonómetro CUBE de la marca 01dB está diseñado para realizar medidas clásicas de niveles sonoros, tanto manual como sobre un trípode. Mantiene un diseño resistente a condiciones de intemperie y puede ser manejado de forma remota mediante una interfaz web en un terminal de comunicación inalámbrica y wifi, también manejado por smartphones, tablets, etc. Posee gran capacidad de almacenamiento de información y puede realizar su proceso de verificación (calibración) en campo de forma automática. Asimismo, cuenta con la certificación de ser un sonómetro clase 1, acorde a la IEC 61672.

Da la posibilidad de poder ser monitoreado desde internet, ya que cuenta con dos antenas que le permiten conexión WIFI y 3G, a su vez cuenta con un GPS que permite verificar la ubicación del dispositivo. (01dB ACOEM, 2015)

2.3.3.8.4.6.3 Calibrador CAL 21 01 dB –Metravib

Es un equipo compacto y ligero para la calibración de sonómetros de alta precisión. Al ser Clase 1, es apto para calibrar sonómetros Clase 1 y Clase 2, con micrófonos de 1" ó ½". El calibrador manejado dispone de un sensor que detecta la presión atmosférica y corrige la amplitud de la señal de salida, de forma que el nivel sonoro sea constante. Utiliza una sola frecuencia de verificación 1 kHz y un solo nivel sonoro de 94 dB. Presenta dimensiones compactas y de peso ligero; dos pilas alcalinas (IEC LR6) que dan energía a la unidad para más de 30 horas de uso continuo. No tiene necesidad de compensación por presión atmosférica, Figura 2-24.

¹⁰⁰ ACOEM. Direct Industry. [En línea] < <http://www.directindustry.es/prod/acoem/product-8250-1377879.html>> [Citado el 20 de agosto de 2018]

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-27. Descripción física del calibrador acústico CAL21

Fuente: Calibradores acústicos 01dB

2.3.3.8.4.7 Incertidumbre de la medición

Para todo procedimiento de mediciones acústicas, los eventos presentes en el transcurso de la captura, los implementos que atraviesan el registro sonoro, la variabilidad de las condiciones atmosféricas y demás factores, influyen en el nivel de confianza que se puede asociar a los resultados.

A causa de la variabilidad evidenciada por todas estas fuentes de incertidumbre, el resultado de una medida de ruido consta generalmente de varios componentes, que pueden agruparse en dos tipos, según el modo en que se estime su valor numérico:

Incertidumbre Tipo A: Aquellas que se evalúan por métodos estadísticos

Incertidumbre Tipo B: Aquellas que se evalúan por otros medios.

Para estimar la incertidumbre correspondiente a las mediciones realizadas durante los monitoreos de ruido, se siguieron los lineamientos de los estándares de la ISO/FDIS 1996-2:2015 para el cálculo general de la incertidumbre expandida y la ISO 20906:2009 para la incertidumbre típica debida a la instrumentación, no obstante, se observan los dos tipos de incertidumbres en las diversas contribuciones evaluadas.

Para el presente estudio, la incertidumbre de los niveles de presión sonora es cuantificada teniendo en cuenta diferentes factores que afectan la fiabilidad de los resultados registrados, tales como, la fuente sonora, la distancia de las fuentes respecto al punto de medición, el ruido de fondo y la relación señal/ruido, las condiciones meteorológicas, entre otros.

La normativa en mención determina el procedimiento por el cual se calcula la incertidumbre de las mediciones de ruido ambiental y se sintetiza en la Tabla 2-71.

Tabla 2-71. Resumen del procedimiento de cálculo de la incertidumbre

Incertidumbre típica				Incertidumbre típica combinada	Incertidumbre de medición expandida
Debido a la Instrumentación	Debido a las condiciones de funcionamiento	Debido a las condiciones meteorológicas y del terreno	Debido al sonido residual		

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

A dB	X dB	Y dB	Z dB	σ_t $= \sqrt{A^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$ dB	$\pm 2\sigma_t$ dB

Fuente: ISO 1996-2:2009

En el Anexo 13. Monitoreo de ruido/Informe RA BETA, Numeral 8, se detalla el procedimiento seguido para obtener cada uno de los ítems de la tabla anterior.

2.3.3.8.4.8 Variables climáticas

Para los monitoreos de calidad de aire y de ruido se ubicaron dos (2) estaciones meteorológicas Vantage Vue; marca Davis Instruments (Figura 2-24), en la estación Mapuachon coordenadas: X 884164,97 y Y 1770381,77 y Punto Blanco coordenadas X 892731,82 y Y 1773015,61. Con esto se buscó estudiar el comportamiento de las condiciones atmosféricas más relevantes como son la velocidad y dirección del viento, precipitación temperatura, presión atmosférica y humedad relativa, *in situ* en el área del proyecto y los días en que se realizaron los monitoreos de calidad del aire y ruido (Numeral 2.3.3.8.2.13).

2.3.3.8.5 Modelación de ruido

La elaboración del modelo de propagación de ruido se realizó con el simulador de ruido CadnaA, el cual es usado ampliamente para la presentación, evaluación y predicción de ruido en ambientes abiertos. Para evaluaciones de ruido industrial y fuentes de generación de ruido puntual el método de cálculo empleado fue la ISO 9613-2_2007, para tráfico rodado se utilizó el método de cálculo alemán RLS 90. Con este software se tuvieron en cuenta los lineamientos establecidos con la Res. 0627 de 2006 para calcular los aportes de ruido que se puedan generar en los horarios diurno (LAeq,d) y nocturno (LAeq,n).

Durante el desarrollo de este estudio se consideraron los siguientes procesos en secuencia:

- Procesamiento de información cartográfica y topográfica, con lo cual se definió la ubicación e idealización de las fuentes de emisión de ruido soportadas con el inventario de fuentes realizado.
- Idealización y definición de los niveles de potencia sonora de las fuentes de emisión de ruido.
- Análisis meteorológico.
- Idealización de tres escenarios, actual sin proyecto (línea base), construcción del proyecto y futuro con proyecto (operación).

El análisis e interacción de estos elementos permitió identificar para el área de influencia del proyecto los probables niveles de ruido que se presentarían, como una aproximación técnica teniendo en cuenta que las simulaciones representan los eventos más representativos que puedan generar aportes significativos de ruido

2.3.3.8.5.1 Estándares de ruido y software utilizado

Para el cálculo de las simulaciones de ruido se utilizó el software CadnaA versión 2018 MR 1 (64 Bit) (build:163.4824), DataKustik GmbH (ver Imagen 2-28)

Para realizar las simulaciones de ruido se definieron los siguientes estándares:

ISO 9613-2_2007: Para la propagación del ruido con relación a los obstáculos.

RLS 90: Para predecir la propagación de ruido de tráfico rodado.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

El estándar RLS 90 predice un nivel de presión sonora de referencia, llamado nivel medio de emisión o LME (Level Mean Emission) por sus siglas en inglés, el cual se obtiene aplicando correcciones al nivel básico definido a una distancia de 25 metros del centro de la vía y a 4 metros de altura. Las características del modelo de emisión en su versión simplificada se definen a continuación:

$$LME = L_{25} + C_{vel} + C_{pav}$$

$$L_{25} = 37.3 + 10 * \log Q * 1 + 0.082 * P$$

Figura 2-33. Características del modelo de emisión en su versión simplificada

Fuente: Redondo, M., 2013¹⁰¹

Donde:

L25: Nivel Sonoro Base a 25 metros en dB (A).

Q: Densidad del tráfico (Vehículos/hora).

P: Porcentaje de vehículos pesados (%).



Imagen 2-28. Licencia de CadnaA K2 Ingeniería S.A.S

Fuente: Licencia K2 Ingeniería. Datakustik GmbH, 2018¹⁰²

- Parámetros acústicos

Se estableció la configuración en el software de modelación ingresando los parámetros necesarios para ejecutar el modelo de ruido.

¹⁰¹ REDONDO, M. Correlación niveles sonoros-variables de tráfico y ajustes con modelos de predicción NMPB y CNOSSOS. Escuela técnica superior de ingenieros industriales y de telecomunicación, Universidad Pública de Navarra, 2013.

¹⁰² D. GmbH, «CadnaA (Versión 2018 MR 1 (64 Bit) (build: 163.4824)), Germany. » 2018.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Se estableció también un error máximo de 2 dB, para que determine con exactitud las variaciones que se presentan a nivel acústico, al tiempo que para la salida del modelo se configuró una modelación con una malla de 9*9.

Para la definición de los períodos de referencia en la modelación, se consideró desde la hora 7 hasta la hora 21, para las horas del día, y desde la hora 21 hasta la hora 7 para la noche conforme lo establece la resolución 627 de 2006.

Los índices de cálculo que se utilizaron principalmente fueron indicadores de niveles sonoros medios a largo plazo, adecuados para la planificación y para la aplicación de un planteamiento integrado a zonas residenciales, ciudades y aglomeraciones, pero no apropiados para situaciones a corto plazo, muchas veces asociados a quejas y denuncias concretas.

Estos parámetros fueron LAeq,d y LAeq,n., referidos a los horarios definidos como día y noche respectivamente. LAeq,d por su parte, es un indicador de ruido asociado al día, donde al horario diurno le corresponden 14 horas, desde las 7 hasta las 21 horas. Por otra parte, LAeq,n es un indicador del nivel sonoro para el horario nocturno que corresponde a 10 horas, éste horario se extiende desde la hora 21 hasta la hora 7. Estos horarios son diferentes al utilizado para realizar las actividades de construcción.

Adicionalmente, se utilizaron, parámetros como orden de reflexión (1), Absorción de terreno (1) y datos meteorológicos (velocidad, dirección de viento, humedad relativa y temperatura)

2.3.3.8.5.2 Modelo conceptual

Para la elaboración del modelo se utilizó la infraestructura del proyecto descrita en el Capítulo 3. Descripción del proyecto del presente estudio, en donde se describen: los aerogeneradores, vías y demás infraestructura asociada al proyecto (plataformas, fundaciones, campamento, depósito de materiales, planta de concreto.

Para el presente estudio se identificaron como fuentes generadoras de ruido, los vehículos, maquinaria y equipos utilizados tanto para la construcción como para la operación del parque eólico BETA. A continuación, se presenta para cada escenario las características de las fuentes (Número, tipo ubicación, geometría, altura), características de la emisión y las condiciones iniciales (Topografía, meteorología).

2.3.3.8.5.2.1 Características de las fuentes

- Escenario actual - sin proyecto (Línea base)

Para determinar los aportes de ruido del escenario actual en el área de influencia del proyecto eólico Beta, se consideró el tráfico rodado en las vías (tipo 1, 4, 5 y tipo 6) y el paso del tren del Cerrejon, para mayor detalle ver Figura 2-34. El tráfico rodado y el tren del Cerrejon fueron las únicas fuentes de ruido que se modelaron debido a la ausencia de otras fuentes significativas generadoras de ruido como fuentes fijas, industrias, etc.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

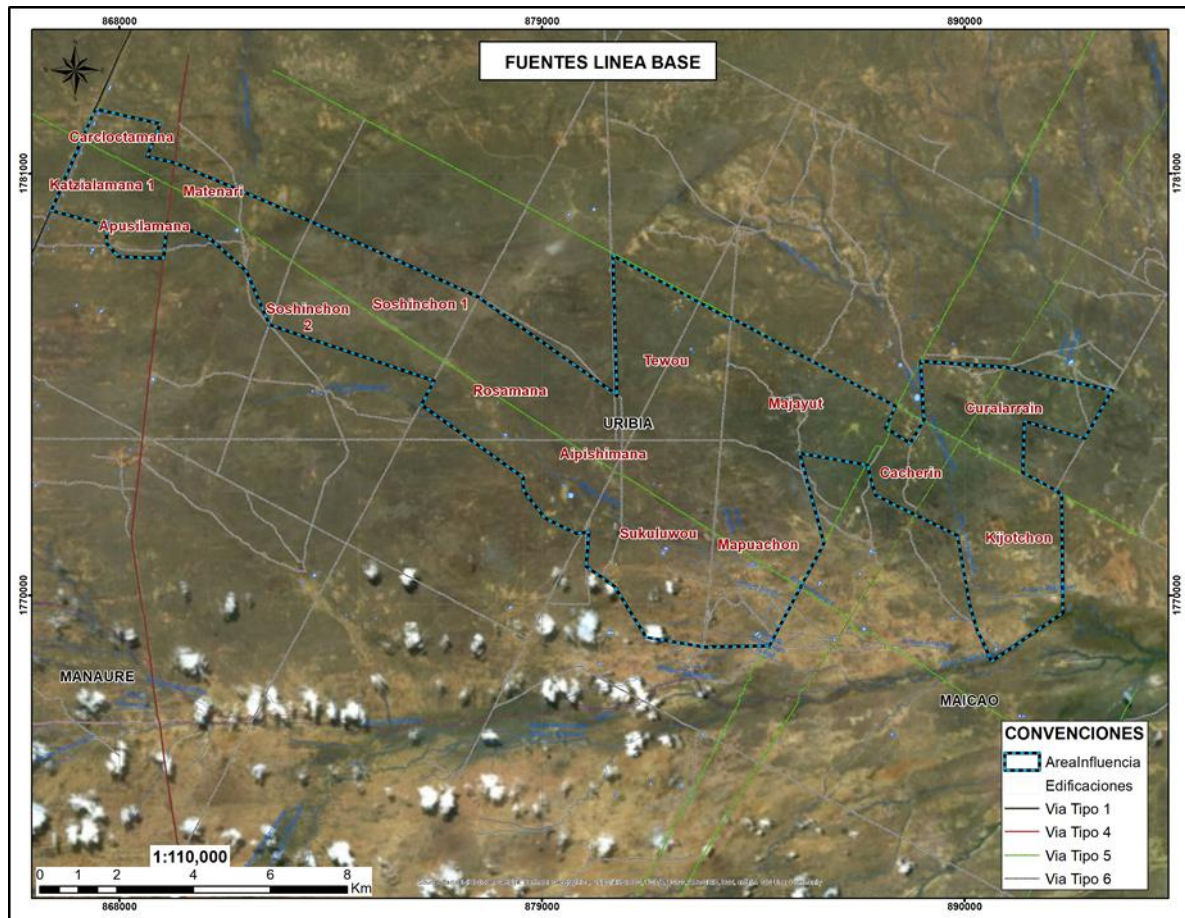


Figura 2-34. Fuentes de modelamiento - Actual sin Proyecto.

Fuente: Renovatio 2019

- Escenario de construcción

Para llevar a cabo la construcción del parque eólico se tiene proyectado realizar actividades como: construcción de vías internas, Adecuación y mejoramiento de vías existentes, construcción y operación de instalaciones provisionales (donde se incluye el montaje y operación de la planta concretadora), adecuación y operación de los depósitos de materiales, importación y transporte de los equipos, aerogeneradores y torres, construcción de la infraestructura del proyecto (Plataformas, fundaciones, zanjas), montaje de la torre e instalación de los aerogeneradores, instalación de líneas de conducción eléctrica. En la Figura 2-35 se muestra la ubicación de las fuentes donde se producirá el ruido, es decir, donde se realizarán las actividades constructivas. Los equipos identificados como generadores de ruido en dicha etapa, son los siguientes:

- Bulldozer.
- Retroexcavadora.
- Compactadora.
- Motoniveladora.
- Grúa de izado de aerogeneradores.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Planta eléctrica.
- Planta de concreto.
- Camión para el transporte de materiales.
- Camión mixer.

De igual manera se tuvo en cuenta el tráfico de vehículos durante la construcción.

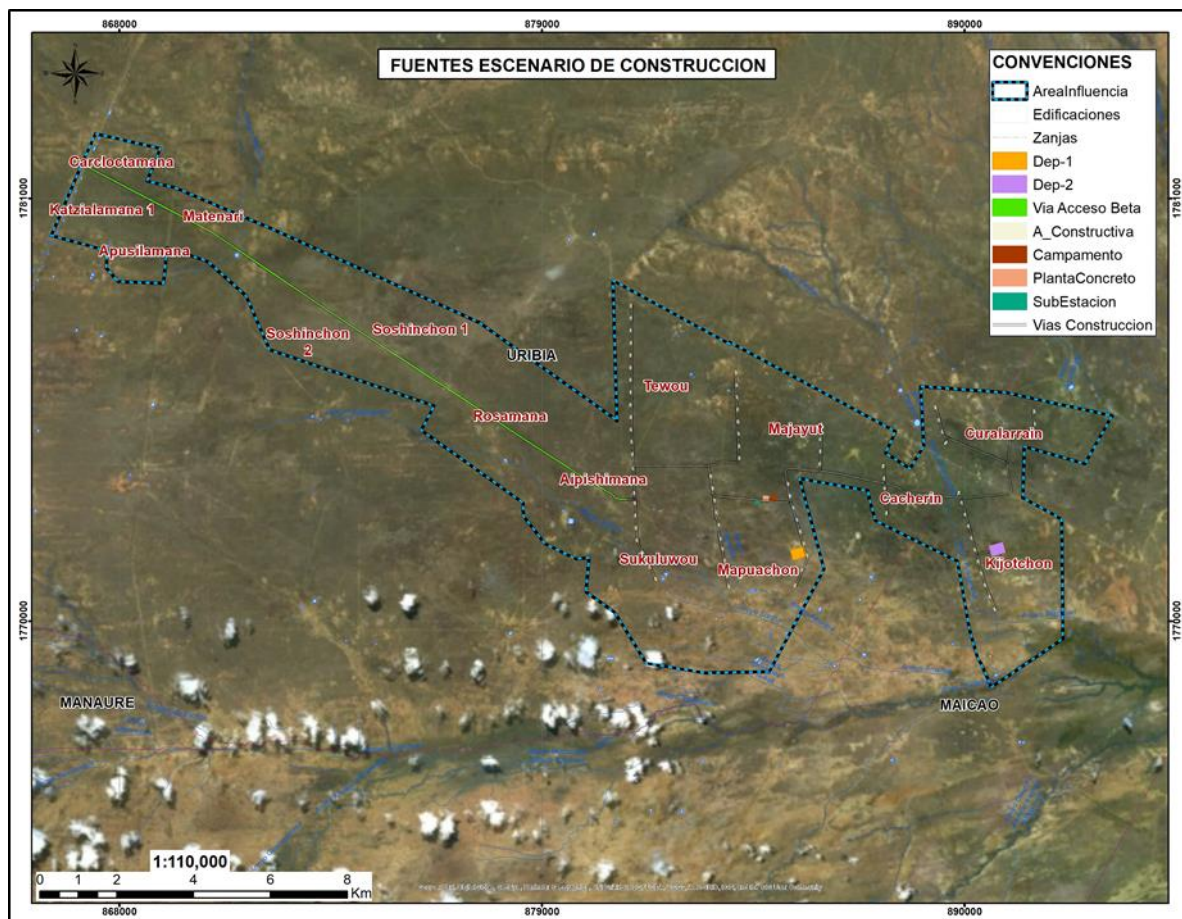


Figura 2-35. Fuentes de modelamiento - Escenario construcción.

Fuente: Renovatio 2019

- Escenario de operación

La etapa de operación del proyecto consiste en el funcionamiento de 77 aerogeneradores tipo Nordex Delta 4000 (N149/4, 0-4,5), con el fin de generar energía eléctrica. De acuerdo a los datos del fabricante, el máximo nivel de potencia sonora (PWL) es de 108,1 dB(A), adicional al aerogenerador se tuvo en cuenta el tráfico de 4 vehículos al día, los cuales serían usados para las maniobras de mantenimiento y/o reparación. La configuración de los aerogeneradores y el trazado vial se pueden observar en la Figura 2-36).

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

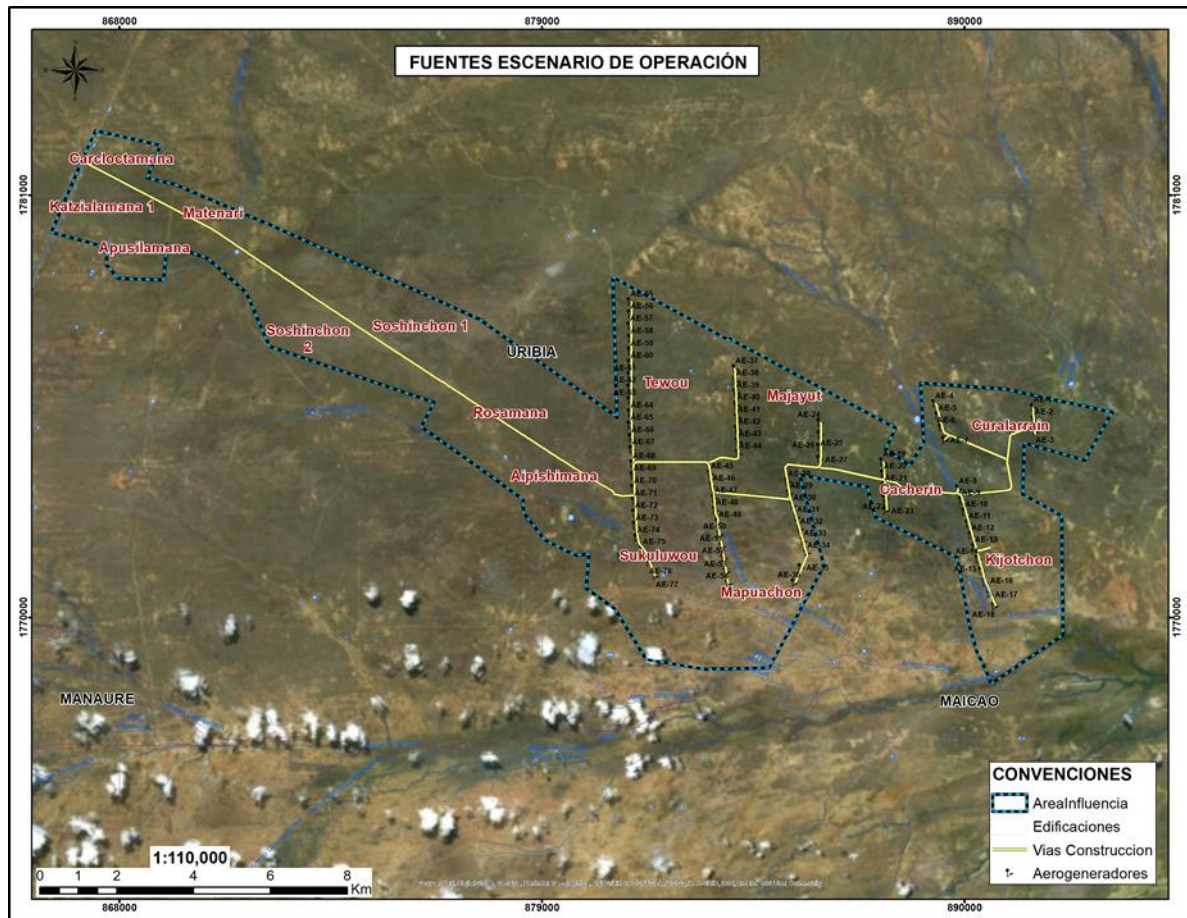


Figura 2-36. Fuentes de modelamiento – Escenario de operación.

Fuente: Renovatio 2019

2.3.3.8.5.2.2 Características de emisiones de las fuentes

A continuación, se muestran los datos que se ingresaron al software de modelación, discriminados por 3 tipos de fuentes: fuentes de área, fuentes lineales y tráfico rodado. Para el modelamiento del estado actual sin proyecto solo se tuvo en cuenta el tráfico rodado en las vías tipo 5 y tipo 6 de la zona de estudio por donde se identificó flujo vehicular, en el área de estudio no se encontraron fuentes adicionales como industriales o fijas, las únicas situaciones observadas fueron: personas hablando, sonido de animales, sonido por acción del viento y paso de vehicular.

- **Fuentes estado actual - sin proyecto**
- Tráfico rodado

Se realizaron aforos vehiculares en tres puntos (ver Figura 2-37), los datos que se usaron en la modelación se muestran en la Tabla 2-72 y en la Tabla 2-73, para mayor detalle ver Anexo 36. Mod Ruido), uno de los puntos se localizó dentro de la ranhería Majayut donde la ubicación corresponde a las coordenadas (Este 886,046.665 m y Norte 1,776,121.861 m) y el otro dentro de la ranhería Mapuachon con coordenadas (Este 884,921.496 m y Norte

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

1,770,090.097 m) y por último, el punto en EST 9 ubicado en la vía nacional (Este: 867,028.628 m y Norte: 1,781,894.781 m).

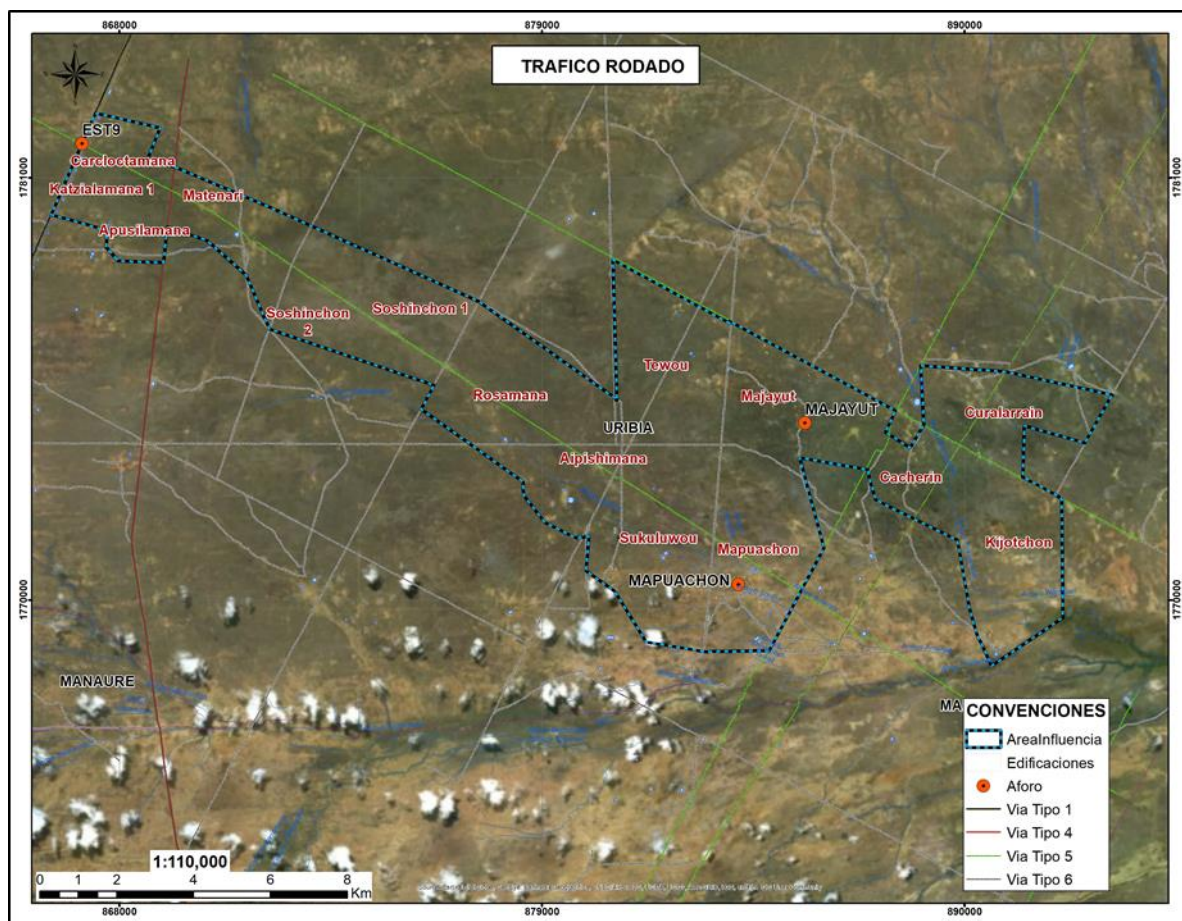


Figura 2-37. Tráfico rodado escenario actual – sin proyecto

Fuente: Renovatio 2019

El aforo de la ranchería Majayut corresponde a una vía tipo 5, el de la ranchería Mapuachon a una vía tipo 6 y el aforo del punto EST 9 a una vía tipo 1, el aforo de la vía tipo 4 para la modelación se asumió que tenía el mismo comportamiento que la vía tipo 5; para las vías donde no se realizó aforo que están dentro del área de influencia, se asumieron los mismos valores de acuerdo a la tipología (tipo 4, tipo 5 y tipo 6) según corresponde.

Tabla 2-72. Aforo punto Majayut.

Inicio	Fin	Día 1 (18/03/24)		Día 2 (18/03/25)	
		Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
6:00	7:00	3	6	5	2
7:00	8:00	5	0	0	0
8:00	9:00	0	2	8	0
9:00	10:00	0	0	2	0
10:00	11:00	2	0	1	1

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Inicio	Fin	Día 1 (18/03/24)		Día 2 (18/03/25)	
		Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
11:00	12:00	2	0	2	2
12:00	13:00	5	0	5	0
13:00	14:00	4	0	2	2
14:00	15:00	4	1	4	1
15:00	16:00	6	1	3	1
16:00	17:00	2	2	6	3
17:00	18:00	3	4	7	5
18:00	19:00	7	5	5	0
19:00	20:00	3	0	6	5
20:00	21:00	0	2	3	8
21:00	22:00	4	2	2	5
22:00	23:00	2	3	1	4
23:00	0:00	0	3	3	3
0:00	1:00	4	2	1	2
1:00	2:00	5	3	7	3
2:00	3:00	4	4	3	5
3:00	4:00	0	2	2	3
4:00	5:00	8	1	4	3
5:00	6:00	0	1	10	6

Fuente: Renovatio 2018

Tabla 2-73. Aforo punto Mapuachon.

Inicio	Fin	Día 1 (18/03/24)		Día 2 (18/03/25)	
		Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
6:00	7:00	5	3	4	1
7:00	8:00	2	1	4	0
8:00	9:00	1	0	6	0
9:00	10:00	6	1	5	1
10:00	11:00	5	1	6	2
11:00	12:00	6	2	5	1
12:00	13:00	2	1	5	1
13:00	14:00	3	0	4	2
14:00	15:00	3	1	5	0
15:00	16:00	2	1	4	1
16:00	17:00	8	1	10	1
17:00	18:00	6	0	11	3
18:00	19:00	5	0	4	3
19:00	20:00	33	2	3	1
20:00	21:00	3	0	4	1
21:00	22:00	2	3	0	0
22:00	23:00	2	0	0	1

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Inicio	Fin	Día 1 (18/03/24)		Día 2 (18/03/25)	
		Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
23:00	0:00	0	0	0	0
0:00	1:00	2	2	0	0
1:00	2:00	2	0	1	0
2:00	3:00	1	0	1	2
3:00	4:00	0	0	1	1
4:00	5:00	1	0	1	2
5:00	6:00	3	1	4	1

Fuente: Renovatio 2018

Tabla 2-74. Aforo punto EST 9

Inicio	Fin	Día 1 (18/03/24)	
		Livianos	Pesados
6:00	7:00	121	121
7:00	8:00	76	0
8:00	9:00	121	30
9:00	10:00	30	0
10:00	11:00	45	15
11:00	12:00	61	30
12:00	13:00	151	0
13:00	14:00	91	30
14:00	15:00	121	30
15:00	16:00	136	30
16:00	17:00	121	76
17:00	18:00	151	136
18:00	19:00	182	76
19:00	20:00	43	24
20:00	21:00	14	47
21:00	22:00	28	33
22:00	23:00	14	33
23:00	0:00	14	28
0:00	1:00	24	19
1:00	2:00	57	28
2:00	3:00	33	43
3:00	4:00	9	24
4:00	5:00	57	19
5:00	6:00	47	33

Fuente: Renovatio 2019

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- **Fuentes escenario construcción**

A continuación, se presentan los valores del nivel de potencia sonora (PWL, por su sigla en inglés), de las fuentes de emisión de ruido identificadas para el escenario construcción, dichos valores se encuentran distribuidos por espectro de frecuencia de los diferentes equipos que generarán ruido en la etapa de construcción (ver Tabla 2-75).

Tabla 2-75. Niveles de potencia sonora – Equipos de construcción

Niveles de potencia sonora (PWL) Hz dB												
ID	Equipos	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Ponderación	Fuente
1	Bulldozer	115	110	100	101	108	101	102	92	81	Z	Ararat_to_Stawell,2012
2	Retroexcavadora	126	120	108	107	101	96	90	88	84	Z	Ararat_to_Stawell,2012
3	Compactadora	106	101	104	110	107	103	99	92	84	Z	Ararat_to_Stawell,2012
4	Motoniveladora	127	122	121	112	105	102	100	91	82	Z	Ararat_to_Stawell,2012
5	Grúa de Izado Aero		68	71	68	62	66	66	55	46	A	Defra,2005
6	Volqueta	128	123	121	117	114	111	109	102	97	Z	Ararat_to_Stawell,2012
7	Camión mixer	128	123	121	117	114	111	109	102	97	Z	Ararat_to_Stawell,2013
8	Planta de Concreto		76.8	106.8	100.9	101.2	99	94.1	87.3	57.3	A	Dracoulides y Ebot, 2013
9	Impact		105	105	103	101	100	98	92	85	A	Apendix K

Fuente: Renovatio 2018, con datos tomados de Ararat to Stawell¹⁰³ y Department for Environment¹⁰⁴.

Adicional a los equipos expuestos en la tabla anterior, se tuvieron en cuenta los aportes de las dos plantas eléctricas, una se presentará en campamento y otra donde se preparará concreto, estas plantas corresponden a un nivel de potencia sonora (PWL) igual a 99 dB(A).

- **Fuentes de área**

Los PWL de los equipos designados para utilizar en la etapa de construcción se representaron como fuentes de área puesto que todos ellos se encontrarán en constante movimiento. Con base en la información suministrada en la Tabla 2-75 y en el anexo 36 (36.6 Niveles de potencia sonora-const), se realizó un consolidado de toda la maquinaria que generaría ruido, asumiendo un (1) equipo para cada área construcción. Los datos correspondientes a la entrada al modelo se presentan en la Tabla 2-762-77. Es pertinente aclarar que A_Construccion hace referencia a cada una de las 8 plataformas y fundaciones, las cuales tienen las dimensiones similares.

Para una correcta interpretación de la Tabla 2-762-77, los números de la columna “Equipos por cada área” se refieren a los equipos que se mencionan a continuación:

- **Bulldozer**

¹⁰³ ARAT TO STAWELL. Noise and vibration impact assessment report, Western Highway Project. 2012.

¹⁰⁴ DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, Update Of Noise Database For Prediction,2005.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Retroexcavadora
- Compactadora
- Motoniveladora
- Grúa de Izado Aero
- Volqueta
- Camión mixer
- Planta de Concreto
- Impact
- Planta eléctrica
- Filtro bomba de la planta de concreto.

Tabla 2-762-77. Fuentes de área – Escenario Construcción

Construcción	Área m²	Equipos por cada área	Espectro de frecuencia (Lw/m²)								
			31.5 Hz dB (Z)	63 Hz dB (Z)	125 Hz dB (Z)	250 Hz dB (Z)	500 Hz dB (Z)	1,000 Hz dB (Z)	2,000 Hz dB (Z)	4,000 Hz dB (Z)	8,000 Hz dB (Z)
A_Constructiva_1	3,434.0	1, 2, 3, 4, 5 y 7	96,59	91,36	88,82	83,79	80,76	77,15	75,22	67,85	62,28
A_constructiva_2	3,427.0		96,60	91,37	88,83	83,80	80,76	77,16	75,23	67,85	62,28
A_Constructiva_3	3,430.0		96,59	91,36	88,82	83,80	80,76	77,16	75,22	67,85	62,28
A_Constructiva_4	3,444.0		95,30	90,31	88,70	83,51	80,61	77,04	75,17	67,70	62,07
A_Constructiva_5	3,425.0		96,86	91,64	88,88	84,00	82,42	78,00	76,74	68,75	62,56
A_Constructiva_6	3,436.0		96,50	91,26	88,80	83,72	80,02	76,83	74,57	67,50	62,18
A_Constructiva_7	3,384.0		96,56	91,33	88,87	83,79	80,09	76,90	74,63	67,57	62,24
A_Constructiva_8	3,437.0		96,50	91,26	88,80	83,72	80,02	76,83	74,57	67,50	62,18
Campamento	22,683.3	10	85,30	72,10	62,00	54,50	49,10	45,90	44,70	44,90	47,00
Dep_1	91,920.9	1 y 6	78,58	73,58	71,40	67,47	65,34	61,78	60,16	52,78	47,47
Dep_2	92,064.0	1 y 6	78,57	73,57	71,39	67,47	65,33	61,77	60,15	52,77	47,47
Subestación	9,775.3	2	86,10	80,10	68,10	67,10	61,10	56,10	50,10	48,10	44,10
P_Concreto	18,141.7	7, 8, 9 y 10	88,87	89,34	83,98	76,12	72,29	69,02	66,80	60,02	55,59

- Tráfico rodado

Para estimar las emisiones por tráfico rodado, de acuerdo a las proyecciones de la etapa constructiva se prevé que en todo el parque durante la construcción se presentará un desplazamiento de 100 vehículos pesados al día por 10 horas.

- Fuentes Lineales

La actividad constructiva de las zanjas para la instalación de cables subterráneos se idealizó como fuentes lineales, para esta actividad se consideró el trabajo de una retroexcavadora durante 866 horas durante 13 meses, de acuerdo a lo anterior, se tomó como dato de entrada al modelo el PWL de una retroexcavadora durante 2 horas de trabajo al día en todo el proyecto al mismo tiempo para este tipo de fuentes.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-78. Fuentes Lineales – Escenario Construcción

Niveles de potencia sonora (PWL) Hz dB											
Equipos	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Ponderación	Fuente
Retroexcavadora	126	120	108	107	101	96	90	88	84	Z	Ararat_to_Stawell,2012

- **Fuentes escenario operación**

Para la operación del proyecto eólico se identificaron las siguientes fuentes de emisión de ruido.

- Tráfico rodado

Como fuente de emisión de tráfico rodado, se ingresó al modelo el promedio de 4 vehículos durante el día a una velocidad de 60 Km/hora por las vías del proyecto, estos vehículos realizarán labores de mantenimiento y/o reparación de las instalaciones del parque eólico.

- Fuentes Puntuales

Los 77 aerogeneradores fueron ingresados como fuentes puntuales a una altura de 105 metros, de acuerdo a la ficha técnica dada por el fabricante (Nordex, N149/4.0-4.5), estos equipos corresponden a un nivel PWL máximo de 108.1 dB(A) con una generación potencia de 4,500 kw, con una velocidad del viento de 8 m/s. Este PWL fue determinado aplicando la IEC 6140-14¹⁰⁵, con la cual se tiene en cuenta el ruido aerodinámico, mecánico y el generado por las partes que componen la estructura. En la modelación se contempló que el aerogenerador funcionara las 24 horas del día de forma continua.

En la Tabla 2-79 se presentan los niveles por espectro de frecuencia que generaría la turbina eólica (Nordex, N149/4.0-4.5), los cuales fueron incluidas en el modelo, para determinar los aportes en los receptores discretos por bajas frecuencias.

Cabe resaltar que esta información se incluye dando respuesta al requerimiento 7 de información adicional, donde solicitan: “indicar si la información de potencia sonora por octava presentada en el modelo de ruido es de tipo oficial o fue asumida por el consultor” se aclara que la información es de tipo oficial y la ficha técnica correspondiente se puede encontrar en los anexos del EIA, Anexo 5. Especificaciones técnicas - archivo “Octave sound power levels.

Tabla 2-79. Niveles de potencia sonora – Equipos de operación

Niveles de potencia sonora (PWL) Hz dB										
Equipos	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Ponderación
Aerogenerador	78.4	88.4	94.6	98.8	102.1	103.5	101.1	92.3	83.5	A

¹⁰⁵ IEC INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Wind Turbines., Declaration of apparent sound Power, Wind turbines. First edition, 61400-14. 2005.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Fuente: Zanetta, G.A¹⁰⁶

2.3.3.8.5.2.3 Información básica

Las simulaciones de ruido se desarrollaron teniendo en cuenta todas las edificaciones presentes en el área de estudio, tales como viviendas, escuelas y demás edificios pertenecientes a las comunidades indígenas de la Etnia Wayuu: así mismo, se utilizó información cartográfica general obtenida del marco geográfico nacional del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE)¹⁰⁷ y el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica. Fue necesaria la verificación de la información ya que la precisión juega un papel fundamental en los resultados finales del producto a entregar (ver anexo 36, en la subcarpeta nombrada: Anexo D2. Carpeta SIG). La información SIG se encuentra como anexo digital en la subcarpeta nombrada: Anexo 36. D2. Carpeta SIG, la cual corresponde a los datos de los mapas; consta de información base, temática, raster, y archivos de localización Google, con sus respectivos ficheros tipo *.SHP, *.MXD, *.TIFF, *.KML utilizados.

En el proceso de modelado se tuvo en cuenta la difracción, el cual es un fenómeno que afecta a la propagación del sonido, se habla de difracción cuando el sonido se dispersa como consecuencia del encuentro con obstáculos que no le son transparentes. También se tuvo en cuenta la reflexión lo cual se refiere al fenómeno de reflejar el sonido, y la capacidad de los materiales de absorberlo.

- Modelo digital del terreno

En el modelo de propagación de ruido objeto de estudio, se tuvo en cuenta el relieve de la zona y las elevaciones tanto para los receptores como para todas las fuentes simuladas, reproduciendo de esta manera las condiciones topográficas en el dominio de interés.

Para el área de estudio se tuvo en cuenta topografía del área del proyecto e información topográfica tomada del proyecto ASTER Global Digital Elevation Map de la NASA con una resolución de 1.5" de Arco cuya representación 3D se presenta en la en la Figura 2-38.

De acuerdo a la norma del ANLA sobre el manejo de información cartográfica, toda la información se procesó de acuerdo a la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 del MADS, por la cual se modifica y consolida el modelo de almacenamiento geográfico contenido en la metodología general para la presentación de estudios ambientales y el manual de seguimiento ambiental de proyectos, el sistema de referencia geográfico utilizado corresponde a MAGNA-SIRGAS origen Bogotá-Este.

¹⁰⁶ G. ZANETTA, Problematiche e dati di emissione di rumore sulle attuali turbine eoliche, 2008

¹⁰⁷ DANE. [En línea] < <http://www.dane.gov.co/> > [Citado el 15 de agosto de 2018].

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

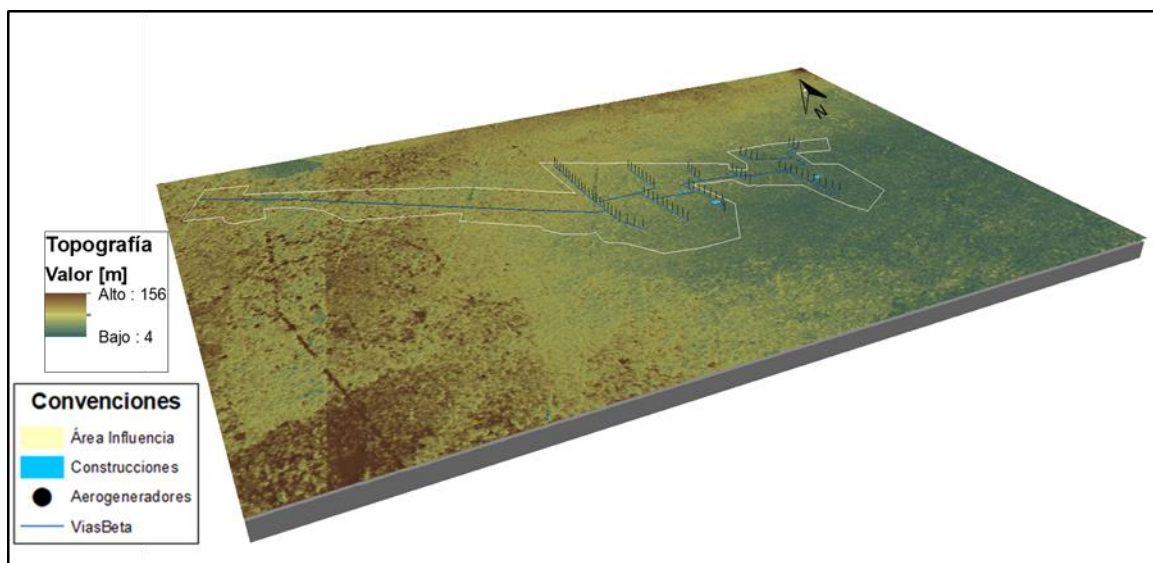


Figura 2-38. Modelo Digital del Terreno

Fuente: Renovatio 2018, con base en modelo Aster Global Digital Elevation¹⁰⁸.

- Variables meteorológicas

La información meteorológica se usó los valores promedio obtenidos de las estaciones denominadas Mapuachon y Blanco ubicadas en puntos representativos dentro del área de influencia del proyecto, entre los dos puntos hay una distancia aproximada de 9 kilómetros. La estación arrojó valores horarios que permitieron establecer los promedios de velocidad y dirección del viento, humedad relativa y temperatura, los cuales fueron usados para la modelación respectiva (para mayor detalle ver Anexo 36. Modelación de ruido).

¹⁰⁸ NASA, NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. C. I. o. Technology, «Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model Version 2 (GDEM V2), » 2011.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.4 Caracterización del medio biótico

A continuación, se describen las metodologías utilizadas para la caracterización del medio biótico

2.3.4.1 Ecosistemas

2.3.4.1.1 Zonas de vida

Las zonas de vida se definen según Holdridge¹⁰⁹ “como asociaciones vegetales dentro de una división natural de clima, las cuales, tomando en cuenta las condiciones edáficas y etapas de sucesión, tienen una fisonomía general en cualquier parte del mundo”. Las zonas de vida están definidas principalmente por tres factores climáticos, la temperatura media anual (T), la precipitación media anual (P) y la humedad en términos de la relación entre evapotranspiración potencial (EVTP) y precipitación en valores promedios anuales¹¹⁰.

Dado que Holdridge seleccionó la vegetación como el factor principal para medir los efectos de la temperatura, porque la vida vegetal es de la que depende la vida animal, la biotemperatura anual promedio es la medida de calor usada para la clasificación, ésta se expresa en grados centígrados (°C) y está en un rango entre 0°C y 30°C que es el rango en que se estima hay crecimiento vegetativo.

Para determinar la biotemperatura promedio anual de una zona específica, se deben tener presente los siguientes criterios:

- Si la temperatura promedio anual es menor de 0°C entonces la biotemperatura será 0°C. Esto debido a que se ha observado que en las regiones más frías en donde la temperatura no sobrepasa los 0°C durante algunos periodos, la vegetación está inactiva.
- Si la temperatura promedio anual está entre 0°C y 24°C, la biotemperatura es igual a la temperatura, esto únicamente para la zona tropical.
- Si la temperatura promedio anual es mayor de 24°C, la biotemperatura se determinará con la siguiente ecuación¹¹¹:

$$Biotemp = T - \left(\frac{3 * \text{gradoslatitud}}{100} \right) * (T - 24)^2$$

A partir del mapa de temperatura promedio anual construido con las siguientes estaciones climáticas de La Guajira (Tabla 2-80), se determinó el mapa de biotemperatura (Figura 2-39).

¹⁰⁹ HOLDRIDGE, L. Ecology based on life zones. San José, Costa Rica. American Institute of Agricultural Sciences (IICA), 1978.

¹¹⁰ ESPINAL, L.S. Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el Mapa Ecológico de Colombia. Bogotá D. C.: IGAC, 1977.

¹¹¹ HOLDRIDGE, L. Op. cit. p. 2-158.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-80. Estaciones climáticas usadas para determinar la temperatura promedio mensual en el área del proyecto BETA.

Nombre estación	Coordenada X	Coordenada Y	Cota
Apto Maicao	872028,785	1752738,865	53
Manaure	847110,478	1795014,210	1
Rancho Grande	919410,216	1784449,689	50
Nazareth	977539,447	1838649,763	85
Apto Alm Padilla	799225,095	1767308,251	4
Pto Bolivar	901468,035	1843830,316	10

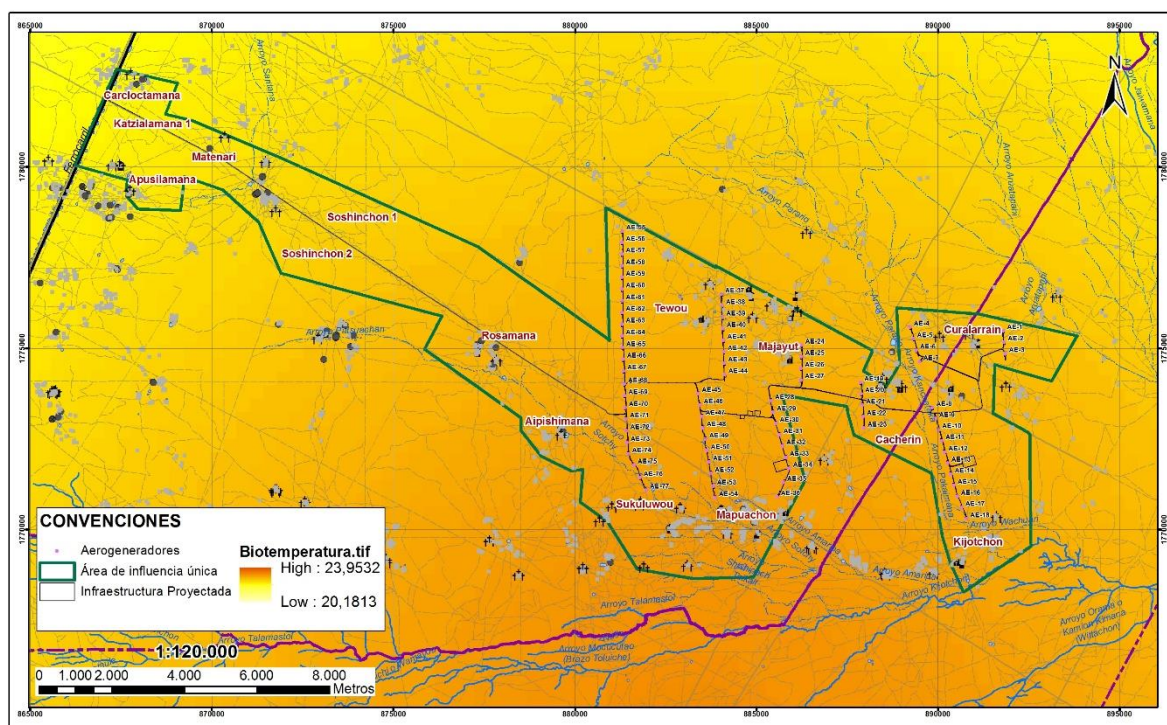


Figura 2-39. Mapa biotemperatura de la zona

Fuente: Renovatio 2019

La precipitación, es otro de los factores utilizado para definir climáticamente las zonas de vida, se expresa en milímetros (mm), y corresponde al agua que cae en forma de lluvia, nieve, granizo o niebla. La precipitación media anual se determinó a partir del mapa de isoyetas (Figura 2-40) construido con las siguientes estaciones climáticas (Tabla 2-81):

Tabla 2-81. Estaciones climáticas usadas para determinar la precipitación promedio mensual y anual en el área del proyecto BETA.

Nombre estación	Coordenada X	Coordenada Y	Cota
Apto Maicao	872028,785	1752738,865	53
Manaure	847110,478	1795014,210	1

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Nombre estación	Coordenada X	Coordenada Y	Cota
Rancho Grande	919410,216	1784449,689	50
Jojoncito	903279,538	1798146,987	120
Paraguachon	884844,787	1748279,538	35
Orochon	878681,956	1798258,956	100
Esc Ceura	847791,241	1757385,007	85
Caracas Hda	838339,435	1761984,177	80
Jasay	903302,445	1795820,575	35

Fuente: Renovatio 2018

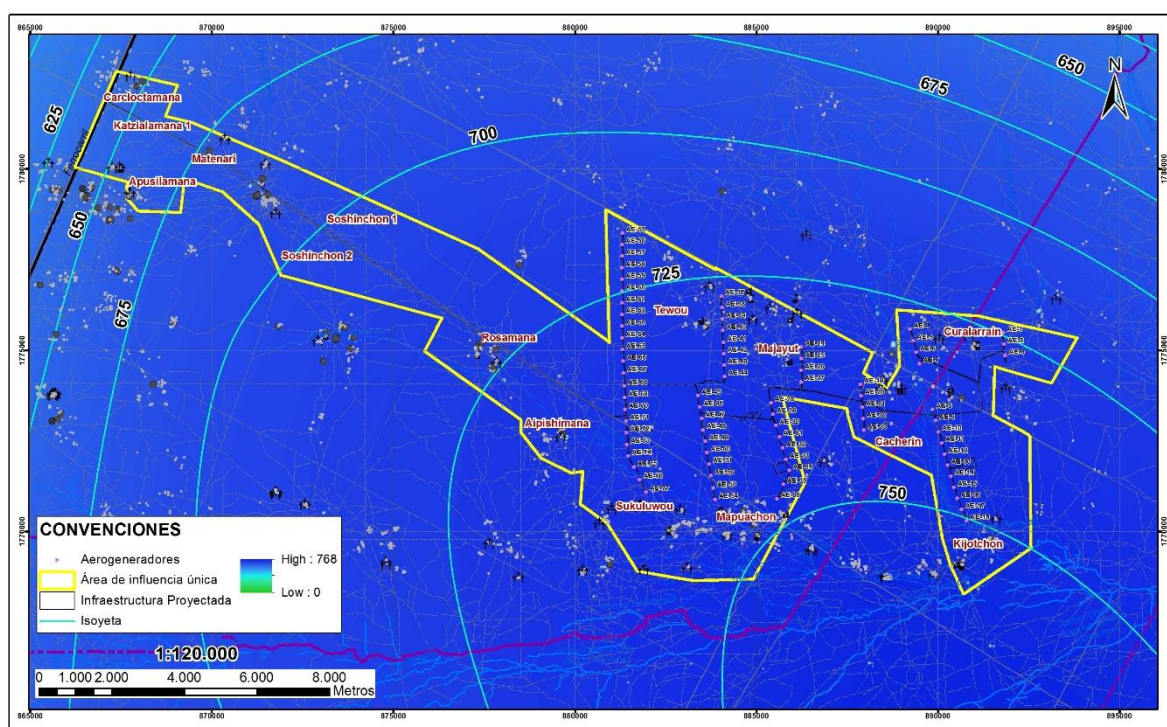


Figura 2-40. Mapa de isoyetas de la zona

Fuente: Renovatio 2019

Para la humedad, la medida adecuada sería la evapotranspiración potencial, ésta es la cantidad teórica de agua que podría ser cedida a la atmósfera, por la cobertura natural de la zona, en un clima y suelo dados, si existiera agua suficiente pero no excesiva durante la etapa de crecimiento de la vegetación¹¹².

Debido a que la evapotranspiración potencial es la cantidad de agua que potencialmente puede utilizar la vegetación y, la precipitación es la cantidad de agua disponible para el uso potencial en transpiración de las plantas y en evaporación, la relación de evapotranspiración

¹¹² HOLDRIDGE, L. Op. cit. p. 2-158.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

potencial y precipitación es una medida más apropiada de la humedad. Esta relación se determina dividiendo el valor de evapotranspiración potencial media por el valor de precipitación media anual y puede utilizarse para hacer comparaciones relativas de sitios distintos¹¹³.

La evapotranspiración potencial se determinó usando la fórmula propuesta por Hargreaves y Samani¹¹⁴:

$$ET_o = 0,0023(t_{med} + 17,78) * R_o * (t_{max} - t_{min})^{0,5}$$

Donde:

ET₀ = evapotranspiración potencial

tmed = temperatura media mensual (°C)

R₀ = Radiación solar extraterrestre

tmax = temperatura máxima mensual

tmin = temperatura mínima mensual

Una vez obtenidas estas variables (biotemperatura media anual, precipitación media anual y la relación de evapotranspiración) se procede a realizar las siguientes clasificaciones:

Tabla 2-82. Rangos las variables para determinar zonas de vida¹¹⁵

Temperatura media anual		Precipitación media anual		Evapotranspiración potencial media anual	
Rango (°C)	Valor	Rango (mm)	Valor	Rango (adimensional)	Valor
0 - 1,5	1	0 - 62,5	1	0,125 - 0,187	1
1,5 - 2,25	2	62,5 - 125	2	0,187 - 0,25	2
2,25 - 3	3	125 - 187,5	3	0,25 - 0,375	3
3,0 - 4,5	4	187,5 - 250	4	0,375 - 0,5	4
4,5 - 6,0	5	250 - 375	5	0,5 - 0,75	5
6,0 - 9,0	6	375 - 500	6	0,75 - 1,0	6
9,0 - 12,0	7	500 - 750	7	1,0 - 1,5	7
12,0 - 17,0	8	750 - 1000	8	1,5 - 2	8
17,0 - 19,0	9	1000 - 1500	9	2,0 - 3,0	9
19,0 - 24,0	10	1500 - 2000	10	3,0 - 4,0	10
mayor a 24	11	2000 - 3000	11	4,0 - 6,0	11
		3000 - 4000	12	6,0 - 8,0	12
		4000 - 6000	13	8,0 - 12,0	13
		6000 - 8000	14	12,0 - 16,0	14
				16,0 - 24,0	15
				24,0 - 32,0	16

¹¹³ HOLDRIDGE, L. Op. cit. p. 2-158.

¹¹⁴ HARGREAVES, G.H., SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature. 1985. Applied Eng. in Agric., 1(2): 96-99.

¹¹⁵ Ibid. p. 2-161.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Una vez realizada la clasificación de las variables, la información obtenida se cruza con el diagrama de clasificación propuesto por Holdridge¹¹⁶ (Figura 2-41) y se determina el nombre y zonas de vida para cada región de polígono homogéneo.

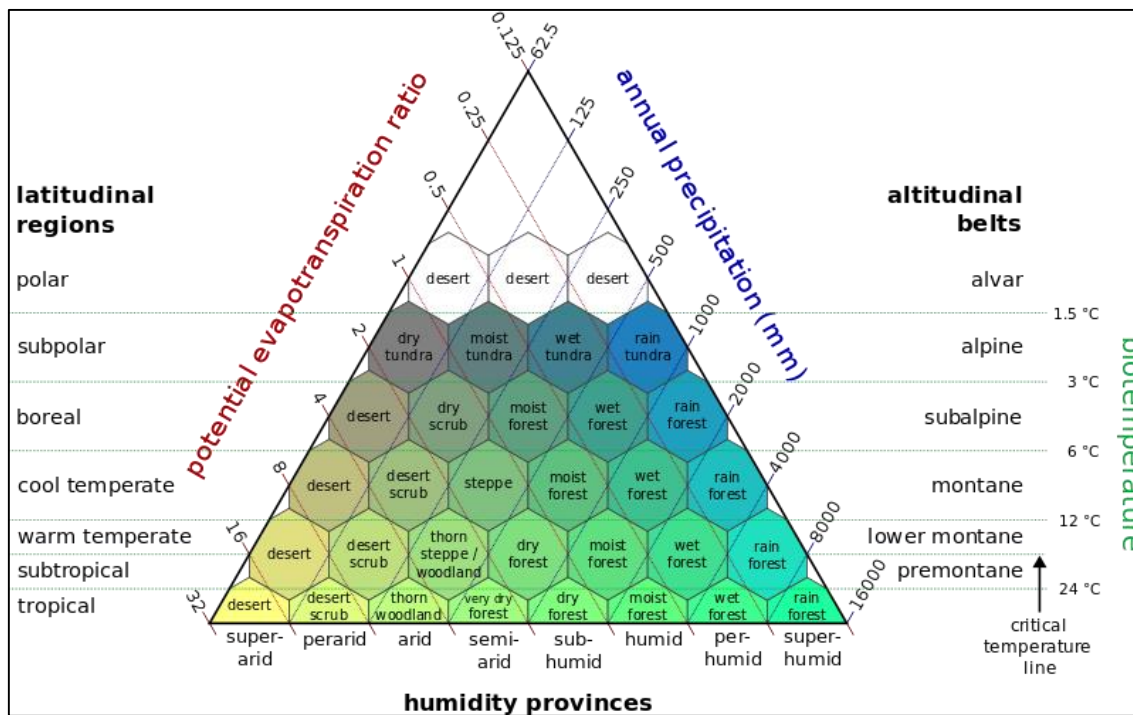


Figura 2-41. Diagrama de zonas de vida (Holdridge, 1978) ¹¹⁷

2.3.4.1.2 Coberturas de la tierra

La identificación de las coberturas de la tierra, durante el proceso de elaboración de un estudio de impacto ambiental, se convierte en una de las fuentes de información que permite tener una percepción del uso y presiones que se le está dando a la tierra en ámbitos como: conservación, agricultura, urbanismo, entre otras; permitiendo realizar la planeación adecuada de la actividad que se pretenda desarrollar.

La determinación de las coberturas vegetales se realizó utilizando procesos de fotointerpretación con triangulación en campo, siguiendo la toponimia de la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia¹¹⁸, para lo cual se desarrollaron dos fases:

- Fase previa

Durante esta fase se realizaron las actividades de planeación, revisión de información secundaria y fotointerpretación de coberturas.

Para el proceso de fotointerpretación se usaron los siguientes insumos:

¹¹⁶ HOLDRIDGE, L. Op. cit. p. 2-158.

¹¹⁷ HOLDRIDGE, L. Op. cit. p. 2-158.

¹¹⁸ IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Fotografía aérea

Con una fotografía aérea de 0,15 m de resolución espacial, tomada entre los días 5 y 7 de julio de 2017 y por medio de técnicas de fotointerpretación se realizó un mapa preliminar de coberturas vegetales, a una escala de 1:2.000 con una unidad mínima de mapeo de 0,01 ha. Todo el análisis fue realizado con el programa ArcGis 10.2. La ortofoto presenta las siguientes características (Tabla 2-83):

Tabla 2-83. Características de la ortofoto.

Ortofoto		
Características de la ortofoto	Valores	
Resolución espectral	Banda	nanómetros
	Azul	400-600
	Verde	480-660
	Rojo	580-720
	NIR	620-100
Resolución espacial	0,15 m	
Resolución radiométrica	32 bits/pixel	

- Fase de rectificación

Durante esta fase se ajustó el mapa preliminar de coberturas, usando los siguientes insumos:

- Triangulación en campo

Las coberturas determinadas a través de la fotointerpretación realizada con la fotografía aérea fueron corroboradas en campo y rectificadas en los casos donde fue necesario.

2.3.4.1.3 Biomas y Ecosistemas

Los biomas se consideran como un conjunto de ecosistemas terrestres afines por sus rasgos estructurales y funcionales, los cuales se diferencian por sus características vegetales^{119, 120}. Por su parte, de acuerdo al Convenio sobre diversidad biológica (Ley 165 de 1994)¹²¹, un ecosistema se define como un complejo de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente, que interactúan como una unidad funcional relativamente homogénea.

Para la construcción del mapa de ecosistemas terrestres del área del proyecto se siguió la metodología propuesta en el documento de Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia¹²², con el fin de cumplir con los lineamientos propuestos en los Términos de

¹¹⁹ WALTER, H. Vegetation of the Earth and ecological systems of the geobiosphere. Tercera edición. New York: Springer-Verlag, 1985. p. 318.

¹²⁰ HERNÁNDEZ, C.J. y SÁNCHEZ P. Biomas terrestres de Colombia. La diversidad biológica de Iberoamérica, Vol. I. En: Acta Zoológica Mexicana, Nueva Serie, Volumen Especial, 1992, p. 153–173.

¹²¹ CONVENIO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA. Ley 165 de 1994.

¹²² IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. SINCHI e IIAP. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá D. C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Referencia (TdeR) para Proyectos de Uso de Fuentes de Energía Eólica Continental emitidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible¹²³, pero se hizo un ajuste cartográfico teniendo en cuenta el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, a escala 1:100.000, publicado por IDEAM (2017)¹²⁴.

Se partió de la integración de tres capas (geopedología, zonificación climática y coberturas de la tierra)

El mapa de geopedología, se construyó con la información obtenida del estudio de suelos y geomorfología, incluidos en la línea base del EIA, además del Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de La Guajira¹²⁵. El mapa Geopedológico resultante incluye características geomorfológicas como paisaje y ambiente morfogenético y características pedológicas como drenaje natural, pendiente y composición taxonómica.

El mapa de zonificación climática, fue construido mediante la intersección de los mapas fuente de precipitación y de temperatura, a partir los cuales se obtuvo el mapa resultante, cuyos polígonos relacionan un rango de precipitación con un rango termal, llegando de esta forma a una descripción de la diversidad climática, correspondiente a la zonificación climática.

El mapa de coberturas de la tierra se realizó utilizando la metodología CORINE Land Cover tomada del estudio adaptado para Colombia por el IDEAM (2010), como previamente fue descrito (ver numeral 2.3.4.1.2).

Los tres mapas generados fueron integrados para conformar una unidad síntesis, al cual se le realizó la generalización manual de polígonos. Una vez se obtuvo el mapa de unidad síntesis se determinaron los grandes biomas a partir de la reclasificación de la zonificación climática en provincias de humedad.

Posterior a la definición de los grandes biomas se identificaron los biomas presentes, teniendo en cuenta la zonificación hidrográfica (zonas y subzonas hidrográficas), además de criterios de geopedología y altitud. No obstante, a estos biomas se les realizó un ajuste cartográfico con base al nuevo mapa de ecosistemas, con el fin de poder aplicar los factores de compensación para el proyecto eólico BETA (ver capítulo 10, numeral 10.2. Otros Planes y programas, numeral 10.2.2 Plan de compensación del medio biótico).

Con base en lo anterior y en literatura, se determinó la existencia de zonobiomas en la zona de estudio, los cuales son determinados principalmente por los criterios de clima y temperatura.

del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI., 2007. p. 276 + 37 hojas cartográficas.

¹²³ MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1312 del 11 de agosto de 2016. Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental - EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones.

¹²⁴ IDEAM. Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia. Versión 2.1. 100K. 2017. Disponible en: [http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas].

¹²⁵ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Subdirección de suelos. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de La Guajira. Escala 1: 100.000. Imprenta nacional de Colombia. Bogotá. 2009. p. 489.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.4.1.4 Distritos biogeográficos

Las provincias biogeográficas se definen como “territorios extensos que poseen un gran número de especies y algunos géneros endémicos. Además, tienen grupos afines de series y geoserias de vegetación propios o exclusivos, así como peculiares y característicos patrones de zonación altitudinal de la vegetación”, este concepto a su vez genera otro término conocido como “distrito biogeográfico” el cual es definido como “áreas con subespecies, especies y asociaciones vegetales propias, que presenta también geoserias y cliserias altitudinales originales”¹²⁶

Utilizando la información de las Unidades Biogeográficas de Colombia propuestas por Hernández y otros¹²⁷, se determinaron los distritos biogeográficos para el área de influencia única y biótica del proyecto de Generación de Energía Eólica Beta.

2.3.4.1.5 Ecosistemas terrestres

2.3.4.1.5.1 Flora

Partiendo de la premisa de comprender las condiciones bióticas existentes en el área del proyecto, tales como composición, estructura, estado sucesional, características de la regeneración, entre otros. Se realizó la caracterización de la vegetación, siguiendo los lineamientos establecidos en los Términos de Referencia (TdR) para Proyectos de Uso de Energía Eólica Continental emitidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA¹²⁸.

Los resultados obtenidos en la caracterización biótica, sumados a las caracterizaciones abióticas y sociales permitieron formular estrategias, programas y proyectos encaminados al establecimiento de medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación que deben implementarse antes, durante y después de la ejecución del proyecto.

En términos generales, los principales requerimientos que piden los TdR para la caracterización biótica son:

- Inventario de especies por unidad de cobertura.
- Técnicas del muestreo.
- Estado sucesional.
- Grado de sociabilidad.
- Abundancia, dominancia y frecuencia.
- Índice de Valor de Importancia – IVI.
- Densidad y distribución por clase diamétrica y altimétrica de las diferentes especies encontradas.
- Diagnóstico y análisis de la regeneración natural (dinámica sucesional para brinzales y latizales).

¹²⁶ HERNÁNDEZ J., HURTADO A., ORTIZ R., WALSCHBURGER T. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. En: La Diversidad Biológica de Iberoamérica I. G. Halffter, (ed). Acta Zoológica Mexicana, Instituto de Ecología, A.C., México, México. pp.: 105-151.

¹²⁷ Ibíd., p. 2-165.

¹²⁸ MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1312 de 2016. Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental - EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Perfiles de vegetación por unidad de cobertura vegetal, con su respectivo análisis.
- Importancia económica, ecológica y/o cultural de las especies.
- Usos de las especies.
- Presiones existentes sobre la flora
- Coberturas vegetales y uso actual del suelo.
- Análisis de la fragmentación.

Es por esto, que la metodología que se propone en los siguientes numerales, se presenta conforme al esquema metodológico de la Figura 2-42:

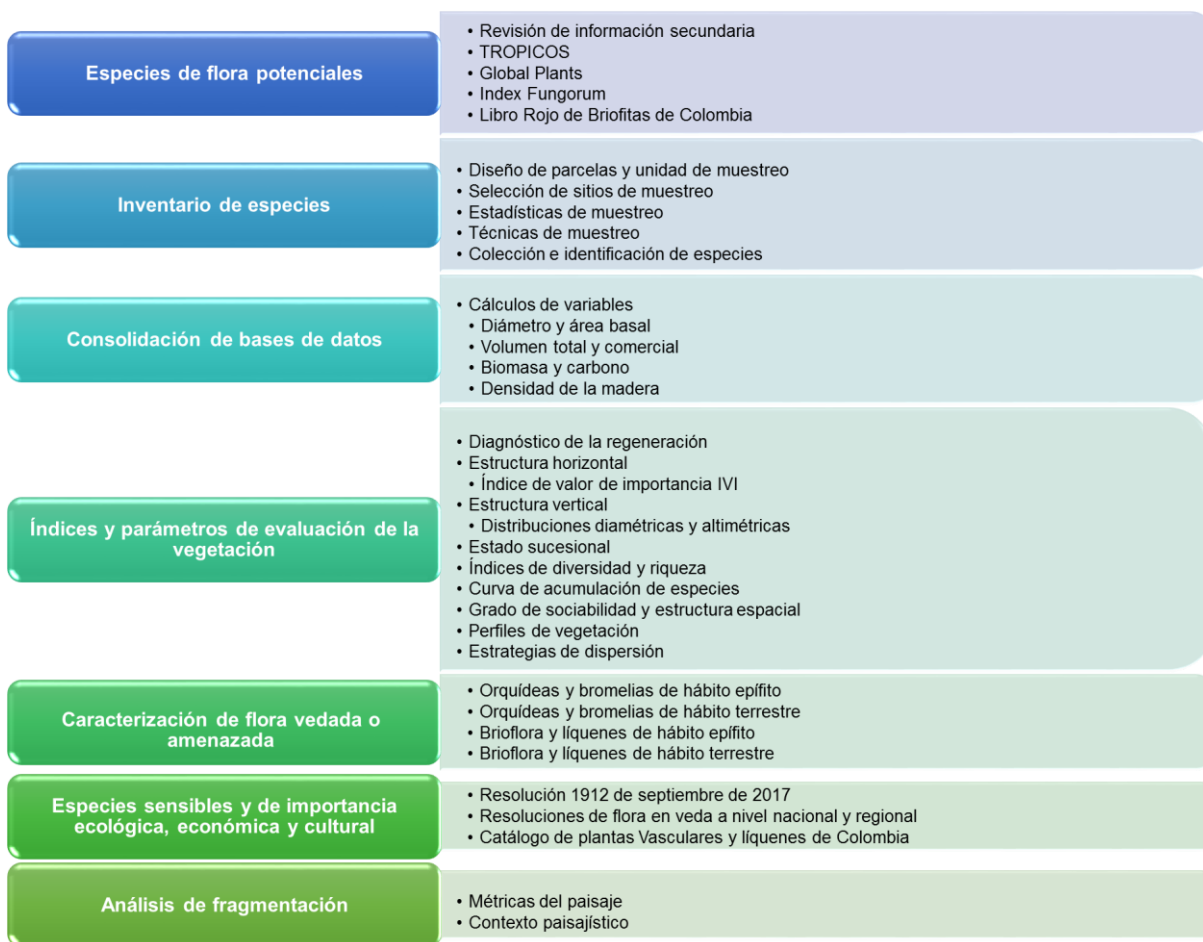


Figura 2-42. Esquema metodológico para el componente flora.

Fuente: Renovatio 2018

2.3.4.1.5.1.1 Especies de flora potenciales en el área del proyecto

Para identificar las especies vegetales potencialmente presentes en el AIB, se hizo una revisión de información secundaria que incluyó bases de datos especializadas como el Catálogo de plantas y líquenes de Colombia¹²⁹, TROPICOS¹³⁰, Herbario Nacional Colombiano

¹²⁹ Catálogo de Plantas y líquenes de Colombia [BERNAL, R.; GRADSTEIN, S.R. & M. CELIS (eds.). en línea]. <<http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>>. [citado el 24 de agosto de 2017].

¹³⁰ TROPICOS [en línea]. <<http://www.tropicos.org>>. [citado el 24 de agosto de 2017].

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

COL¹³¹, Global Plants¹³² y Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia SIB¹³³, literatura especializada, el Index Fungorum¹³⁴, Libro Rojo de Briofitas de Colombia¹³⁵ y literatura especializada como la de Rincón-Espitia, *et al.* (2011)¹³⁶ y Rangel-Ch. (2008)¹³⁷, La taxonomía y nomenclatura de las especies fue corroborada a través de las bases de datos como The Plant List¹³⁸ e Internacional Plant Names Index¹³⁹.

2.3.4.1.5.1.2 Inventario de la vegetación leñosa y herbácea terrestre en el área de influencia biótica del proyecto

El inventario en el área de influencia biótica fue realizado en las coberturas naturales de arbustal denso (Ard) y arbustal abierto (Ara) pertenecientes al área de influencia biótica del proyecto. Para tal fin, se realizó un diseño de muestreo aleatorio simple, con un error de muestreo no mayor al 15% y una confiabilidad del 95%, en cada cobertura. El muestreo fue realizado entre el 23 de marzo y el 27 de abril de 2018. Para la cobertura de Tierras desnudas y degradadas (Tdd) se realizó un censo al 100% de todos los individuos con DAP ≥ 10 cm, y para evaluar la regeneración natural en dicha cobertura se establecieron parcelas de 20 m² (5 x 4 m).

- Diseño de parcelas y unidad de muestreo

Se establecieron parcelas georreferenciadas de 200 m² tipo RAP (*Rapid Assessment Program*) utilizadas por Gentry¹⁴⁰ y modificadas por ISA-JAUM¹⁴¹, en cada parcela de 50m x 4m (200 m²) se realizó el muestreo de fustales y, dentro de cada una de estas parcelas se estableció una (1) subparcela de 5m x 4m (20 m²) para el muestreo de latizales, brinzales y renuevos (Figura 2-43).

¹³¹ Colección Instituto de Ciencias Naturales ICN [en línea]. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/search/plants/> [citado el 24 de agosto de 2017].

¹³² Global Plants [en línea]. <<https://plants.jstor.org/>>. [citado el 24 de agosto de 2017].

¹³³ SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA. SiB Colombia. [En línea] <<http://www.sibcolombia.net/web/sib/home>> [citado el 24 de agosto de 2017].

¹³⁴ Index Fungorum [en línea]. <http://www.indexfungorum.org> [citado el 24 de agosto de 2017].

¹³⁵ LINARES, E.L. Y J. URIBE-MELENDZ. Libro rojo de briofitas de Colombia. Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales / Universidad Nacional de Colombia. 2002. p. 170.

¹³⁶ RINCÓN-ESPITIA, A., AGUIRRE, J. y R. LÜCKING. Líquenes corticícolas en el Caribe Colombiano. *En: Caldasia*, 2011, vol. 33, no.2, p. 331-347.

¹³⁷ RANGEL-CH., J.O. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia. 2008. p. 616.

¹³⁸ The Plant List Version 1.1. [En línea] <http://www.theplantlist.org/> [citado el 24 de agosto de 2017].

¹³⁹ The Internacional Plant Names Index [En línea] <http://www.ipni.org/> [citado el 24 de agosto de 2017].

¹⁴⁰ GENTRY, A.H. Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evol. Biol.* 1982. 15: p.1-84.

¹⁴¹ ISA-JAUM. Propuesta metodológica de parcelas normalizadas para los inventarios de vegetación. Equipo de investigación Convenio ISA-JAUM. Medellín. 2004. p. 3-10.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

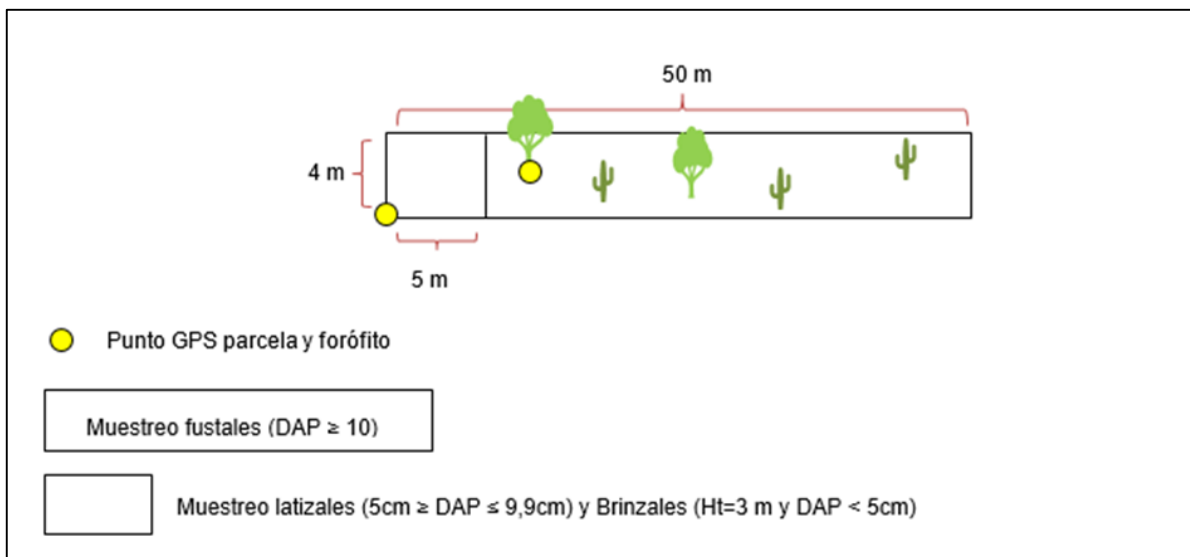


Figura 2-43. Representación esquemática de las parcelas en bloque a establecer para la caracterización florística

Fuente: Renovatio 2018

En la categoría de fustales se agrupan todos los individuos con $DAP \geq 10$ cm; por su parte en la categoría de latizales; los individuos con $DAP \geq 5$ cm y < 10 cm; los brinzales corresponden a los individuos leñosos con una altura total (Ht) ≥ 30 cm y $DAP < 5$ cm y todos los individuos de hábito de crecimiento herbáceo; finalmente los renuevos corresponden a individuos leñosos con $Ht < 30$ y $DAP < 5$ cm.

En total se establecieron 418 parcelas dentro del AIB, distribuidas así: 291 parcelas en el Arbustal abierto (Ara) y 127 parcelas en el Arbustal denso (ArlD); en las Tierras desnudas y degradadas (Tdd) se realizó el censo al 100%, como se muestra en la Tabla 2-84. En cada parcela y censo, se muestrearon todos los individuos fustales con $DAP \geq 10$ cm.

Cabe resaltar que en el marco de la solicitud de información adicional requerida por la ANLA según la Acta No. 100 del 11 y 12 de diciembre de 2018, se solicitó incluir la vía de acceso al proyecto, lo que conllevó al aumento de esta cobertura (Tdd) en el área de intervención del proyecto, por tanto entre el 10 al 16 de enero de 2019, se realizó el censo en estas nuevas áreas, no obstante, dicha cobertura estaba totalmente desprovista de vegetación, por lo cual el censo presentado inicialmente no cambió.

Tabla 2-84. Número de parcelas establecidas por cobertura.

Cobertura	Nomenclatura	No. Parcelas	Censo (%)
Arbustal abierto	Ara	291	
Arbustal denso	ArlD	127	
Tierras desnudas y degradadas	Tdd		100
Total		418	100

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Selección de los sitios de muestreo

Con base en el diseño de un muestreo aleatorio simple (MAS), para seleccionar los sitios de muestreo se dividió el área total efectiva de cada una de las coberturas de análisis: arbustal abierto (Ara) y arbustal denso (Ard); en parcelas de muestreo del tamaño deseado (50m x 4m). A cada parcela se le asignó un número consecutivo con el fin de generar una matriz de datos, con la cual, por medio de un proceso de aleatorización realizado con el programa Microsoft Excel®, se escogió una muestra al azar, garantizando que cada parcela tuviera igual probabilidad de ser escogido como parte de la muestra. Las parcelas se seleccionaron sin reemplazo, es decir, que cada parcela solo pudo ser escogido una vez.

- Estadísticos del muestreo

Con el fin de cumplir con los Términos de Referencia¹⁴², se realizó un diseño de muestreo aleatorio simple, con un error de muestreo no mayor al 15% y una confiabilidad del 95%, en cada cobertura. No obstante, con el fin de conocer la variabilidad de los datos y el tamaño de muestra óptimo, se realizó un premuestreo¹⁴³, como se muestra a continuación:

- Premuestreo:

Cálculo del tamaño de muestra: El tamaño de la muestra es el número de parcelas que se deben muestrear para obtener el error deseado para una variable o parámetro particular de la población¹⁴⁴. El parámetro usado para el cálculo de los estadísticos tanto del premuestreo como del muestreo fue el volumen por especie; por lo tanto.

La fórmula usada para el cálculo del tamaño de muestra fue:

$$n = \frac{CV^2 t^2}{E^2 + \frac{CV^2 t^2}{N}}$$

Donde:

CV : Coeficiente de variación = $\left(\frac{\delta}{\mu}\right) * 100$

δ = Desviación estándar

μ = Media muestral

t : valor estadístico de t para $(n - 1)$ grados de libertad y una significancia del 5% ($\alpha = 0,05$)

E : error deseado

N = tamaño de muestra poblacional

Los estadígrafos usados para el cálculo del premuestreo se especifican a continuación:

¹⁴² MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Op.cit. p. 2-170.

¹⁴³ CORANTIOQUIA. Guía para la formulación de planes de manejo. 2003. 1° Edición. 80 pp.

¹⁴⁴ COCHRAN, W.G. Sampling techniques. 1977. Third Ed. New York, John Wiley and Sons. 428 p.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-85. Estadígrafos del muestreo en el Área de Influencia Biótica

Estadígrafos	Ara	Arlid
Media	0,72	0,82
Varianza	0,35	0,26
Desviación estándar	0,59	0,51
Coeficiente de variación (%)	82,27	62,56
Número de parcelas (n muestreado)	291	127
Tamaño de muestra (n calculado)	83,21	44,34
Error mínimo admisible (%)	15	15

Fuente: Renovatio 2018

De la tabla anterior, cabe destacar que el n muestreado que correspondió a 418 parcelas distribuidas así: 291 para el Ara y 127 para el Arld, logró superar el tamaño de muestra óptimo (n calculado), que corresponde a 83 para Ara y 44 para Arld. Es decir, con el premuestreo (n muestreado) se abarcó el coeficiente de variación. Teniendo en cuenta que cada una de las parcelas establecidas tuvieron un área de 200 m² (0,02 ha), para el arbustal abierto se muestrearon 5,82 ha y para el arbustal denso 2,54 ha. En el Anexo 33. Permiso de aprovechamiento forestal, se puede observar la base de datos con los resultados del muestreo realizado y las coordenadas de cada una de las parcelas.

Una vez obtenido el tamaño de muestra óptimo para cada cobertura, éste se utilizó para el cálculo del error de muestreo.

- Muestreo aleatorio simple (MAS)

En vista de que se realizaron muestreos aleatorios simples para cada cobertura de analisis, el cálculo del error también se realizó para cada cobertura (Ara, Arld), utilizando los siguientes parámetros:

Error estándar de la media

$$S_x = \sqrt{\frac{\delta}{N}}$$

Donde:

δ = Desviación estándar

N = tamaño de muestra poblacional

Error de muestreo absoluto

$$\text{Error muestreo absoluto} = S_x * t$$

Donde:

S_x = error estándar de la media

t = valor estadístico de t para $(n - 1)$ grados de libertad y una significancia del 5% ($\alpha = 0,05$)

Error de muestreo relativo

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

$$Error\ muestreo\ relativo = \frac{Sx * t}{\bar{X}}$$

Donde

$\bar{X}$: media muestral

- Técnica de muestreo

A continuación, se detalla la metodología usada en campo para el inventario de la vegetación leñosa y herbácea terrestre en el área de influencia biótica del proyecto.

Utilizando cinta métrica y cuerda para amarres, se delimitaron las parcelas. Cada parcela fue marcada y georreferenciada en uno de sus vértices, como se muestra en la Imagen 2-29. En cada parcela establecida, se midieron, marcaron e identificaron todos los individuos con diámetro a la altura del pecho $DAP \geq 10$ cm (fustales). Todos los individuos fustales fueron marcados con pintura asfáltica de color amarillo; las variables dasométricas medidas de cada fustal fueron: circunferencia a la altura del pecho (CAP) (hasta cuatro ramificaciones), altura total (Ht) y altura comercial (Hc). Adicionalmente se tomaron datos sobre su uso y su nombre en lenguaje wayunaiki.

En las subparcelas de 5m x 4m establecidas dentro de cada parcela de 50m x 4m, se censaron los renuevos, brinzales y latizales; a estos últimos se les tomó el CAP y la Ht.



(a)



(b)

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



(c)



(d)



(e)



(f)

Imagen 2-29. a) Establecimiento de las parcelas, b) Marcaje del vértice inicial de la parcela, c) Georreferenciación del vértice inicial de la parcela, d) Medición de los individuos fustales, e) y f) Marcaje de los individuos fustales.

Fuente: Renovatio 2018

En la Figura 2-44, se puede observar la ubicación de las parcelas dentro del AIB del proyecto y en el Anexo 33. Permiso de aprovechamiento forestal, se incluye la base de datos del muestreo de flora.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

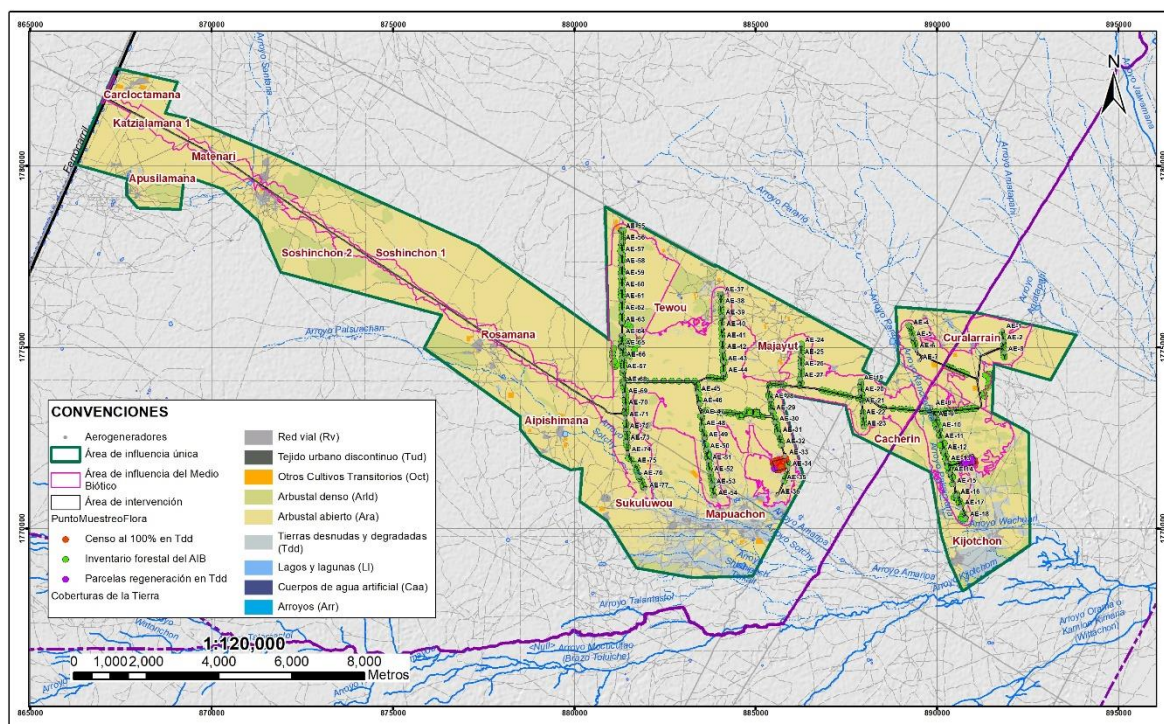


Figura 2-44. Ubicación de las parcelas realizadas para el muestreo de flora.

Fuente: Renovatio 2019

- Colección e identificación de especies

Cada especie fue colectada en campo, por medio de la utilización de tijeras podadoras y cortarramas, no obstante, debido a que muchas de las especies a colectar no fueron muy altas, el acceso a las ramificaciones y la colecta del material pudo realizarse en muchas ocasiones con tijeras podadoras (Imagen 2-30).

A cada especie se le colectaron entre dos y cuatro muestras botánicas, además, se registraron todas las características que pudiesen desaparecer una vez fueran colectadas, tales como: exudados, olores, indumentos, sabores, colores. Los ejemplares colectados fueron herborizados siguiendo las técnicas tradicionales propuestas por Lot y Chiang¹⁴⁵.

Dicha colección se amparó bajo la Resolución 01216 del 29 de septiembre de 2017 emitida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA (Anexo 14. Permiso de recolección de especímenes). En el Anexo 15. Certificado de herbario UdeA, se incluye el certificado de determinación y depósito del material vegetal en el Herbario de la Universidad de Antioquia (HUA).

Las muestras botánicas colectadas en campo fueron prensadas sobre hojas de papel periódico previamente rotuladas con el indicador del registro de campo, posteriormente fueron alcoholizadas con alcohol al 70%, para evitar su descomposición, el desprendimiento de las

¹⁴⁵ LOT, A., y CHIANG, F. Manual de herbario. *Consejo Nacional de la Flora de México*. México. 1986.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

hojas y el ataque por insectos o microorganismos. El material vegetal previamente alcoholizado fue llevado al Taller del Herbario de la Universidad de Antioquia, donde fue preparado para ser disecado. Las plantas disecadas fueron llevadas al Herbario de la Universidad de Antioquia en el cual se hizo el proceso de identificación taxonómica (Imagen 2-30).

Para la determinación taxonómica de las especies se siguió el sistema de clasificación APG III¹⁴⁶ para Angiospermas. Además, de contar con la ayuda de bibliografía especializada, como claves y descripciones de las especies, la comparación morfológica con los especímenes de referencia depositados en el Herbario HUA, las bases de datos del Missouri Botanical Garden¹⁴⁷ y The plant list¹⁴⁸, y la colaboración de especialistas en algunos grupos o familias botánicas.



(a)



(b)



(c)



(d)

¹⁴⁶ ANGIOSPERM PHYLOGENY WEBSITE, version 13. [en línea]. < <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>>. [citado el 22 de agosto de 2016]

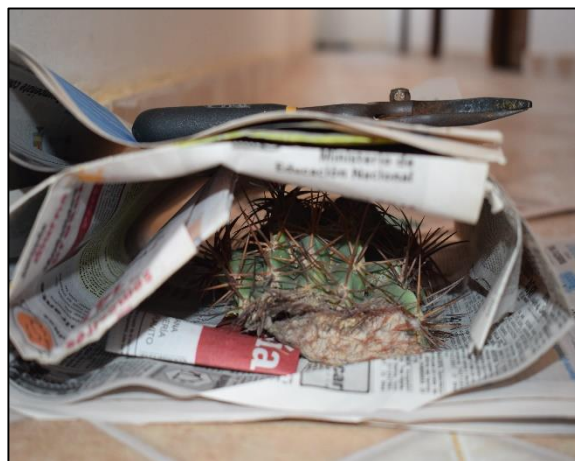
¹⁴⁷ MISSOURI BOTANICAL GARDEN. [en línea]. < <http://www.missouribotanicalgarden.org>>. [citado el 22 de agosto de 2016].

¹⁴⁸ THE PLANT LIST. [en línea]. < <http://www.theplantlist.org>>. [citado el 22 de agosto de 2016].

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



(e)



(f)

Imagen 2-30. a) a f) Proceso de colección, prensado e identificación del material vegetal.

Fuente: Renovatio 2018

- Consolidación de base de datos

Posterior a la fase de campo, se conformó una base de datos donde se registraron los datos de las variables medidas y estimadas en campo, la cual fue procesada por medio del programa Microsoft Excel®.

Los datos obtenidos de circunferencia a la altura del pecho (CAP), altura total (Ht) y altura comercial (Hc), fueron usados para el cálculo de las demás variables de interés como se muestra a continuación:

- Diámetro total (m) y área basal (m²)

La circunferencia a la altura del pecho (CAP), se transformó a diámetro a la altura del pecho (DAP), según la siguiente ecuación:

$$DAP = CAP/\pi$$

No obstante, en caso de que las plantas presentaran ramificaciones (se midieron hasta cuatro), el DAP se calculó según lo propuesto por Franco-Roselli et al.¹⁴⁹, así:

$$Dt = \sqrt{\left(4 * \frac{At}{\pi}\right)}$$

Donde:

$$At = AB = \sum A_i$$

$$Ai = ABi = \left(\frac{\pi}{4}\right) * (DAP)^2$$

¹⁴⁹ FRANCO-ROSSELLI P, BETANCUR J, y FERNÁNDEZ-ALONSO JL. Diversidad florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia. Caldasia. 1997. p. 205-234.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

$At = AB = \text{Área basal total}^{150}$

$Ai = ABi = \text{Área basal de cada ramificación}$

- Volumen total y comercial (m^3)

Para el cálculo del volumen se tuvieron en cuenta las siguientes ecuaciones generales:

Volumen total (con corteza): $VT = \frac{\pi}{4} DAP^2 * Ht * FF$

Volumen comercial (con corteza): $VC = \frac{\pi}{4} DAP^2 * Hc * FF$

Donde DAP corresponde al diámetro a la altura del pecho (1,30 m), Ht a la altura total del individuo, Hc a la altura comercial del individuo y FF al factor de corrección del volumen, en este caso 0,7 que es el más usado para especies tropicales¹⁵¹.

- Biomasa y carbono (Kg)

El cálculo de la biomasa se realizó con base en el protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia propuesto por Yepes et al¹⁵², documento que tiene como objetivo proporcionar herramientas técnicas, metodológicas y estándares para la estimación nacional y sub-nacional de biomasa - carbono en Colombia.

La ecuación alométrica usada fue la propuesta para el bosque seco tropical (bs-T), cuyo R^2 corresponde a 0,932:

$$\ln(BA) = a + B1\ln(D)$$

Donde:

a y $B1$ son constantes que corresponden a -2,235 y 2.3733, respectivamente.

D es el diámetro normal medido a 1,30 m del suelo.

Los resultados de la biomasa obtenida tienen unidades de Kg, pero si se requiere convertir a toneladas, el valor de la biomasa se debe dividir por 1000.

¹⁵⁰ MUELLER-DOMBOIS D, y ELLENBERG H. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons Inc., Nueva York. 1974. p. 580.

¹⁵¹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Vol 2. Estimación del Volumen. 1980. Roma. 100 pp.

¹⁵² YEPES A.P., NAVARRETE D.A., DUQUE A.J., PHILLIPS J.F., CABRERA K.R., ÁLVAREZ, E., GARCÍA, M.C. y ORDOÑEZ, M.F. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 2001. p. 162.

EOLIOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

De acuerdo con Clark et al.¹⁵³ y Chave et al.¹⁵⁴, se asume que la biomasa de árboles vivos contiene aproximadamente 50% de carbono, es por esto que para el cálculo del carbono se usó la siguiente fórmula:

$$C = BA * 0,5$$

- Densidad de la madera (g/cm³)

La densidad de la madera está definida como la relación entre la masa y el volumen¹⁵⁵.

$$\delta_{madera} = \left(\frac{BA}{VT} \right) * 0,001$$

- Índices y parámetros de evaluación de la vegetación

Luego de tener la base de datos consolidada, se procedió a cuantificar la diversidad florística y el análisis estructural de la vegetación que se encuentra en el área de influencia biótica del proyecto, por medio del diagnóstico de la regeneración natural, el estado sucesional, el estado de la diversidad, entre otros.

A continuación, se define la metodología usada para cuantificar y caracterizar la diversidad¹⁵⁶.

- Diagnóstico y análisis de la regeneración

El análisis de la regeneración natural permite valorar el estado y/o condiciones en que se encuentra la sucesión de las especies vegetales que conforman una comunidad. Cuando dicha comunidad alcanza el estado final de regeneración se dice que la estructura y composición de las especies se adapta plenamente a las condiciones ambientales del lugar que confluyen en un climax.

Para dicho análisis se valoraron todos los individuos muestreados de las categorías latizales, brinzales y renuevos. La información altimétrica registrada en estas categorías, fue organizada en una base de datos de Microsoft Excel®, en clases de altura así:

Tabla 2-86. Clases altimétricas para la categoría de regeneración.

Clase A: individuos menores a 0,5 m
Clase B: individuos con altura entre 0,5 y 1,0
Clase C: individuos con altura entre 1,0 y 1,49 m
Clase D: individuos con altura entre 1,5 y 1,99 m
Clase E: individuos con altura superior 2 m y DAP inferior a 4,99 cm.
Clase L: Individuos con altura superior 2 m y DAP entre 5 cm y 9,99 cm

¹⁵³ CLARK D., BROWN S., KICKLIGHTER D.W., CHAMBERS J.Q., THOMLINSON J.R., NI J. Measuring Net Primary Production in Forests: Concepts and Field Methods. 2001. Ecological Applications: 11(2):356-370. DOI: 10.1890/1051-0761(2001)011[0356: MNPPIF]2.0.CO;2.

¹⁵⁴ CHAVE J., et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. 2005 Oecologia 145: 87-9.

¹⁵⁵ FAO. Methods for estimating biomass density from existing data. Disponible en: [http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e06.htm#3.1.1] Citado el 19-09-2017.

¹⁵⁶ ORJUELA, R.D. ECHEVERRI, N. GUTIERREZ, E. MARÍN, J.D. ZÚÑIGA, J. y PRIETO, R. Protocolo para la Revisión y Evaluación de Planes de Manejo Forestal. Serie Posicionamiento de la Gobernanza Forestal en Colombia. 2015. Imprenta: CARDER; CORANTIOQUIA. ISBN 9789588370491. p. 130.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Fuente: Imaña et al¹⁵⁷.

En la Tabla 2-87, se presentan las ecuaciones que hicieron parte del análisis de la regeneración natural. La especie con el mayor valor de regeneración natural será considerada como la principal especie en la correspondiente comunidad vegetal estudiada¹⁵⁸.

Tabla 2-87. Ecuaciones utilizadas para el análisis de regeneración natural.

Análisis	Definición	Ecuación	Donde
Valor fitosociológico por clase de altura (VS)	Cálculo porcentual a la división de la abundancia total de la clase de altura por el total de la abundancia.	$VrCHa = \frac{AbCHa}{\sum AbCH}$ $VSa = \frac{VrCHa}{10}$	VrCHa: Valor relativo de la Clase de altura a Ab: abundancia
Posición Sociológica Relativa de la Regeneración Natural Temprana (PSR-RNT)	Valor relativo de la sumatoria de la multiplicación del número de individuos por clase con el Valor fitosociológico.	$PSR - RNT (\%) = (Ind. CHa * VSa) + (Ind. CHb * VSb) + \dots + (Ind. CHn * VSn)$	Ind.CHa es número de individuos de la Clase de altura a VSa Valor fitosociológico de la clase a
Índice Relativo de la Regeneración Natural Temprana (RNTR)	Corresponde a la suma de los valores relativos de la abundancia, frecuencia y clase de altura dividido en 3 (que corresponde a 3 paramentos)	$RNTR = \frac{(AB - R\% + FR - R\% + PSR - RNT\%)}{3}$	AB-R: abundancia realtiva FR-R: Frecuencia relativa PSR-RNT: Posición Sociológica Relativa de la Regeneración Natural Temprana

Fuente: Imaña et al¹⁵⁹ y Orjuela et al¹⁶⁰.

- Estructura horizontal

El análisis estructural permite evaluar el comportamiento de árboles individuales y especies en su superficie, su dinamismo y tendencias del futuro desarrollo de las comunidades forestales, que son básicas para diseñar las estrategias de manejo de cualquier tipo de bosque; esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia, distribución espacial y el número de especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema. Tal es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (IVI)¹⁶¹.

Este tipo de análisis también incluye el índice de cociente de mezcla (C.M.).

- Abundancia (A)

¹⁵⁷ IMAÑA-ENCINAS, J. JIMÉNEZ PÉRES, J. REZENDE, A. RAINIER IMAÑA, C. ANTUNES SANTANA, y O. DE MEIRA JUNIOR M. Conceptos dasométricos en los inventarios fitosociológicos. Brasília, Brasil / Linares, México: Universidade de Brasília / Universidad Autónoma de Nuevo León. 2014. p. 82.

¹⁵⁸ Ibíd., p. 2-179.

¹⁵⁹ Ibíd., p. 2-179.

¹⁶⁰ ORJUELA, R.D. ECHEVERRI, N. GUTIERREZ, E. MARÍN, J.D. ZÚÑIGA, J. y PRIETO, R. Op. cit. p. 2-179.

¹⁶¹ Ibíd., p. 2-180.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o clase de plantas, se establece por conteo directo en el área de muestreo.

$$A = N$$

Donde:

N : Número de individuos de una especie o familia.

A : Corresponde a la abundancia

- *Abundancia relativa (A_r)*

Indica el porcentaje de participación de cada especie, referida al número de árboles totales encontrados.

$$A_r = A_a / A_t * 100$$

Donde:

A_a : Número de individuos por especie en el área muestreada

A_t : Número total de individuos en el área muestreada

- *Frecuencia absoluta (F_a)*

Es la existencia o falta de una determinada especie en una subparcela, la frecuencia absoluta (F_a), se expresa en porcentaje (100% = existencia en todas las subparcelas). La frecuencia relativa (F_r) de una especie se calcula como el porcentaje de la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

$$F_a = U / T * 100$$

Donde:

U : Número de unidades de muestreo en que ocurre una especie

T : Número total de unidades de muestreo

- *Frecuencia relativa (F_r)*

Es el porcentaje de la frecuencia absoluta de una especie en relación con la suma de las frecuencias absolutas de las especies presentes.

$$F_r = F_a / F_t * 100$$

Donde:

F_t : Suma de las frecuencias absolutas

- *Dominancia (D)*

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. Para su cálculo, se emplean las áreas basales, debido a la alta correlación lineal entre el diámetro de copa y el diámetro de fuste para una especie en particular. El valor del área basal, expresada en metros cuadrados (m²) para cada especie será la Dominancia Absoluta (DA):

$$DA = (\pi/4) \times DAP^2$$

Donde:

DAP = Diámetro a la altura del pecho (m)

- *Dominancia relativa (Dr)*

La dominancia relativa (Dr) se calcula como la proporción de una especie en el área total evaluada, expresada en %.

$$Dr = (Da / At) * 100$$

Donde:

Da: Dominancia absoluta de cada especie

At : Área basal total en el área muestreada

Los valores de frecuencia, abundancia y dominancia pueden ser calculados no solo para las especies, sino también para determinados géneros, familias, formas de vida, así como para clases por categorías de altura.

- *Índice de valor de importancia (IVI)*

El I.V.I es un valor en porcentaje que indica el grado de asociación de las especies y de las familias como base para la clasificación de la vegetación. Los IVI más altos indican las especies o familias más importantes o que predominan y su importancia ecológica dentro del ecosistema. El I.V.I se obtiene para cada especie efectuando la sumatoria de:

$$I.V.I = Abundancia\ relativa (\%) + Frecuencia\ relativa (\%) + Dominancia\ relativa (\%)$$

- *Cociente de mezcla (CM)*

Este es un parámetro ecológico que mide la intensidad de mezcla de las especies en las masas forestales de una determinada región. Está dado por el número de especies sobre el número de árboles e indica el nivel de heterogeneidad u homogeneidad que se presentan en el bosque.

$$CM = \frac{No.\ total\ especies}{No.\ total\ individuos}$$

Para la interpretación del cociente de mezcla se tienen los siguientes parámetros (Tabla 2-88):

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-88. Parámetros interpretativos del cociente de mezcla

CM ≤ 0,1: comunidades totalmente homogéneas
0,1 < CM ≤ 0,5: comunidades con tendencia a la homogeneidad
0,5 < CM ≤ 0,99: comunidades con tendencia a la heterogeneidad
CM > 0,99: comunidades totalmente heterogéneas
CM = 1, es el mayor valor de este coeficiente, lo que quiere decir que cada individuo nuevo es una especie nueva para el inventario

Fuente: Orjuela et al¹⁶².

- Estructura vertical
- Distribuciones diamétricas y altimétricas

Las distribuciones diamétricas y altimétricas se determinan por la relación entre los diámetros o las alturas y su frecuencia respectiva, en un bosque o rodal del cual se conoce su área basal¹⁶³. En consecuencia, si se pretende reconocer y comprender íntegramente el estado actual de la estructura horizontal y vertical de las coberturas evaluadas, se hace indispensable realizar histogramas de frecuencias diamétricas y altimétricas, dado que con estos se pueden observar fácilmente tres propiedades fundamentales de una distribución: la forma, la tendencia central o acumulación y la dispersión o variabilidad¹⁶⁴.

El establecimiento de categorías de clase, se establecieron de acuerdo con los valores máximos y mínimos de cada parámetro (DAP y altura) y con el número de individuos. Los intervalos de clase se establecieron de la siguiente manera¹⁶⁵:

$$C = (X_{max} - X_{min})/m$$

Donde:

$$m = 1 + 3.3 * (\log_{10} n)$$

n = número total de individuos

m = número de intervalos

C = amplitud del intervalo

X = parámetro a analizar (altura o diámetro)

- Estado sucesional

El estado sucesional de la comunidad vegetal evaluada se determinó a partir del índice de valor de importancia ampliado (IVIA), ya que permite analizar integralmente la importancia

¹⁶² ORJUELA, R.D. ECHEVERRI, N. GUTIERREZ, E. MARÍN, J.D. ZÚÑIGA, J. y PRIETO, R. Op. cit. p. 2-179.

¹⁶³ LEMA; A. Borrador para unos elementos estadísticos de dasometría y medición forestal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2002. p. 384.

¹⁶⁴ PÉREZ, C. Estadística práctica con STATGRAPHICS®. Universidad Complutense de Madrid. Instituto de Estudios Fiscales. Madrid. 2002. p. 691.

¹⁶⁵ VELÁZQUEZ., RANGEL. Y A. Métodos de estudio de la vegetación. En J. O. Rangel- Ch., P. Lowry & M. Aguilar. Colombia Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1997. p. 59-87.

EOLOS ENERGÍA S.A.S.E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ecológica de las especies arbóreas en todas las categorías de tamaño (fustales, latizales, brinzales y renuevo), tanto en la expansión horizontal como en la vertical. Para el efecto se adicionan el Índice de Valor de Importancia (IVI), la Posición Sociológica Relativa de los Fustales (PSR) y el índice relativo de la Regeneración Natural Temprana Relativa (RNTR); se emplea la siguiente fórmula:

$$IVIA = IVI + PSR + RNTR$$

Donde:

IVI: Índice de valor de importancia por especie

RNTR: Índice relativo de la regeneración natural temprana

PSR: Posición sociológica relativa de los fustales

Para calcular la PSR, se asigna previamente un valor fitosociológico (VF) a estratos previamente definidos para la comunidad de plantas (Tabla 2-89):

Tabla 2-89. Estratos definidos para los fustales de la comunidad de plantas del proyecto BETA

Estrato bajo (B) = Ht < 3 m
Estrato medio (M) = 3 ≤ Ht < 5 m
Estrato alto (A) = Ht ≥ 5 m

Luego se calcula el valor fitosociológico de cada especie por estratos con la siguiente fórmula:

$$VF(\%) = \frac{N1}{Nt} * 100$$

$$VFS = \frac{VF(\%)}{10}$$

Donde:

N1: número de individuos en el estrato i

Nt: número de individuos totales

VF: valor fitosociológico relativo (%)

VFS: valor fitosociológico simplificado

Finalmente se calcula la posición sociológica absoluta por especies (PSA_{sp})

$$PSA_{sp} = \sum VFS_B + VFS_M + VFS_A$$

Y la posición sociológica relativa por especie (PS%)

$$PS(\%) = \left(\frac{PSA_{sp_i}}{\sum PSA_{sp1} \dots PSA_{spn}} \right) * 100$$

- Índices de diversidad y riqueza

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

La medición de la biodiversidad es importante, dado que permite conocer patrones de distribución, tanto espacial como temporal. Los índices de diversidad sirven como indicadores de la situación puntual y la dinámica ecológica de los ecosistemas¹⁶⁶.

➤ *Diversidad alfa*

La diversidad alfa se evaluó mediante los índices de diversidad de Margalef (DMg) y dominancia de Simpson (D)¹⁶⁷:

$$DMg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

$$D = \sum p_i^2$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde

S: número de especies

N: número total de individuos

p_i : proporción de individuos de la i ésima especie

n_i : número de individuos de una especie

De igual manera se estimó el índice Inverso de Simpson, de la forma (1/D); en donde el menor valor posible es 1 (comunidad con solo 1 especie); a mayor diversidad mayor es el índice; el valor máximo es el número de especies de la comunidad (riqueza de especies); indicando que no hay dominancia de ninguna especie y que todas están igualmente representadas, lo que se conoce como equitatividad¹⁶⁸.

➤ *Diversidad beta*

La diversidad beta entre las coberturas, se evaluó usando el índice de Jaccard. Este índice usa un método cualitativo, es decir, expresa la semejanza entre dos muestras considerando la composición de especies; toma valores entre 0 cuando no se comparten especies y 1 cuando tienen las mismas especies¹⁶⁹.

$$l_j = \frac{c}{(a + b - c)}$$

¹⁶⁶ MAGURRAN, A.E. Ecological diversity and its measurement. New Jersey: Princeton University Press. 1988. p. 179.

¹⁶⁷ MORENO CE. Métodos para medir la biodiversidad. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Zaragoza, España. 2001. p. 84.

¹⁶⁸ MAGURRAN, A.E. Op. Cit., p. 2-184.

¹⁶⁹ Ibíd.p. 2-184.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Donde:

a: # especies en sitio A

b: # especies en sitio B

c: # especies compartidas entre A y B

Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa Microsoft Excel®.

- Curva de acumulación de especies

Para establecer el esfuerzo de muestreo, se estableció una curva de acumulación con las especies observadas y esperadas. Las curvas de acumulación y las estimaciones de la riqueza esperada se realizaron con el programa EstimateS WIN 820 y Microsoft Excel®.

- Grado de sociabilidad y estructura espacial

Para el estudio de la distribución espacial se han desarrollado muchos índices, los cuales se pueden clasificar como métodos basados en la varianza, que utilizan datos en unidades de muestreo; métodos basados en cálculos de distancias, que requieren de la medida de distancias o ángulos, y técnicas del momento de segundo orden, que requieren para su cálculo datos de la posición de todos los árboles. Para el cálculo del grado de sociabilidad de este proyecto se utilizó el índice propuesto por Morisita (1959)¹⁷⁰, el cual permite analizar el patrón espacial a partir de la relación entre la media y la varianza, así:

$$I\delta = \frac{n \sum Xi(Xi - 1)}{n\bar{X}(n\bar{X} - 1)}$$

Donde:

Iδ: Índice de Morisita

n: número de individuos.

Para la interpretación del grado de agregación o sociabilidad, teniendo en cuenta que determina la distribución espacial de las especies, se tienen los siguientes parámetros:

Iδ < 1, indica tendencia regular

Iδ = 1, indica que la especie tiene distribución aleatoria

Iδ > 1, indica que la especie se encuentra agregada

- Perfiles de la vegetación

El perfil de la vegetación corresponde al esquema de una franja de bosque que pretende ilustrar el número de estratos, su altura y cobertura. Para la elaboración del perfil esquemático se eligió una de las parcelas establecidas de (50m x 4m) en las coberturas de Ara y Arld. En las Tdd se estableció una parcela para este fin, en la cual se incluyeran algunos fustales del censo al 100% y la regeneración. En las parcelas, fue necesario georreferenciar todos los fustales, con el fin de poder plasmar en un plano digital la información del perfil.

- Estrategias de dispersión

¹⁷⁰ LEDO A., CONDÉS S., MONTES F. Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. 2012. Revista Perú Biológica 19(1): 113 – 124.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Para las especies registradas en el AIB, se describieron sus mecanismos de dispersión a partir de la búsqueda de información secundaria y teniendo en cuenta las observaciones específicas tomadas en campo asociadas a tipo de semillas y frutos y presencia de banco de plántulas y/o semillas; además de la información suministrada por los pobladores.

2.3.4.1.5.1.3 Caracterización de la flora vedada o amenazada

- Especies leñosas y herbáceas terrestres

Para determinar si en el área de intervención del proyecto se encuentran individuos vegetales leñosos o herbáceos terrestres que estén vedados, se hicieron recorridos por toda el área de intervención del proyecto buscando dichas especies.

Es importante resaltar, que para dar cumplimiento a los requerimientos de información adicional solicitados mediante el Acta No. 100 por la Autoridad Ambiental, en el sentido de incluir la vía de acceso al parque eólico BETA, se incluyeron nuevas áreas de intervención; en las cuales se realizó un recorrdio por todo el corredor vial con el fin de identificar la presencia de individuos de especies vedada.

- Inventario de orquídeas, bromelias, briófitos y líquenes

Dado que la Resolución 0213 de 1977 emitida por el Inderena establece como especies vedadas a todos los musgos, líquenes, lamas, parásitas, quiches y orquídeas, se realizó el inventario de las epífitas vasculares (orquídeas y bromelias) y no vasculares (musgos, hepáticas, líquenes). La caracterización de estos grupos se realizó en las coberturas de Arbustal abierto, Arbustal denso y Tierras desnudas y degradadas dentro del área de intervención del Proyecto de Generación de Energia Eólica BETA. En la siguiente figura se incluyen los puntos de muestreo para estos grupos.

Como se meciono anteriormente, de acuerdo a la inclusión de la vía de acceso al parque, se tuvo que ajustar el número de unidades muestrales (forófitos) teniendo en cuenta las nuevas áreas de intervención.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

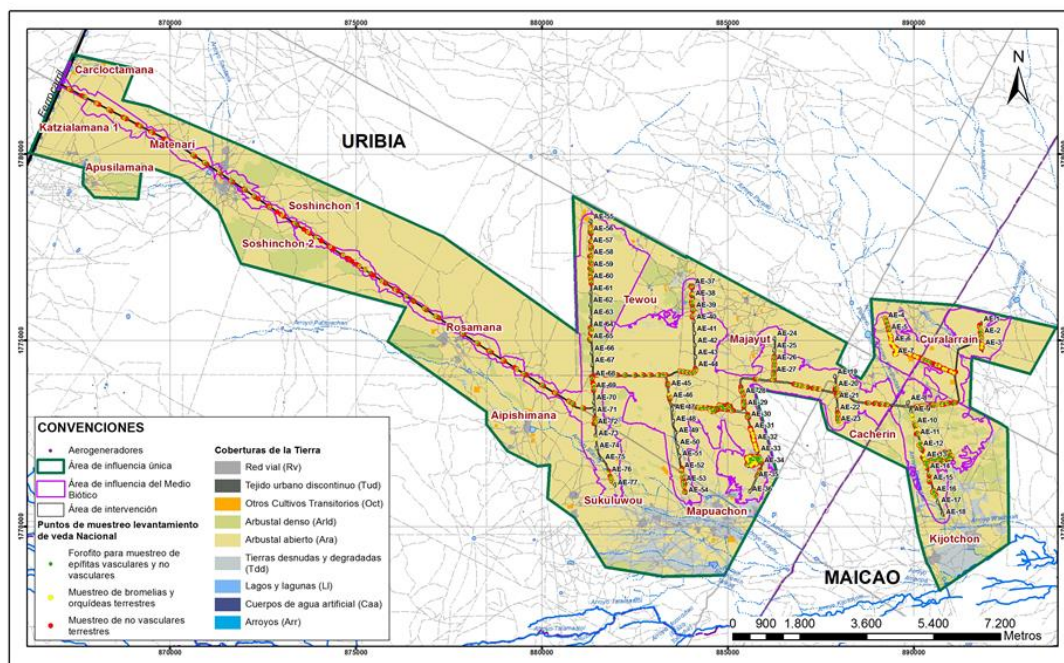


Figura 2-45. Ubicación puntos de muestreo de epífitas vasculares y no vasculares

Fuente: Renovatio 2019

- Orquídeas y bromelias de hábito epífita

Para el inventario se siguió la metodología propuesta por Gradstein et al.¹⁷¹, quienes proponen que la evaluación de ocho (8) árboles maduros es suficiente para representar la diversidad de epífitas vasculares presentes en un área de una (1) hectárea. Por lo tanto, la intensidad de muestreo corresponde a ocho (8) árboles por hectárea a intervenir y la unidad de muestreo corresponde a un árbol o forófito.

Para la caracterización de las epífitas vasculares se establecieron parcelas de 50m x 4m, al interior de las cuales se seleccionaron al azar ocho (8) árboles hospederos o forofitos con DAP ≥ 10 cm (Figura 2-46), en caso de no encontrar el número de árboles necesarios dentro del área establecida, se eligieron al azar los árboles que estuvieran más cercanos a la parcela y se asociaron a ella, para cumplir con el número de forofitos necesarios.

¹⁷¹ GRADSTEIN, S.R., N.M. NADKARNI, T. KRÖMER, I. HOLZ & N. NÖSKE. A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity of tropical rain forest. 2003. Selbyana 24: 105-111.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

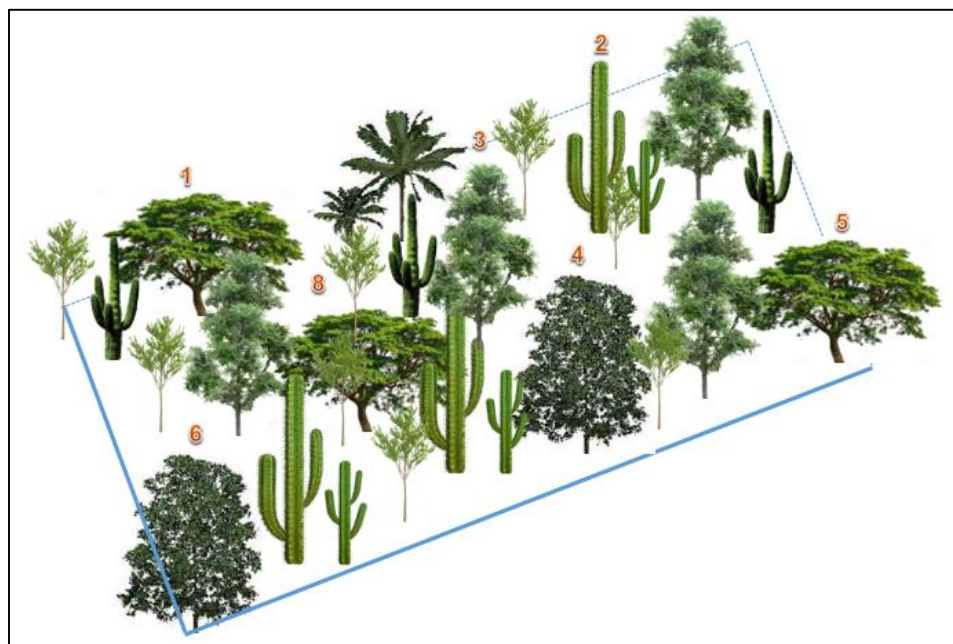


Figura 2-46. Selección de los forofitos a evaluar dentro de las parcelas de 50m x 4m para el muestreo de epífitas vasculares y no vasculares

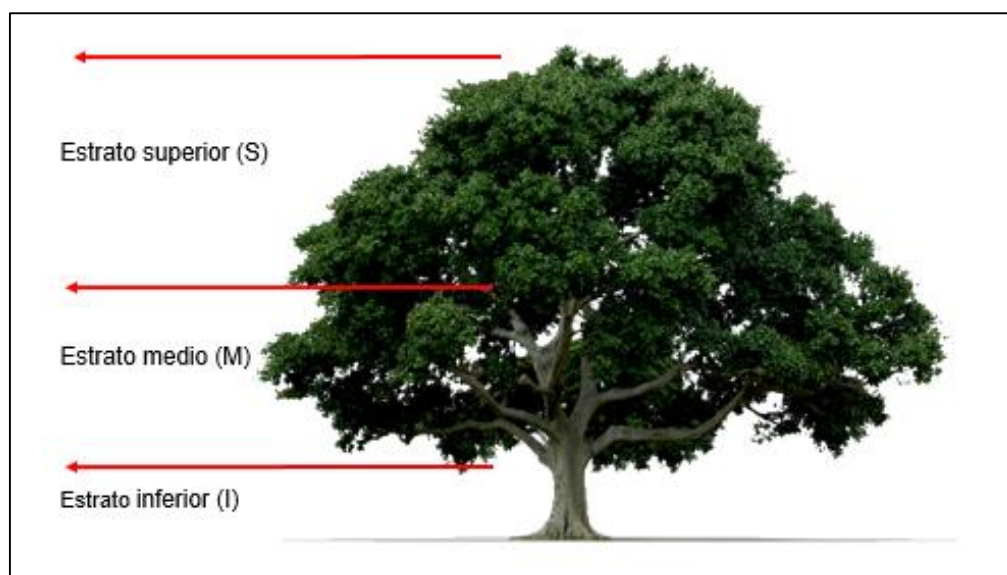
Fuente: Renovatio 2018

El censo de las epífitas vasculares se realizó en tres estratos del árbol hospedero: (Figura 2-47)

Estrato inferior: Tronco hasta la primera ramificación.

Estrato medio: Parte basal de las ramas.

Estrato superior: Parte externa de las ramas.



EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Figura 2-47. Representación esquemática para el muestreo de epífitas vasculares por estratos en cada forófito

Fuente: Renovatio 2018

En los cactus columnares ramificados basalmente, se dividió la altura en tres estratos.

La observación de los estratos superiores en el dosel del árbol hospedero se realizó con binoculares y con cámaras fotográficas semiprofesionales de largo alcance.

En cada estrato se censaron las epífitas vasculares presentes, tomando los siguientes datos: especie, número de individuos por especie vascular, estrato en el que se encuentra presente, especie hospedera, senescencia, estadio reproductivo y estado fitosanitario.

- Orquídeas y bromelias de hábito terrestre

El muestreo de orquídeas y bromelias de hábito terrestre, se realizó en las mismas unidades de análisis (parcelas de 50m x 4m), donde se realizó el muestreo de las epífitas. Se registró la abundancia por especie, la senescencia, el estado reproductivo y el estado fitosanitario (Figura 2-48).

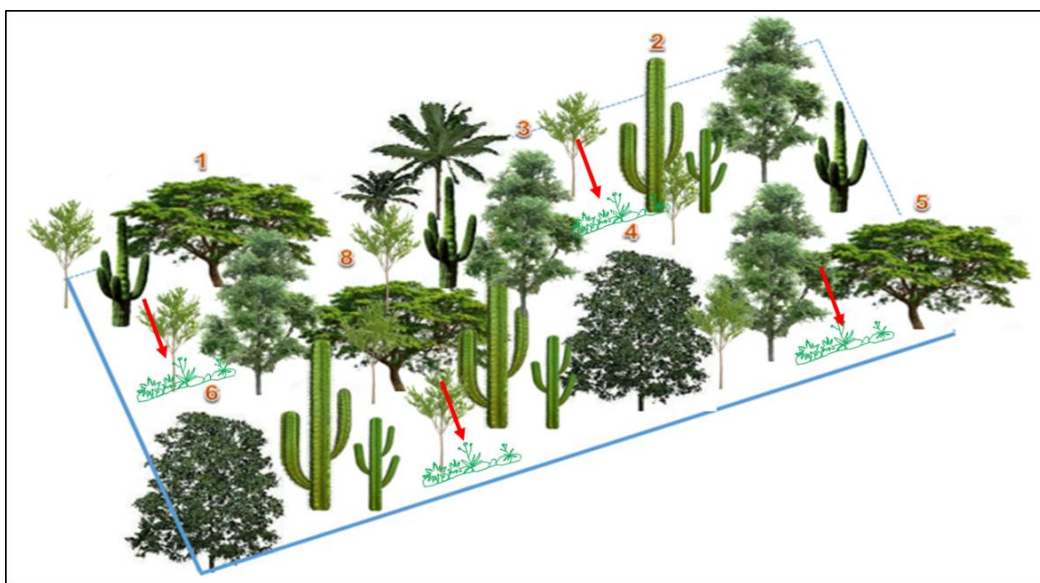


Figura 2-48. Representación esquemática para el muestreo de bromelias y orquídeas de hábito terrestre

Fuente: Renovatio 2018

- Briofitos y líquenes de hábito epífito

El muestreo de musgos, hepáticas y líquenes fue realizado en las mismas parcelas de 50 m x 4m y en los mismos forofitos en los cuales se realizó el muestreo de las epífitas vasculares (Figura 2-46). En cada forófito se realizó el muestreo de las epífitas no vasculares en tres estratos (ver Figura 2-49):

- Estrato inferior: Tronco desde la base hasta la mitad
- Estrato medio: Tronco desde la mitad hasta su parte superior.
- Estrato superior: Parte basal de las ramas

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

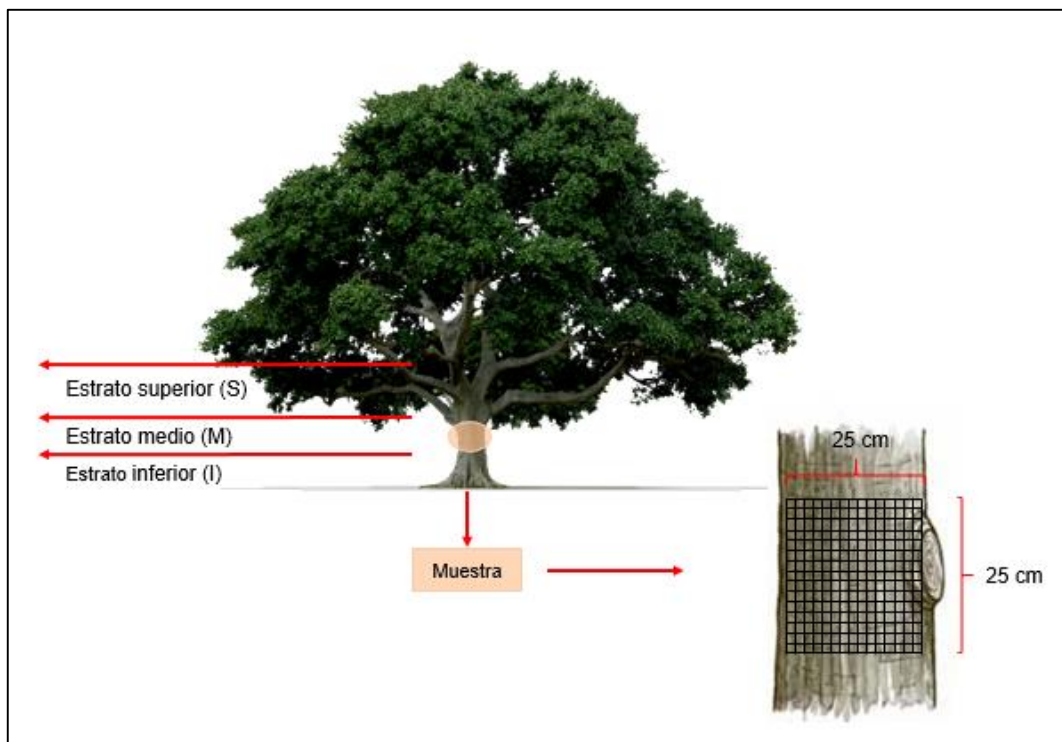


Figura 2-49. Representación esquemática para el muestreo de epífitas no vasculares por estratos en cada forofito

Fuente: Renovatio 2018

En los cactus columnares ramificados basalmente, se dividió la altura en tres estratos.

En cada uno de los estratos se registraron las comunidades de musgos, hepáticas y líquenes mediante el uso de una cuadrícula de acetato transparente de 25cm x 25cm sub-dividida en cuadrados de 2,0cm x 2,0cm¹⁷², con el fin de estimar el área de ocupación en cm² de cada comunidad diferenciable (Figura 2-49 e Imagen 2-31).

¹⁷² IWATSUKI, Z. The Epiphytic Bryophyte Communities in Japan. 1960. J Hattori Bot Lab, 22: 159-339.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



(a)



(b)

**Imagen 2-31. Implementación en campo de la metodología propuesta a) Cuadrícula de medición
b) Utilización de equipos para la colección.**

Fuente: Renovatio 2018

Para tomar las muestras se removieron fragmentos de aproximadamente 3 x 3 cm de las morfoespecies identificables en el árbol, para su identificación en laboratorio, las muestras se depositaron en bolsas de papel, cada una rotulada con la información correspondiente a la parcela, forófito, zona de tronco del forófito y coordenadas (Imagen 2-32).



(a)



(b)

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



(c)



(d)

Imagen 2-32. a) Epífita no vascular presente en una de las unidades de muestreo, b) Epífita no vascular colectada, c) Proceso de colección de epífitas, d) Georreferenciación del forofito.

Fuente: Renovatio 2018

- Briofitos y líquenes de hábito terrestre

Para el muestreo de las *epífitas no vasculares terrestres*, se ubicaron al azar tres sitios (sobre suelo, hojarasca y/o sobre rocas), dentro de las parcelas de 50m x 4m. Los sitios seleccionados fueron georreferenciados y en ellos se registraron los individuos presentes, mediante el uso de la misma cuadrícula de acetato transparente de 25cm x 25cm sub-dividida en cuadrados de 2,0cm x 2,0cm¹⁷³ (Figura 2-50).

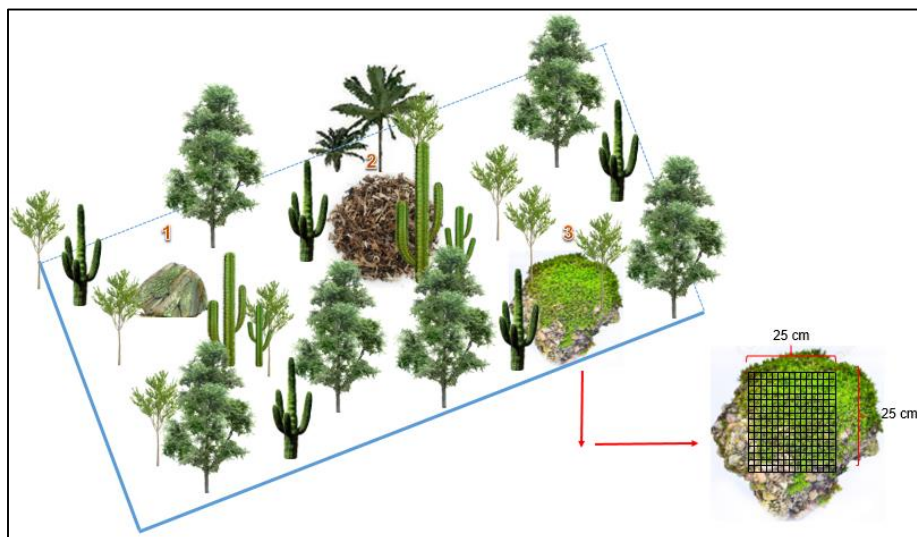


Figura 2-50. a) Representación esquemática para el muestreo de musgos, hepáticas y líquenes de hábito terrestre

Fuente: Renovatio 2018

¹⁷³ IWATSUKI, Z. Op. cit. p. 2-191.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

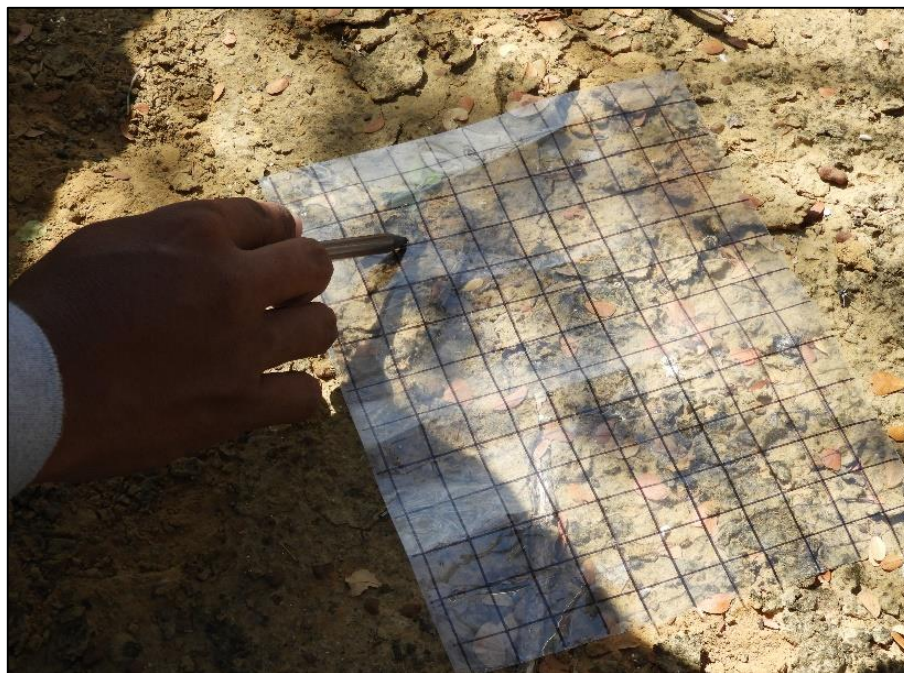


Imagen 2-33. Utilización en campo de la cuadrícula de muestreo para el muestreo de musgos hepáticas y líquenes de hábito terrestre.

Fuente: Renovatio 2018

Para la clasificación taxonómica de líquenes se utilizaron las claves de Sipman¹⁷⁴ y bibliografía para cada grupo como Harris¹⁷⁵ para el género *Pyrenula*, Lücking et ál.¹⁷⁶ para el género *Graphis*, Sipman y Aptroot¹⁷⁷ para el género *Mycomicrothelia*, McCarthy¹⁷⁸, entre otras. Dependiendo del grupo de líquenes se procedió con diferentes técnicas para realizar la clasificación descritas en Chaparro & Aguirre, 2002¹⁷⁹.

La identificación taxonómica se realizó en el Herbario de la Universidad del Valle – CUCV (ver Anexo 15. Certificados de identificación y colecta) y se encuentra amparada bajo la Resolución 1216 del 29 de septiembre de 2017 emitida por la ANLA, a través de la cual se concede el permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales para el Proyecto Generación de Energía Eólica Beta (ver Anexo 14).

¹⁷⁴ SIPMAN H. 2007. Lichen determination keys - neotropical genera - Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem. Aptroot. 2012

¹⁷⁵ HARRIS, D.C. A sketch of the family Pyrenulaceae (Melanommatales) in eastern North America. Memoirs of the New York Botanical Garden. 1989. Pp 49:74-107.

¹⁷⁶ LÜCKING, R., FRYDAY, A. M. y JOHNSTON, A. J. The Graphidaceae collected by Henry A. Imshaug in the West Indies and South America. Fieldiana (Botany), New Series (in press). 2009

¹⁷⁷ SIMPAN, H y APTROOT, A. Notes on Mycomicrothelia (Arthopyreniaceae s. lat.), with two new species. 2005. The Lichenologist 37(4): 307–311.

¹⁷⁸ MCCARTHY, P. Catalogue of the Lichen Family Porinaceae. En: Bibliotheca Lichenologica, Band 87. Berlin. 2003. 164 p.

¹⁷⁹ CHAPARRRO M.; AGUIRRE, J. Hongos liquenizados. Facultad de ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional De Colombia Sede Bogotá. Primera edición. Bogotá. 2002.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Procesamiento de la información

Dado que durante los recorridos por el 100% del área de intervención y en el muestreo de epífitas, se identificaron tanto individuos vegetales leñosos terrestres que presentan veda regional (Acuerdo 003 de 2012 de Corpoguajira) como la presencia de epífitas no vasculares que presentan veda nacional (Resolución 0213 de 1977 del Inderena), se realizaron los informes de solicitud de levantamiento de veda tanto regional como nacional, siguiendo los lineamientos propuestos en la normatividad vigente.

2.3.4.1.5.1.4 Especies sensibles y de importancia ecológica, económica y cultural

A partir de los listados de especies de flora, del muestreo, se realizó la búsqueda en los libros rojos de Plantas de Colombia Vol. 1-6^{180 181 182 183 184 185}, Catálogo de plantas Vasculares y líquenes de Colombia¹⁸⁶, Resolución 1912 de septiembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible¹⁸⁷, resoluciones de flora en veda a nivel nacional y regional^{188, 189, 190 191, 192, 193}, para verificar el estado de amenaza, sensibilidad, veda o restricción. También se ejecutó una revisión minuciosa de las especies listadas durante la caracterización florística, para conocer si presentan categorías de uso por parte de las comunidades que habitan el área donde se ubicará el proyecto, o presentan algún grado de valor comercial o cultural.

¹⁸⁰ CALDERÓN, Eduardo. Libro rojo de plantas fanerógamas de Colombia: Volumen 1 Chrysobalanaceae, Dichapetalaceae y Lecythidaceae. Instituto Alexander von Humboldt, 2002.

¹⁸¹ CALDERÓN, E.; GALEANO, G.; GARCÍA, N. Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 2: Palmas, frailejones y zamias. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, 2005.

¹⁸² GARCÍA, N.; GALEANO, G. Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 3: Las bromelias, las labiadas y las pasifloras. 2006.

¹⁸³ CÁRDENAS LÓPEZ, Dairon; SALINAS, Nelson. Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI", 2007.

¹⁸⁴ GARCÍA, Néstor. Libro rojo de plantas de Colombia. Vol. 5. Las magnoliáceas, las miristicáceas y las podocarpaceas. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007.

¹⁸⁵ CALDERÓN SÁENZ, Eduardo, et al. Libro rojo de plantas de Colombia. Vol. 6. Orquídeas, primera parte. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial. 2007.

¹⁸⁶ Catálogo de Plantas y líquenes de Colombia. Op. cit. p. 2-174.

¹⁸⁷ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1912. (septiembre 15 de 2017). Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., 2017, p. 1-38.

¹⁸⁸ INDERENA. Resolución 0316. (marzo 7 de 1974). Por la cual se establecen vedas para algunas especies forestales maderables. Bogotá D.C., 1974, p. 2.

¹⁸⁹ INDERENA. Resolución 0213. (febrero 11 de 1977). Por la cual se establecen vedas para algunas especies y productos de la flora silvestre. Bogotá D.C., 1977, p. 2.

¹⁹⁰ INDERENA. Resolución 0801. (junio 24 de 1977). Por la cual se declara planta protegida una especie de la flora silvestre y se establece una veda. Bogotá D.C., 1977, p. 2.

¹⁹¹ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 096. (enero 20 de 2006). Por la cual se modifican las resoluciones 316 de 1974 y 1408 de 1975, proferidas por el INDERENA, en relación con la veda sobre la especie Roble (*Quercus humboldtii*). Bogotá D.C., 2006, p. 4.

¹⁹² CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 61. (septiembre 16 de 1985). por la cual se adopta la palma de cera (*Ceroxylum quinquense*) como Arbol Nacional. Bogotá D.C., 1985, p. 2.

¹⁹³ CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA. Acuerdo 003 (febrero 22 de 2012), por medio del cual la corporación declara la veda de cuatro especies forestales amenazadas para el Departamento de La Guajira

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.4.1.5.2 Análisis de fragmentación

El análisis del paisaje ecológico se debe abordar desde una perspectiva de la estructura y composición del patrón del paisaje, mediante la estimación de índices que reflejan el estado de éste en términos de tamaño, forma, distancia, aislamiento, diversidad, dominancia, conectividad, fragmentación, entre otros¹⁹⁴.

La fragmentación es un proceso continuo y dinámico, cuyos efectos pueden modificar la estructura del paisaje y por ende generar consecuencias sobre las funciones y propiedades de los ecosistemas. La fragmentación puede ocasionar fenómenos como el efecto de borde, la deriva genética, la pérdida de diversidad y la entrada de especies invasoras, las cuales conducen a desestabilizar ecológicamente el ecosistema.

Por su parte la conectividad ecológica se define como la capacidad que tiene una población de interactuar con otra población en un territorio fragmentado. El concepto de conectividad ecológica es complementario al de fragmentación ecológica. A mayor fragmentación menor conectividad¹⁹⁵.

En vista de lo anterior los proyectos que afecten las coberturas vegetales, deben contemplar dentro de sus impactos, la fragmentación del paisaje, con el fin de implementar medidas de compensación que permitan aumentar la conectividad ecológica, a través del aumento de coberturas forestales, corredores biológicos, entre otros.

Para la determinación del grado de fragmentación y conectividad del paisaje se calcularon índices de métrica del paisaje¹⁹⁶ siguiendo la metodología desarrollada en el Proyecto de diseño e implementación de un sistema de seguimiento de la política de biodiversidad en la Amazonia Colombiana¹⁹⁷.

Estos índices de métrica del paisaje se calcularon para las coberturas vegetales de Arbustal abierto y Arbustal denso (clases) en dos escenarios: i) el escenario actual, el cual hace referencia a la composición actual, con su dinámica natural y social sin la intervención del parque eólico; ii) el escenario probable, basado en la modificación que el paisaje puede sufrir como consecuencia de la introducción del proyecto mediante el desarrollo de las actividades propias del mismo.

La diferencia neta y/o la diferencia relativa entre estas métricas o indicadores de fragmentación para cada clase en sus dos escenarios se convierten en una medida objetiva del efecto de fragmentación diferencial que el proyecto generará en cada clase como producto de las diversas actividades propias del proceso constructivo y operativo.

¹⁹⁴ VILLARREAL H.M., ÁLVAREZ S., CÓRDOBA F., ESCOBAR G., FAGUA F., GAST H., MENDOZA M., OSPINA A., UMAÑA A., OSPINA M. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos-Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2004. p. 236.

¹⁹⁵ NAVEH Z. & LIEBERMAN A. Landscape ecology: theory and application. 1984. Springer-Verlag, New York, NY, USA.

¹⁹⁶ MCGARIGAL K, MARKS B. Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. 1994. Disponible en [<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>]

¹⁹⁷ RUDAS, G., ARMENTERAS, D., SUA, SONIA, y RODRIGUEZ, NELLY. Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana (2001). En: Alexander von Humboldt. Proyecto Diseño e Implementación del Sistema Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Unidad de sistemas de información geográfica. UNISIG. Bogotá. 2002. p. 135.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

El software empleado para el cálculo de las métricas del paisaje fue ArcGis 10.3 con la herramienta Path Analyst¹⁹⁸, que fue alimentado con las capas de información en formato vector. Se obtuvieron métricas para los niveles de paisaje, clase y parche; y de todos los grupos de métricas contenidos en el paquete computacional Patch Analyst de ArcGis se calcularon los de: de tamaño, área, borde y densidad, forma, aislamiento, entremezcla y diversidad¹⁹⁹ (Tabla 2-90).

También se calcularon los índices anteriormente descritos en áreas de núcleo, debido a que son aquellas áreas dentro de un fragmento que no se ven afectadas por el efecto de borde, donde la influencia de la actividad del hombre y del cambio climático es menos evidente. Para calcular los índices en estas áreas, primero se especificó la distancia del borde hacia el interior del parche y luego se obtuvo el área del núcleo al restar del área total el área del efecto de borde, con la finalidad de obtener las áreas que garantizan mejores condiciones para el hábitat de las especies²⁰⁰. Este proceso se realizó con la herramienta Patch Analyst del Arcgis, teniendo la capa de coberturas obtenida del procesamiento de la imagen, aplicando la función crear núcleo.

Para este proyecto se tomó como distancia del borde hacia adentro 100 m, dicha distancia está reportada en varios estudios de fragmentación del paisaje, como la distancia a la cual un fragmento puede albergar procesos ecológicos sin alteración²⁰¹, es decir, donde el efecto de borde disminuye, ya que se disminuye la probabilidad de encontrar especies invasoras que desplacen a las nativas y que alteren la dinámica ecosistémica²⁰².

A continuación, en la Tabla 2-90 se detallan los índices de fragmentación utilizados para el análisis del paisaje ecológico.

Tabla 2-90. Índices de fragilidad del paisaje, desde el punto de vista ecológico

Métricas de tamaño, área, borde y densidad		
Área por clase (CA)		
Fórmula	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right)$	a_{ij} = área (m ²) del parche ij
Descripción	Representa el área total por cada clase en el paisaje	
Unidades	Hectáreas	

¹⁹⁸ REMPEL R.S., KAUKINEN D., CARR A.P. Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources. 2012. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario. [online: <http://www.cnfer.on.ca/SEP/patchanalyst/>]

¹⁹⁹ ARMENTERAS D. Análisis preliminar de patrones del paisaje en paisajes rurales ganaderos. En: Alexander von Humboldt. Programa de biología de la conservación. Unidad de sistemas de información geográfica. UNISIG. Informe Preliminar de Resultados. Bogotá. 2005. p.175.

²⁰⁰ MCGARIGAL K, MARKS B. Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. 1994. Disponible en [<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>]

²⁰¹ MURCIA C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends in Ecology and Evolution 10: 58-62.

²⁰² GURRUTXAGA M., LOZANO P.J. efectos de la fragmentación de hábitats y pérdida de conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial. 2006. Polígonos. Revista de Geografía, 16: 35-54.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Capítulo 2. Generalidades	
			Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL				
Rango	CA > 0, sin límite CA se aproxima a 0 en la medida en que el tipo de parche sea más raro en el paisaje. CA = TA (Área total), cuando todo el paisaje está compuesto por un solo tipo de parche; esto es, cuando toda la imagen está incluida en un solo parche.			
Comentarios	El área de la clase es una medida de la composición del paisaje; específicamente cuánto del paisaje está incluido en un tipo particular de parche. Además de este valor directo interpretativo, el área de la clase es usada en los cálculos de muchas métricas a nivel de clase y paisaje.			
Porcentaje de paisaje (%) (ZLAND)				
Fórmula	$ZLAND = Zi = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100$		Pi= proporción del paisaje ocupado por los parches de la clase i. aij= Área (m²) del parche ij. A= Área total del paisaje (m²).	
Descripción	ZLAND equivale al porcentaje del paisaje incluido en el tipo correspondiente de parche. Nótese que el área total del paisaje (A) incluye cualquier background interno presente.			
Unidades	Porcentaje			
Rango	0 < ZLAND ≤ 100 ZLAND se acerca a 0 cuando el tipo de parche correspondiente (clase) se vuelve más raro en el paisaje. ZLAND = 100 cuando todo el paisaje consiste de un solo tipo de parche, es decir cuando toda la imagen corresponde a un único parche.			
Comentarios	El porcentaje del paisaje cuantifica la abundancia proporcional de cada tipo de parche en el paisaje. Como el área total de la clase, está es una medida de la composición importante para muchas aplicaciones ecológicas. Sin embargo, dado que ZLAND es una medida relativa, puede ser una métrica más adecuada de la composición del paisaje que el área por clase, especialmente cuando se comparan paisajes de diferente tamaño.			
Número de parches (NumP)				
Fórmula	$NumP = n_i$		n i = cantidad de parches en el paisaje del tipo de parche (clase) i.	
Descripción	NP se calcula como la cantidad de parches del tipo correspondiente (clase).			
Unidades	Ninguna			
Rango	NP ≥ 1, sin límite NP = 1 cuando el paisaje solo contiene 1 parche del tipo correspondiente, es decir, cuando la clase consiste de un solo parche.			
Comentarios	El número de parches de un tipo particular de parche es una medida simple de la magnitud de su subdivisión o de su fragmentación. Si bien el número de parches en una clase puede ser fundamentalmente importante para una cantidad de procesos ecológicos, suele tener un valor de interpretación limitado en sí mismo, ya que no aporta información sobre el área, distribución o densidad de los parches. Por supuesto, si el área total del paisaje y el área de la clase se mantienen constantes, la cantidad de parches aporta la misma información que la densidad o el tamaño medio de parche, por lo que el número de parches aportaría la misma información que estos dos índices y podría ser un índice útil en la interpretación. El número de parches probablemente es más valioso, sin embargo, como la base para otras métricas con mayor potencial de interpretación.			
Tamaño promedio de los parches (MPS)				

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Fórmula	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \times \left(\frac{1}{10000} \right)$	MPS = Tamaño medio de los fragmentos a _{ij} = Superficie (m²) del fragmento j n = Número de fragmentos j en el ecosistema i
Descripción	MPS permite identificar el tamaño medio de los fragmentos en un ecosistema.	
Unidades	Hectáreas	
Rango	MPS > 0, sin límite	
Comentarios	Este índice está limitado por la escala de trabajo y la unidad mínima cartografiable. Junto con el número y la densidad de fragmentos, es un buen indicador de la heterogeneidad de un área de interés.	
Perímetro total (TE)		
Fórmula	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$	TE = total de borde e _{ik} = longitud total (m) de borde de cada fragmento i dentro del ecosistema k m' = número de tipos de ecosistemas
Descripción	TE es la suma de la longitud de todos los perímetros que involucran un tipo de fragmento i del ecosistema k. Si el borde de un ecosistema está presente, TE incluye los límites de los fragmentos correspondientes dentro del ecosistema, representándolo como uno solo. Si el borde del ecosistema está ausente, TE incluye una porción del límite del ecosistema del segmento dentro del tipo de fragmento correspondiente.	
Unidades	Metros	
Rango	TE > 0, sin límite TE = 0 cuando no hay un tipo de borde en el paisaje.	
Comentarios	La longitud del borde del fragmento es un indicador de la integridad del hábitat para la vida silvestre.	
Perímetro promedio del borde (MPE)		
Fórmula	$MPE = \frac{TE}{NP}$	MPE = media del borde del fragmento TE = total de borde NP = número de fragmentos
Descripción	MPE, indica la longitud media en borde de los fragmentos de un ecosistema y está dada por la relación del total del borde de un ecosistema sobre el número de sus fragmentos.	
Unidades	Metros	
Rango	MPE > 0, sin límite	
Comentarios		
Métricas de forma		
Forma promedio de los fragmentos (MSI)		
Fórmula	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi a_{ij}}} \right)}{n}$	MSI = forma media de los fragmentos a _{ij} = área (m²) del fragmento j en el ecosistema i p _{ij} = perímetro (m) del fragmento j en el ecosistema i n = número de fragmentos j en el ecosistema i
Descripción	MSI es una medida de la forma promedio de los fragmentos en un ecosistema.	
Unidades	Ninguna	

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Rango	MSI ≥ 1 , sin límite MSI = 1 cuando todos los fragmentos del ecosistema correspondiente son circulares; MSI se incrementa a medida que las formas de los fragmentos se hacen más irregulares.	
Comentarios	Este indicador, junto con los indicadores de tamaño de los fragmentos, influye en los diversos procesos ecológicos que se suceden al interior de un ecosistema. La forma ecológicamente óptima tiene gran área central con algunos límites curvilíneos y estrechos. Una forma compacta y redondeada es efectiva para conservar recursos internos.	
Dimensión fractal de los fragmentos (MPFD)		
Fórmula	$MPFD = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{2l_n P_{ij}}{l_n a_{ij}} \right)}{n_i}$	MPFD = dimensión fractal de los fragmentos a _{ij} = área (m ²) del fragmento j en el ecosistema i p _{ij} = perímetro (m) del fragmento j en el ecosistema i n = número de fragmentos j en el ecosistema i
Descripción	MPFD es una medida de la forma del fragmento y se basa en la relación entre el perímetro y el área del fragmento.	
Unidades	Ninguna	
Rango	1 $\leq$ MPFD $\leq$ 2 Se acerca a 1 para formas con perímetros muy sencillos, como círculos o cuadrados, y se aproxima a 2 para formas con perímetros más sinuosos.	
Comentarios	La forma de los fragmentos refleja la proporción de bordes en el paisaje y además indican procesos de formación de fragmentos.	
Métricas de aislamiento y entremezcla (clases)		
Distancia al vecino más cercano (MNN)		
Fórmula	$MNN = h_{ij}$	h _{ij} = distancia (m) del parche ij al parche vecino más cercano del mismo tipo (clase), con base en una distancia borde a borde, calculada de centro de la celda a centro de la celda.
Descripción	MNN equivale a la distancia (m) al parche vecino más cercano del mismo tipo, con base en la distancia más corta de borde a borde. Nótese que la distancia borde a borde se toma de centro a centro de celda.	
Unidades	Metros	
Rango	MNN > 0, sin límite. MNN se acerca a 0 en la medida en que la distancia al vecino más cercano decrece. La MNN mínima está limitada por el tamaño de la celda, y es igual a dos veces el tamaño de la celda cuando se emplea la regla de parche con 8 vecinos, o es igual a la distancia entre vecinos diagonales cuando se apela a la regla de los 4 vecinos. El límite superior está limitado por la extensión del paisaje. MNN no está definido y se reporta como “N/A” en el archivo si el parche no tiene vecinos (es decir que no hay otros parches de su misma clase).	
Comentarios	La distancia media al vecino más cercano es, tal vez, la medida más simple del contexto del parche, y ha sido empleada de forma extensiva para cuantificar el aislamiento del parche. Aquí, la distancia al vecino más cercano se define, usando geometría euclidiana simple, como la distancia más corta en línea recta entre el parche focal y su vecino más cercano de la misma clase.	

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Índice de mezcla y yuxtaposición (IJI)		
Fórmula	$IJI = \frac{-\sum_{k=1}^m \left\{ \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \ln \frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right\}}{\ln(m-1)} 100$	eik = longitud total (m) del borde en el paisaje entre los tipos de parche (clases) i y k. m = cantidad de tipos de parche (clases) presentes en el paisaje, incluyendo el borde del paisaje, sí está presente.
Descripción	IJI mide la extensión a la cual los tipos de parche están entremezclados. Altos valores de IJI resultan de paisajes en los cuales los tipos de parches están bien entremezclados (igualmente adyacentes unos a otros) Menores valores representan una desproporcionada distribución de tipos. IJI se aproxima a cero cuando la distribución de adyacencias entre tipos de parches es crecientemente desigual. IJI=100 es cuando todos los tipos de parches son igualmente adyacentes a los otros tipos (máxima yuxtaposición y entremezcla)	
Unidades	Porcentaje	
Rango	0 < IJI ≤ 100 IJI se acerca a 0 cuando el tipo de parche correspondiente sólo está adyacente a otro tipo de parche, ante un panorama de numerosos tipos de parche. IJI = 100 cuando el tipo de parche correspondiente está adyacente de igual forma a todos los demás tipos de parche (es decir que está entremezclado y yuxtapuesto al máximo con los otros tipos de parche). IJI resulta indefinido y se reporta como “N/A” en el archivo si el número de tipos de parche es inferior a 3.	
Comentarios	El índice de entremezcla y yuxtaposición se basa en adyacencias de parches, no de celdas como el índice de contagio. Como tal, no proporciona una medida de la agregación de la clase como lo hace el índice de contagio, por el contrario, aísla la entremezcla de los tipos de parche.	
Métricas de diversidad		
Índice de diversidad de Shannon (SDI)		
Fórmula	$SDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)$	Pi = proporción del paisaje ocupado por el tipo de parche (clase) i.
Descripción	SDI equivale a menos la suma, para todos los tipos de parche, de la abundancia proporcional de cada tipo de parche, multiplicada por el logaritmo natural de dicha proporción. Nótese que Pi está basada en el área total del paisaje (A) excluyendo cualquier background interno presente.	
Unidades	Ninguna	
Rango	SDI ≥ 0, sin límite SDI = 0 cuando el paisaje contiene tan solo 1 parche (es decir que no hay diversidad). SDI aumenta a medida que la cantidad de diferentes tipos de parche (la riqueza de parches) se hace mayor, y/o la distribución proporcional de área entre los diferentes tipos de parche se hace más equitativa.	
Comentarios	El índice de diversidad de Shannon es una medida de la diversidad muy popular en la ecología de comunidades que aquí se aplica a paisajes. El índice de diversidad de Shannon es, de alguna forma, más sensible a tipos raros de parche que el índice de diversidad de Simpson.	
Índice de uniformidad de Shannon (SEI)		

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Fórmula	$SEI = - \frac{\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)}{\ln m}$	P i = proporción del paisaje ocupado por el tipo de parche (clase) i. M = cantidad de tipos de parche (clases) presentes en el paisaje, excluyendo el borde del paisaje se esté presente
Descripción	SEI se calcula como menos la sumatoria, para todos los tipos de parche, de la abundancia proporcional de cada tipo de parche multiplicada por el logaritmo de esa proporción, y esa sumatoria dividida por el logaritmo de la cantidad de tipos de parche. En otras palabras, es el índice de diversidad de Shannon observado dividido por el índice de diversidad de Shannon máximo para una cantidad específica de tipos de parche. Nótese que P i está basada en el área total del paisaje (A) excluyendo cualquier background interno presente.	
Unidades	Ninguna	
Rango	0 ≤ SEI ≤ 1 SEI = 0 cuando el paisaje solo contiene 1 parche (es decir que no hay diversidad), se aproxima a 0 cuando la distribución del área entre los diferentes tipos de parches se torna inequitativa (es decir, dominada por un tipo de parche). SEI =1 cuando la distribución del área entre los diferentes tipos de parche es perfectamente equitativa (es decir que las abundancias proporcionales son las mismas).	
Comentarios	El índice de uniformidad de Shannon se expresa de forma tal que una distribución equitativa del área entre los tipos de parche resulta en la máxima equidad. Cómo tal, la equidad es complemento de la dominancia.	
Índice de fragmentación total		
Índice de fragmentación (F)		
Fórmula	$F = \frac{CA}{NumP * Rc}$ Donde, $Rc = 2 * MNN * \left(\frac{NumP}{A * \pi} \right)$	CA= Área por clase NumP=Número de parches por cada clase Rc= Dispersión de los parches MNN= Distancia media al vecino más cercano A=Área total
Descripción	El índice propuesto utiliza una escala inversamente proporcional al grado de fragmentación del paisaje. Así, un aumento del valor del índice se relaciona con una disminución del grado de fragmentación, y a la inversa. Esto se debe, atendiendo a la fórmula del índice, a que el incremento de la fragmentación se relaciona con la disminución de la superficie total de los parches, un mayor número de fragmentos (parches) y una mayor dispersión de éstas.	
Unidades	Ninguna	
Rango	F ≥ 0, sin límite Si F tiende a cero indica máxima fragmentación Si F es mayor a 10 indica mínima fragmentación	
Comentarios	Los rangos numéricos entre los que puede oscilar el índice de fragmentación son diferentes para cada ambiente, por lo tanto, no es comparable entre los diferentes ambientes, dadas las dispares características propias de cada uno de ellos en cuanto a patrón de distribución espacial, factores que explican el origen o la presencia de los mismos, etc. Por tanto, la evaluación de la evolución de este índice se realizará únicamente entre datos referidos al mismo ambiente.	

- **Contexto paisajístico**

Para el cálculo del contexto paisajístico se tuvo en cuenta la ecuación presentada en el Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad Resolución 1517 de

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2012²⁰³. En donde el contexto paisajístico (CP), se refiere a la conectividad del fragmento del ecosistema natural estudiado, con otros fragmentos con coberturas naturales. Para su valoración y especialización se empleó la siguiente ecuación, teniendo como referencia áreas núcleo de 625 y 500 m alrededor del fragmento, como lo solicitan los TdR.

$$CP = \frac{AN}{ATB}$$

Donde:

CP: contexto paisajístico.

AN: área natural dentro del *buffer*.

ATB: área total del *buffer*.

Los valores de conectividad oscilan entre 0 y 1, cuando el CP toma valores cercanos a cero indica que los fragmentos tienen baja conectividad, mientras que si el CP toma valores cercanos a 1, indica que los fragmentos tienen alta conectividad y por ende son factibles para mantener un equilibrio ecológico.

2.3.4.1.5.3 Fauna

2.3.4.1.5.3.1 Especies de fauna potenciales en el área del proyecto

Para realizar una aproximación de las especies faunísticas que potencialmente podrían encontrarse en el área de influencia del proyecto se realizó una búsqueda intensiva de información secundaria como artículos, libros, revistas científicas y sistemas de información biológica; que contuvieran información de la fauna presente en el Departamento de La Guajira, principalmente en los municipios aledaños al área de estudio, para así tener un conocimiento de la composición faunística del municipio de Uribe y del área de influencia del proyecto eólico BETA.

A continuación, se hace una descripción de la información revisada para cada uno de los grupos faunísticos evaluados:

- Anfibios y reptiles

Para construir el listado de las especies de anfibios potenciales para el área de influencia del Proyecto Eólico BETA se consultaron las bases de datos del Museo Americano de Historia Natural²⁰⁴, la colección en línea de la Universidad Nacional de Colombia²⁰⁵, la colección

²⁰³ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES Y THE NATURE CONSERVANCY. 2012. Manual del Usuario para la herramienta MAFE Versión 2 - Mapeo de Fórmulas Equivalentes. Convenio de Asociación No. 25 del 2012.

²⁰⁴ AMPHIBIAN SPECIES OF THE WORLD 6.0, AN REFERENCE ONLINE. Frost, Darrel R. [en línea]. http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/index.php/content/search?taxon=&subtree=&subtree_id=&english_name=&author=&year=&country=599. [citado el 23 de junio del 2018]

²⁰⁵ INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES, FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Colecciones en Línea. [en línea]. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/>. [citado el 21 de junio del 2016]

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

herpetológica de la Universidad de Antioquia y de la Universidad de la Salle, consultados en el sistema de información sobre biodiversidad de Colombia²⁰⁶.

Para construir el listado de las especies de reptiles potenciales para el área de influencia del Proyecto Eólico BETA, se consultaron las bases de datos de The Reptil Database²⁰⁷, la colección herpetológica de la Universidad de Antioquia y de la Universidad de la Salle, consultados en el sistema de información sobre biodiversidad de Colombia²⁰⁸.

Los listados finales de anfibios y reptiles potenciales para el área del proyecto, se construyeron depurando las bases de datos anteriormente mencionadas por divisiones político-administrativas contenidas en el área de influencia del proyecto y revisando las distribuciones geográficas reportadas por la UICN²⁰⁹ para anfibios y en The Reptil Database²¹⁰ para reptiles.

- Avifauna

Para obtener el listado de las especies de aves potenciales para el área de influencia del proyecto se consultó la base de datos del SIB²¹¹, la colección en línea de la Universidad Nacional de Colombia²¹², la Guía de campo de las Aves de Colombia²¹³, la guía de bolsillo de las Aves de la Guajira: Humedales y Zonas Bajas²¹⁴ y los artículos, Avifauna de bosque seco subtropical presente en ocho localidades de la media Guajira colombiana²¹⁵ y Evaluación de la avifauna asociada a humedales costeros de La Guajira con fines de conservación²¹⁶. Esta lista fue depurada con las fuentes anteriormente mencionadas por divisiones político-administrativas contenidas en el área de influencia del proyecto y revisando las distribuciones geográficas y altitudinales reportadas por la IUCN²¹⁷.

- Mamíferos

El listado de las especies de mamíferos potenciales para el área de influencia del Proyecto Eólico BETA, se construyó a partir de la consulta de las bases de datos del Museo de historia

²⁰⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, (IAVH, INVEMAR, SINCHI, IIAP E IDEAM) Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. SIB Colombia. [en línea]. <http://www.sibcolombia.net/web/sib/home>. [citado el 23 de enero de 2018].

²⁰⁷ THE REPTILE DATABASE. Uetz, P y Jiri, Hozak. [en línea]. <http://www.reptile-database.org/>. [citado el 23 de julio de 2018].

²⁰⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, (IAVH, INVEMAR, SINCHI, IIAP E IDEAM) Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Op. Cit., p. 2-206.

²⁰⁹ The IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES. [en línea]. < <http://www.iucnredlist.org/>>. [citado el 15 de julio de 2018].

²¹⁰ THE REPTILE DATABASE. Op. Cit., p. 2-204.

²¹¹ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, (IAVH, INVEMAR, SINCHI, IIAP E IDEAM) Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Op. Cit., p. 2-206.

²¹² INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES, FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Op. Cit., p. 2-205.

²¹³ MCMULLAN, MILES; QUEVEDO, ALONSO y DONEGAN, THOMAS M. Guía de Campo de las Aves de Colombia. Proaves. Bogotá, Colombia. 2011. Segunda edición. p. 360.

²¹⁴ MORALES, ANDREA., QUIÑONES, FERNANDO., RODRIGUEZ, DIEGO., RODRIGUEZ, JOSE y STREWE, RALF. Aves de La Guajira humedales y zonas bajas. Conservación internacional, serie guías de bolsillo. 2007.

²¹⁵ ARTETA B., R. y MOLINO. L. Avifauna de bosque seco subtropical presente en ocho localidades de la media guajira colombiana. Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas. 2015. 19 (1): p. 125-137

²¹⁶ CASTAÑO VILLA, y GABRIEL JAIME. Evaluación de la Avifauna Asociada a Humedales Costeros de La Guajira Con Fines de Conservación. Crónica Forestal y del Medio Ambiente. crónica forestal y del medio ambiente. Bogotá, Colombia. 2001. p. 29.

²¹⁷ The IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES. Op. Cit., p. 2-204.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

natural del Smithsonian²¹⁸, la colección en línea de la Universidad Nacional de Colombia²¹⁹, el listado actualizado de los mamíferos de Colombia²²⁰ y el sistema de información sobre biodiversidad de Colombia SIB²²¹.

El listado final de mamíferos se realizó depurando las bases de datos anteriormente mencionadas por divisiones político-administrativas contenidas en el área de influencia del proyecto y revisando las distribuciones geográficas reportadas en la IUCN y en el libro de los mamíferos de Suramérica²²².

Una vez se obtuvieron los listados de las especies de fauna que potencialmente podrían encontrarse en el área de influencia del proyecto, se consultó para cada especie su vulnerabilidad global y nacional, al igual que su preferencia de hábitat, a partir de la revisión de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, la cual es una fuente de información muy completa acerca del estado de conservación mundial de las especies vegetales y animales. Además, se revisaron los libros rojos de los anfibios, reptiles, aves y mamíferos de Colombia y la Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) para determinar el grado de amenaza de estas especies a nivel nacional. Finalmente se revisó el Check list del CITES²²³, un acuerdo internacional entre gobiernos que tiene por finalidad velar porque el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituyan una amenaza para su supervivencia. Esta revisión se realizó para determinar si alguna de las especies potenciales del área de influencia hace parte de este listado que regula su comercio.

2.3.4.1.5.3.2 Inventario de la fauna silvestre en el área de influencia biótica del proyecto

Para el muestreo de campo de la fauna tetrápoda en el área de influencia del proyecto eólico BETA, se siguieron las recomendaciones del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos- Alexander von Humboldt²²⁴ y del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial²²⁵, así como, los lineamientos contenidos en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), requeridos para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental, emitidos por El Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible, mediante Resolución No. 1312 del 11 de agosto de 2016.

²¹⁸ MAMMALS SPECIES OF THE WORLD. Wilson, E y Reeder, D. [en línea]. < <http://vertebrates.si.edu/msw/mswCFAApp/msw/index.cfm>>. [citado el 13 de octubre de 2017].

²¹⁹ INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES, FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Op. Cit., p. 2-204.

²²⁰ SOLARI, SERGIO., MUÑOZ-SABA, RODRIGUEZ-MAHECHA, DEFLEER, RAMIREZ-CHAVEZ., y TRUJILLO. Riqueza, Endemismo y Conservación de los Mamíferos de Colombia. Mastozoología Neotropical. 2013. p. 301-365.

²²¹ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, (IAVH, INVEMAR, SINCHI, IIAP E IDEAM) Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Op. Cit., p. 2-204.

²²² GARDNER, ALFRED. Mammals of south America, Volume 1 Marsupials, Xenarthrans, Shrens and Bats. The University of Chicago. Chicago, USA. 2007. Volume 1. p. 690.

²²³ CITES. [en línea]. < <https://www.cites.org/esp/disc/how.php>>. [citado el 19 de septiembre de 2018].

²²⁴ VILLARREAL H.M., ÁLVAREZ S., CÓRDOBA F., ESCOBAR G., FAGUA F., GAST H., MENDOZA M., OSPINA A., UMAÑA A., OSPINA M. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos-Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2004. p. 236.

²²⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL y LA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. (Resolución 1402 del 25 de julio de 2008). Metodología general para la presentación y elaboración de estudios ambientales. Bogotá. 2018. p. 228.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

El inventario de la fauna silvestre se llevó a cabo en cuatro (4) salidas de campo, tres (3) de las cuales estuvieron enfocadas al uso del espacio aéreo por parte de las aves y los mamíferos voladores y una para la caracterización de los mamíferos no voladores y de la herpetofauna. (Tabla 2-91). Cabe resaltar que la caracterización de las aves y los mamíferos voladores (quirópteros) se realizó a partir de los datos obtenidos en los monitoreos del uso del espacio aéreo.

Es de anotar que las salidas del uso del espacio aéreo tuvieron una duración de 15 días, tiempo durante el cual se realizaron muestreos en todo el entorno de los posibles emplazamientos teóricos de los aerogeneradores, así mismo, se realizaron monitoreos nocturnos en puntos estratégicos para las aves y los murciélagos, mientras que la salida para la caracterización de los mamíferos no voladores y de la herpetofauna, tuvo una duración de nueve (9) días, puesto que se trabajó con base en las tres coberturas vegetales (arbustal denso (Arld), arbustal abierto (Ara) y tierras desnudas y degradadas (Tdd)) presentes en el área de influencia biótica del proyecto eólico BETA (ver Figura 2-51) con una intensidad de muestreo de (3) días por cobertura vegetal.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante mencionar que la vía de acceso al parque eólico presenta las mismas coberturas vegetales del área del proyecto, correspondientes al mismo ecosistema y zona de vida, es por ello que la composición y estructura faunística ha de ser similar en ambas áreas, por lo tanto, no fue necesario realizar un nuevo levantamiento de información en campo para dicha área, sin embargo, en la evaluación ambiental y en los planes de manejo y seguimiento biótico se contemplaron las actividades e impactos que generará la vía de acceso en la fauna silvestre.

No obstante, para dar cumplimiento a los requerimientos de información adicional (12 y 13) dispuestos en el Acta No. 100 por la Autoridad Ambiental (ANLA), se realizó una salida para complementar el muestreo de aves y mamíferos voladores en el área del proyecto. Esta salida se llevó a cabo utilizando la misma metodología de las dos (2) salidas anteriores realizadas para el uso del espacio aéreo, esto con la finalidad de que fueran comparables, para ello fue necesario mantener la misma intensidad de muestreo y los mismos puntos y transectos de muestreo antes evaluados.

Tabla 2-91. Cronograma de las salidas de campo del componente faunístico

Temática	Fecha monitoreo	Temporada de lluvia	Vientos	Migración
Primera salida para evaluar el uso del espacio aéreo	19 de febrero al 7 de marzo de 2018	Baja	Altos	Si
Segunda salida para evaluar el uso del espacio aéreo.	18 de abril al 4 de mayo de 2018	Alta	Bajos	No
Salida de caracterización de la herpetofauna y de los mamíferos no voladores.	25 de abril al 3 de mayo de 2018	Alta	Bajos	No aplica

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Temática	Fecha monitoreo	Temporada de lluvia	Vientos	Migración
Tercera salida para evaluar el uso del espacio aéreo	3 al 17 de enero de 2019	Baja	Altos	Si

Fuente: Renovatio 2018

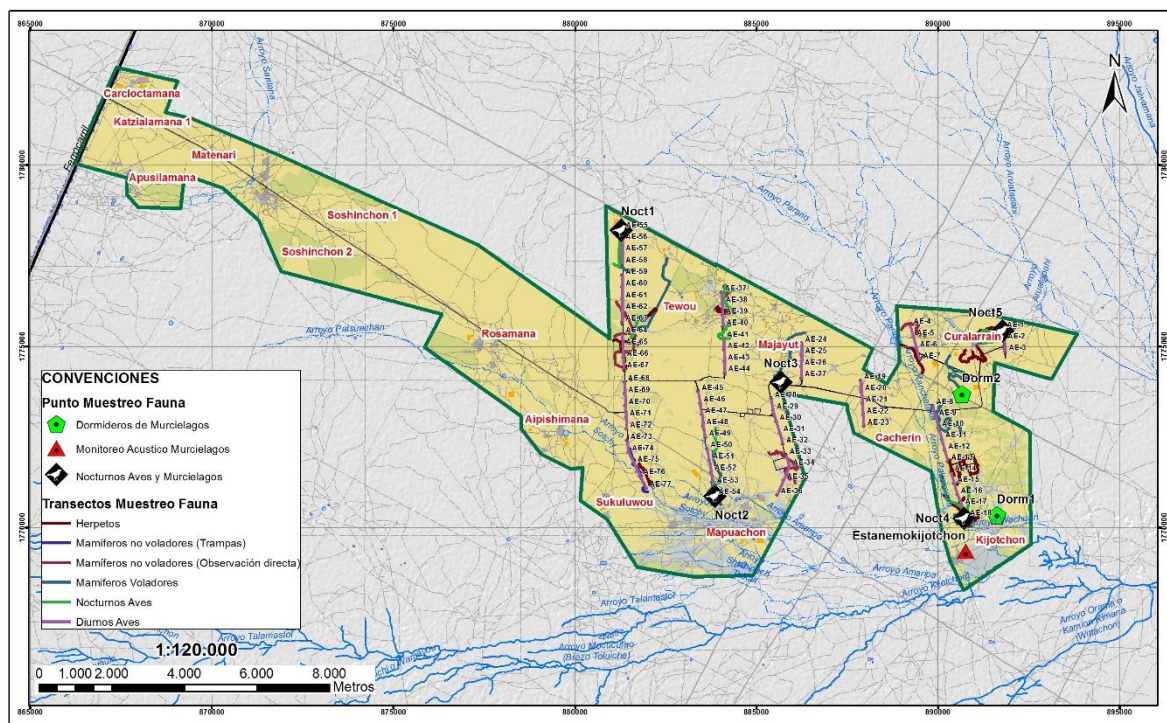


Figura 2-51. Ubicación puntos y transectos de muestreo de fauna

Fuente: Renovatio 2019

A continuación, se describe la metodología para la caracterización de cada uno de los grupos faunísticos evaluados, al igual que la metodología para el uso del espacio aéreo.

- Anfibios y Reptiles

Para realizar el muestreo de anfibios y reptiles se implementó la técnica de inventario completo de especies de búsqueda por encuentros visuales, la cual consiste en maximizar la probabilidad de encuentro de individuos mediante una inspección exhaustiva en todos los microhábitats posibles²²⁶. Para tal fin, mediante recorridos libres se registraron individuos detectables a simple vista y se realizó una búsqueda minuciosa levantando fragmentos de vegetación, removiendo las hojas y examinando cuidadosamente troncos, arbustos, cuevas, grietas y raíces (Imagen 2-34).

²²⁶ ANGULO A., RUEDA-ALMONACID J.V., RODRIGUEZ-MAHECHA J.V., LA MARCA E. Técnicas de Inventario y Monitoreo para los anfibios de la Región Tropical Andina. Conservación Internacional. Panamericana Formas e Impresos S. A Seria Manuales de Campo N° 2. B. Bogotá, Colombia. 2006. p. 288.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Adicionalmente se implementó un muestreo auditivo para detectar anfibios, permitiendo ubicar la fuente de los cantos, con el fin de optimizar la captura de ejemplares, o para identificar las especies a partir de su vocalización. En cada una de las coberturas presentes en el AIB se trabajó por tres días, en la mañana de las 6:00 a las 10:00 y en la noche de las 17:00 a las 21:00, debido a que las especies de anfibios y reptiles pueden ser de hábitos diurnos o nocturnos.



(a)



(b)

Imagen 2-34. Herpetólogo realizando (a) recorridos nocturnos y (b) recorridos diurnos.

Fuente: Renovatio 2018

El trabajo de campo fue realizado por un equipo humano conformado por un profesional con experiencia en herpetofauna y un auxiliar de campo (poblador local).

- Captura e Identificación de los especímenes

Siempre que fue posible, los anfibios y reptiles fueron capturados de forma manual o con un capturador en el caso de las serpientes. Para proceder con la identificación de los individuos, a cada animal capturado se le evaluaron caracteres morfológicos. Cuando fue necesario realizar una revisión más detallada, los anfibios se almacenaron en bolsas plásticas adicionando hojas y/o ramas húmedas, y los reptiles fueron almacenados en bolsas de tela porosa.

Una vez capturado un individuo, se registró su ubicación indicando la cobertura vegetal y el número de individuos por especie. Finalmente, se tomó registro fotográfico de los individuos identificados en campo, los cuales fueron liberados en el sitio de captura.

La clasificación taxonómica de los anfibios se basó en la propuesta de Amphibian Species of the World²²⁷, y la de los reptiles en The reptile database²²⁸. El esfuerzo de muestreo (EM) se calculó multiplicando las horas hombre (Hh) por el número de días del muestreo (d):

$$EM = Hh * d$$

²²⁷ AMPHIBIAN SPECIES OF THE WORLD 6.0, AN REFERENCE ONLINE, Op. Cit., p. 2-204.

²²⁸ THE REPTILE DATABASE. Op. Cit., p. 2-204.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

El éxito de muestreo (ExM) se calculó dividiendo el número de individuos registrados (Ir) con el esfuerzo de muestreo:

$$ExM = Ir/EM$$

- Aves

La caracterización de la avifauna presente en el área de influencia del parque eólico BETA, se realizó a partir de los datos obtenidos en los monitoreos del uso del espacio aéreo, para lo cual se emplearon distintas metodologías, siguiendo las recomendaciones de Atienza et al²²⁹, la Universidad Autónoma de Nuevo León²³⁰, de Kuntz et al²³¹, y Tellería²³²; todas ellas encaminadas a obtener la información necesaria para compilar un listado de especies presentes en la zona de estudio y a su vez adquirir la información necesaria para describir y analizar el uso del espacio aéreo (diurno y nocturno) en el entorno de los posibles emplazamientos teóricos de los aerogeneradores.

La representatividad del muestreo diurno para las aves fue del 100% de las posibles ubicaciones de los aerogeneradores. En cada visita se realizaron dos repeticiones a cada transecto de muestreo, para un total de cuatro (4) repeticiones en cada posible emplazamiento de los aerogeneradores.

- Monitoreo diurno de aves
- Transectos lineales diurnos

Con la finalidad de realizar una aproximación del número de individuos y especies por unidad de superficie se realizaron 17 transectos lineales diurnos (ver Tabla 2-92) en cada alineación de aerogeneradores, en donde se registraron todas las especies y número de individuos vistos u oídos²³³ en una franja de 100 metros.

Para llevar a cabo las observaciones se utilizaron binoculares (Nikon Monarch 5, con un alcance de 10X42) y para fotografiar las aves se utilizó una cámara (Nikon P 600). Los puntos se visitaron en las horas de mayor actividad de las aves 6:00 hasta las 10:00 y desde las 16:00 hasta las 18:00 (ver Imagen 2-35).

Tabla 2-92. Transectos realizados para observación de aves

ID- Muestreo	Aerogeneradores que abarca	Número de aerogeneradores	Longitud (m)
Transecto 1	AE 55- AE 58	4	955,57
Transecto 2	AE 59- AE 63	5	1290,22

²²⁹ ATIENZA, J.C., I. MARTÍN FIERRO, O. INFANTE, J. VALLS y J. DOMÍNGUEZ. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0). SEO/BirdLife, Madrid. 2011. p. 115.

²³⁰ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. Monitoreo de aves y murciélagos en la zona potencial para el desarrollo de un parque eólico en el área de Hipólito, General Cepeda, Coahuila. Reporte Final. 2014. p 67.

²³¹ KUNZ THOMAS H., EDWARD B. ARNETT, BRIAN M. COOPER, WALLACE P. ERICKSON, RONALD P. LARKIN, TODD MABEE, MICHAEL L. MORRISON, M. DALE STRICKLAND, y JOSEPH M. SZEWCZAK. Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats: A Guidance Document. Journal of Wildlife Management 71(8): 2449–2486; 2007.

²³² DE LUCAS, M., GUYONNE F.E. JANSSE Y FERRER, M. 2009. Aves y Parques Eólicos. Valoración del Riesgo y Atenuantes. Quercus.

²³³ ATIENZA, J.C., I. MARTÍN FIERRO, O. INFANTE, J. VALLS Y J. DOMÍNGUEZ. Op. cit. p. 2-209.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ID- Muestreo	Aerogeneradores que abarca	Número de aerogeneradores	Longitud (m)
Transecto 3	AE 37- AE 40	4	951,04
Transecto 4	AE 41- AE 44	4	951,70
Transecto 5	AE 68-AE 72	5	1288,17
Transecto 6	AE 73-AE 77	5	1432,30
Transecto 7	AE 45- AE 49	5	1279,06
Transecto 8	AE 50- AE 54	5	1308,00
Transecto 9	AE 28- AE 32	5	1282,57
Transecto 10	AE 33- AE 36	4	1168,35
Transecto 11	AE 24- AE27	4	963,96
Transecto 12	AE 19- AE 23	5	1268,03
Transecto 13	AE 4 - AE 7	4	988,62
Transecto 14	AE 1- AE 3	3	633,93
Transecto 15	AE 8- AE 13	6	1587,57
Transecto 16	AE 14- AE 18	5	1307,84
Transecto 17	AE 64- AE 67	4	967,24
TOTAL		77	19624,16

Fuente: Renovatio 2018



Imagen 2-35. Muestreo visual de avifauna

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Antes de iniciar el recorrido se llenaron los datos correspondientes al transecto de muestreo (Fecha, hora, ID de muestreo, Coordenadas (Magna Sirgas, origen este) y Climatología) así mismo al finalizar el recorrido se tomaron los mismos datos, para así poder calcular la longitud del transecto, la intensidad de muestreo y el índice de abundancia kilométrico.

Cada vez que se realizó una observación se tomaron los siguientes datos (Especie, abundancia, altura de vuelo, dirección de vuelo, tipo de vuelo y código del aerogenerador más cercano).

Para la altura de vuelo se utilizaron rangos de 20 metros (-20, 21-40, 41-60, 61-80, 81-100, 101-120, 121-140, 141-160, 161-180, 181-200, > 200 metros) con la finalidad de facilitar la estimación del observador, este valor fue estimado teniendo en cuenta puntos de referencias del entorno como la altura de la cobertura vegetal, la altura de la torre meteorológica, etc.

Es de anotar que utilizar instrumentos para medir la altura de vuelo de las aves puede generar márgenes de error quizás mayores que los generados a simple vista, teniendo en cuenta que estos instrumentos están diseñados principalmente para medir distancias de objetos pasivos²³⁴.

En cuanto a la climatología se utilizaron cuatro parámetros (nublado (N), despejado (D), seminublado (Sn) y lluvias (LL)).

Para la intensidad del viento se tuvieron en cuenta tres parámetros (suave (su), moderado (mo) o fuerte (fu)).

En cuanto al tipo de vuelo, se tuvieron en cuenta las siguientes categorías: Remonte o vuelo de ascenso, vuelo batido y planeo.

Así mismo, se tomaron datos sobre la trayectoria de vuelo teniendo en cuenta los cuatro puntos cardinales (norte-sur y viceversa, este- oeste y viceversa).

➤ Grabación de vocalizaciones

Se realizaron grabaciones de los cantos de las aves de forma simultánea a los censos utilizando una grabadora Sony PX 440, dichos registros auditivos se efectuaron con la finalidad de detectar especies de comportamientos crípticos y aportar evidencias físicas. Las grabaciones fueron corroboradas posteriormente con el banco de cantos Xeno- canto, el cual se encuentra disponible en línea²³⁵, es importante mencionar que las grabaciones se realizaron tanto de día como de noche.

²³⁴ LEUKONA J. Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual. Departamento de medio ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. Gobierno de Navarra. 2001. p155.

²³⁵ XENO-CANTO COMPARTIENDO CANTOS DE AVES DE TODO EL MUNDO. [en línea]. <http://www.xeno-canto.org/>. [citado el 15 de junio de 2018].

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-36. Grabación de vocalizaciones de aves.

Fuente: Renovatio 2018

➤ Redes de niebla

Para la instalación de las redes de niebla se seleccionaron cinco (5) puntos de muestreo en toda el área de influencia del proyecto eólico BETA, dichos puntos fueron seleccionados teniendo en cuenta características ecológicas de importancia para las aves y murciélagos (cercanía a cuerpos de agua, disponibilidad de recursos alimenticios, de hábitat, transición entre vegetación, etc), cercanía a las posibles alineaciones de los aerogeneradores y que además se ubicaran en las diferentes coberturas vegetales y que abarcarán diferentes direcciones del área del proyecto (ver Imagen 2-37).

Es importante aclarar que estos cinco puntos mencionados, corresponden a los mismos puntos en los que se realizó el monitoreo nocturno para mamíferos voladores (murciélagos) (ver Figura 2-51) y que esta metodología también hace parte del monitoreo nocturno para aves.

Las redes estuvieron abiertas desde las 16:00 hasta las 21:00 con la finalidad de capturar tanto aves de hábitos diurnos como nocturnos y fueron revisadas cada 20 minutos. Los individuos capturados fueron puestos en bolsas de tela, para su posterior determinación hasta el nivel de especie.

Para cada individuo capturado se registró la siguiente Información: fecha, hora, ID de muestreo, coordenadas, altitud, especie, abundancia, peso, sexo y registro fotográfico. Los individuos capturados fueron liberados posteriormente en un área cercana al lugar de captura.

La identificación taxonómica de las especies registradas a través de las observaciones y las redes de niebla se realizó utilizando la Guía de campo de las Aves de Colombia²³⁶ y

²³⁶ MCMULLAN, MILES; QUEVEDO, ALONSO y DONEGAN, THOMAS M, Op. Cit., p. 2-205.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

las claves reportadas por Hilty, S. & W; la clasificación filogenética y los nombres científicos de las especies se establecieron de acuerdo a la taxonomía propuesta por Remsen *et al*²³⁷.

El esfuerzo de muestreo fue de cinco (5) redes, por un (1) día, por punto de muestreo, por salida de campo.



Imagen 2-37. (a) Redes de niebla, (b) captura de aves con redes de niebla.

Fuente: Renovatio 2018

- Monitoreo nocturno de aves

Teniendo en cuenta las limitaciones de las metodologías utilizadas para el uso del espacio aéreo, principalmente para las especies de hábitos nocturnos, se utilizó una combinación de metodologías las cuales son complementarias entre sí, ya que cada una aporta datos diferentes que contribuyen a una mejor predicción del uso del espacio aéreo por parte de las aves y los quirópteros, es por ello, que varias de las metodologías aquí descritas fueron compartidas para ambos grupos.

➤ Recorridos nocturnos

La metodología de recorridos nocturnos es importante para registrar especies con hábitos de actividad nocturna, además, dichos recorridos pueden ser útiles para recopilar información de refugios y dormideros utilizados por especies de hábitos diurnos y nocturnos²³⁸.

Se realizaron 10 transectos nocturnos, los cuales tuvieron un largo y ancho variable, en donde se registraron todas las especies y número de individuos vistos u oídos. Se utilizó una linterna de alta luminosidad (ver Imagen 2-38), con el fin de detectar aves en sus nidos y/o especies de hábitos nocturnos como los caprimulgidae que suelen ubicarse cerca a los caminos²³⁹.

²³⁷ A CLASSIFICATION OF THE BIRD SPECIES OF SOUTH AMERICA. AMERICAN ORNITHOLOGIST' UNION. Remsen, J. V., Jr., J. I. Areta, C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Pérez-Emán, M. B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz, and K. J. Zimmer. [en línea]. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>. [citado el 15 de julio de 2018].

²³⁸ LEUKONA J.Op.Cit. p. 2-211.

²³⁹ Ibíd. p. 2-214.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Los recorridos se realizaron tratando de abarcar las posibles ubicaciones de los aerogeneradores, sin embargo, no siempre fue posible, ya que el acceso a algunos puntos es complejo por la ausencia de caminos y senderos, lo cual no permite acceder a ellos en las horas de la noche.

Cada transecto nocturno se visitó una (1) vez por salida de campo, para un total de dos (2) visitas por transecto.



Imagen 2-38. Observación de aves en recorridos nocturnos.

Fuente: Renovatio 2018

➤ Redes de niebla

Como se mencionó en la metodología de los monitoreos diurnos, las redes de niebla se instalaron de modo que abarcaran tarde/noche, para poder así capturar también especies de hábitos nocturnos (ver Monitoreo diurno aves/redes de niebla).

- Monitoreo de actividad de vuelo en aves nocturnas con métodos visuales

Los monitoreos para determinar el uso del espacio aéreo por parte de las aves nocturnas, son de gran importancia para prevenir el impacto que causaran los aerogeneradores en este grupo, además, muchas especies de aves migratorias realizan sus vuelos de migración en la noche, por lo que se podrían detectar rutas de migración de algunas especies de aves con este método²⁴⁰.

Se seleccionaron cinco puntos de muestreo en el área de influencia biótica del proyecto eólico BETA (ver Figura 2-51) los cuales fueron seleccionados por su importancia ecológica, tal como su cercanía a fuentes de agua naturales y antrópicas y la presencia de cobertura vegetal (arbustal denso, arbustal abierto y tierras desnudas y degradadas), ambas características ecológicas determinan el forrajeo de especies de aves nocturnas^{241,242}. Además, se siguieron

²⁴⁰ NARANJO, L. G; AMAYA, D y GONZÁLEZ; CIFUENTES. Guía de La Especies Migratorias de La Biodiversidad en Colombia- Aves. Vol 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C. Colombia. 2012. P. 708.

²⁴¹ Ibid., p. 2-215.

²⁴² ATIENZA, J.C., I. MARTÍN FIERRO, O. INFANTE, J. VALLS Y J. DOMÍNGUEZ. Op. cit. p. 2-209.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

las recomendaciones de Lausen y otros²⁴³ que recomiendan ubicar estaciones de muestreo en todas las direcciones del parque eólico (este, oeste, norte y sur).

Es de anotar que estos cinco puntos fueron utilizados para varios métodos de mamíferos voladores (murciélagos) y para las redes de niebla de las aves. (ver Figura 2-51).

- Monitoreo de actividad de vuelo en aves nocturnas y murciélagos con métodos visuales

La técnica de monitoreo visual de aves y murciélagos utilizando equipos de visión nocturna y telescopio en luna llena, conforman un método valioso para evaluar el riesgo de colisión de estos grupos de animales en las etapas de preconstrucción y postconstrucción de parques eólicos. Esta técnica puede arrojar datos de abundancia, frecuencia y patrones de actividad de vuelo en aves nocturnas²⁴⁴. Por lo tanto, estas dos metodologías se realizaron conjuntamente para el grupo de las aves y de los murciélagos.

- Gafas con visión infrarroja

Esta técnica permite observar animales volando en la noche hasta 150 metros de altura, con lo cual se logra medir la altura de vuelo, la dirección y el comportamiento (vuelo en línea recta, en círculo, en zigzag o flotante). Para este monitoreo se utilizaron gafas con visión nocturna y un reflector de luz con filtro infrarrojo, registrando por hora los murciélagos y aves que pudieran ser observados. Aunque la técnica no permite identificar especies, es útil para medir la actividad y el uso del espacio aéreo en aves nocturnas y murciélagos (Imagen 2-39). El método posee la restricción de ser útil solamente en noches de total oscuridad²⁴⁵



Imagen 2-39. Observación de aves y murciélagos en vuelo con gafas de visión nocturna

²⁴³ LAUSEN, C., E. BAERWALD, J. GRUVER, y R. BARCLAY. 2006. Appendix 5. Bats and wind turbines. Pre-siting and pre-construction survey protocols. p.10.

²⁴⁴ KUNZ THOMAS H., EDWARD B. ARNETT, BRIAN M. COOPER, WALLACE P. ERICKSON, RONALD P. LARKIN, TODD MABEE, MICHAEL L. MORRISON, M. DALE STRICKLAND. Op.Cit. p 2-210.

²⁴⁵ Ibíd. p 2-216.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Fuente: Renovatio 2018

El esfuerzo de muestreo fue de nueve (9) horas de observación por una única salida y se realizó en las noches de completa oscuridad.

➤ Muestreo de luna (*Moonwatching*)

Para observar movimientos de aves y murciélagos se utilizó esta técnica, la cual, permite en noches de luna llena detectar a contraluz movimientos de fauna voladora en una porción reducida de cielo, para ello se utilizó un telescopio Tasco Spacestation de 525X (ver Imagen 2-40). El esfuerzo de muestreo por salida de campo fue de cinco (5) horas de monitoreo efectivas. En cada salida se monitoreo durante cinco (5) días (dos días antes de luna llena, el día de luna llena y dos días después de luna llena), por dos salidas de campo^{246,247}.



Imagen 2-40. Monitoreo de luna llena (*Moonwatching*)

Fuente: Renovatio 2018

- Mamíferos
- Monitoreo nocturno de Mamíferos voladores

Las metodologías de Luna Llena y de gafas con visión infrarroja se hicieron conjuntamente para aves y murciélagos (como se menciona anteriormente). Adicionalmente, para murciélagos se realizaron las siguientes metodologías.

➤ Redes de niebla

²⁴⁶ KUNZ THOMAS H., EDWARD B. ARNETT, BRIAN M. COOPER, WALLACE P. ERICKSON, RONALD P. LARKIN, TODD MABEE, MICHAEL L. MORRISON, M. DALE STRICKLAND, y JOSEPH M. SZEWCZAK. Op Cit. p. 2-209.

²⁴⁷ (MVOTMA) MINISTERIO DE VIVIENDA ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE. Guía para el monitoreo de aves y murciélagos en Parques Eólicos. P 42. 2016

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Las redes de niebla son un método complementario al monitoreo acústico de murciélagos, que se describe posteriormente, debido a que existen algunas especies de murciélagos, principalmente de la familia Phyllostomidae que no pueden ser detectados por ultrasonidos, debido a que la intensidad de su llamado es muy baja en la banda FM²⁴⁸.

Se levantaron cinco redes de niebla de poliéster (12 x 3 m. 32 mm ojo) por noche por punto de muestreo. Las redes estuvieron abiertas desde las 17:30 hasta las 23:30. El esfuerzo de muestreo fue de cinco (5) redes, por una (1) noche por punto de muestreo, por tres salidas de campo.

Con las especies capturadas en las redes de niebla se tomaron los siguientes datos: fecha, hora, ID de muestreo, especie, sexo, peso, medida del antebrazo y registro fotográfico. Los individuos capturados fueron liberados posteriormente en un área cercana al lugar de captura.

Se colectaron únicamente aquellos especímenes en los cuales había dudas taxonómicas, dichos especímenes fueron llevados a una colección biológica certificada por el Instituto Alexander Von Humboldt para corroborar su identificación taxonómica (se detalla en mamíferos no voladores/ colecta de mamíferos).

El esfuerzo de muestreo (EM) se calculó con la sumatoria del número de redes multiplicándola por las horas que estuvieron levantadas.

$$EM = \sum [\text{redes} * \text{horas}]$$

El éxito de muestreo (ExM) se calculó dividiendo el número de individuos registrados (Ir) con el esfuerzo de muestreo.

$$ExM = Ir / EM$$

➤ Monitoreo acústico

Las buenas prácticas internacionales para el estudio de impacto ambiental y monitoreo de los murciélagos en parques eólicos identifican como metodología más adecuada los métodos de detección acústica a nivel de cobertura y en alturas de barrido de los aerogeneradores, para la recopilación de información de uso del hábitat, patrones de actividad y especies que serán más impactadas por los aerogeneradores (IFC²⁴⁹).

• Monitoreo acústico a nivel de cobertura vegetal

Se realizaron transectos, en donde se grabaron los llamados de los murciélagos, con un detector ultrasónico Peersonic RPA3 (ver Imagen 2-41). Adicionalmente, y debido a que en Colombia no existe una librería acústica de los llamados de las especies de murciélagos se grabaron algunos individuos de las especies capturadas en las redes de niebla, para tener una librería que nos sirviera de insumo para clasificar los llamados de los murciélagos grabados en vuelo. Se realizaron dos recorridos nocturnos por cada punto de muestreo nocturno y por cada salida de campo, los recorridos se realizaron en zonas adyacentes a la ubicación de los aerogeneradores.

El esfuerzo de muestreo fue de dos transectos de longitud variable por punto de muestreo, por tres salidas. Las grabaciones se realizaron entre las 18:00 y las 22:00.

²⁴⁸ HUNDT L. Bat surveys: Good practice guidelines, 2nd edition. Bat Conservation Trust. 2012. P. 99.

²⁴⁹ IFC. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la energía eólica. Grupo Banco Mundial. 2015. 40. p.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-41. Monitoreo acústico de murciélagos a nivel de cobertura vegetal

Fuente: Renovatio 2018

- Monitoreo acústico en altura de barrido del aerogenerador

Se instaló una estación de detección de ultrasonido automática (Song Meter SM4BAT FS), en la torre anemométrica del proyecto eólico BETA, ubicada en la ranchería Kijotchon con coordenadas magna sirgas origen este 890757,7 X 1769354,6 Y y la cual tiene una altura de 80 metros. La estación automática se instaló por medio de un micrófono a una altura de 60 m. El equipo se programó para que empezará a grabar a partir de las 18:00 hasta las 6:00 (ver Imagen 2-42).

El esfuerzo de muestreo fue desde el 22 de abril hasta el 12 de mayo de 2018 y del 2 hasta el 17 de enero de 2019, grabando desde las 18:00 hasta las 6:00 del día siguiente.

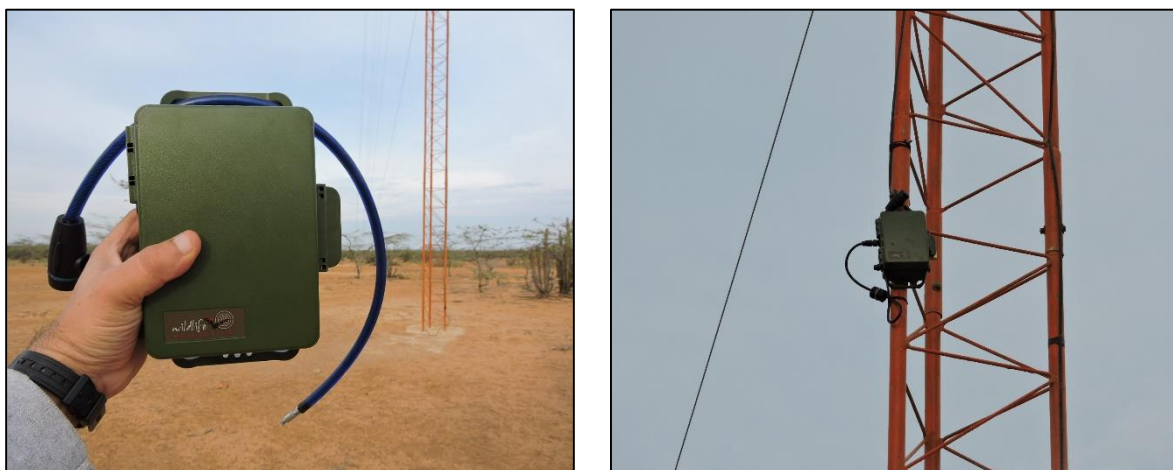


Imagen 2-42. Monitoreo acústico de murciélagos en torre anemométrica de la comunidad de Kijotchon

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Fuente: Renovatio 2018

➤ Búsqueda de refugios y dormideros de murciélagos

Se realizó una búsqueda de estructuras tanto humanas, forestales o geológicas que pudieran ser utilizadas por las comunidades de murciélagos del área del proyecto (Imagen 2-43), como lugar de albergue. Por tal motivo se revisaron oquedades de los árboles en su mayoría cactus, grietas del suelo, cuevas, afloramientos rocosos y todo tipo de estructuras humanas que contengan probabilidad de presencia de dicho grupo. En los casos en que se encontró la presencia de murciélagos en las mencionadas estructuras se procedió a su captura por medio de una red de niebla para corroborar su clasificación taxonómica. Adicionalmente se tomaron las coordenadas espaciales de dichas estructuras y se procedió a liberar el espécimen capturado cuando se tenía certeza de su identificación. Es importante mencionar que se realizaron muestreos fuera del área de influencia biótica para esta metodología, pero estos muestreos se realizaron siempre dentro del área del proyecto, ya que identificar los lugares que utilizan los murciélagos para refugiarse ayuda a predecir de una manera más integrada el impacto que causará el proyecto en este grupo.

Adicional a esto, se revisó la cartografía temática del IGAC²⁵⁰ y la plataforma Google earth²⁵¹, buscando en el área del proyecto y zonas cercanas a este, montañas, riscos, cerros o cualquier tipo de relieve ascendente que pudiera contener la presencia de oquedades o estructuras geológicas que puedan ser utilizados como refugios por grandes colonias de murciélagos. Así mismo se consultó la información del SIAC²⁵² sobre áreas cercanas al proyecto de importancia para la conservación de la fauna.



²⁵⁰ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Subdirección de suelos. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de La Guajira. Escala 1: 100.000. Imprenta nacional de Colombia. Bogotá. 2009. p. 489.

²⁵¹ Google earth pro. Disponible en < <https://www.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html>>. Imagen del 22 de febrero de 2017, del área del proyecto y zonas cercanas.

²⁵² MINAMBIENTE. Sistema De Información Ambiental De Colombia (SIAC). [En línea] <<http://www.siac.gov.co/>>, [Citado el 17 de julio de 2018]

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Imagen 2-43. Búsqueda de refugios de murciélagos

Fuente: Renovatio 2018

- Monitoreo de mamíferos no voladores

Se ubicaron trampas Sherman, Tomahawk, y cámaras trampa en las tres coberturas vegetales del área del proyecto, buscando lugares estratégicos por su cercanía a cuerpos de agua, lejanía de áreas intervenidas por el hombre, y la abundancia de vegetación, cada trampa tuvo una distancia de 20 m entre ellas y se dejaron instaladas tres días por cada cobertura vegetal.

Para el muestreo de roedores y algunos marsupiales pequeños, se ubicaron 30 trampas Sherman (con una dimensión de 5,1 x 6,5 x16,5 cm) (ver Imagen 2-44). Para estas trampas se utilizaron cebos con una mezcla de mantequilla de maní, hojuelas de avena y esencia de vainilla según lo recomendado por Morales²⁵³. Cada trampa fue revisada en las horas de la mañana y cebada en las horas de la tarde. Para la clasificación taxonómica de las especies capturadas, se utilizó el libro de los mamíferos de Suramérica volumen II²⁵⁴. Los individuos capturados fueron medidos (longitud del cuerpo, la cola, la pata trasera, la oreja), se les tomó registro fotográfico y se marcaron con pintura para evitar recapturas. En los casos en que no fue posible determinar hasta el nivel de especie los individuos capturados, se procedió a colectar un individuo por especie indeterminada (se especifica en colecta de mamíferos).



(a)



(b)

Imagen 2-44. (a) Trampa Sherman y (b) trampa Tomahawk, ubicadas en un arbustal abierto

Fuente: Renovatio 2018

Para el muestreo de mamíferos de mediano tamaño (marsupiales, ardillas, conejos entre otros), se ubicaron en las diferentes coberturas diez trampas Tomahawk (ver Imagen 2-44) (con dimensiones de 15 x 15 x 40 cm), utilizando en cinco de ellas cebo de sardina y en las

²⁵³ MORALES, A; SÁNCHEZ, F; POVEDA, K y CADENA, A. Mamíferos terrestres y voladores de Colombia, guía de campo. Bogotá, Colombia. 2004. p. 284.

²⁵⁴ PATTON, J; PARDIÑAS, U y D'LIA, G. Mammals of south America. Volumen 2 Rodents. The university of Chicago press. Chicago y London. 2015. P. 1336.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

otras cinco frutas (banano, papaya y mango). Para la identificación taxonómica de los individuos capturados se contó con las guías de Emmons y Feer²⁵⁵ y Cuartas y Muñoz²⁵⁶.

Para el muestreo de mamíferos de mediano y gran tamaño se ubicaron dos cámaras trampa (Bushnell 6MP X-8) (ver Imagen 2-45), en cada una de las coberturas vegetales presentes en el área según las recomendaciones de Connell²⁵⁷ y del instituto Alexander von Humboldt²⁵⁸, a una altura de 30 cm del suelo y cebándolas con sardina, las cámaras se configuraron para que registraran la fecha y la hora del registro.

El esfuerzo de muestreo (EM) se calculó con la sumatoria del número total de trampas (Sherman, Tomahawk y cámaras trampa) multiplicándola por los días que estuvieron puestas.

$$EM = \sum \text{trampas} * \text{horas}$$

El éxito de muestreo (ExM) se calculó dividiendo el número de individuos capturados (Ic) con el esfuerzo de muestreo.

$$ExM = Ir/EM$$

Adicionalmente, para mamíferos de mediano y gran tamaño (felinos, canidos, venados, conejos entre otros) se buscaron posibles huellas que hayan quedado grabadas en la arena y el fango (ver Imagen 2-45), también se buscaron huesos, heces y pelos que pudieran revelar la presencia de un animal de esta clase en la zona, según lo recomendado en el Manual de Huellas de Algunos Mamíferos Terrestres de Colombia²⁵⁹. A cada huella encontrada se le tomaron fotografías, se les midió su máxima longitud y amplitud; a las heces también se les tomó fotografías y se les estimó su longitud y amplitud y finalmente fueron colectadas en bolsas ziploc y fijadas con alcohol etílico al 97 %. Para la identificación taxonómica en campo de los mamíferos de gran tamaño, se usó el libro de los Mamíferos de los bosques húmedos de América tropical²⁶⁰ y para las huellas el de Navarro y Muñoz²⁶¹. Se realizó un recorrido nocturno y uno diurno con dos horas de duración por día (1 hora nocturno y 1 hora diurno), por tres días por cobertura vegetal, por tres coberturas vegetales.

El esfuerzo de muestreo (EM) se calculó con la sumatoria del número total de horas de los recorridos (Hr).

$$EM = Hr$$

El éxito de muestreo (ExM) se calculó dividiendo el número de individuos registrados (Ir) con el esfuerzo de muestreo.

²⁵⁵ EMMONS, LOUISE y FEER, FRANCOIS. Mamíferos de los bosques húmedos de América tropical. F.A.N. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 1999. p. 298. ISBN 9990580103 9789990580105.

²⁵⁶ CUARTAS-CALLE, CARLOS y MUÑOZ, JAVIER. Marsupiales, cenoléstidos e insectívoros de Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 2003. p. 227.

²⁵⁷ O'CONNELL, A. F., J. D. NICHOLS, AND K. U. KARANTH. Camera traps in animal ecology: Methods and analyses. Editor Allan F. O'Connell. New York. 2001. p. 271.

²⁵⁸ DÍAZ-PULIDO, A. Y E. PAYÁN GARRIDO. Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 2012. 32 pp.

²⁵⁹ NAVARRO, JOSÉ FERNANDO y MUÑOZ, JAVIER. Op. Cit., p. 2-215.

²⁶⁰ EMMONS, LOUISE y FEER, FRANCOIS. Op. Cit., p. 2-222.

²⁶¹ NAVARRO, JOSÉ FERNANDO y MUÑOZ, JAVIER. Op. Cit., p. 2-215.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

$$ExM = Ir/EM$$



(a)



(b)

Imagen 2-45. (a) Cámara trampa y (b) registro de huellas

Fuente: Renovatio 2018

- Captura de mamíferos

Tanto los murciélagos atrapados en las redes de niebla, como los roedores, marsupiales y demás mamíferos atrapados en las trampas Sherman y Tomahawk, fueron pesados, sexados, fotografiados y se les tomaron medidas morfométricas específicas a cada grupo, las cuales ayudan en la identificación taxonómica, en caso de no haber certeza taxonómica se colectó un espécimen por especie indeterminada, los demás individuos capturados, fueron marcados por medio de pintura (tipo barniz), para evitar reportar datos de individuos recapturados y liberados en un lugar cercano al de la captura.

- Colecta de mamíferos

Se colectaron especímenes de mamíferos solamente en los casos en que no fue posible determinar la especie de los individuos capturados en campo, se colectó un individuo por especie indeterminada y perteneciente a los micro mamíferos (quirópteros, roedores y marsupiales), adicionalmente, se encontraron los restos de dos especímenes de mediano y gran tamaño (*S. floridanus* y *C. thous*) y se colectaron sus cráneos, el protocolo de colecta fue el siguiente:

Sacrificio: el sacrificio de especímenes se realizó a través de un paro cardio-respiratorio por inyección letal de xilocaína al 2% aplicada en la región torácica.

Etiquetado: a cada espécimen sacrificado se le ató a la pata derecha y al cráneo la respectiva etiqueta; la etiqueta fue de papel pergamino y se escribió con lápiz. En cada etiqueta se incluyó: número de colección, título de la etiqueta, acrónimo, número de catálogo, determinación taxonómica, sexo del ejemplar, localidad, coordenadas geográficas, altitud (m), colector(es), número de colector, fecha de colecta, hábitat.

Preparación del espécimen: La preservación en líquido se realizó para cuerpos completos y cuerpos con cráneo extraído, fijándolos con formol al 10%, que se inyectó directamente en la cavidad visceral, extremidades y cola, posterior al periodo de fijación que duró 10 días, se pasó el animal a alcohol etílico al 70%, previo lavado con agua durante 12 horas, para su posterior

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

transporte. A los cráneos colectados se les extrajo la mayor cantidad de tejido por medio de un bisturí y pinzas y se fijaron en seco.

Transporte: los especímenes preparados en seco, se transportaron en cajas de cartón, fijados en bases de icopor y sujetos con alfileres. Los especímenes en líquido (etanol al 70 %) se transportaron en frascos de plástico de tapa hermética.

Ingreso a la colección biológica: los especímenes colectados se ingresaron a la colección zoológica de la Universidad de Antioquia (CTUA), con registro 167 del Registro Nacional de Colecciones Biológicas (RNC) del Instituto Alexander von Humboldt. Los especímenes ingresados en la colección fueron determinados hasta el nivel taxonómico más preciso (especie) por parte del profesor Sergio Solari Torres Ph.D (ver anexo Anexo 16. Certificado depósito fauna e hidrobiota).

2.3.4.1.5.3.3 Análisis de resultados

Con la información recolectada en campo se realizaron los siguientes análisis:

- Composición y estructura

Se realizaron tablas en donde se incluyó toda la información taxonómica de las especies registradas en campo, abundancia absoluta y relativa, preferencia de hábitat y gremio trófico.

- Estructura trófica

Se realizó un análisis de la preferencia alimenticia de la fauna registrada en el área de influencia del parque eólico BETA y se analizó la abundancia en función de la dieta.

Los gremios tróficos se tuvieron en cuenta fueron los siguientes:

- Frugívoro: Especies cuya dieta está basada principalmente en frutas.
- Herbívoro: Especies que consumen principalmente follajes de plantas.
- Insectívoro: Especies que consumen insectos en gran proporción.
- Omnívoro: Especies que consumen gran variedad de alimentos (frutas, insectos, hierba, pequeños vertebrados, etc).
- Carnívoro: Especies que se alimentan de carne proveniente de anfibios, reptiles, aves y mamíferos.
- Carroñero: Especies que se alimentan de carroña (carne en descomposición), sin desechar la captura de presas vivas.
- Piscívoro: Especie que se alimenta de peces y artrópodos acuáticos.
- Granívoro: Especies que se alimentan de semillas.
- Polinívoro-nectarívoro: Especies que consumen néctar y polen.
- Hematófago: Especies que se alimentan de sangre de vertebrados, principalmente de mamíferos de gran tamaño y de algunas aves.

- Uso de hábitat

Se analizó la riqueza y la abundancia de la fauna en cada una de las coberturas vegetales del área de influencia biótica (Arbustal Denso (Ard), Arbustal Abierto (Ara) y Tierras Desnudas y Degradadas (Tdd)).

- Representatividad del muestreo

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Con la finalidad de conocer la representatividad de la unidad de muestreo se realizaron curvas de acumulación de especies utilizando EstimateS 9.1.0, con los estimadores Chao 1 y Chao 2, las cuales fueron graficadas en Excel 2016.

Así mismo se calculó el esfuerzo y el éxito de muestreo en cada uno de los métodos utilizados.

- Índices de diversidad

Se calcularon índices de diversidad Alfa y Beta para resumir los resultados obtenidos en valores numéricos y así poder hacer comparaciones. Es importante anotar que la utilización de varias metodologías de muestreo y la dificultad de detección en campo de algunas especies, principalmente de mamíferos, ocasionan un sesgo al momento de realizar el cálculo de los índices estadísticos. No obstante, los datos obtenidos en la línea base son el punto de partida para realizar comparaciones a futuro.

- Diversidad alfa

Es la riqueza de especies de una comunidad determinada y que se considera homogénea, por lo tanto, es a un nivel “local”. Dicha diversidad se calculó mediante la identificación y contabilización de los individuos registrados en cada cobertura vegetal. Se estimaron índices de riqueza específica, abundancias absoluta y relativa, dominancia de Simpson, equidad de Shannon-Wiener, para ello se utilizaron las siguientes formulas:

- Riqueza específica: (S)= Número de especies en un área determinada
- Abundancia absoluta: (AB)= n_i
- Abundancia relativa: (AR)= $n_i/N * (100)$
- Dominancia de Simpson: (D)= $\sum (n_i/N)^2$
- Shannon- Wiener (H') = $-\sum (n_i/N) * \log_2 (n_i/N)$

Dónde: n_i es el número de individuos de la especie i ,

N es el número total de individuos de todas las especies,

Para calcular los índices de Simpson y equidad de Shannon-Wiener se usó el software Past. Exe (versión libre).

- Diversidad beta

Es la medida del grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre las comunidades (para este estudio se comparó con las tres coberturas vegetales) que se encuentran en un área mayor. Se utilizó el índice de Jaccard, el cual relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas. Se utilizó la siguiente fórmula:

- Jaccard= $C / A+B-C$

A es el número de especies presentes en la estación A,

B es el número de especies presentes en la estación B,

C es el número de especies presentes en ambas estaciones, A y B.

Para calcular el índice de Jaccard y graficar el dendrograma se utilizó el software BioDiversity Pro (versión libre).

- Vulnerabilidad y endemismo

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Se consultó la vulnerabilidad global y nacional, para cada una de las especies registradas, esta revisión se realizó teniendo en cuenta la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN²⁶², los libros rojos de los anfibios²⁶³, reptiles²⁶⁴, aves²⁶⁵ y mamíferos²⁶⁶ de Colombia y la Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. También se revisó el Check list del CITES²⁶⁷, para determinar si alguna de las especies registradas hace parte de este listado que regula su comercio.

- Análisis del uso del espacio aéreo

Adicionalmente, para las aves y los mamíferos voladores (murciélagos) se realizaron análisis enfocados a conocer el uso que la fauna voladora (aves y murciélagos) hacen del espacio aéreo en el área del proyecto eólico BETA.

A continuación, se describen los análisis realizados en cada grupo:

- Aves
 - Distribución temporal de las especies de aves observadas

Se realizó una tabla en donde se comparó la presencia y abundancia de las especies de aves en cada una de las salidas de campo realizadas y se analizaron los aspectos ecológicos y climáticos que pudieron influir en la presencia o ausencia de las mismas.

- Abundancia por aerogenerador (posible ubicación)

Con la finalidad de conocer el riesgo de colisión potencial por punto de emplazamiento (posible ubicación de los aerogeneradores), cada una de las aves observadas en los transectos lineales diurnos, se asoció al aerogenerador más cercano.

- Índice de abundancia kilométrico (IKA)

Teniendo en cuenta la longitud de los transectos de muestreo y la abundancia registrada en cada uno de ellos, se calculó el índice de abundancia kilométrico, con la finalidad de conocer cual o cuales fueron los transectos de mayor abundancia, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$IKA = \frac{\text{\# de aves totales}}{\text{Kilometros recorridos} / \text{\# de repeticiones}}$$

- Abundancia en función de la dirección de vuelo

²⁶² The IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES. Op. Cit., p. 2-204.

²⁶³ RUEDA- ALMONACID, JOSE., LYNCH, JONH Y AMÉZQUITA, ADOLFO. Libro rojo de los anfibios de Colombia. Bogotá, Colombia. 2004. p. 384.

²⁶⁴ MORALES-BETANCOURT, M. A., C. A. LASSO, V. P. PÁEZ Y B. C. BOCK. Libro rojo de reptiles de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad de Antioquia. Bogotá, D. C., Colombia. p 228.

²⁶⁵ RENJIFO, L. M., GÓMEZ, M. F., VELÁSQUEZ-TIBATÁ, J., AMAYA-VILLARREAL, A. M., KATTAN, G. H., AMAYA-ESPINEL, J. D., Y BURBANO GIRÓN, J. Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 2014. p. 463.

²⁶⁶ RODRÍGUEZ-M; J., ALBERICO, M.; TRUJILLO, F., y JORGENSON, J. Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 2006. p. 430.

²⁶⁷ CITES. Op. Cit., p. 2-206.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

En los transectos lineales diurnos se tomó la dirección de vuelo de las aves avistadas volando, para ello se tuvieron en cuenta cuatro puntos cardinales, Norte, Sur, Este y Oeste.

- Abundancia en función de la intensidad de viento

Se analizaron las abundancias de las aves en vuelo en función de la intensidad del viento, la cual se evaluó en cuatro niveles, suave, moderado, fuerte y muy fuerte.

- Abundancia en función de la nubosidad

Con la finalidad de evaluar si la nubosidad influye en la actividad de las aves se tuvieron en cuenta tres diferentes condiciones (despejado, seminublado y nublado), por lo cual cada dato obtenido fue asociado a las condiciones de nubosidad presentes.

- Abundancia en función de la altura de vuelo

Con la finalidad de estimar el riesgo de colisión de las aves presentes en el área de influencia del proyecto eólico BETA, se registró la altura estimada de vuelo de las aves observadas, para ello se seleccionaron rangos de 20 metros (0-20, 21-40, 41-60, 61-80, 81-100, 101-120, 121-140, 141-160, 161-180, 181-200, > 200 metros)

- Analisis de riesgo de colisión en cada uno de los posibles modelos de aerogenerador a utilizar

Con los datos obtenidos en los puntos de conteo sobre altura de vuelo, se realizó una aproximación de cual podría ser el impacto de los aerogeneradores sobre las aves allí presentes. Se calculó el índice de riesgo de colisión utilizando la siguiente fórmula:

$IRC = (\# \text{ de individuos observados en situación de riesgo} / \# \text{ total de individuos observados}) * 100.$

Adicionalmente, se esquematizó cada uno de los posibles escenarios, para lo cual se utilizaron tres (3) modelos diferentes de aerogenerador:

Aerogenerador de torre de 105 m y aspas de 72,4 m

Aerogenerador de torre de 112 m y aspas de 72,4 m

Aerogenerador de torre de 125 m y aspas de 72,4 m

En esta etapa del proyecto aun no es posible definir el modelo final de aerogenerador a utilizar, por lo que se realizaron los análisis con los aerogeneradores que probablemente serán instalados, teniendo en cuenta las características del recurso viento en el proyecto

- Mamíferos voladores (murciélagos)
- Análisis de los llamados ultrasónicos de los murciélagos

Se revisaron todas las secuencias obtenidas durante la fase de campo en el software wavesurfer.exe, con el cual se seleccionaron las secuencias que presentaron menor relación señal/ruido y que contengan como mínimo tres pulsos continuos en fase de búsqueda por especie; se realizó una extracción manual de los parámetros acústicos importantes para la caracterización taxonómica de los sonotipos como frecuencia inicial, frecuencia final, frecuencia pico, duración y se tuvo en cuenta el armónico de mayor energía, este último indispensable para filtrar a nivel de familia (Imagen 2-46). Los parámetros acústicos registrados en las llamadas de los murciélagos fueron comparados de forma manual con una biblioteca de llamadas de referencia disponible en artículos especializados; se compararon en principio los parámetros mencionados anteriormente, sin embargo, en caso de duda, se

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

consultaron otras fuentes bibliográficas disponibles²⁶⁸ y en la base de datos de los llamados de ecolocación de México (ver anexo 22.3). En el anexo 22.3 Base de datos, se observa la base de datos de los murciélagos identificados.

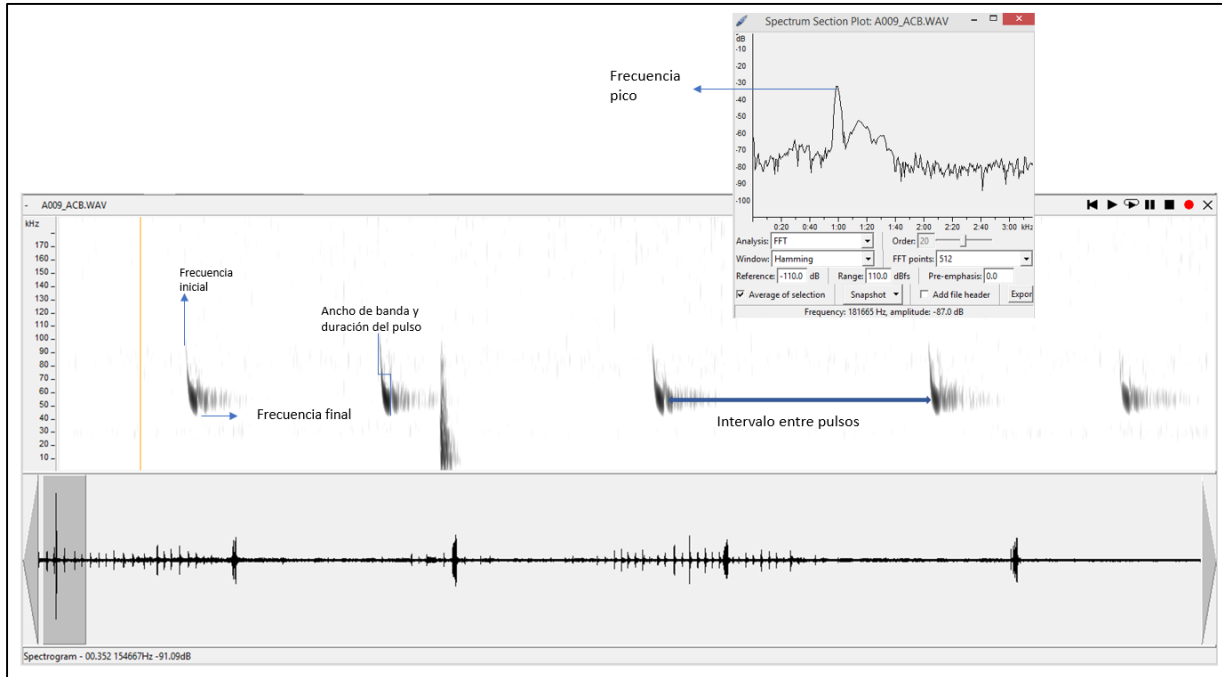


Imagen 2-46. Principales medidas realizadas en los sonogramas de los murciélagos

Fuente: Renovatio 2018

Se calculó el riesgo de colisión o siniestro para las especies de murciélagos identificados de la siguiente manera:

El valor calculado fue cualitativo

Se analizó la altura de vuelo, la cual se calculó según el método de registro de la especie:

A las especies registradas con el método acústico a la altura de barrido se le asignó un riesgo alto

A las especies registradas con el método acústico al nivel de la cobertura vegetal se les asignó un riesgo medio

A las especies registradas con redes de niebla se les asignó un riesgo bajo

Nota: Si una especie se registró por varios métodos se tuvo en cuenta el valor más alto.

Si la especie fue abundante aumenta el riesgo, si es medianamente abundante permanece el riesgo y si es escasa el riesgo se reduce.

²⁶⁸ BIBLIOTECA DE LOS LLAMADOS DE ECOLOCACIÓN DE LOS MURCIÉLAGOS DE ECUADOR. En línea <<https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/Ecolocacion/>>. [Citado el 9 de abril del 2018].

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Si las especies o especies evolutivamente cercanas son reportadas con gran número de colisiones en parques eólicos neotropicales el riesgo aumenta, si las colisiones reportadas son pocas el riesgo se mantiene, si no se reportan colisiones el riesgo disminuye.

Con los anteriores criterios se creó una escala de riesgo de colisión para los murciélagos del proyecto eólico (ver Tabla 2-93). Es de anotar que la escala es totalmente empírica y se elaboró en base a criterios ecológicos, literatura y a los datos de altura de vuelo y abundancias recopilados en campo, por lo que solo tiene sentido si se analiza en el contexto del respectivo estudio.

Tabla 2-93. Escala de riesgo de colisión para los murciélagos del proyecto eólico BETA

Justificación	Riesgo de colisión
La especie se reportó únicamente con redes de niebla, muy poco abundante y no se reportan colisiones en la literatura	Muy bajo
La especie se reportó únicamente con redes de niebla (a excepción de especies insectívoras), se reportan pocas colisiones en la literatura o la especie se reporta con método bioacústico con abundancia relativa por método menor al 0,18%, la especie necesita condiciones ecológicas no favorables (hábitats acuáticos) en el área del proyecto	Bajo
La especie se registró con el método acústico por coberturas o con redes de niebla si la especie es insectívora y son reportadas con pocas colisiones en parques eólicos. O si la especie se reporta en los dos métodos acústicos, con abundancia relativa menor al 0,35 para el método en altura de barrido	Medio
La especie se reporta para el monitoreo en altura de barrido con abundancias relativas para el método mayores a 4,8% y menores al 50% se reportan tasas altas de colisión en la literatura	Medio-Alto
La especie se reporta para el monitoreo en altura de barrido con abundancias relativas para el método mayores al 50% se reportan tasas altas de colisión en la literatura	Alto

Fuente: Renovatio 2018

2.3.4.1.6 Ecosistemas acuáticos

Los muestreos hidrobiológicos se realizaron en dos diferentes temporadas climáticas (sequía y lluvia). El monitoreo en temporada de lluvia se realizó en mayo del 2018, el de sequía en junio de 2018. Adicionalmente, se realizó un muestreo adicional en el mes de enero de 2019 a los cuerpos de agua identificados en la nueva área de influencia del proyecto.

Para el monitoreo hidrobiológico, se seleccionaron los arroyos que serán intervenidos por el proyecto por la ocupación de su cauce (Ocupación de Cauce 1 (OC-1), Ocupación de Cauce 2 (OC-2), Ocupación de Cauce 3 (OC-3), ocupación de cauce 4 (OC 4) y Ocupación de cauce 5 (OC 5). Ver permiso de ocupación de cauce BETA) y los jagüeyes que son de consumo humano y/o uso doméstico (Jagüey 2, 6, 11, 17,18, 19, 29, 34 y 41), ver jagüeyes de uso doméstico BETA) por las comunidades residentes en el área del proyecto (Tabla 2-23 y Tabla 2-24).

En el momento de tomar las muestras hidrobiológicas para el monitoreo en temporada de lluvia solamente se encontró un cuerpo de agua artificial (jagüey 6) con el recurso en el mes de mayo de 2018, por lo que el monitoreo se realizó solamente en dicho jagüey.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Por otra parte, dando alcance a los requerimientos de información adicional y en el sentido de complementar la caracterización de los ecosistemas acuáticos presentes en el área de influencia, se caracterizaron adicionalmente tres jagüeyes (29, 34 y 41) de uso doméstico.

Las muestras de agua superficial en los sistemas lénticos (Jagüey 6, 29, 34 y 41 ver Imagen 2-47) se tomaron mediante un muestreo puntual de forma manual. Se midieron los parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, salinidad y transparencia del disco Secchi. Cabe señalar, que las muestras para ensayos de compuestos orgánicos se tomaron en la superficie de la lámina de agua. Según el parámetro a analizar las muestras se conservaron aplicándole el reactivo indicado.

Para el monitoreo hidrobiológico se caracterizaron los grupos de Macroinvertebrados bentónicos, Perifiton, Fitoplancton y Zooplancton. A continuación, se describe las metodologías de colecta, preservación y análisis de las muestras.



Imagen 2-47. Jagüey 6 de Sukuluwou donde se tomaron las muestras hidrobiológicas

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

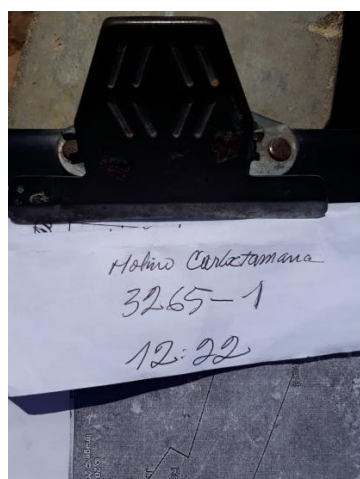


Imagen 2-48. Metodología para el muestreo de cuerpos de agua donde se tomaron las muestras hidrobiológicas

Fuente: Renovatio 2019

2.3.4.1.6.1 Macroinvertebrados bentónicos

Se utilizó una draga Ekman con dimensiones (15 x 15 x 15 cm); en un transecto de 100 m se escogieron tres puntos de muestreo (al inicio, a los 50 m y a los 100m). La draga tomó en total 3 muestras por el cuerpo de agua muestreado, cada una de 225 cm²; cada muestra se almacenó en una bolsa con cierre hermético y posteriormente se integró en una única muestra de 675 cm² que contuvo todos los macro invertebrados capturados.

La muestra fue almacenada en bolsas con cierre hermético y se fijaron con etanol al 95%, el alcohol superó al menos en dos veces el volumen de la muestra para evitar la descomposición de la misma. La muestra fue rotulada con la localidad geográfica (departamento, municipio, vereda, nombre del río, quebrada, arroyo, laguna etc.), cuenca hidrográfica, coordenadas geográficas, datos sobre el ambiente (hábitat, tipo de sustrato, vegetación ribereña y subacuática, transparencia del cuerpo de agua, temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, entre otros), fecha y hora y nombre de los colectores.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Las muestras se almacenaron en cajas de icopor para ser transportadas al laboratorio Zonas Costeras SAS certificado por el IDEAM en determinación taxonómica y conteo de macro invertebrados acuáticos (Ver Anexo 9. Resultados laboratorio agua e hidrobiológicos).

En el análisis de la muestra, la separación de los macroinvertebrados, se pasó la muestra a un recipiente con agua del grifo y se agitó suavemente para separar los organismos béticos que contenían grandes cantidades de cieno, barro o arcilla. Se colocó poco a poco la muestra en la mesa tamiz (malla de 500 µm) y se lavó con cuidado con una presión baja de agua y/o spray hasta limpiar los organismos bentónicos retenidos, evitando daños o pérdidas de muestra. Para la separación de los especímenes se colocó una fuente de luz (lámpara) directamente sobre los organismos retenidos en la bandeja de filtración y se examinó toda la muestra realizando un barrido. Se aislaron los organismos con ayuda de pinzas y agujas entomológicas y se guardaron en frascos por grupos taxonómicos, preservados con etanol al 70% o formalina al 10%, para su posterior identificación.

Para la identificación taxonómica, los especímenes fueron identificados hasta el máximo nivel posible con ayuda de claves taxonómicas propuestas por Domínguez y Fernández (2009)²⁶⁹, Merritt et al. (2009)²⁷⁰, Posada y Roldán (2003)²⁷¹. Además, se efectuó un registro fotográfico de los ejemplares recolectados.

2.3.4.1.6.2 Perifiton

Para la toma de las muestras correspondientes a la comunidad del perifiton, se identificaron los diferentes tipos de sustratos duros (rocas, troncos, palos y materiales alóctonos) que se encuentren cubiertos con una biopelícula, ya que esta comunidad hace referencia a microalgas que se adhieren a la periferia de los sustratos ya mencionados.

Para muestrear este grupo, se recolectó una muestra de 216 cm² a partir del raspado de 6 cuadrantes de 36 cm² localizados en piedras, rocas o troncos, en un transecto de 100m, en el cuerpo de agua. El raspado sobre el sustrato se realizó con un cincel, posteriormente con un cepillo de dientes se procedió a remover los restos de la biopelícula, agregando un pequeño volumen de agua destilada. La biopelícula removida con el cincel, así como el raspado realizado con el cepillo se almacenaron en frascos de plástico, agregándoles agua destilada.

Las muestras se almacenaron en frascos de plástico color ámbar de 70 ml de volumen, se fijaron en solución de 20 ml de lugol al 5% con agua destilada, y se preservaron agregando 15 minutos después de la fijación, formaldehído al 4% y mezclando uniformemente. Cada frasco estuvo debidamente etiquetado con la información de campo como coordenadas y datos del cuerpo de agua, entre otros.

Los frascos con las muestras fueron acoplados en cajas de icopor para su debido transporte al laboratorio. Las muestras se llevaron al laboratorio Zonas Costeras SAS.

En el análisis de la muestra, para el conteo e identificación de la comunidad perifítica se agitó la muestra suavemente hasta que toda la solución estuviera homogénea. Posteriormente se tomó con la transferpipeta una alícuota de un volumen entre 50 y 150 µl y se transfirió al

²⁶⁹ DOMÍNGUEZ y FERNANDEZ. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología, Chapter: 3. Ephemeroptera, Publisher: Fundación Miguel Lillo, 2009, pp.55-93.

²⁷⁰ MERRITT. An Introduction to The Aquatic Insects of North America 5 editions. Journal of the North American Benthological Society 28(1):266-267. 2009

²⁷¹ POSADA, G.J. y ROLDAN, G. 2003.-Clave ilustrada y diversidad de las larvas de trichoptera en el noroccidente de Colombia. Caldasia, 25 (1): 169-192.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

portaobjetos, haciendo un barrido visual de la muestra siguiendo un patrón de (Z) o zigzag. Se repitió el conteo hasta que la curva de acumulación de especies haya alcanzado la estabilización en la asíntota.

Los especímenes fueron identificados hasta el mínimo nivel taxonómico posible con ayuda de claves iconográficas de Bicudo y Menezes (2006)²⁷², Cox (1996)²⁷³, Bourrelly (1966a, 1966 b y 1970)²⁷⁴. Adicionalmente se realizó un registro fotografico de las especies encontrados.

2.3.4.1.6.3 Fitoplancton

Se realizó un muestreo cuantitativo del fitoplancton, tomando 45 litros de agua, en una muestra simple a la profundidad del disco sechi (ver Imagen 2-49) la cual fue de 0,18 m. Los 45 l de agua se concentraron por medio del filtrado en una red de plancton de 20 µm de poro, para finalizar con una muestra concentrada de 500 ml, que se almacenó en un frasco de plástico de 1 l, de boca ancha y de color negro.

La muestra se fijó con una solución de lugol al 2%, y fue preservada con una solución transeau 6:3:1 (6 partes de agua destilada, 3 partes de etanol al 70% y una parte de formol al 37%), la proporción entre la solución preservante y la muestra fue de 1:1, es decir, se agregaron 500 ml del preservante a 500 ml de la muestra. Para el transporte al laboratorio, cada muestra estuvo debidamente etiquetada en el exterior del frasco y fue acoplada en caja de icopor debidamente rotulada, las cuales evitaron la entrada de luz en las mismas.

En el análisis en el laboratorio, el conteo e identificación de las comunidades planctónicas, las muestras fueron agitadas suavemente hasta que toda la solución estuviera homogénea. Posteriormente se tomó con la transferpipeta una alícuota de un volumen entre 50 y 150 µl y se transfirió al portaobjetos, haciendo un barrido visual de la muestra siguiendo un patrón de (Z) o zigzag. Se repitió el conteo hasta que la curva de acumulación de especies haya alcanzado la estabilización en la asíntota.

Los especímenes fueron identificados hasta el máximo nivel máximo posible con ayuda de claves taxonómicas propuestas por (Bourrelly (1966a, 1966b, 1970)²⁷⁵, Cox (1996)²⁷⁶, Ramírez (2000)²⁷⁷, Menezes y Alves (2001)²⁷⁸ y Bicudo y Menezes (2006)²⁷⁹, y la clasificación

²⁷² BICUDO CE y MENEZES MA. 2006. Gêneros de algas de Aguas Continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 2da Edição. Rima editora. São Paulo.

²⁷³ COX EJ. 1996. Identification of freshwater Diatoms from live material. Chapman y Hall. London. 158p.

²⁷⁴ BOURRELLY P. 1970. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome III: les algues bleues et rouges: les Eugléniens; Peridiniens et Cryptomonadines. Éditions N. Boubée y Cie. Paris (Francia).
Bourrelly P. 1966a. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I: Compléments, les algues vertes. Editions N. BOUBÉE y Cie. Paris.

Bourrelly P. 1966b. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome II: Les algues jaunes et brunes: Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Editions N. BOUBÉE y Cie. Paris.

²⁷⁵ BOURRELLY P. Op. cit. p. 2-232.

²⁷⁶ COX EJ. 1996. Identification of freshwater Diatoms from live material. Chapman y Hall. London. 158p

²⁷⁷ RAMÍREZ, J. J. 2000. Fitoplancton de agua dulce, aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Editorial Universidad de Antioquia. 207 pp

²⁷⁸ MENEZES M, ALVES I. 2001. Biodiversidad de algas de ambientes continentais do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

²⁷⁹ BICUDO CE Y MENEZES MA. 2006. Gêneros de algas de Aguas Continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 2da Edição. Rima editora. São Paulo.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

taxonómica de acuerdo con Guiry (2013)²⁸⁰. Además, se tomaron fotografías de cada una de las morfoespecies encontradas.



Imagen 2-49. Disco Sechi en (a) jagüey 2 y (b) jagüey 41

Fuente: Renovatio 2019

2.3.4.1.6.4 Zooplancton

Se realizó un muestreo cuantitativo del zooplancton, tomando 45 litros de agua, en una muestra simple a la profundidad del disco sechi la cual fue de 0,18 m. Los 45 l de agua se concentraron por medio del filtrado en una red de plancton de 57 μ m de poro (ver Imagen 2-50), para finalizar con una muestra concentrada de 500 ml, que se almacenó en un frasco de plástico de 1 l, de boca ancha y de color negro.

La muestra se fijó con 5 ml de agua carbonatada y, 30 minutos después, se preservó con una solución transeau 6:3:1 (6 partes de agua destilada, 3 partes de alcohol al 70% y una parte de formol al 37%), la proporción entre la solución preservante y la muestra es de 1:1, es decir, se agregaron 500 ml del preservante a 500 ml de la muestra. Para el transporte al laboratorio, cada muestra estuvo debidamente etiquetada en el exterior del frasco y fue acoplada en caja de icopor debidamente rotulada, las cuales evitaron la entrada de luz en las mismas.

En el análisis en el laboratorio, el conteo e identificación de las comunidades planctónicas, las muestras fueron agitadas suavemente hasta que toda la solución estuviera homogénea. Posteriormente se tomó con la transferpipeta una alícuota de un volumen entre 50 y 150 μ l y se transfirió al portaobjetos, haciendo un barrido visual de la muestra siguiendo un patrón de (Z) o zigzag. Se repitió el conteo hasta que la curva de acumulación de especies haya alcanzado la estabilización en la asíntota.

²⁸⁰ GUIRY MD IN GUIRY MD, GUIRY GM. 2013. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 06 August 2013.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Los especímenes fueron identificados hasta el nivel máximo posible con ayuda de claves taxonómicas propuestas por Kosté 1978²⁸¹, Sendacz y Kubo 1982²⁸², Reid 1985²⁸³, Kosté y Shield 1987²⁸⁴, Shield y Kosté 1993²⁸⁵, Segers 1995²⁸⁶, Suárez Morales et al. 1996²⁸⁷, El Moor-Loureiro 1997²⁸⁸, Gaviria 2000²⁸⁹. Se sigue la sistemática de Huys y Boxshall 1991²⁹⁰, Dumont y Negrea 2002²⁹¹ y Segers 2007²⁹². Además, se tomaron fotografías de cada una de las morfoespecies encontradas.



(a)



(b)

²⁸¹ KOSTE, W. 1978. Rotatoria. Die Radertiere Mittel-europas, 2nd ed. Gebruder Borntraeger, Berlin and Stuttgart. V. 1, text, 673 p.; V. 2, plates, 476 p. DM238.

²⁸² SENDACZ, S. y KUBO, E. (1982) Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) of reservoirs in São Paulo State. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 9, 51–89.

²⁸³ REID, J.W. (1985). Calanoid copepods (Diaptomidae) from coastal lakes, State of Rio de Janeiro, Brazil. Proceedings of the Biological Society of Washington 98(3):574-590, figs. 1-82, tab. 1. (30-viii-1985)

²⁸⁴ KOSTÉ W y SHIELD RJ. 1987. Rotifera from Australian Inland Waters. II Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). Invertebrate Taxonomy, 1 (7): 949-1021.

²⁸⁵ SHIELD RJ y KOSTÉ W. 1993. Rotifera from Australian inland waters. IX. Gastropodidae, Synchaetidae, Asplanchnidae (Rotifera: Monogononta). Royal Society of South Australia Inc, 1 (7): 111-139.

²⁸⁶ SEGERS H. 1995. The Rotifera: Lecanidae (Monogonota). En: Nogrady T, editor. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. 2nd ed. Belgica (Holanda): SPB Academic publishing bv. p. 4-203.

²⁸⁷ SUÁREZ-MORALES, EDUARDO, Y REBECA GASCA (1996). "Zooplankton de México". En Rebeca Gasca y Eduardo Suárez-Morales (eds.), Introducción al Estudio del Zooplankton Marino (pp. 665-711). México: ecosur/Conacyt.

²⁸⁸ ELMOOR-LOUREIRO, L. M A. 1997. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Universidade Católica de Brasília, Editora Universa, Brasília, 156 p (PDF) Annotated checklist and new records of Cladocera from the Ciénaga el convento, Atlántico-Colombia. Available from: https://www.researchgate.net/publication/296873259_Annotated_checklist_and_new_records_of_Cladocera_from_the_Cienaga_el_convento_Atlantico-Colombia [accessed Jun 18 2018].

²⁸⁹ GAVIRIA S. 2000. Estado actual del conocimiento de la biodiversidad y biogeografía de los cladóceros y copépodos de las aguas epicontinentales de Colombia. Resumen Conferencia magistral, Primer Congreso Colombiano de Zoología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, mayo 2000.

²⁹⁰ HUYS, R., y G. A. BOXSHALL. 1991. Copepod evolution—The Ray Society, London, England. Pp. 1-468.

²⁹¹ DUMONT, H.J. & S.V. NEGREA. 2002. Introduction to the Class Branchiopoda. Leiden, Backhuys Publishers, 398p.

²⁹² SEGERS H. 2007. Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. Zootaxa, 1564: 1-104.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Imagen 2-50. Red de plancton (a) jagüey 6 y (b) jagüey 29

Fuente: Renovatio 2019

2.3.4.1.6.5 Análisis estadístico y de calidad de resultados

- Estructura y composición

A partir de los resultados obtenidos en el laboratorio Zonas Costeras para cada una de las comunidades hidrobiológicas muestreadas, se describió su composición en lo posible hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Adicionalmente se realizaron gráficas de riqueza y abundancia en excel, para cada una de las comunidades evaluadas.

- Índices de diversidad

Para estimar la diversidad de las comunidades hidrobiológicas se utilizaron los índices de dominancia de Simpson, de diversidad de Margalef, de equidad de Shannon Wiener y de equidad de Pielou J, según lo propuesto por Moreno (2001)²⁹³.

Se utilizó el programa estadístico PAST para calcular los índices de diversidad.

- Diversidad de Margalef

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Dónde: pi = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes.

- Equidad de Shannon Wiener

$$H_p = \frac{(N \log N) - (\sum f_i \log f_i)}{N}$$

Donde fi = frecuencia (número de individuos) registrada para la especie i.

El índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

- Dominancia de Simpson D

²⁹³ MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde: S = número de especies N = número total de individuos

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k N$ donde k es constante. Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida.

- Equidad de Pielou

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde $H'_{\max} = \ln(S)$.

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

- Índice BMWP/Col

Para evaluar la calidad del agua se utilizó el índice BMWP/Col (Roldán, 2003)²⁹⁴; Para el cálculo del índice BMWP se hizo la suma de las puntuaciones ecológicas de las familias según su grado de tolerancia a la eutrofización. Los valores del BMWP se correlacionan con cinco grados de contaminación y con cinco colores que los representan en la cartografía de calidad de las aguas (ver Tabla 2-94 y Tabla 2-95).

Tabla 2-94. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP para Colombia

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	150	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	Azul
		101-120		
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: ROLDAN 2003²⁹⁵

Tabla 2-95. Familias de Macroinvertebrados con el índice BMWP para Colombia

²⁹⁴ ROLDÁN, G. Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col. Ed Universidad de Antioquia. 170pp. Medellín, Colombia. 2003.

²⁹⁵ Ibíd., p. 2-237.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Familias	Puntaje BMWP
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae,	10
Ampullariidae, Dysticidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, Polymitarcyidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyaellidae Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae,	7
Aeshnidae, Ancyidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsyphidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Tubificidae.	1

Fuente: ROLDAN 2003²⁹⁶

2.3.4.1.7 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas

El IDEAM et al.²⁹⁷, definieron los ecosistemas estratégicos como aquellos que garantizan la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo humano sostenible del país. Estos ecosistemas se caracterizan por mantener equilibrios y procesos ecológicos básicos tales como la regulación de climas, del agua, realizar la función de depuradores del aire, agua y suelos; la conservación de la biodiversidad etc.

Por su parte, en el Decreto 2372 de 2010 se define como área protegida aquella “zona delimitada geográficamente que ha sido designada, regulada y administrada a fin de alcanzar los objetivos específicos de conservación”. Estas áreas son esenciales para el desarrollo de la sociedad, la conservación de ecosistemas singulares, el desarrollo de actividades económicas, la generación de investigación y educación, entre otras²⁹⁸. Así mismo, el decreto definió la existencia de dos categorías de áreas protegidas, las de orden público y las de orden

²⁹⁶ Ibíd., p. 2-237.

²⁹⁷ IDEAM, IGAC, IAVH, INVEMAR, I. SINCHI E IAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C, 276 p. + 37 hojas cartográficas.

²⁹⁸ LAUSCHE, B. Directrices para la legislación relativa a áreas protegidas. 2012. UICN, Gland, Suiza. xxviii + 428 pp.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

privado; y reconoció los suelos de protección y las áreas o zonas declaradas con objetivos de conservación pero que no hacen parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas –SINAP-, como sitios para las estrategias de conservación, que aportan a la protección, planeación y manejo de los recursos naturales renovables y al cumplimiento de los objetivos de conservación y, finalmente, otras áreas de protección declaradas por las autoridades ambientales regionales y locales que a la fecha no han sido recategorizadas de acuerdo al decreto 2372 de 2010.

Para identificar si el área de influencia biótica del proyecto eólico BETA se traslapa con los ecosistemas estratégicos, las áreas protegidas nacionales, regionales y municipales, suelos de protección y/o áreas con objetivos de conservación, que pueden verse afectadas por la construcción del proyecto "Parque Eólico BETA", se realizaron las respectivas verificaciones y búsquedas en los reportes de los POT de los Municipios de Maicao²⁹⁹ y de Uribia³⁰⁰, las declaratorias de áreas de manejo especial, las áreas ecológicas de interés ambiental declaradas por los municipios y las áreas protegidas de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira - Corpoguajira. Adicionalmente se tomó como base las categorías de manejo que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) contenidas en el Decreto 2372 de julio de 2010 y las categorías agrupadas en diferentes nodos de planificación, zonificación y manejo, tales como los sistemas departamentales de Áreas Protegidas (SIDAP), los sistemas regionales de áreas protegidas (SIRAP) y los sistemas locales de Áreas protegidas (SILAP).

Así mismo, se tuvo en cuenta la información sobre zonificación ambiental contenida en los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (POMCH), considerando que estos planes, una vez adoptados y aprobados, se convierten en una norma superior jerárquica para cualquier proceso de ordenamiento territorial, y las áreas definidas como zonas de preservación, pasan a formar parte de los suelos de protección.

Para determinar la sensibilidad ambiental del área de influencia biótica del proyecto, se consultó el portal tremarctos³⁰¹, la plataforma evalúa preliminarmente la vulnerabilidad ambiental (étnica, arqueología y biótica) del territorio generado por la construcción de proyectos de infraestructura y/o mineros, además de evaluar la vulnerabilidad de los territorios con respecto al cambio climático.

Adicional a la información suministrada por las herramientas de consulta mencionadas anteriormente; algunas de las fuentes de información consultadas fueron:

- Página Web de Parque Nacionales Naturales –PNN- (<http://www.parquesnacionales.gov.co/porta/es/>).
- Página Web de Reservas Naturales de la Sociedad Civil –RESNATUR- (<https://www.resnatur.org.co/>).
- Página web de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira –CORPOGUAJIRA- (<http://corpoguajira.gov.co/wp/>).

²⁹⁹ Alcaldía de Maicao. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Maicao, Departamento de La Guajira - Diagnóstico de Referencia
[http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico%20sistema%20biofisico%20definitivo%20-%20maicao%20\(77%20pag%20-%206708kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico%20sistema%20biofisico%20definitivo%20-%20maicao%20(77%20pag%20-%206708kb).pdf).

³⁰⁰ PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE URIBIA 2015-2027. Soporte técnico componente general. Alcaldía de Uribia. 119 paginas

³⁰¹ TREMARCTOS. Disponible en < <http://200.32.81.75/repo-tremarctos-integrado/>>. Citado el 10 de agosto de 2018.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Página Web de Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos, Alexander von Humboldt (<http://www.humboldt.org.co/es/>).
- SIGWEB CORPOGUAJIRA (<http://200.21.81.35:8080/VISORSIGCORPOGUAJIRA/>).
- Sistema de información ambiental de Colombia SIAC (<http://sig.anla.gov.co:8083/>).
- Página web de la autoridad nacional de licencias ambientales ANLA (<http://www.anla.gov.co/>).
- Plan de acción institucional 2016-2019 CORPGUAJIRA (<http://corpoguajira.gov.co/wp/wp-content/uploads/2016/05/Plan-de-Accion-CORPOGUAJIRA-2016-2019.pdf>).
- Plan de desarrollo del departamento de La Guajira 2016-2019.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.5 Caracterización del medio socioeconómico

Para efectos de la caracterización social del área de influencia del proyecto, y para acogerse a los términos de referencia emitidos en la resolución 1312 de agosto de 2016, a continuación, se presentan las metodologías con las cuales se construyó la caracterización tanto para el contexto municipal como para las unidades territoriales o comunidades que interactúan directamente con el proyecto.

Las metodologías privilegiadas para el levantamiento de la información fueron de corte cuantitativas y cualitativas, las cuales permitieron un abordaje integral de cada uno de los actores y contextos que interactúan con el área de influencia del proyecto, aportando la capacidad de realizar las interpretaciones del caso, que permitieran dimensionar los impactos que el proyecto podría ocasionar para las comunidades del área de influencia en cada uno de sus componentes.

Para el análisis y comprensión de todos los componentes a caracterizar, zonificar, evaluar y para el diseño de las medidas de manejo, se incluyó la información de los medios biótico y abiótico, que tienen injerencia en el desarrollo de la caracterización del medio socioeconómico; tales como: los usos y usuarios de agua, usos del suelo, conflictos en el uso del suelo, caracterización de la flora y fauna y su importancia social y cultural.

Para la caracterización de las unidades territoriales del área de influencia, se empleó la metodología del Diagnostico Rural Participativo – DRP, conjunto de técnicas y herramientas permiten que las propias comunidades se involucren en la construcción de su propio diagnóstico y de ahí comenzar a auto gestionar su planificación y desarrollo a partir de un proceso de autoanálisis sobre sus problemas y las posibilidades de solucionarlos, de esta manera los participantes pudieron compartir experiencias a fin de mejorar sus habilidades de planificación y acción.

El objetivo principal del DRP fue apoyar la autodeterminación de la comunidad a través de la participación y así fomentar el desarrollo sostenible, su propósito es la obtención directa de información primaria o de “campo” en la comunidad, Tomando como base la participación interactiva, es decir la participación de los grupos de meta en todas las fases del diagnóstico.

Bajo esta perspectiva, la empresa Eolos Energía S.A.S E.S.P, contó con el apoyo de dos profesionales sociales en campo (Coordinador Social y una profesional social bilingüe) quienes desde su conocimiento del entorno y mediante sus habilidades en el trabajo con la comunidad aportaron información para la construcción del documento de caracterización.

Para llevar a cabo el trabajo de campo, de manera preliminar se realizó una visita exploratoria y otra de socialización con las autoridades tradicionales, líderes y demás pobladores que se encontraron en los territorios de interés, con el animo de brindarles la información concerniente al proyecto y establecer lazos de confianza, elemento fundamental para la construcción de una relación sólida y armónica con las comunidades. Esta metodología fue implementada tanto para las comunidades del área de influencia asociadas al parque eólico, como para aquellas que se encuentran en la vía de acceso.

Posterior, al consentimiento y aval e interés de los miembros de la comunidad de participar en el marco del desarrollo del proyecto, en compañía de la autoridad tradicional, *Alaulyus* (Tíos maternos) y *Laulayus* (ancianos) con amplio conocimiento del territorio se midieron los polígonos de cada comunidad para determinar sus linderos. Esta actividad se realizó con detalle para las comunidades del parque eólico, dado que allí se daría el establecimiento de infraestructura que requiere con un nivel de certeza establecer el área posible de uso por parte

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

del proyecto. Para las comunidades del área de influencia del proyecto asociado a la vía, esta delimitación territorial se realizó a partir de los talleres de caracterización territorial en el cual se realizó un análisis de vecinos, relaciones y asentamientos con el fin de determinar un área de territorio de cada comunidad.

Posteriormente, con esta información, la empresa Eolos Energía S.A.S. E.S.P solicitó ante el Ministerio del Interior el certificado sobre la presencia o no de comunidades étnicas para las rancherías que se encuentran al interior del proyecto eólico BETA.

Esta solicitud fue respondida, a través de la certificación 01470 del 22 de diciembre de 2017, en la cual se indica el área de influencia del proyecto, esá conformada por las comunidades de Cacherin, Currulurraín, Kijotchon, Majayut, Mapuachon, Sukuluwou y Tewou.

Subsiguientemente y entendiendo que el proyecto requirió por parte de ANLA la presentación de nfomación adicional para su evaluación, y con ello la inclusión de nuevas comunidades al área de influencia, el 22 de diciembre de 2018, la empresa Eolos Energía, solicitó al ministerio del Interior la inclusión de las comunidad de Aipishimana, Apusilamana, Clarcoctamana (Karroloutamana), Katzaliamana 1, Matenari (Mathunari), Rosamana, Soshinchon 1, Soshinchon 2, en el área de influencia dada la integración del proyecto con la vía de acceso. Esta solicitud se asentó bajo radicado EXTM18-52881 del 24 de diciembre de 2018. (Ver Anexo 23. Certificación Mininterior 23.2 Acceso info. adicional)

Por otra parte, se solicitó a las autoridades tradicionales e integrantes de las comunidades del área de influencia que permitieran a los profesionales de la empresa recorrer sus territorios, con el objeto de reunir información para elaborar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Esto se realizó durante las reuniones de consulta previa con las comunidades del área de influencia, en las que se dio a conocer los alcances del estudio y las implicaciones del proyecto a los habitantes de cada ranchería.

Luego de contar con dichos permisos la empresa Eolos Energía SAS ESP envió a los profesionales socio ambientales a los territorios de las comunidades indígenas, para que realizaran los estudios pertinentes en base a la *Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales* del Ministerio de Medio Ambiente y los *Términos de referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental* emitidos por El Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible, mediante resolución No. 1312 del 11 de agosto de 2016.

Para llevar a cabo las temporadas de trabajo de campo, fue necesario la planificación y diseño de los instrumentos de recolección de información por parte del equipo interdisciplinario de la empresa, conformado por profesionales del componente socioeconómico y profesionales de los medios abióticos y bióticos quienes aportaron sus metodologías, y perspectivas para la comprensión de las prácticas, los usos y la apropiación de las comunidades de los recursos ambientales existentes.

La metodología adoptada para la caracterización del medio socioeconómico integra los enfoques cualitativo y cuantitativo de la investigación social, tales como métodos etnográficos de recolección de información, revisión de fuentes documentales y comparación estadística entre periodos. Ello con el fin de obtener la información que permita construir un diagnóstico aproximado de las áreas de influencia, que brinde un nivel de comprensión de la situación en que se encuentran dichas áreas al momento de realizar el EIA, en sus dimensiones demográfica, espacial, económica, cultural y político-organizativa, entre otras. Se escogieron dichos métodos etnográficos y participativos de recolección de información para las

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

comunidades del área de influencia debido a que éstas permiten la generación de información primaria para el estudio de impacto ambiental y habitan en el área de interés para el Proyecto de Generación de Energía Eólica BETA. A continuación, se presentan los lineamientos tanto para la recolección de información primaria como de información secundaria.

2.3.5.1 Lineamientos para recolección de información secundaria: Revisión y análisis de información

Para la caracterización de los municipios de Maicao y Uribia se utilizó información secundaria aportada por las siguientes fuentes: Fichas de caracterización territorial del DNP; Proyecciones de población (2018), Estadísticas Vitales y Censo Agropecuario del DANE (2016); Plan de Ordenamiento Territorial de Maicao (2002), los Planes de Desarrollo Municipal 2016-2019 y 2015-2012, el Informe Socioeconómico de la Cámara de Comercio de La Guajira (2015), los datos del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en sus series de proyección de población (2018) y estadísticas vitales, además de los recientes informes del censo agropecuario.

Se utilizó también información producida por la Universidad de La Guajira, la Gobernación de La Guajira, la Alcaldía de Maicao, COLCIENCIAS, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), etc. Asimismo, se compiló información gremial y económica de la zona, y para efectos de la caracterización cultural se recurrió a la información del Banco de la República, del ICANH y de estudios ambientales desarrollados en la zona previamente.

Se realizó además una búsqueda de las tesis generadas entre los años 2010 y 2017 en el repositorio de la Universidad Nacional de Colombia, con el ánimo de identificar las tendencias de investigación en la zona de La Guajira cuya unidad de análisis fuese la población Wayuu.

Las fuentes de información secundaria sobre el área de estudio fueron usadas principalmente para la caracterización de los municipios de Maicao y Uribia. Esas fuentes son insumo para la identificación de la calidad y cobertura de los servicios sociales y servicios públicos del municipio señalado, y se constituyen en la principal herramienta de consulta, porque permiten ordenar y procesar la información que facilitará el análisis de los distintos componentes del medio socioeconómico del orden municipal.

2.3.5.2 Estrategias y técnicas para el levantamiento de información primaria con las comunidades del área de influencia por la presencia del Parque Eólico BETA

Para la caracterización las unidades territoriales, la empresa contó con el apoyo de profesionales sociales en campo, quienes, desde su conocimiento del entorno, la capacidad de relacionamiento con las comunidades wayuu y su experiencia en el tratamiento de este tipo de población aportaron información para la construcción del documento de caracterización.

Un primer momento de caracterización consistió en el diligenciamiento de la ficha de caracterización territorial, la cual consistió en reunir a las autoridades tradicionales y los líderes de las comunidades de Cacherín, Curalarrain, Kijotchon, Majayut, Mapuachon, Sukuluwou y Tewou con el propósito de abordar, desde una perspectiva general cada uno de los componentes del medio socioeconómico, para así construir una mirada general de las dinámicas socioeconómicas y culturales del área de interés.

Una segunda etapa, consistió en una recolección más detallada en campo mediante estrategias de investigación social cualitativa y desarrollo de actividades tales como: reuniones, encuentros y actividades grupales, observación directa, entrevistas y censos. Estos

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

métodos etnográficos y participativos de recolección de información permitieron la generación de la información primaria para el estudio de impacto ambiental del área de influencia del proyecto.

De igual forma se hicieron recorridos permanentes al interior de cada ranchería con guías y personas de ambas comunidades, con las cuales se dialogó y se pudo construir una visión panorámica de aspectos relevantes en su territorio, tales como: sitios de interés cultural (jagüeyes, viviendas, enramadas, rozas, corrales), dinámicas socioeconómicas, prácticas culturales, relaciones con las comunidades aledañas, niveles de expectativas (grado de aceptación o rechazo del proyecto) uso del suelo y propiedad del territorio, etc.

- Diligenciamiento de cuestionarios georreferenciables y procesamiento de la información. Mediante la implementación de la herramienta fulcrum app, se diligenciaron diferentes instrumentos cuestionario digital por cada uno de los hogares integrantes y usuarios de las unidades sociales existentes y que integran el área de influencia del proyecto, estas unidades sociales se asocian a: rozas, corrales, enramadas, cocinas, huertas, pozos, jagüeyes, dormitorios, albercas, tanques, cementerios, iglesias, y centros educativos todas estas como partes integrantes de las viviendas que se asientan en el área de influencia del proyecto (Ver anexo 25 – Info Social).

La herramienta de información mencionada permitió el diligenciamiento de cuestionarios georeferenciados de cada una de las infraestructuras, sitios de importancia social, cultural, económica y espacial en cada uno de los polígonos delimitados espacialmente como rancherías del área de influencia.

Una vez tomada en campo la información se realizó el procesamiento de la misma y se realizaron las descripciones de los estadísticos, el cruce de las variables y los ulteriores análisis para la presentación de esta información en el capítulo de caracterización socioeconómica en el EIA. El procesamiento y análisis de la información fue realizado a partir de los datos que se agruparon y ordenaron conforme a la metodología para estudios ambientales del Ministerio y los términos de referencia de emitidos por el Ministerio de ambiente y desarrollo Sostenible.

El resultado del procesamiento de la información se verá reflejado en los capítulos de caracterización del medio socioeconómico de las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto, los cuales describen la dimensión demográfica, espacial, económica, cultural y político-organizativa, entre otras.

La integración de la información recolectada en campo y la información obtenida de fuentes secundarias permitió fortalecer el análisis del medio socioeconómico del área de influencia, confrontar y validar los datos entregados por las comunidades del área de influencia, para luego presentarlos en la caracterización como resultado definitivo.

Siguiendo esta ruta metodológica, se aplicaron una serie de herramientas de carácter participativo, como: entrevistas, registro fotográfico y fílmico, observación directa y, también, reuniones, encuentros y actividades grupales con los integrantes de cada una de las comunidades indígenas, estas desarrollados a lo largo de la elaboración del EIA y del desarrollo de los encuentros de la consulta previa, estas acciones posibilitaron la interacción con la población indígena que habitualmente reside en las rancherías. Las herramientas empleadas se describen a continuación:

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

✓ Observación participante

Esta técnica está relacionada con el trabajo etnográfico, mediante el cual se registra la vivencia cotidiana de la comunidad, de este modo fue posible involucrarse en el día a día de los pobladores, hacer el seguimiento a las variables que se requerían analizar en terreno y tener una participación activa y una relación recíproca en cada uno de los encuentros participativos desarrollados en el contexto de la consulta previa, y los talleres internos asociados.

✓ Informantes claves

Mediante esta estrategia de investigación se seleccionaron las personas que podrían informar mejor sobre algunas cuestiones específicas u ofrecer puntos de vista especiales sobre lo cual se requiriese, bien sea de manera individual y/o colectiva. Por lo general se trabajó con las autoridades tradicionales, con adultos mayores, con los docentes de los centros educativos, líderes, palabreros y personas con buen dominio del idioma español.

✓ Recorridos en campo

Durante la fase de estudios ambientales del proyecto se hicieron recorridos al interior de cada ranchería con guías y personas de cada una de las comunidades, con las que se dialogó y se pudo construir una visión panorámica de los elementos más relevantes de su territorio, tales como: sitios de interés cultural (molinos, jagüeyes, viviendas, enramadas, rozas, corrales), dinámicas socioeconómicas, prácticas culturales, relacionamiento con comunidades aledañas, nivel de expectativa frente al proyecto (grado de aceptación o rechazo del proyecto), uso del suelo y propiedad del territorio, etc.

✓ Etnohistorias

Se recogieron y analizaron las historias que relataban los indígenas en sus lugares de residencia. Se conversó con los ancianos y ancianas de las localidades visitadas, acopiándose información de hasta tres generaciones de habitantes para cada una de las zonas de análisis.

Los cuestionarios y herramientas de recolección de información aplicados por los profesionales en campo donde se abordó información del Medio socioeconómico, incluyendo además los servicios ecosistémicos que se utilizan en el área de influencia del proyecto se presentará en este estudio información tanto de la unidad territorial en general como de cada una de las viviendas que la componen, aportando la información actualizada y recopilada de primera mano por parte del equipo de trabajo del medio social que labora en la empresa. Es de tal forma cómo, a través de una metodología tanto cualitativa como cuantitativa, se diseñaron e implementaron diferentes formatos para el registro de la información socioeconómica con el fin de obtener información a nivel censal de cada comunidad, la cual permitiera conocer las principales características de la población y sus dinámicas y prácticas socioculturales y económicas en el área donde se emplazará el proyecto. (Ver Anexo 25. InfoSocial).

✓ Cartografía social

Es una herramienta de planificación y transformación social fundamentada en la Investigación-Acción Participativa-IAP; que se utiliza en procesos de organización comunitaria a través de la planificación participativa descentralizada; que permite construir conocimiento de manera colectiva y un acercamiento de la comunidad a su espacio geográfico, social, económico,

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

histórico, político y cultural; conocimiento que se logra mediante la elaboración colectiva de mapas.

La cartografía social es una propuesta conceptual y metodológica que permite construir un conocimiento integral de un territorio, utilizando instrumentos técnicos y vivenciales. Parte de reconocer en la investigación que el conocimiento es esencialmente un producto social y se construye en un proceso de relación, convivencia e intercambio con los otros (entre seres sociales), y de estos con la naturaleza³⁰².

La cartografía social es una herramienta útil, porque permite que saberes que normalmente son distantes y diferentes se articulen entre sí, creando un lenguaje al alcance de todos: la representación iconográfica, que personifica la realidad a través de varios medios expresivos como el dibujo, la pintura o los recortes entre otros.

Por lo anterior, la cartografía social es un ejercicio participativo que por medio de talleres utiliza el mapa como centro de motivación, reflexión y redescubrimiento del territorio en proceso de conciencia relacional, invitando a los habitantes hablar sobre los mismos. En síntesis, la cartografía social es una herramienta que facilita el manejo de información mediante un impacto visual³⁰³.

Cada sector fue convocado a estos talleres, donde las autoridades tradicionales y los jefes familiares, jóvenes, niños y mujeres plasmaron mapas con elementos sociales, simbólicos y ecológicos que sirvieron de base para la cartografía general del estudio y para los análisis. En este sentido se implementaron las siguientes técnicas de recolección de información:

✓ Cartografía Espacial

En el mapa se plasmó las infraestructuras, molino, jagüey, centro comunitario, cementerio, viviendas, instituciones educativas y rancherías cercanas, sitios sagrados y zonas de pastoreo. Se georreferenciaron cada uno de los sitios indicados por los indígenas como lugares de interés. Así mismo se tomaron los puntos clave de la cartografía social y simbólica de los sectores (Ver Anexo 25. Info. Social).

✓ Mapa de relaciones

Se dibujaron las relaciones sociales y culturales de la población identificando actores y escenarios (organizaciones y redes) y las comunidades aledañas. La elaboración de este mapa representó situaciones problemáticas a través de discursos narrativos y se hizo especial énfasis en los conflictos de territorio, conflicto interclanil, conflictos de liderazgo, y otros conflictos que se presente al interior de la comunidad. (Ver Anexo 25. InfoSocial).

✓ Genograma

El genograma es una representación gráfica (en forma de árbol genealógico) de la información básica de, al menos, tres generaciones de una familia. Útil para identificar a los Apushii (Línea materna) y a los Achonni u Oupayu (línea paterna) y los lazos de familiaridad que se tejen en el territorio. (Anexo 25. InfoSocial).

³⁰² Red Académica Bogotá (Disponible en Línea)

http://www.redacademica.edu.co/archivos/redacademica/proyectos/ddhh/autoformacion_ddhh/unidad8/and0301.pdf [Consultado el 19 de octubre de 2017].

³⁰³ (Disponible en línea) <http://www.juanherrera.files.wordpress.com/2008/01/cartografia-social.pdf> [Consultado el 19 de octubre de 2017].

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

✓ Censo Poblacional

Se denomina censo, en estadística descriptiva, al recuento de individuos que conforman una población estadística, definida como un conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones. El censo de una población estadística consiste básicamente en obtener mediciones del número total de individuos mediante diversas técnicas de recuento, para el caso de la metodología social aplicada en el área de influencia del proyecto, esta actividad se realizó entre julio y agosto de 2016 (Anexo 25. InfoSocial)

La recolección de información censal en las comunidades wayuu del área de influencia del proyecto fue aplicada a los hombres y mujeres cabezas de hogar de cada familia; y, para las personas que solo hablaban wayuunaiki (lengua materna de los wayuu) la entrevista se realizó en esa lengua, mediante el apoyo de un traductor.

Los componentes que constituyen el Medio Socioeconómico y que fueron indagados por los profesionales de la empresa mediante la aplicación del instrumento censal fueron:

- Componente demográfico: hace referencia a la ubicación geográfica de la comunidad (ranchería) que es objeto de estudio; el número de habitantes, familias y viviendas presentes en el área del proyecto; la razón para la ubicación actual de la vivienda; y los datos personales del encuestado, etcétera.
- Componente espacial: consta de la identificación y análisis de los servicios sociales disponibles en el territorio (infraestructura de vivienda, infraestructura educativa, de salud, recreativa y deportiva); la calidad y cobertura de los servicios públicos en el área del proyecto (acueducto, alcantarillado, fuentes de abastecimiento de agua potable, energía eléctrica, gas, telefonía, disposición de excretas, recolección y disposición de residuos sólidos); uso de vías, tipo de servicio de transporte; medios de comunicación (radio, prensa, internet, televisión, emisoras comunitarias), entre otros.
- Componente económico: alude a la estructura de la propiedad y formas de tenencia; características del tipo de mano de obra disponible en el área y condición laboral; porcentajes de distribución en las principales actividades económicas; programas y proyectos productivos privados, públicos y/o comunitarios existentes; infraestructura relacionada con las actividades económicas existentes, etc.
- Componente cultural: señala las prácticas sociales y culturales más relevantes; usos y costumbres; sitios de importancia cultural; áreas de recreación y esparcimiento; el uso y manejo de los recursos naturales disponibles en el territorio; la organización social y presencia institucional, entre otros.
- Componente político-organizativo: indica la estructura organizativa de la comunidad y el proceso de toma de decisiones al interior de esta; las organizaciones, gremios, corporaciones, asociaciones, fundaciones y otras presentes o de incidencia relevante en el área de interés; los mecanismos de participación comunitaria y los tipos de liderazgo actuales, etcétera.

El instrumento diseñado fue aplicado a los jefes de familia, tanto a los que viven al interior como a los que están por fuera del polígono certificado para el proyecto eólico BETA, se indagó por sus datos personales, nivel educativo, servicio de salud con que cuentan, estado de la vivienda, servicios públicos disponibles (acueducto, alcantarillado, energía eléctrica),

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ocupación laboral, necesidades prioritarias, organización social de la comunidad, aspectos culturales y expectativas frente al proyecto, así como también por los bienes y servicios ambientales presentes en el territorio y su importancia para cada grupo familiar, esto con el fin de obtener la información que permitiera conocer las principales características de la población de la zona de influencia del proyecto y su relación con el mismo. La encuesta socioeconómica aplicada en campo permitió la recolección de información para elaborar los componentes demográfico, espacial, económico, político-organizativo y cultural del área de influencia del EIA.

2.3.5.3 Estrategias y técnicas para el levantamiento de información primaria con las comunidades del área de influencia por la vía de acceso al Parque Eólico BETA

Un primer momento de caracterización consistió en el diligenciamiento de la ficha de caracterización territorial, la cual consistió en reunir a las autoridades tradicionales y los líderes de las comunidades de Aipishimana, Apusilamana, Clarcoctamana (Karroloutamana), Katzialamana 1, Matenari (Mathunali), Rosamana, Soshinchon 1, Soshinchon 2,

Con el propósito de abordar, desde una perspectiva general cada uno de los componentes del medio socioeconómico, para así construir una mirada general de las dinámicas socioeconómicas y culturales del área de interés, se incluyeron los siguientes apartes.

- Componente demográfico: hace referencia a la ubicación geográfica de la comunidad (ranchería) que es objeto de estudio; el número de habitantes, familias y viviendas presentes en el área del proyecto, la natalidad, mortalidad, migración y adscripción al territorio
- Componente espacial: consta de la identificación y análisis de los servicios sociales disponibles en el territorio (infraestructura de vivienda, infraestructura educativa, de salud, recreativa y deportiva); la calidad y cobertura de los servicios públicos en el área del proyecto (acueducto, alcantarillado, fuentes de abastecimiento de agua potable, energía eléctrica, gas, telefonía, disposición de excretas, recolección y disposición de residuos sólidos); uso de vías, tipo de servicio de transporte; medios de comunicación (radio, prensa, internet, televisión, emisoras comunitarias), entre otros.
- Componente económico: alude a la estructura de la propiedad y formas de tenencia; características del tipo de mano de obra disponible en el área y condición laboral; principales actividades económicas y sus respectivos procesos productivos, programas y proyectos productivos privados, públicos y/o comunitarios existentes; infraestructura relacionada con las actividades económicas existentes, etc.
- Componente cultural: señala las prácticas sociales y culturales más relevantes; usos y costumbres; sitios de importancia cultural; áreas de recreación y esparcimiento; el uso y manejo de los recursos naturales disponibles en el territorio; la organización social, las concepciones tradicionales sobre el uso del territorio, la religiosidad y las historias de poblamiento.
- Componente político-organizativo: indica la estructura organizativa de la comunidad y el proceso de toma de decisiones al interior de esta; las organizaciones, gremios, corporaciones, asociaciones, fundaciones y otras presentes o de incidencia relevante

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

en el área de interés; los mecanismos de participación comunitaria y los tipos de liderazgos actuales, etcétera.

Una segunda etapa, consistió en el establecimiento de relaciones más personales con las comunidades mientras se realizaba el trabajo de campo, Este relacionamiento más personal y el uso de estrategias de investigación social cualitativa y desarrollo de actividades tales como: reuniones, encuentros y actividades grupales y observación directa permitieron la generación de la información primaria para cumplir con los requerimientos de información adicional asociados a la ampliación del área de influencia del proyecto.

La implementación de estas estrategias participativas al interior de cada ranchería en los cuales se estableció un diálogo abierto con las comunidades, posibilitó la construcción de una visión panorámica de aspectos relevantes del territorio, tales como: sitios de interés cultural (jagüeyes, viviendas, enramadas, rozas, corrales), dinámicas socioeconómicas, prácticas culturales, relaciones con las comunidades aledañas, niveles de expectativas (grado de aceptación o rechazo del proyecto) uso del suelo y propiedad del territorio, etc.

2.3.5.4 Desarrollo de los lineamientos de participación en el marco de la consulta previa con las comunidades del área de influencia asociadas a la presencia del parque eólico.

La participación de las comunidades del área de influencia se desarrolló en el marco del proceso de Consulta Previa, adelantado entre los años 2017y 2018. La Consulta Previa es el derecho fundamental que tienen los pueblos indígenas y los demás grupos étnicos cuando se vayan a realizar proyectos, obras o actividades dentro de sus territorios, buscando de esta manera proteger su integridad cultural, social y económica y garantizar el derecho a la participación.

Por lo anterior, todo el proceso de Consulta Previa adelantado por la empresa desarrolladora con las comunidades que habitan el área de interés siguió los lineamientos dados por la legislación colombiana, con el objetivo de que se garantizase el acceso a la información, la cual debe ser dada de manera clara, veraz y, sobre todo, oportuna. Todos los anexos asociados a los procesos participativos con las comunidades, tanto los realizados en presencia del Ministerio del Interior, como los realizados de manera interna entre empresa y comunidad se presentan en el Anexo 24. Consulta Previa Lineamientos Participación

2.3.5.4.1 Etapa de Preconsulta y Apertura

La empresa Eolos Energía S.A.S E.S.P, responsable del proyecto “Generación de Energía Eólica BETA”, inició las gestiones para el relacionamiento comunitario con las rancherías de Cacherín, Curalarrain, Kijotchon, Majayut, Mapuachon, Sukuluwou y Tewou, a través de conversaciones con las autoridades tradicionales, con el objeto de presentar de forma general el proyecto señalado.

Posteriormente, en el marco de la Preconsulta y apertura del proceso de consulta previa, se llevó a cabo una reunión en cada comunidad con sus respectivos integrantes, donde la empresa presentó el proyecto eólico, su interés de desarrollarlo en ese territorio y los requerimientos para que éste sea exitoso.

En cada reunión los representantes de la empresa fomentaron la participación de los integrantes de ambas comunidades, quienes poseen información territorial, ancestral, histórica y tradicional, etc., con el propósito de conocer sus inquietudes frente al proyecto y dar claridad sobre ellas. Así mismo, se dio a conocer las implicaciones del proyecto y se solicitó a las

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

autoridades tradicionales e integrantes de las comunidades wayuu al interior del polígono que contiene el proyecto, que permitieran a los profesionales de la empresa recorrer sus territorios, con el objeto de reunir información para elaborar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Para el desarrollo de esta actividad de socialización la empresa contó con el apoyo de un grupo de profesionales sociales en campo, quienes estuvieron en cada comunidad Wayuu del área de interés y presentaron las características generales del Proyecto de Generación de energía eólica BETA. El equipo social de la empresa que desarrolló esta actividad estuvo integrado por el coordinador social Eduardo Diazgranados, y las profesionales sociales Laidriana González, Nellys Epieyu y Yuleima Gamez.

En un lenguaje claro y sencillo el equipo social enseñó y explicó las características generales del proyecto eólico y las especificaciones técnicas de los aerogeneradores que podrían ser instalados, resaltando que para el desarrollo de un parque eólico en sus territorios es necesario que se cumplan los siguientes requerimientos:

- Disponibilidad y condiciones óptimas del recurso viento (medición de viento).
- Permisos ambientales y expedición de la Licencia Ambiental por parte de Corpoguajira o de la Autoridad Nacional de Licencia Ambiental-ANLA.
- Cercanía al sistema eléctrico de interconexión nacional.
- Disposición y aprobación de la comunidad para la construcción y operación del parque eólico.

Además de lo anterior, se solicitó a las autoridades tradicionales y miembros de cada una de esas comunidades que permitieran a los distintos profesionales de los medios biótico, abiótico y social contratados por la empresa Eolos Energía S.A.S. E.S.P. recorrer sus territorios y realizar los estudios pertinentes, con el objeto de reunir información para elaborar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Cabe resaltar que, con el propósito de establecer una comunicación clara y transparente con las comunidades del área de influencia, las intervenciones realizadas por los profesionales de la empresa durante las jornadas de socialización fueron traducidas a la lengua materna de los Wayuu (el wayunaiki) por la Laidriana Gonzalez y Nellys Epieyú (Trabajadoras Sociales Bilingües).

La Preconsulta es una reunión en la que se establece un diálogo previo entre los integrantes de las comunidades indígenas involucradas y la empresa desarrolladora del proyecto, que busca definir la ruta metodológica y los términos en que se desarrollaría el proceso de consulta, conforme a las especificidades de la comunidad indígena.

Para la reunión de apertura el Ministerio del Interior invitó a los representantes de las siguientes entidades, quienes son las encargadas de acompañar y garantizar el debido proceso: Oficina Departamental de Asuntos Indígenas, Personería Municipal de Maicao y Uribia, Alcaldía de Maicao y Uribia, Gobernación de La Guajira, Corpoguajira, Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, Procuraduría General de la Nación y Defensoría del Pueblo.

En esta reunión de Apertura se acordó un cronograma de actividades entre la empresa y cada comunidad wayuu, para realizar talleres que le permitieran a la empresa crear un entendimiento del territorio, sus habitantes, usos y costumbres; y a las personas de las rancherías de las comunidades, conocer las etapas del proyecto, sus impactos y medidas de manejo, lo cual se detalló en los acuerdos que finalmente fueron protocolizados. Lo anterior

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

con el fin de establecer un diálogo entre la empresa con ambas comunidades y hacerlas partícipes del proceso de Consulta Previa, mediante las distintas reuniones y actividades que se programaron para informarles acerca de alcances del Estudio de Impacto Ambiental, las características del proyecto y los beneficios que traería si este se desarrolla al interior de su territorio.

2.3.5.4.2 Análisis e identificación de impactos, y formulación de medidas de manejo

Entre las actividades más importantes desarrolladas durante la Consulta Previa se encuentran, por un lado, el análisis e identificación de impactos sociales y ambientales del proyecto, y, por otro lado, la formulación de medidas de manejo.

Para el desarrollo de los talleres de análisis e identificación de impactos, y formulación de medidas de manejo, la Dirección de Consulta Previa invitó a los representantes de las entidades públicas mencionadas anteriormente, y se contó con la participación de los integrantes de ambas comunidades wayuu y la empresa. El objetivo de estos talleres es, en primer lugar, dar a conocer en las rancherías los posibles impactos ambientales y sociales ocasionados por el proyecto “Generación de energía eólica BETA”, puesto que conforman el área de influencia del proyecto, y en segundo lugar, atender a las propuestas y sugerencias de cada comunidad respecto a la atención y manejo de los posibles impactos en sus territorios.

Por lo tanto, la empresa Eolos Energía S.A.S. E.S.P, utilizando un lenguaje claro y sencillo, informó nuevamente a las comunidades de Cacherín, Curalarrain, Kijotchon, Majayut, Mapuachon, Sukuluwou y Tewou en sus respectivos talleres sobre los potenciales impactos del proyecto en las etapas de construcción, operación y desmantelamiento, lo que permitió a los integrantes de cada comunidad participar activamente en la construcción de la matriz de impactos, y en la formulación de medidas de manejo que son presentadas en este Estudio de Impacto Ambiental.

El análisis e identificación de impactos por parte de las comunidades y la empresa se realizó bajo la metodología planteada en la Guía Metodológica de Vicente Conessa³⁰⁴, puesto que permite integrar los componentes del medio social y ambiental en las actividades a ejecutar del proyecto, y tener claridad sobre la posible situación de cada impacto en los escenarios que fueron considerados. Ello para lograr establecer la eficacia de las medidas propuestas o diseñar otras medidas de manejo y control socioambiental, con el objeto de dar viabilidad al desarrollo del proyecto “Generación de energía eólica BETA”.

Los talleres de análisis e identificación de impactos, y formulación de medidas de manejo, realizados en las comunidades de Araparen, Sachikimana, Jununtao y Toloira siguieron la metodología mencionada, la cual se divide en cuatro (4) fases:

1. Identificación de los sectores sociales a intervenir: se establecen los sectores que contribuirán al desarrollo sociocultural de la comunidad y se hace un diagnóstico de todos ellos.
2. Identificación de las propuestas sociales por parte de la comunidad: se relacionan los proyectos formulados por la comunidad, con el propósito de que propongan una solución a los problemas detectados en cada sector.

³⁰⁴ CONESA, Vicente. Guía Metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid, Barcelona, México. Cuarta edición. 2010. p. 853.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

3. Participación de la empresa en las propuestas formuladas: la empresa evalúa la pertinencia de los proyectos presentados por la comunidad y su relación con el plan de vida.
4. Acuerdos de los proyectos para protocolización: se buscaron acuerdos entre comunidades y empresa mediante un proceso de diálogo intercultural, que permitan el desarrollo social y mejoramiento de la calidad de vida de las personas de las comunidades en mención.

Esta metodología fue desarrollada en el marco de los procesos de consulta previa como actividades preparatorias o intermedias entre la fase de Preconsulta y apertura e identificación de impactos y medidas de manejo.

2.3.5.4.2.1 Taller de impactos Sociales – Fase 1 Matriz intercultural wayuu

El taller de identificación de impactos sociales, fase 1, realizado en el marco de la consulta previa tuvo como objetivo invitar a la comunidad a que pensara en el desarrollo y el mejoramiento de la calidad de vida de todos los miembros de la comunidad, dado que el objetivo principal del proyecto parque eólico “BETA” es establecer una relación y cordial con la comunidad, donde se construyan un tejido social para que la comunidad conozca bien el proyecto. Así mismo en este primer taller de impacto social se le solicita a la comunidad de que esta debe garantizar la no existencia de problemas relacionados con temas como: Posesión del territorio, diferencias internas entre familiares, vecinos que en el presente y/o futuro obstaculicen el desarrollo del proyecto Parque Eólico “BETA”

En el escenario nacional, Rodríguez (2008) plantea que los conflictos ambientales surgen porque se vulneran los derechos de los pueblos indígenas. Como señala Correa (2004) históricamente los wayuu se han enfrentado a cambios culturales y han creado formas de resistencia, pero actualmente los nuevos procesos productivos ponen a prueba su tradición cultural. En este sentido es pertinente el instrumento propuesto por Correa (2004) para una planificación pública intercultural, es decir la Matriz Cultural Wayuu, la cual se toma como referencia para analizar la implementación de proyectos de producción de energía eólica, porque “puede ayudar a identificar los aspectos de la cultura que son más vulnerables a presiones, actividades o prácticas específicas que son ejercidas de manera directa o indirecta por el desarrollo de proyectos en el territorio ancestral” Correa (2004).

Esta matriz cultural de Correa (2004) parte de dos conceptos importantes en la vida Wayuu. Uno de ellos es el anás, que representa bienestar, el estar bien, e implica justicia, salud, calidad de vida, bienestar social, bajo la lógica de reciprocidad y redistribución. El segundo concepto es Sukuaiipa Wayuu, es el modo de ser y vivir del Wayuu, encierra la ley y la palabra que guardan una manera de prevenir y resolver el conflicto (Correa, 2004). De esos dos conceptos se desprenden los derechos indígenas articulados a aspectos de la organización sociocultural Wayuu. Estos son la identidad, el territorio, la autonomía, la participación y el desarrollo propio. La metodología de este primer espacio de interacción con comunidades consistió en la implementación de la matriz intercultural wayuu, con los miembros de cada una de las rancherías del área de influencia del proyecto.

Para ello se abordan cinco (5) dimensiones de la vida wayuu, que se describen a continuación:

- Territorio

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Configurado de modo complejo en varios niveles, el territorio ancestral, el territorio actual o histórico concreto de la familia extensa matrilocal, la poli-residencialidad que permite asumir los retos que imponen las estaciones (invierno y verano) a los rebaños y el territorio ancestral en su conjunto.

- Autonomía

Tres aspectos son centrales en su ejercicio, dentro de la lógica cultural descrita en la relación prototípica wayuu: el gobierno, que por esencia es segmentario o familiar; la autoridad que le corresponde o que lo complementa (el *Alaula* o tío materno ejerce la primera), el *putchipu* o palabrero que media y facilita la regulación y el control social de los conflictos desde el modo o costumbre wayuu; y el sistema regulatorio mismo, o idea de la justicia wayuu, centrada en el anás y recreada en una lógica de responsabilidad social (colectiva) y objetiva de las conductas personales (quien responde es el grupo familiar -*Apushi* u *Oupayu* según lo dicho), que expresa rígidos principios de reciprocidad y redistribución.

- Identidad

Tres grupos sociales básicos vertebran la sociedad y el sistema identitario wayuu: El *Apushi* o unidad segmentaria básica, familia extensa, clan o linaje materno. - El *O'upayuu*, o grupo de sangre, vertebrado por línea paterna ("sangre de mi sangre"), cuya dimensión social se concreta a través del conflicto: la responsabilidad por los problemas de sangre - Los grupos de trabajo, cooperación o solidaridad, que se activan vecinal y ocasionalmente a partir de los otros dos.

- Participación

Es conveniente precisar las dimensiones de la participación en dos escenarios diferentes: los internos wayuu o intraétnicos, y los interétnicos o de representación y participación en la vida nacional o en relación con los actores de desarrollo. En el primero las modalidades de participación de los miembros de los grupos wayuu ya descritos, se distinguen según las esferas de estos, con base en el *sukwaitpa* wayuu, es decir, en el modo wayuu caracterizado por la construcción de consensos que fundamentan las reciprocidades específicas dentro de la familia (cada miembro es un punto en la red de responsabilidades colectivas, y como tal debe ser respetado): en las decisiones familiares, el *Alaula* o tío materno decide a través de consensos con su hermana, quien representa y consulta los intereses específicos de cada miembro de su grupo (sus hijos y nietos); y de ese modo se garantiza el respaldo incondicional de todos en las consecuencias de tales decisiones.

En el caso interétnico, esta participación se vertebra en torno a los líderes que agencian la relación externa para efectos de intercambios con los agentes del desarrollo relacionados esporádicamente con el grupo o comunidad wayuu, cuyos productos deben ser redistribuidos dentro del linaje, bajo el riesgo de perder dicho rol o por lo menos el apoyo para posteriores relaciones a nombre del grupo (eficacia del mismo principio de reciprocidad).

- Desarrollo propio

El anás como objetivo y como valor o criterio omnipresente en las gestiones de inversión social wayuu y en las estrategias de supervivencia, determina la vigencia del *sukwaitpa* en la forma de trabajar y relacionarse en función del futuro. Así, el desarrollo wayuu es en sí mismo el ejercicio de los sistemas de reciprocidad, redistribución y complementariedad mencionados, y al mismo tiempo como el ejercicio de la diversidad de actividades económicas o productivas

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

que encarna dicha complementariedad: pastoreo, pesca, recolección, horticultura, tejidos y cerámica (artesanías), comercio y trabajo asalariado³⁰⁵.

En la Figura 2-52, se presenta la matriz intercultural wayuu, desarrollada con los habitantes de las comunidades del área del proyecto, entre el 16 y el 27 de febrero del año 2017.

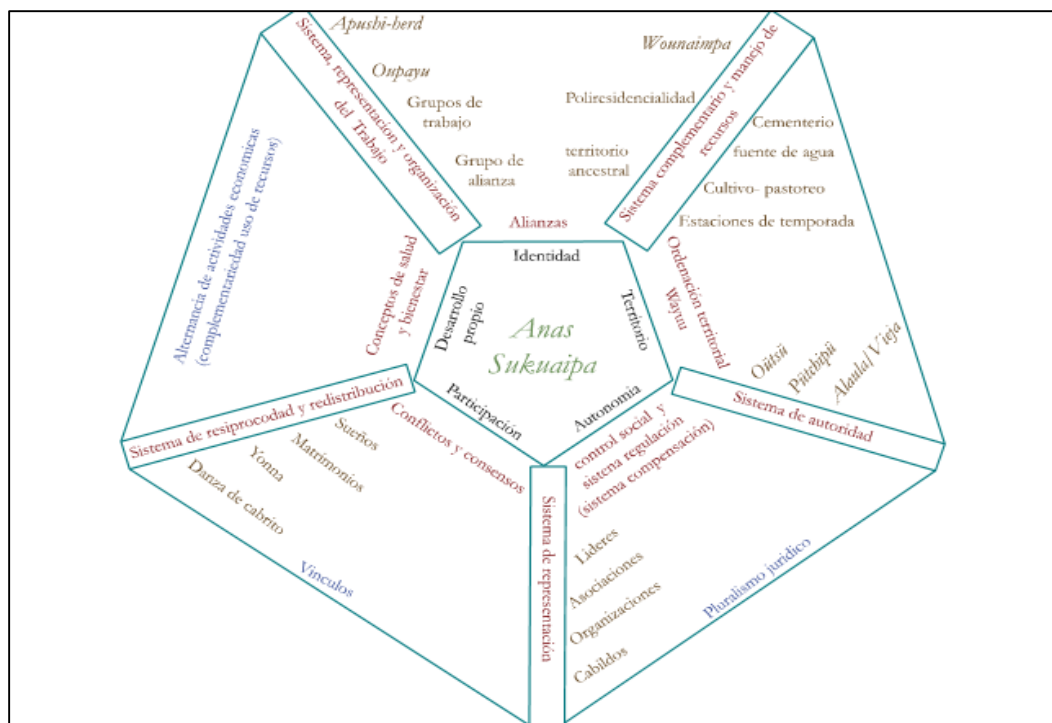


Figura 2-52. Matriz intercultural wayuu³⁰⁶

A través del desarrollo del taller de Matriz intercultural Wayuu los pobladores de las comunidades del área de influencia del proyecto BETA, tuvieron la oportunidad de analizar detenidamente cada uno de los impactos social y cultural que se puede generar con el desarrollo del proyecto generación de energía eólica sobre los aspectos de la organización sociocultural Wayuu. Como son: la identidad, el territorio, la autonomía, la participación y el desarrollo propio. A su vez, tuvieron la oportunidad de plantear de su perspectiva y con enfoque intercultural las medidas de manejo a los impactos que se genera sobre cada aspecto. Los resultados del taller de matriz intercultural suministraron insumos para la identificación de impactos sociales en el marco del proyecto de generación de energía eólica BETA.

A continuación, se presenta la matriz intercultural elaborada por los miembros de la comunidad para la identificación de impactos social y cultural, tomando como ejemplo los resultados para la comunidad de Jununtao.

³⁰⁵ CORREA, H. Conflicto social y ambiental e interculturalidad. El caso del pueblo wayuu y las salinas de Manaure, 2004. Disponible en línea. <http://191.98.188.189/Fulltext/7876.pdf> [consultado el 12 de septiembre de 2017]

³⁰⁶ Ibíd., p. 2-254.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.5.4.2.2 Taller de impactos sociales – Fase 2 Matriz DOFA y construcción de Planes de Vida

El desarrollo de la metodología social para la identificación de impactos y medidas de manejo, incluyó un segundo ciclo de talleres sociales, que tuvieron como objetivo construir un plan de vida con las comunidades indígenas wayuu para así identificar los sectores o líneas estratégicas con las cuales debe consolidarse el modelo de desarrollo propuesto para las comunidades en el marco de las compensaciones que el proyecto generará en las diferentes etapas del proyecto.

De este modo, se socializó con las comunidades del área de influencia la metodología plan de vida, entendida como el acumulado de sueños y vivencias milenarias que motivan a un pueblo a que perviva la búsqueda de condiciones dignas, manteniendo su identidad y recreándola de acuerdo a las condiciones y necesidades del tiempo presente. En este sentido, cuando hablamos de proyecto de vida nos referimos a la dimensión histórica, donde se concreta la expectativa de un grupo social determinado.

Los planes de vida son los procesos que se realizan para la consecución del bienestar social de una población determinada, apoyados en la participación activa de la comunidad. Cuando hablamos de proyecto de vida nos referimos a las acciones y programas que concretan y viabilizan los sueños que tienen en un tiempo y espacio determinado (CRIC: Graciela Bolaños. Programa de Educación bilingüe, 1996).

Un plan de vida es un instrumento de planeación que se construye a partir de un proceso participativo de autodiagnóstico y en el ejercicio de elaboración de proyectos, identificación de prioridades por parte de la comunidad sobre las propuestas de desarrollo comunitario.

Laidriana Gonzalez, realiza la traducción sobre la metodología de impactos sociales del proyecto Parque Eólico “BETA” en wayunaiki para mejor comprensión por parte de la comunidad.

Para el logro de los objetivos en la construcción del plan de vida en cada una de las comunidades del área de influencia se utilizó la herramienta DOFA.

La matriz DOFA es un instrumento metodológico que sirve para identificar acciones viables mediante el cruce de variables, en el supuesto de que las acciones estratégicas deben ser ante todo acciones posibles y que la factibilidad se debe encontrar en la realidad misma del sistema. En otras palabras, por ejemplo, la posibilidad de superar una debilidad que impide el logro del propósito, solo se la dará la existencia de fortalezas y oportunidades que lo permitan.

El instrumento también permite la identificación de acciones que potencien entre sí a los factores positivos.

El cruce del factor interno por el factor externo supone que el sistema está en equilibrio interno; esto es, que las debilidades que tiene no han podido ser superadas por sí mismo. Sin embargo, esta no es una situación frecuente; el sistema puede tener aún debilidades que por una u otra razón no se han superado, pudiendo hacerlo con sus propias posibilidades. Esto sugiere encontrar estrategias del tipo FD, es decir la superación de debilidades utilizando las propias fortalezas³⁰⁷.

³⁰⁷ Disponible en línea <https://investigacionubv.wordpress.com/2012/03/17/matriz-foda>. [Consultado el 12 de septiembre de 2017]

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

A partir de las unidades de análisis identificadas en el taller de identificación de impactos sociales fase 1: Matriz intercultural wayuu, se procedió a elaborar una matriz DOFA en cada una de las comunidades como se presenta en la matriz ejemplo a continuación, toda esta información se constituyó en el insumo mediante el cual se crearon las medidas de manejo para el medio socioeconómico y que se evidencia en el capítulo 10 del presente estudio de Impacto Ambiental.

Estos talleres de construcción de plan de vida e implementación de la herramienta metodológica DOFA, tuvieron como resultado el conjunto de las medidas de manejo que la comunidad identificó y que, en la construcción de este EIA, fueron tenidas en cuenta tanto para las acciones de corrección, prevención y mitigación; como para las medidas de compensación y potenciación de los impactos ambientales derivados. Los resultados asociados se presentarán en el capítulo de lineamientos de participación del capítulo 5.3 Medio Socioeconómico y se presentarán las evidencias asociadas en el Anexo 24. Consulta Previa Lineamientos Participación

2.3.5.4.2.3 Taller de identificación de impactos y medidas de manejo ambientales

El taller de identificación de impactos y medidas de manejo ambientales, para el medio biótico y abiótico, se realizó de manera interna (entre la comunidad y la empresa) en el mes de abril de 2018, este taller buscó bajo la metodología de la *representación temporal gráfica*, de los cambios que podrían afectar a la comunidad por el desarrollo del proyecto, en diferentes aspectos de su vida: organización social, producción, recursos naturales, relación con el entorno.

Dentro de los objetivos del taller se contaron los siguientes:

- Identificar de manera participativa los impactos ambientales y sociales, que surjan de los encuentros con las comunidades par así establecer, de manera conjunta, incluyente y respetuosa con las dinámicas culturales de las comunidades étnicas involucradas, estrategias de manejo contextualizadas a sus prácticas sociales y formas de relacionamiento con el territorio.
- Establecer posibles medidas de manejo concertadas con las comunidades de las rancherías del área de influencia, basándose en los criterios de pertinencia, oportunidad e inclusión.
- Recoger las impresiones de la comunidad respecto a los impactos y las posibles medidas de manejo.

Para la identificación de impactos con la comunidad, se presentaran una serie de imágenes asociadas a cada una de las actividades del proyecto, las cuales serán distribuidas entre los participantes a la actividad, se les preguntará que ven en cada imagen y a continuación se les mencionará la actividad del proyecto a la cual está asociada, acto seguido se dispondrá dicha imagen en un cartel, en el cual se les asociará los impactos y sus respectivas medidas de manejo, las cuales surgirán de las percepciones entre la comunidad.

En la Tabla 2-96 se presenta la información descriptiva de cada una de las actividades de proyecto y su descripción gráfica, la cual fue socializada con las comunidades del área de influencia.

Tabla 2-96: Descripción gráfica de las actividades del proyecto

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	
Etapa Preliminar		
Estudios Ambientales, solicitud de permisos, Consultas Previas, Relacionamento Comunitario.		Visitas de reconocimiento, estudio técnico del recurso viento, levantamiento de información primaria y secundaria, proceso de información, participación y consulta previa con las comunidades indígenas.
Etapa de construcción		
Contratación de mano de obra y bienes y servicios		Selección y vinculación de personal calificado y no calificado para la construcción de las obras del Parque Eólico y los bienes y servicios necesarios, los cuales serán adquiridos en parte, dentro de las comunidades del área de influencia dados los acuerdos protocolizados en la consulta previa.
Remoción de vegetación y descapote		Corte y disposición de vegetación arbustiva. Remoción de capa superficial del suelo para adecuación de las obras e infraestructura del proyecto.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	
Excavaciones y movimientos de tierra		La construcción de las vías generará volúmenes de corte y lleno para la adecuación de éstas; la construcción de las fundaciones o zapatas requiere el movimiento de tierras.
Disposición de sobrantes de excavación		Los sobrantes de excavación serán acopiados de forma temporal o permanente en el depósito de materiales o también llamado ZODME - Zona de Depósito de Materiales de Excavación.
Construcción y/o adecuación de vías existentes y vías internas		El Parque Eólico requerirá la construcción de nuevas vías con el fin de tener acceso a las diferentes plataformas de trabajo, campamentos y patios de maniobras. Con respecto a las vías existentes, éstas serán adecuadas con el fin de que cumplan con las especificaciones técnicas necesarias para el proyecto.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	
Construcción y operación de instalaciones provisionales (campamento, patio de maniobras, concretadora, talleres y lugares de almacenamiento de materiales).		Instalación de campamento, baños, planta de tratamiento de aguas domésticas, patios de maniobra, talleres, planta concretadora y lugares de almacenamiento de materiales, insumos y sustancias químicas.
Importación y transporte de equipos	 	Para la construcción del Parque Eólico será necesaria la importación y transporte de las diversas partes de los aerogeneradores como palas, rotores, nacelle, etc. El proyecto dispondrá de un software específico de simulación de maniobras de grandes vehículos, en el que, conocidas las características de los vehículos de transporte y de los elementos a transportar, se realizan las simulaciones necesarias para reproducir la envolvente y el área de barrido en función del vehículo y la trayectoria de la maniobra óptima a realizar en cada punto.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN		
Construcción de la infraestructura del proyecto	 Construcción de la infraestructura del proyecto como fundaciones, vías y accesos, plataformas y demás obras asociadas.		
Montaje de torre e instalación de los aerogeneradores	 Una vez importadas y transportadas, todas las partes de los aerogeneradores se procederá con el montaje por medio de grúas.		

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN		
Instalación de cables subterráneos			Se construirán zanjas con el fin de realizar la instalación de los cables subterráneos. Estas zanjas serán cubiertas nuevamente con el suelo removido.
Desmante de instalaciones provisionales de la etapa de construcción.			El desmante de todas las instalaciones provisionales utilizadas en la fase de construcción del proyecto como almacenes, oficinas, baños portátiles, campamento, sistemas de tratamiento de aguas, planta concretadora. Además, el retiro de materiales, equipos y maquinaria pesada utilizada en la obra.
Conformación y revegetación final de la zona de depósito.			Una vez finalizadas las actividades de construcción, se realizará la conformación final del depósito y su revegetación.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN		
Cumplimiento de los acuerdos de Consulta Previa en la etapa de construcción.			
Etapa de Operación			
Funcionamiento de los aerogeneradores y generación de energía eólica.			
Transporte interno			

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	
Mantenimiento de vías		Actividades que se realizarán según los mantenimientos programados del parque.
Calibración, revisión y mantenimiento periódico de los equipos.		Actividades que se realizarán según los mantenimientos programados del parque. Cabe resaltar que el mantenimiento de los aerogeneradores implica el cambio de considerables cantidades de aceite los cuales son residuos peligrosos que serán manejados y dispuestos correctamente según la legislación ambiental vigente.
Cumplimiento de los acuerdos de Consulta Previa en la etapa de construcción.		Terminada la etapa de construcción se realizará el balance de cumplimiento de los acuerdos de Consulta Previa con la comunidad, esto con el fin de hacer el cierre formal de la etapa de construcción y dar inicio a la etapa de operación que se llevará a cabo por un periodo de 25 años.
Etapas de cierre, abandono y restauración final		
Desmante de infraestructura.		Desmante de los aerogeneradores y torres. Retiro de

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	
		materiales. Desmantelamiento de los cables subterráneos y aéreos. Desmonte de válvulas, medidores y sistemas eléctricos. Retiro de baños portátiles. Desmantelamiento de todas las instalaciones temporales utilizadas para la desinstalación de todos los equipos que componen el Parque Eólico. Retiro de todos los equipos y maquinaria utilizada en esta fase. No serán desmontadas las fundaciones de concreto ni las vías.
Transporte de elementos y materiales.		Transporte de todas las partes provenientes del desmonte de la infraestructura del parque.
Rehabilitación de áreas intervenidas.		Restauración geomorfológica y paisajística final de las áreas intervenidas (no se desmontarán ni vías ni fundaciones). Retiro de la señalización temporal instalada en esta fase.

Fuente: Renovatio 2018

Una vez se distribuyen las imágenes, se vuelven a recuperar se pegan sobre el cartel y se socializa a la comunidad cual es la actividad del proyecto la cual representa y se les pide que den un concepto sobre los impactos que dicha actividad puede tener sobre el medio ambiente y la comunidad, bien sea positivo o negativo, se les pedirá expresar además cual sería una posible solución (mitigación, compensación o corrección) o la potenciación del impacto, en caso de ser positivo. Una vez se ambientó a la comunidad con las fotografías, se realizó una

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

presentación en Power Point en la cual se les presentó el proceso de licenciamiento de un parque eólico, distribuido en ocho pasos, tal y como se presenta en la imagen que se presenta a continuación. El principal objetivo de realizar esta presentación por etapas, fue acercar a la comunidad a la realidad de los trámites de licenciamiento y aprobación de los proyectos previos a la etapa de construcción.

En términos de los tiempos de licenciamiento se le dijo a la comunidad que antes de iniciar con la contratación de mano de obra local se debían surtir cada uno de estos pasos y que esta duración podría tardar aproximadamente entre 2 y 3 años, antes de que comenzarán a desarrollarse propiamente las actividades constructivas.

A continuación, se presentan los pasos que representan cada una de las acciones previas a la construcción del parque eólico.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			



Imagen 2-51: Línea del tiempo para el desarrollo de un parque eólico

Una vez mencionadas estas etapas en las que se encuentra el proyecto, se aclara los siguientes temas que orientaran la identificación de impactos y medidas de manejo:

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Así mismo, durante esta presentación, se hizo claridad sobre las actividades de caracterización que se han desarrollado en el territorio, y que incluyen una identificación de entre otros los siguientes componentes del ambiente:

- Geología, geomorfología, paisaje y suelos
- Hidrología, calidad del agua, usos del agua, hidrogeología
- Ecosistemas terrestres y acuáticos
- Componentes Demográfico, espacial, económico, cultural, Político

Se les solicita a los participantes volver a concentrarse en las imágenes expuestas y pensar un poco en los impactos que el proyecto puede ocasionar, y las posibles medidas de manejo a implementar, para esto se presenta como ejemplo, el impacto de remoción de la cobertura vegetal y se asocia con el ejemplo del programa de compensación por pérdida de la cobertura vegetal, tal y como se presenta en la siguiente imagen.



Figura 2-53. Ejemplo de impacto

2.3.5.4.2.4 Taller de identificación de impactos y medidas de manejo en el marco del desarrollo de la consulta previa.

Posterior a los talleres de identificación de impactos sociales y ambientales desarrollados previamente por las comunidades del área de influencia con el acompañamiento de la

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

empresa, se desarrolló el taller de impactos y medidas de manejo en presencia del ministerio del interior y sus funcionarios delegados de la Dirección de Consulta Previa.

Para ello se surtieron las siguientes actividades síntesis de los talleres internos anteriores (identificación de impactos sociales y ambientales), con el fin de presentar ante el Ministerio del Interior el trabajo preparatorio realizado con las comunidades para lograr una comprensión clara y con enfoque intercultural de los impactos que va a generar el proyecto.

- ✓ Presentación del representante de la empresa Eolos Energía S.A.S E.S.P
- ✓ Presentación de la autoridad tradicional y los asistentes de la reunión.
- ✓ Presentación de los asistentes por parte del Ministerio del Interior
- ✓ Qué es el proyecto Parque Eólico BETA

Laidriana Gonzalez, realiza la traducción sobre la metodología de los impactos sociales del proyecto Parque Eólico “BETA” en wayunaiki para mayor comprensión por parte de la comunidad.

2.3.5.4.2.4.1 Conformación de grupos focales para la construcción de planes de vida y formulación de preacuerdos

En esta etapa del proceso de Consulta Previa se consolidan, entre la empresa y las comunidades de Cacherín, Curalarrain, Kijotchon, Majayut, Mapuachon, Sukuluwou y Tewou, los acuerdos y proyectos de compensación elaborados durante los talleres de análisis e identificación de impactos, y formulación de medidas de manejo, referidos anteriormente. A partir de lo previamente acordado en esos talleres se llevan a cabo las jornadas de socialización, retroalimentación, desarrollo del plan de vida entre los integrantes de las comunidades wayuu y los representantes de la empresa, con el objeto de establecer finalmente el modelo y valor total de la compensación por el desarrollo del Parque Eólico BETA.

Por medio del diálogo intercultural y de saberes que se logró en las jornadas de socialización y retroalimentación y conformación de grupos focales las personas de estas comunidades determinaron los sectores que requieren inversión para su desarrollo social, mediante un plan de vida dirigido a garantizar un mejor futuro para todos ellos; y los representantes de la empresa Eolos Energía S.A E.S.P ratificaron la importancia de fortalecer esos sectores, con el propósito de mejorar las condiciones y calidad de vida, no solo actuales sino a futuro de los integrantes de ambas rancherías.

Aquellos sectores propuestos por las comunidades y ratificados por la empresa son: fortalecimiento de la identidad cultural, generación de empleo o de ingreso, educación, servicios públicos (energía, agua, saneamiento básico y aseo), salud, vivienda, bienestar social (niños, mujeres y adulto mayor), servicios de transporte, apoyo a comunidades vecinas por zonas de influencia indirecta y sostenimiento de la fundación.

Para el manejo y administración de los recursos de la compensación por el desarrollo del proyecto “Generación de energía eólica BETA” las comunidades wayuu de Araparen, Sachikimana y Toloira, escogieron la modalidad Fundación, cuyos representantes serán de la comunidad y de la empresa, y manejarán los recursos pactados entre las partes. Este comité tendrá como función evaluar los proyectos que se van a ejecutar y la Fundación tendrá la característica de gestionar programas y recursos que contribuyan a la calidad de vida de la comunidad.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.5.4.3 Protocolización de acuerdos

La etapa de Protocolización de acuerdos es aquella en la que se firman los acuerdos logrados en las comunidades y la empresa. Para esta etapa del proceso de Consulta Previa, el Ministerio del Interior a través de la Dirección de Consulta Previa convocó nuevamente, a los lugares y en las fechas acordadas en el cronograma de actividades, a las respectivas autoridades tradicionales e integrantes de las comunidades wayuu de Cacherín, Curalarrain, Kijotchon, Majayut, Mapuachon, Sukuluwou y Tewou, a los representantes de la empresa desarrolladora del proyecto eólico Eolos Energía S.A.S E.S.P y a las entidades públicas competentes (Oficina Departamental de Asuntos Indígenas, Personería Municipal de Uribia y Maicao, Alcaldía de Uribia y Maicao, Gobernación de La Guajira, Corpoguajira, Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, Procuraduría General de la Nación y Defensoría del Pueblo), con el objeto de firmar los acuerdos producto de las reuniones de la Consulta Previa.

La reunión para la Protocolización de los acuerdos se llevó a cabo durante el mes de agosto de 2018, estas protocolizaciones se dieron con la participación de todos los miembros de la comunidad, los representantes de la empresa y las entidades públicas que fueron convocadas.

En todas las reuniones, en las respectivas rancherías y en los acuerdos protocolizados, la empresa Eolos Energía S.A.S E.S.P y las comunidades establecieron que los proyectos de compensación, producto de las actividades del proceso de Consulta Previa, serán ejecutados una vez empiece la fase de desarrollo (generación de energía) del Parque Eólico BETA; que la Fundación que será creada escogerá los proyectos prioritarios de los sectores identificados, con planes de inversión de cinco (5) años hasta cumplir los 25 años que es la duración del proyecto; y, que el valor de la compensación será de acuerdo a la cantidad de aerogeneradores que se instale en la comunidad.

2.3.5.5 Desarrollo de los lineamientos de participación en el marco de la consulta previa con las comunidades del área de influencia asociadas a la vía de acceso al parque eólico.

Es importante mencionar que el relacionamiento con las comunidades incluidas por el área de influencia de la vía de acceso al parque eólico BETA, fueron socializadas, caracterizadas, participadas de la identificación de impactos y medidas de manejo, en el término de aproximadamente dos meses; durante los cuales cada una de las ocho comunidades que finalmente se integraron al área de influencia del proyecto se mostraron abiertas para dar información y dispuestas a ser incluidas en el desarrollo del mismo.

De este modo cabe anotar que la participación de las comunidades del área de influencia se desarrolló en el marco de un proceso de Consulta Previa, luego de haber solicitado al Ministerio del Interior a través del radicado EXTMI18-52881 del 24 de diciembre de 2018, la ampliación de la certificación 01470 del 22 de diciembre de 2017, para la inclusión de las comunidades de Aipishimana, Apusilamana, Carcloctamana (Karroloutamana), Katzaliamana¹, Matenari (Mathunali), Rosamana, Shoshinchon 1, Shoshinchon 2 en el área de influencia. (Ver Anexo 23 Rad_Eolos_24122018)

2.3.5.5.1 Socialización del proyecto y caracterización territorial

Antes de iniciar formalmente el proceso de Consulta Previa, los representantes de la empresa desarrolladora EOLOS ENERGÍA S.A.S. socializaron de forma general del proyecto eólico, la vía de acceso y las características de la participación de RG RENOVATIO GROUP LIMITED,

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

como entidad consultora de las actividades para el licenciamiento ambiental y la consulta previa, esta primera socialización se realizó con las autoridades tradicionales del área de interés quienes se mostraron interesados por que se desarrollará la ampliación de la vía que hace presencia en su territorio y permitiendo dar información sobre la comunidad para realizar la actividad de caracterización territorial. Los soportes asociados a esta información se presentan en el Anexo 24. Subcarpeta 2412_INFORMACIONADICIONAL.

Para efectos de este primer acercamiento, el personal de RG RENOVATIO GROUP LIMITED, realizó un recorrido general de identificación de la vía existente a través del equipo de gestión social, esto con el fin de identificar el consolidado final de las comunidades que harían parte del área de influencia del proyecto por la inclusión de la vía de acceso.

Así mismo durante este espacio los profesionales sociales encargados del relacionamiento comunitario diligenciaron una ficha de caracterización territorial, la cual cubrió la caracterización de la comunidad en todos los componentes del medio socioeconómico.

2.3.5.5.2 Taller de identificación de impactos y medidas de manejo

Como parte de la agenda diseñada para dar cumplimiento al requerimiento N° 15 de información adicional, se realizó un taller interno de identificación de impactos y medidas de manejo para definir, con base en las actividades del proyecto los posibles cambios que podría ocasionar el proyecto al territorio de las comunidades étnicas definidas como área de influencia. Los soportes de estas actividades se hallan en el Anexo 24 2412_INFORMACIONADICIONAL.

Estos talleres se realizaron de manera interna (comunidad - empresa) entre el 11 y el 19 de enero de 2019; el propósito fue identificar los cambios que podrían afectar a la comunidad por el desarrollo del proyecto, en diferentes aspectos de su vida: organización social, producción, recursos naturales, relación con el entorno bajo la metodología de la representación temporal gráfica, entre otros.

En este taller se amplió a las comunidades del área de influencia la información asociada al contexto de información adicional en el que se desarrollan los encuentros participativos las características técnicas del proyecto, y las comunidades que hacen presencia en el área de influencia, todo esto para efectos de dar cumplimiento a los requerimientos de la autoridad ambiental, se aclaró que en este proceso se procedió inicialmente a identificar técnica y ambientalmente el corredor asociado a la vía para identificar las condiciones actuales, las comunidades asentadas sobre la vía y las intervenciones a desarrollar para ser incluidas dentro del área de influencia.

2.3.5.6 Información sobre población a reasentar

El proyecto de generación de energía eólica BETA, diseñado por la empresa Eolos Energía S.A.S E.S.P no reasentará población, puesto que el layout del parque se construyó teniendo en cuenta las restricciones socioeconómicas propias de la forma de ocupar el territorio de las comunidades wayuu, es decir, considerando los retiros necesarios a las zonas de emplazamiento de infraestructura social y cultural, con el fin de no alterar las dinámicas ancestrales de ocupación del territorio.

2.3.5.7 Caracterización del componente arqueológico

Las actividades del presente estudio estuvieron encaminadas a la identificación de contextos arqueológicos que podrían ser afectados por la adecuación e intervenciones al subsuelo en el

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

área de influencia directa del Parque Eólico Beta y así proponer para ellos, un Plan de Manejo coherente con los resultados que permita prevenir o mitigar los impactos generados sobre el patrimonio arqueológico. Con tal propósito, se aplicó la metodología en la que se consideró: el reconocimiento y muestreo de las diferentes obras, la evaluación visual de las características fisiográficas de los sitios, la revisión exhaustiva de la superficie y perfiles estratigráficos expuestos, así como la identificación de alteraciones en el paisaje que sirvieron de guía para la determinación de su potencial arqueológico, a través de una metodología mixta, correspondiente a una prospección sistemática conjugada con una metodología dirigida en algunos sectores que fue necesario, esto permitió el control y un mayor muestreo del área a ser intervenida.

La implementación de la estrategia metodológica mixta propuesta en el presente estudio, se estableció de acuerdo a los siguientes parámetros: área total impactada, grado de afectación de los yacimientos arqueológicos, medidas preventivas para la preservación de los bienes patrimoniales, intensidad de las intervenciones arqueológicas y alcances del estudio.

2.3.5.7.1 Trabajo De Campo

Consistió en el traslado de los equipos de trabajo a las áreas de influencia del proyecto. Se realizó un reconocimiento y evaluación del área mediante la identificación de entidades arqueológicas, intervención en el subsuelo para la recuperación del material arqueológico y comprensión estratigráfica que permitiera reconocer la formación de los yacimientos, efectuar el registro y acopio de la información, y por último, si fuese necesario, delimitar dentro de las áreas impactadas, zonas para rescate, monitoreo o de reserva para futuras investigaciones. De este modo, y siguiendo el reconocimiento y prospección arqueológica y según la información suministrada por RG Renovatio Group Limited, quien desarrolla el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), el presente proyecto se desarrolló únicamente en el área de influencia directa o área de intervención. Con lo anterior fue posible minimizar las áreas de descarte, analizando el paisaje de una manera más objetiva.

2.3.5.7.1.1 Reconocimiento arqueológico

Inicialmente se realizó un reconocimiento general del área de influencia directa del proyecto arqueológico, con los grupos de profesionales y auxiliares de campo, con la intención de establecer estrategias de trabajo que permitieran un orden del muestreo con los puntos referentes. Así, se organizaron equipos, conformados por un arqueólogo y un obrero de la región por cada una de las Rancherías. La inspección se efectuó a través de recorridos a pie buscando generar una caracterización de los paisajes presentes, con miras a establecer una zonificación de sectores de alto, medio y bajo potencial arqueológico según la fisiografía del lugar. Éste análisis del paisaje permitió identificar que la zona de estudio solo presenta una área geomorfológicamente diferencial; correspondiente al paisaje de zonas planas extensas o planicie.

2.3.5.7.1.2 Paisaje de Zonas Planas Extensa o Planicie

Caracterizado por presentar un plano extenso y una muy baja pendiente en su formación geomorfológica, presenta una vegetación xerofítica, correspondiente a zonas sin pasto y grandes concentraciones de rastrojos medio – bajo con zonas de escorrentía de baja pendiente. El área de influencia directa, correspondiente a las obras proyectadas del actual proyecto, se localiza sobre este paisaje. Así, está compuestas principalmente por una zona plana correspondiente a una sabana extensa o planicie y en menor medida se identificaron

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

algunas zonas de ladera suave progresivas, producto de pequeñas elevaciones correspondientes a niveles de sabanas extensas y lugares de escorrentía.

Como se mencionó anteriormente las obras asociadas del proyecto eólico, correspondiente al área de influencia directa, se les identificó que poseen un gran paisaje que está compuesto por una zona plana no inundable (sabana extensa o planicie) con algunas zonas anegadizas estacionales, zonas con afloramientos rocosos y zonas de construcciones o intervenciones actuales como los jagüeyes y vías construidas con maquinaria pesada y caminos para el tránsito de personas y el pastoreo de chivos y ganadería (ver Imagen 2-52 e Imagen 2-53).



Imagen 2-52. Paisaje Proyecto Eólico BETA.



Imagen 2-53. Paisaje Proyecto Eólico BETA.

A partir de la zonificación geomorfológica establecida por el reconocimiento en el área de influencia directa del proyecto se identificó y fue desarrollada la prospección arqueológica con la aplicación de la metodología propuesta y aprobada por el Instituto Colombiano de Antropología e Historia. El desarrollo de esta metodología estuvo pensada para la identificación de contextos culturales asociando la estratigrafía con la posibilidad de hallazgo. De este modo, se realizaron todos los pozos de sondeo abarcando toda el área de las obras

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

proyectadas sin dejar espacios o zonas sin muestrear, todo con el fin de identificar y caracterizar las Unidades de Intervención Arqueológica.

Aunque dentro de la metodología se propuso que las zonas poco aptas o sin ninguna potencialidad arqueológica iban a ser descartadas, en el presente estudio solo fueron descartados algunos puntos de muestreo, porque se ubicaban sobre vías existentes, y fue lo único que se descartó, pues todo el muestreo proyectado fue realizado, incluso con algunos muestreos adicionales realizados para la caracterización de los yacimientos arqueológicos y la probabilidad de hallazgo de material cultural estratificado. De igual manera como la planicie presentaba características mixtas de zonas anegadizas y zonas no inundables, pero con aportes de agua estacionales, se realizó un muestreo pensando en evidenciar y descartar con los muestreos y determinar a partir del análisis estratigráfico la potencialidad arqueológica real del proyecto eólico. De igual manera cabe resaltar que durante la realización de todos los muestreos arqueológicos del proyecto eólico, presentan una homogeneidad de horizontes de suelo, así como la ausencia de horizontes orgánicos y presencia de horizontes inertes igualmente en todos los pozos de sondeos, además de la ausencia de material cultural estratificado en la totalidad de unidades de intervención arqueológica.

Como resultado del reconocimiento, se logró determinar fisiográficamente que el área de influencia directa del proyecto eólico se ubica en zonas planas extensas no inundables principalmente, y en algunos casos sobre zonas intervenidas actualmente. Así, fue posible organizar metodológicamente el espacio a ser muestreado, definiendo Unidades de Intervención Arqueológica (UIA), la cual hace referencia a una delimitación arbitraria de la geomorfología, geografía u obra proyectada que puede estar compuesta por diferentes unidades espaciales mínimas.

Además de la comprensión del paisaje, se realizó una zonificación arqueológica inicial, la cual consistió en reconocer que la planicie presentaba probabilidades arqueológicas de acuerdo al análisis del paisaje arqueológico, por lo que se determinó como un área de alto potencial arqueológico en el reconocimiento inicial.

Esta organización del espacio, permitió finalmente decidir que los muestreos arqueológicos fuesen realizados en las zonas de potencial alto de cada una de las Unidades de Intervención arqueológica identificadas y en los casos en los que se consideró pertinente, se muestreó las zonas de potencial bajo, correspondiente a las zonas anegadizas o con erosión evidente en la superficie.

2.3.5.7.2 Prospección arqueológica

Como se mencionó anteriormente, para la totalidad del polígono del área de influencia directa se prospectó siguiendo una metodología consistente en efectuar pozos de sondeo sistemáticos complementado con algunos muestreos dirigidos en zonas que se requerían para contextualizar o caracterizar más profundamente el sector. Estos se realizaron principalmente en las zonas determinadas como potencial alto para la identificación de yacimientos arqueológicos. Cada unidad de intervención arqueológica se denominó como UIA y se enumeró de manera consecutiva, la cantidad de pozos de sondeo fue variable según el tamaño de cada UIA y según la presencia de evidencias arqueológicas. Estos pozos de sondeo dirigidos, dentro de la metodología mixta propuesta, no presentan un distanciamiento específico, pues precisamente corresponde a un muestreo no sistemático sino a muestreos complementarios del muestreo sistemático inicial, y el objetivo específico es ampliar la

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

posibilidad de hallazgo de sectores contenidos y tratar de contextualizar con mayor detalle los yacimientos arqueológicos identificados.

De manera general, el muestreo se realizó a través de pozos de sondeo de 50 X 50 cm excavados por niveles arbitrarios de 10 cm. La profundidad fue variable, pues inicialmente estaría determinada por el agotamiento de las capas orgánicas, sin embargo, lo que se evidenció es que en la región la erosión es demasiado agresiva y estos suelos orgánicos son escasos. A cada pozo de sondeo se le registró uno de los perfiles expuestos y se consignó toda la información en una ficha dispuesta para ello; de igual manera cada pozo de sondeo fue localizado geográficamente por medio del GPS. En todo el proceso de trabajo de campo, se llevó un registro fotográfico y escrito de las labores efectuadas, tanto las generalidades del paisaje como las intervenciones arqueológicas realizadas (ver Imagen 2-54).



Imagen 2-54. Actividades en campo

Para el registro de los datos obtenidos, se diseñaron fichas de sitio en las cuales se recuperó información como: identificación (nombre), ubicación (municipio, coordenadas), aspectos fisiográficos (unidad de paisaje y sub cuenca), descripción de sitio (uso actual del suelo, estado de conservación, vegetación, actividad antrópica), grado de afectación, actividad arqueológica realizada en el lugar y sus contenidos culturales (véase Anexo 29. Prospección Arqueológica y radicados ICANH).

Así mismo, para cada sondeo se diseñó una ficha de registro con la localización, número del sondeo, coordenadas y fecha en que se realizó; la descripción de las características físicas de cada nivel de excavación y del material cultural recuperado dentro de esta secuencia, y

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

finalmente la descripción gráfica de uno de los perfiles más representativos de la estratigrafía del pozo.

A modo de resumen, las actividades efectuadas en el trabajo de campo de la prospección arqueológica fueron las siguientes:

- Recorrido a pie por el área del proyecto, buscando efectuar una caracterización de los paisajes fisiográficos presentes.
- Revisiones superficiales y recolecciones de los materiales expuestos en perfiles o en superficie, con la intención de establecer relaciones entre eventos de ocupación y procesos de formación del sitio.
- Realización de muestreos en las UIA mediante pozos de sondeo (PS) de 50 x 50 cm, excavados por niveles arbitrarios de 10 cm hasta agotar las capas orgánicas o presencia de rasgos.
- Registro en planillas de la excavación de los sondeos y descripción estratigráfica (Anexo 2).
- El material arqueológico recuperado en cada uno de los sondeos o de las recolecciones en superficie (Rs) fueron empacado en bolsas plásticas con su respectivo rótulo, donde se consignó información relativa al proyecto, sitio de muestreo, número del pozo y tipo de material.
- Registro en planillas de los yacimientos arqueológicos identificados (Anexo 2).
- Registro gráfico de perfiles para la reconstrucción de la secuencia estratigráfica de los posibles yacimientos.
- Registro de ubicación por geo-referencia satelital con GPS de los muestreos realizados.
- Registro fotográfico de todo el proceso investigativo en campo
- Registro de tenencia de material cultural ante el Laboratorio de Arqueología – Grupo de Patrimonio del Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

El objetivo o intención de las estrategias de muestreo propuestas, fue el de evaluar a través de pozos de sondeo, unidades fisiográficas que sean potenciales yacimientos arqueológicos. Con la información obtenida, se pretendió reconocer las características de los posibles yacimientos y el tipo de contexto identificado (vivienda, cultivo, taller, cementerio, ritual, entre otros), de igual forma, se buscó asociar los elementos culturales encontrados con las dinámicas socio-ambientales y problemáticas arqueológicas regionales.

2.3.5.7.3 Análisis de las evidencias

El laboratorio arqueológico inició con la limpieza y tratamiento de los materiales recuperados (lavado, marcado, clasificación y análisis); seguidamente se transcribieron y analizaron las fichas y diarios de campo. Para facilitar la descripción y análisis del material, se diseñó una ficha en el programa Microsoft Excel teniendo en cuenta las características formales y tecnológicas de las evidencias.

El material cultural se describió y clasificó según categorías tecnológicas, estilísticas, morfológicas y funcionales, establecidas de acuerdo al tipo de material, y con los resultados obtenidos, se crearon bases de datos definiendo campos compartidos que posibilitaron la interrelación entre las variables. De esta manera, se estableció una clasificación por grupos comparativos, cuya información se encuentra correlacionada con los estilos cerámicos o industrias líticas establecidos en investigaciones previas.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.5.7.3.1 La cerámica

La clasificación y análisis de los fragmentos cerámicos se realizó mediante un ejercicio de segmentación de la información en conjuntos de datos aglutinados bajo categorías operativas que refieren a significados con status inferencial. Teóricamente, por medio de la clasificación se crean categorías arbitrarias de acuerdo a las similitudes observadas en el estado de los atributos³⁰⁸. Por otro lado, la clasificación consiste en agrupar los objetos de un conjunto de varios subconjuntos ya creados. Así pues, la clasificación no se constituye como un fin en sí mismo, se implementa para definir niveles de significación y permite manejar una base conceptual, siendo su objetivo poder reconocer y describir aquellas cosas sobre las cuales se hacen afirmaciones empíricas³⁰⁹.

Para el análisis de la cerámica se estableció una clasificación por grupos comparativos, cuya información se encuentra correlacionada con los estilos cerámicos establecidos en investigaciones previas. Esta actividad se desarrolló con el ánimo de correlacionar la información y efectuar interpretaciones acerca de la distribución espacial de los grupos humanos que habitaron en el paisaje local y regional, y de esta manera, establecer algunas hipótesis de movilidad e intercambio asociadas a las problemáticas arqueológicas de la región.

La caracterización cerámica se realizó según cuatro grandes campos que contienen grupos de variables que permiten desglosar los fragmentos en: rasgos tecnológicos, rasgos funcionales, rasgos morfológicos y rasgos estilísticos. Con ello, fue posible trabajar bajo el criterio de conjuntos (grupos y tipos cerámicos), con la intención de correlacionar el material recuperado como una entidad, entendida esta como “un conjunto de atributos integrados que forman un bloque coherente y unitario”³¹⁰. Así, la entidad cerámica está definida por “propiedades lógicamente irreductibles que poseen dos o más estados y que pueden actuar como variables independientes que el observador considera significativas con respecto al marco de estudio”³¹¹.

2.3.5.7.3.2 Los líticos

En el proceso de caracterización de los materiales culturales, los arqueólogos han clasificado tradicionalmente los utensilios líticos mediante la interrelación cuantitativa y cualitativa de atributos a través de variables morfológicas, tecnológicas y funcionales, con lo cual ha sido posible un acercamiento a las formas de los objetos, el tipo de técnica empleada en su concepción, y el posible uso (o uso más frecuente) que se le dio al elemento. Sin embargo, existen diversas formas de clasificación que apuntan a objetivos específicos, pues como lo menciona Tschauner³¹², las clasificaciones son exclusivamente instrumentos de medición de las asociaciones y variaciones de las diferentes variables elegibles en una investigación, donde interesan aquellos aspectos del material que sean relevantes para el problema investigado.

En la presente investigación se realizó una clasificación tipológica (entendida como organización de tipos de objetos que se parecen en lo fundamental) a través de un *instructivo*

³⁰⁸ CLARKE L. D. Arqueología Analítica. Revisión de Bob Chapman. Ediciones Bellaterra. S.A, Barcelona. 1984.

³⁰⁹ DUNNELL R. C. “The notion site”. En: Space, time and archaeological landscapes. Rossignol J. y Wandsnider L. (Eds). Plenum Press. New York. 1992. p. 21-41.

³¹⁰ CLARKE L. D. Op. cit. p. 2-275.

³¹¹ CLARKE L. D. Op. cit. p. 2-275.

³¹² TSCHAUNER, HARTMUT. “La tipología: ¿herramienta u obstáculo? La clasificación de artefactos en arqueología” Boletín de Antropología Americana. 1985. Volumen 12. p. 39-74.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

de clasificación lítica, donde se tomaron en cuenta variables descriptivas del elemento como son: estado, materia prima, peso, largo, ancho y espesor; adicionalmente se analizaron las características del cuerpo del elemento lítico como la técnica de manufactura, presencia de bulbo, pulimento y posible uso; al borde del artefacto se le describió la tecnología de retoque, preparación del borde, cicatrices y tipo de desgaste.

Esta caracterización consistió en una tipología morfológica (descriptiva) que hace alusión a las combinaciones recurrentes de rasgos y cualidades del elemento lítico, sin hacer referencia a sus consecuencias funcionales ni histórico-culturales. La propuesta permite teorizar sobre una serie de etapas concatenadas, donde se articulan en una secuencia lógica y temporal, toda una serie de procesos de trabajo para la obtención, manufactura y mantenimiento de productos líticos. Lo que se busca, es un proceso de análisis de formas y dimensiones que procura establecer agrupaciones morfológicas a partir de la recurrencia de determinados rasgos o estados de atributos, para luego pasar a tipos, subgrupos o grupos tipológicos que resultan de una operación de síntesis analítica que contiene información sobre la repetición de ciertas combinaciones de rasgos entre conjuntos de artefactos, entre una o más muestras comparadas. Este procedimiento permite recuperar información sobre la trayectoria del elemento en su contexto sistémico y en sus alteraciones posdeposicionales, así como aislar, entre otros, elementos de relevancia técnica, diseños, modificaciones por mantenimiento, transformaciones por reciclado, modos de acción y uso³¹³.

Cabe resaltar que el proyecto de generación de energía eólica BETA, cuenta con estudio arqueológico y con autorización de intervención arqueológica N° 7464, con la cual se realizó la prospección arqueológica, dando como resultado la identificación de algunos contextos arqueológicos en superficie únicamente.

En el marco de solicitud de información adicional, la Agencia Nacional de Licencias Ambientales ANLA, solicitó a la empresa Eolos Energía SAS ESP, entreo otros requerimientos incluir una vía de acceso al parque eólico, con los tiempos establecidos por ley. Eolos Energía comprometido con los procesos legales, técnicos y sociales, incluyó dentro de los estudios complementarios exigidos por el ANLA dicha vía de acceso, la cual corresponde a la solicitud ante el ICANH con número de radicado 0191 del 16 de Enero del 2019.

2.3.5.8 Información sobre población a reasentar

Teniendo en cuenta que la mejor opción siempre es prevenir o minimizar la necesidad de reasentamientos, el diseño del parque eólico BETA se realizó evitando localizar infraestructura del proyecto cerca de viviendas e infraestructura social, las cuales fueron identificadas y georreferenciadas previo a la elaboración de los diseños finales del proyecto. Por esta razón el Proyecto Parque Eólico BETA para esta fase de licenciamiento ambiental, no requiere realizar reasentamientos en el área de influencia directa.

³¹³ FLEGENHEIMER, NORA; PÉREZ de MICOU, CECÍLIA; y AGUERRE, ANA. El material lítico: qué observamos, qué registramos, cómo y para qué. En: Arqueológica. Revista de la Sección Prehistórica. Madrid. Instituto de Ciencias Antropológicas U.B.A. 1992.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.6 Paisaje

A continuación, se presenta la metodología para el análisis del paisaje, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en los Términos de Referencia (TdR) para Proyectos de Uso de Energía Continental emitidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible³¹⁴.

2.3.6.1 Unidades de paisaje local

Las unidades de paisaje se pueden definir como una parte del territorio caracterizada por una combinación específica de componentes paisajísticos (de naturaleza ambiental, cultural y estética) y de las dinámicas claramente reconocibles, que le confieren una idiosincrasia diferenciada del resto del territorio. Se definen como el área geográfica con una configuración estructural, funcional o perceptivamente diferenciada, única y singular, que ha ido adquiriendo los caracteres que la definen tras un largo período de tiempo³¹⁵.

Las unidades de paisaje, no se corresponden con zonas homogéneas desde el punto de vista de los usos que sustentan, sino que delimitan una porción de territorio con una coherencia visual y estructural definida. En cada unidad se prevé una respuesta visual similar a las posibles actuaciones que en ella se realicen, y con una interconexión visual del territorio que la forma, de manera que un cambio en las características visuales de una de las partes, modificará los valores paisajísticos del conjunto³¹⁶.

Según Villota (1992)³¹⁷, el paisaje es una porción tridimensional de la superficie terrestre resultante de una geogénesis específica que puede describirse en términos de unas mismas características mesoclimáticas, morfológicas, de materiales litológicos y/o edad, dentro del cual se espera una alta homogeneidad pedológica y cobertura y uso de la tierra similar. Es por esto, que los componentes principales que caracterizan una unidad de paisaje pueden ser geología, geomorfología, clima, coberturas y suelos. No obstante, varios estudios^{318,319} definen las unidades de paisaje a partir de las capas de geología, geomorfología y coberturas.

Bajo esta concepción, la metodología usada para determinar las unidades de paisaje del proyecto BETA, consistió en la superposición de las capas de geología, geomorfología y coberturas, dando como resultado el mapa de unidades de paisaje. Adicional se generó su respectiva leyenda, describiendo en primer lugar la geología y la geomorfología; y finalmente las formaciones vegetales.

Para determinar el mapa de unidades de paisaje se contó con la siguiente información digital para el desarrollo del trabajo (Tabla 2-97).

Tabla 2-97. Información digital utilizada para determinar las unidades de paisaje.

³¹⁴ MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1312 de 2016. Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental - EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones.

³¹⁵ ZONNEVELD I.S. The land unit - A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. 1989. Landscape Ecology 3 (2): 67-86.

³¹⁶ VILLOTA, H. El Sistema CIAF de Clasificación Fisiográfica del Terreno. 1992. Revista CIAF 13 (1): 55 – 70.

³¹⁷ Ibíd. p. 2-277.

³¹⁸ MAZZONI, E. Unidades de paisaje como base para la organización y gestión territorial. Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía. N° 16, vol. 2, jul-dic 2014, pág. 51-81.

³¹⁹ SANZ J.M., BUSTAMANATE, I., GONZÁLEZ, F.M. Diseño metodológico para la elaboración de mapas de paisaje: Aplicación al espacio natural protegido de El Rebollar. 2003. Geogaceta 33: 39-42.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Material digital	Escala-Resolución	Fuente	Año	Formato
Cartografía básica	1:10.000	Corpoguajira IGAC	2002	shp
Mapa de geología	1:10.000	Ingeominas Información de campo	2003 2018	shp
Mapa de geomorfología	1:10.000	Ingeominas Información de campo	2003 2018	shp
Mapa de coberturas	1:2.000	Elaboración propia	2018	shp
Fotografía aérea	0,15 m	Aeroestudios	2017	edw
Modelo digital de elevación (MDE)	30 m	ASTER	2011	tiff

Luego de tener el producto de la supersposición de los mapas de geología, geomorfología y coberturas, se codificaron las áreas que presentaron características similares, es decir, se definió la leyenda con base en los atributos similares que definen la unidad de paisaje. La leyenda consistió en la suma de los diferentes atributos simplificados en un código máximo de tres caracteres por entidad atributiva, como se ve en el siguiente ejemplo (Tabla 2-98).

Tabla 2-98. Definición de códigos para la leyenda.

Clase	Nombre	Código
Geología	Depósitos aluviomarinos y eólicos	Qale
Geomorfología	Planicie fluvio marina	Fpfm
Coberturas	Arbustal denso	Ad
Unidad de paisaje		Qale, Fpfm, Ad

A cada unidad del paisaje se le realizó el análisis de la visibilidad y calidad paisajística, así como el análisis de los elementos discordantes dentro del paisaje. Como se muestra a continuación.

2.3.6.1.1 Análisis de la visibilidad y calidad paisajística

Los análisis del paisaje desde el enfoque visual se centran principalmente en cuatro componentes: la calidad visual, el potencial estético, la fragilidad visual o capacidad de absorción y la accesibilidad visual o intervisibilidad.

La calidad visual, define la presencia de valores estéticos en un medio, tales como, geoforma específica con la presencia de vegetación, cuerpos de agua, contraste de color, fondo escénico en la profundidad, rareza y actuación humana.

El potencial estético, hace referencia a las principales características que determina un paisaje especialmente de orden biofísico y arquitectónico, que puedan tener un valor al ser visualizados por un observador o grupo de observadores.

La fragilidad visual o capacidad de absorción, mide el grado de deterioro que un paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones.

La accesibilidad visual o intervisibilidad, se define como la facilidad con la que se puede observar un punto desde diferentes líneas o cuencas de visualización.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.6.1.1.1 Calidad visual

El estudio del paisaje desde su calidad visual tiene como objetivo clasificar el territorio en función de sus valores estéticos para luego establecer cánones comparativos que conlleven a la valoración del territorio. La calidad visual del paisaje se puede establecer como un índice de la calidad ambiental, teniendo en cuenta al hombre como instrumento de medida y como usuario del medio.

Para determinar la calidad paisajística se tuvieron en cuenta los elementos visuales del paisaje, definiéndose como un conjunto de rasgos que caracterizan visualmente un paisaje o alguno de sus componentes, y que se emplean en el análisis y descripción del mismo, puesto que constituyen su percepción visual. Los componentes visuales del paisaje son: Morfología, Vegetación, Agua, Color, Fondo escénico, Rareza y Actividades humanas (Tabla 2-100).

Para el estudio de la calidad visual del paisaje se utiliza el método indirecto del Bureau of Land Management³²⁰. Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Las clases propuestas para la calidad visual se presentan en la Tabla 2-99.

Tabla 2-99. Clases de calidad visual

Clase	Descripción
Clase A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes (puntaje 19-33)
Clase B	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales (puntaje 12-18)
Clase C	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura (puntaje 0-11)

Las clases anteriormente mencionadas se determinan a partir de la valoración de la calidad visual de las componentes del paisaje. A cada componente se le asigna un valor de acuerdo a sus características en el paisaje (Tabla 2-100), luego se suman todas las puntuaciones de cada componente, obteniendo así el valor para ser comparado con la tabla de referencia que define las clases de calidad visual (Tabla 2-99).

En la (Tabla 2-100) se muestran los criterios para la valoración de la calidad visual del paisaje.

Tabla 2-100. Parámetros de la evaluación de la calidad visual del paisaje con el método BLM, a partir de las componentes visuales del paisaje (1980)

³²⁰ B.L.M. (U.S.D.I. Bureau of Land Management). Visual resource management program. Div. of recreation and cultural resource. Government Printing Office. Washington DC, EEUU. 1980.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Componente	Calidad visual		
	Alta	Media	Baja
Morfología	Relieve muy montañoso marcado y prominente (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominantes	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
Valor	5	3	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación
Valor	5	3	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje	Ausente o inapreciable
Valor	5	3	0
Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.
Valor	5	3	1
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
Valor	5	3	0
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional	Característico o similar a otros en la región	Bastante común en la región
Valor	6	2	1
Actividad humana	Libre de actividades estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica
Valor	3	1	0

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Fuente: Manual de Ingeniería Medioambiental Aplicada a la Reconversión Industrial y a la Restauración de Paisajes Industriales Degradados³²¹.

2.3.6.1.1.2 Potencial estético

La determinación del potencial estético del paisaje se sustenta en la metodología de Seoáñez³²², esta metodología requiere la asignación de un factor de importancia a cada elemento constitutivo del paisaje (morfología, vegetación, agua, color, fondo escénico, rareza, actividad humana), la cual se califica como se especifica en la Tabla 2-101, donde se asignan valores a cada uno de los elementos del paisaje dependiendo de la relevancia en la composición del mismo.

El valor de impacto final para cada componente es el producto entre el valor asignado en el análisis de la calidad visual y el factor de importancia asignado, a cada una de las componentes visuales del paisaje. El valor total obtenido a partir de la suma de los valores para cada componente, se compara con valores de referencia (ver Tabla 2-102), para así obtener el potencial estético del paisaje.

Tabla 2-101. Factor de importancia para las componentes visuales del paisaje.

Peso	Descripción
0	Sin importancia
1	Muy poco importante
2	Poco importante
3	De cierta importancia
4	Importante
5	Muy importante

Fuente: Manual de Ingeniería Medioambiental Aplicada a la Reconversión Industrial y a la Restauración de Paisajes Industriales Degradados³²³.

Tabla 2-102. Valores de referencia para la calificación del potencial estético del paisaje.

Nominal	Numérico
Muy Bajo	<40
Bajo	41-70
Medio	71-100
Alto	101-150
Muy alto	>151

Fuente: Manual de Ingeniería Medioambiental Aplicada a la Reconversión Industrial y a la Restauración de Paisajes Industriales Degradados³²⁴.

³²¹ SEOÁÑEZ. Manual de Ingeniería Medioambiental Aplicada a la Reconversión Industrial y a la Restauración de Paisajes Industriales Degradados. 1998.

³²² Ibíd., p. 2-281.

³²³ Ibíd., p. 2-281.

³²⁴ Ibíd., p. 2-281.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.6.1.1.3 Fragilidad visual o capacidad de absorción del paisaje

La “fragilidad visual del paisaje” se define como la capacidad de un paisaje para absorber la alteración generada cuando se desarrolla un cierto uso sobre él. Con el fin de determinar la fragilidad o capacidad de absorción visual del paisaje (ambas variables pueden considerarse inversas), se emplea una técnica basada en la metodología de Yeomans³²⁵. Esta técnica consiste en la asignación de puntajes a un conjunto de factores del paisaje (Tabla 2-103). Luego, se ingresan los puntajes a la siguiente fórmula, la cual determina la capacidad de absorción visual del paisaje (CAV).

$$CAV = Px(E + R + D + V + C)$$

Dónde:

P: Pendiente

E: Estabilidad del suelo y erosionabilidad

R: Potencial estético

D: Diversidad de la vegetación

V: Actividad humana

C: Contrastes de color

La Tabla 2-103 presenta los factores considerados en la evaluación de la fragilidad visual o capacidad de absorción del paisaje. El resultado obtenido se compara finalmente con una escala de referencia (Tabla 2-104).

Tabla 2-103. Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual CAV.
Fuente: BLM³²⁶.

Factor	Condiciones	Puntajes	
		Nominal	Numérico
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente >55 %)	Bajo	1
	Inclinación suave (25-55 % pendiente)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25 % de pendiente)	Alto	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada del riesgo alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Bajo	1
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Alto	3

³²⁵ YEOMANS. Physical interpretations the motions of comet Halley and Giacobini- Zinner in proc. 20 th ESLAB Symposium on the exploration of Halley is comet. ESA SP- 250. p. 419-425.

³²⁶ Ibid., p. 2-282.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Factor	Condiciones	Puntajes	
		Nominal	Número
Diversidad de vegetación (D)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1
	Coníferas, repoblaciones.	Moderado	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3
Actividad humana (C)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Bajo	1
Contrastes de color (V)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3

Fuente: Manual de Ingeniería Medioambiental Aplicada a la Reconversión Industrial y a la Restauración de Paisajes Industriales Degradados³²⁷

Tabla 2-104. Escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción visual.

Nominal	Número
Bajo	<15
Moderado	15-30
Alto	>30

Fuente: Manual de Ingeniería Medioambiental Aplicada a la Reconversión Industrial y a la Restauración de Paisajes Industriales Degradados³²⁸.

2.3.6.1.1.4 Accesibilidad visual-Intervisibilidad

El desarrollo del análisis de la accesibilidad visual o intervisibilidad se realizó por medio del método de Steinitz³²⁹, el cual tiene en cuenta el análisis de un punto de interés desde diferentes distancias, denominadas cuencas visuales, las cuales varían de la siguiente manera: próximas de 0 a 200 m, medias de 200 a 800 m y lejanas de 800 a 2600 m.

El análisis de intervisibilidad se realizó para la línea base del proyecto, teniendo en cuenta los puntos de observación y las cuencas visuales definidas.

2.3.6.1.1.4.1 Puntos de observación

Los puntos de observación para el análisis de las cuencas visuales del área proyecto BETA, se determinaron a partir de los sitios que tuvieran mayor visibilidad hacia el AIU del proyecto y, mayor cantidad de observadores; para el caso de BETA, estos sitios corresponden a los asentamientos humanos de los territorios colectivos que hacen parte del proyecto y a las vías de acceso al área de influencia única.

Los puntos ubicados en los territorios colectivos se analizaron a una escala visual en primer plano (equivalente a una distancia próxima de 0-200 m); y los puntos ubicados sobre las vías

³²⁷ SEOÁNEZ. Op. cit. p. 2-281.

³²⁸ SEOÁNEZ. Op. cit. p. 2-281.

³²⁹ STEINITZ, C. Simulating alternative policies for implementing the Massachusetts scenic and recreational rivers act: The north river demonstration project. 1979. Landscape Plann., 6:51-89.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

de acceso al AIU del proyecto, se analizaron a una escala visual intermedia (equivalente a una distancia intermedia de 200-800 m) (Tabla 2-105).

Tabla 2-105. Puntos de observación definidos para el análisis de cuencas visuales del proyecto BETA

Ubicación	Puntos	Escala visual	Coordenadas	
			X	Y
Territorios colectivos	P1: Tewou	Primer plano	883590,237	1775694,023
	P2: Majayut		884081,247	1775826,727
	P3: Mapuachon		882641,078	1770087,886
	P4: Sukuluwou		884123,550	1770400,649
	P5: Cacherin		888704,768	1773003,287
	P6: Curalarrain		891011,466	1775185,381
	P7: Kijotchon		890957,002	1771909,083
Vías de acceso	P8: Vía de acceso principal	Plano intermedio (200–800 m)	887752,963	1769934,541
	P9: Vía de acceso secundaria		892766,613	1776041,344

2.3.6.1.1.4.2 Cuencas visuales

Según Escribano *et al*³³⁰ la cuenca visual es la determinación de la superficie desde la que un punto o conjunto de puntos es visible. Las obtenciones de las cuencas visuales resultan de gran importancia para la evaluación de impactos visuales, esta evaluación se realiza por medio de parámetros generalizadores como la visibilidad.

Para la presencia de un Parque Eólico es necesario conocer la cuenca visual del proyecto, porque de esta manera se sabrá desde qué puntos es visible y si se puede instaurar alguna medida a posteriori para minimizar este campo visual.

Partiendo de los puntos de observación previamente señalados y sobre un modelo digital del terreno, la utilidad del programa Arc-Info (comando *Visibility*) permite establecer la cuantificación del espacio visible desde los puntos de observación. A partir de esta cuantificación se delimitaron polígonos de cualidades homogéneas los cuales corresponden a las cuencas visuales, correspondientes, cabe anotar, al plano lejano o fondo escénico. La valoración se hace de una forma descriptiva y cualitativa, de acuerdo a la percepción que tiene el evaluador respecto a la zona y a la información recopilada.

Luego de obtener las cuencas visuales desde cada punto de observación, se realiza un mapa de intervisibilidad, a través de la superposición de todos los mapas de cuencas visuales.

2.3.6.1.2 Elementos discordantes

Los elementos discordantes del paisaje se refieren a aquellas intrusiones visuales no naturales que generan discordancias dentro del paisaje natural, pueden ser antenas, elementos publicitarios, líneas eléctricas, entre otras³³¹. Se estima que entre mayor sea el número de elementos discordantes, mayor será el grado de afectación sobre la integridad escénica del

³³⁰ *Ibíd.*, p. 2-283.

³³¹ GÓMEZ D., GÓMEZ M.T. Evaluación de Impacto Ambiental. 3ra Edición. Ediciones Mundiprensa. ISBN 9788484766438. 747 pp.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

paisaje, es por esto, que para su estimación dentro cada unidad del paisaje del proyecto BETA, se calcularon los elementos discordantes tomando como referencia la escala propuesta por la ANLA³³² (Tabla 2-106).

Tabla 2-106. Escala de referencia para la estimación de los elementos discordantes.

Nominal	Numérico
Alto	≥ 3 elementos
Medio	2 elementos
Bajo	1 elemento
Nulo	no hay elementos

2.3.6.1.2.1 Tamaño de la discordancia

El tamaño de la discordancia se refiere a la incidencia de la discordancia sobre de la unidad de paisaje, entre mayor sea el tamaño de la discordancia, mayor será el grado de afectación sobre la integridad escénica de la unidad de paisaje. La escala de referencia para categorizar el tamaño de la discordancia se muestra en la Tabla 2-107:

Tabla 2-107. Escala de referencia para la estimación del tamaño de los elementos discordantes.

Nominal	Numérico
Alto	Elemento discordante $\geq 30\%$ dentro la unidad de paisaje
Medio	$10\% \leq$ Elemento discordante $< 30\%$ dentro la unidad de paisaje
Bajo	Elemento discordante $\leq 10\%$ dentro la unidad de paisaje
Nulo	no hay elementos

2.3.6.1.2.2 Correspondencia cromática

Este criterio califica la incidencia de la discordancia sobre la unidad de paisaje con respecto a su color, entre mayor correspondencia cromática del elemento discordante con el carácter del paisaje, menor incidencia sobre el mismo y por consiguiente sobre su integridad escénica. En contraste, a menor correspondencia cromática del elemento discordante con el carácter del paisaje, mayor afectación de la integridad escénica (Tabla 2-108).

Tabla 2-108. Escala de referencia para la estimación de la correspondencia cromática de los elementos discordantes.

Nominal	Numérico
Alto	Correspondencia $\geq 80\%$
Medio	$30\% \leq$ Correspondencia $< 80\%$
Bajo	Correspondencia $< 30\%$
Nulo	no hay elementos

³³² ANLA. Actualización del diseño estructural del modelo de datos de la geodatabase para la presentación de DAAs, EIAs, PMAs, ICAs y compensaciones e inversión 1%, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, 2016

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.6.1.2.3 Integridad escénica

Indica que tan intacto visualmente se encuentra un paisaje y, es un indicador de su condición escénica (calidad paisajística). Se mide a partir de criterios como número de elementos discordantes, tamaño de la discordancia y correspondencia cromática en cada unidad de paisaje. La descripción de la integridad escénica se presenta

Tabla 2-109. Escala de referencia para la estimación de la correspondencia cromática de los elementos discordantes.

Nominal
Muy baja (muy alterado)
Baja (moderadamente alterado)
Moderada (levemente alterado)
Alta (parece inalterado)

2.3.6.2 Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico de la zona

Para describir el proyecto dentro del componente paisajístico de la zona, se tuvieron en cuenta los componentes intrínsecos del paisaje, tales como vegetación, pendientes, fauna, clima, actividades humanas, entre otras, dentro de la zona del proyecto y en interacción con el paisaje circundante.

2.3.6.3 Sitios de interés paisajístico

Los sitios de interés paisajístico son aquellas zonas que, por su valor visual, ecológico, patrimonial y/o social, presentan un interés sociocultural para los habitantes de la región.

Los recursos paisajísticos se obtuvieron a través de las siguientes vías:

- La información secundaria del área del proyecto BETA que aportara datos sobre los espacios y elementos que poseen algún grado de protección por su relevancia.
- Encuestas a la población que permitieran conocer aquellos aspectos del paisaje que son altamente valorados por los habitantes del lugar y que conforman recursos visuales (ver Anexo 36. Encuestas de valoración económica).
- El trabajo técnico de análisis territorial por medio del cual se establecieron las áreas o elementos que son singulares o merecedores de una atención especial.

Para la determinación de los sitios de interés paisajístico se tuvieron en cuenta los sitios funcionales, no funcionales, productivos y no productivos, que cumplieran con las definiciones de sitios de interés paisajístico propuestas por Criado et al³³³ y que se describen a continuación:

Recursos paisajísticos de interés natural: Son las áreas o elementos del paisaje altamente valoradas por la población por su interés natural y/o que gozan de algún grado de protección. Pueden ser:

³³³ CRIADO A.M., DÍEZ N., EQUIPO TÉCNICO DE LA SECRETARÍA AUTONÓMICA DE MEDIO AMBIENTE. Guía Metodológica. Estudios de paisaje. Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente (Eds). Instituto Cartografico Valenciano. España. 2012. 172 pp.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- Espacios valorados socialmente por su valor natural o que se encuentran protegidos, como parques naturales o espacios valorados por la población como bosques, árboles, manantiales, lagos u otros.
- Lugares frágiles o naturales relevantes como áreas que se encuentran sometidas a algún tipo de riesgo ambiental como el de inundación, contaminación de acuíferos u otros.
- Espacios que actúan como corredores en el territorio como pueden ser ríos, vías u otros, o lugares clave para la conectividad del paisaje.

Recursos pasajísticos de interés cultural: Son espacios apreciados por la sociedad local como hitos en la evolución histórica y cuya alteración, ocultación o modificación sustancial de sus condiciones, conlleva a una pérdida de los rasgos locales de identidad o patrimoniales. Pueden ser:

- Bienes y espacios protegidos por su valor patrimonial
- Construcciones singulares como murallas, iglesias, entre otras.
- Asentamientos tradicionales como aldeas, hábitat disperso.
- Restos arqueológicos
- Patrimonio religioso como cementerios.
- Patrimonio agrario como molinos y/o cuerpos de agua artificiales.

Recursos paisajísticos de interés visual: Son las áreas y elementos visualmente sensibles, cuya alteración o modificación puede hacer variar negativamente la calidad de la percepción visual del paisaje. Pueden ser:

- Elementos topográficos que definen la estructura espacial que hacen singular un lugar.
- Elementos y áreas significativas, de carácter natural o antrópico, tales como perfiles de asentamientos históricos, hitos urbanos, culturales, religiosos o agrícolas.

2.3.6.4 Percepción y valoración del paisaje

La percepción y valoración del paisaje parte de la necesidad de valorar los elementos y la calidad del paisaje, a partir de información primaria tomada de las comunidades asentadas en el AIU del proyecto, e información secundaria de las entidades, instituciones y actores encargados de planificar y ordenar el territorio, es decir es la valoración del paisaje a partir de la percepción de la sociedad.

La metodología aplicada siguió métodos participativos, en los cuales la comunidad estableció valores cualitativos al paisaje visual desde una perspectiva histórica, presente y futura. Se trabajó con encuestas y entrevistas semi-estructuradas (ver Anexo 42. Encuestas de valoración económica), que tuvieron lugar entre el 2 y el 8 de abril de 2018, en el marco de los talleres de impacto con la comunidad. El proceso de recolección de información se realizó con los jefes de hogar. Se realizaron 78 encuestas, todas válidas para el ejercicio.

Las encuestas brindaron la posibilidad de intercambiar información con la comunidad para la obtención de la valoración del paisaje no solo a nivel cualitativo (ver Capítulo 5: Caracterización del área de influencia numeral 5.4. Paisaje) sino también cuantitativo (ver Capítulo 8: Evaluación Ambiental numeral 8.3 Evaluación Económica Ambiental).

Dado que, para el análisis de la percepción y valoración del paisaje, se tuvieron en cuenta los valores de uso histórico, presente y futuro, las preguntas de la encuesta, tuvieron en cuenta las siguientes definiciones:

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Valor de uso histórico: El valor de uso histórico está relacionado con la historia de la ocupación del territorio, en donde sobresalen aquellos paisajes boscosos que han sido conservados con el tiempo, presentando un alto valor para la comunidad por su importancia ambiental en la conservación y protección de recursos biológicos.

Valores altos de uso histórico están representados por paisajes de referencia histórica, con una calidad visual alta y una fragilidad alta.

Valor de uso presente: El valor de uso presente está relacionado con uso actual del paisaje, el cual consideró la percepción actual que la comunidad tiene sobre estos, principalmente por las posibilidades de trabajo o de tránsito que ofrecen y por el alto valor de conservación que representan algunas coberturas.

Valores altos, son dados para paisajes conservados que brindan posibilidades de protección y mantenimiento de los recursos naturales y, valores medios a bajos para paisajes intervenidos que se deterioran continuamente.

Valor de uso futuro: El valor de uso futuro relaciona la percepción que tiene la comunidad, especialmente las generaciones futuras, sobre el uso que quieren dar en un largo plazo a su territorio. Esta se enfoca principalmente al aprovechamiento de la oferta ambiental de los paisajes para generar y potencializar actividades turísticas en la región.

Valores altos de uso futuro está dado por los sitios con coberturas de bosque o vegetación secundaria, con un alto grado de conservación, con una alta calidad visual y alta fragilidad, en los cuales la comunidad considera que pueden desarrollarse actividades ecoturísticas gracias a la amplia diversidad de flora y fauna.

2.3.6.5 Identificación de grupos con interés y uso sobre el paisaje.

Corresponde al público afectado o que puede verse afectado por procedimientos de toma de decisiones de las políticas en materia de paisaje o que tenga un interés en el lugar. Los grupos de interés sobre el paisaje, son los organismos y agencias públicas, autoridades locales, asociaciones no gubernamentales, grupos académicos y científicos, que tienen interés tanto local como regional y pueden contribuir en todas las escalas de trabajo³³⁴. Para identificar los grupos de interés y uso sobre el paisaje en el área del proyecto BETA se tuvo en cuenta información secundaria e información recolectada en campo sobre el análisis del paisaje. La información fue organizada a través de una matriz de grupos con interés y uso sobre el paisaje.

2.3.6.6 Programas, proyectos, planes y similares de ordenamiento territorial y/o política pública con proyección de uso, gestión, disfrute y/o protección del paisaje.

La información de los programas y proyectos asociados al área del proyecto se construyó a partir de información secundaria como el POT de Maicao, información de Corpoguajira y del Ministerio del Medio Ambiente, entre otras.

2.3.7 Servicios ecosistémicos

Para determinar los servicios ecosistémicos que se prestan en el área de influencia del proyecto se contemplaron los siguientes objetivos metodológicos que permitieron el rastreo, análisis y presentación de la información:

³³⁴ Ibíd., p. 2-287.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- a) Identificar los servicios ecosistémicos dentro de las comunidades del área de influencia.
- b) Determinar la importancia o dependencia de los servicios ecosistémicos por parte de las comunidades locales.
- c) Determinar el nivel de impacto que el Proyecto Eólico BETA tendrá sobre los servicios ecosistémicos identificados.
- d) Determinar el nivel de dependencia que el Proyecto eólico BETA tiene sobre los servicios ecosistémicos identificados.

Para tal fin, se proponen tres (3) fases metodológicas como se observa en la Figura 2-54. La metodología detallada se incluyó en el capítulo 5, Caracterización del área de influencia numeral 5.5, Servicios ecosistémicos.

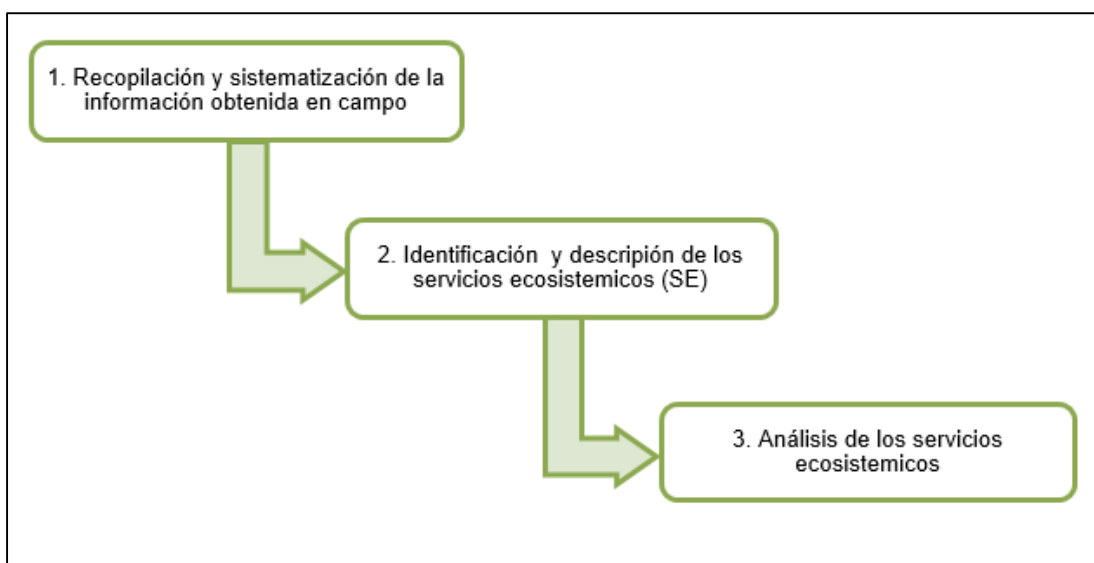


Figura 2-54. Fases metodológicas para el análisis de los servicios ecosistémicos

Fuente: Renovatio 2018

2.3.8 Zonificación ambiental

La zonificación ambiental es el producto de la descripción y caracterización ambiental de un área determinada, mediante la cual se obtiene una síntesis del diagnóstico realizado en la línea base del estudio y una visión global de las condiciones de los ecosistemas y recursos naturales que se encuentran allí. Corresponde a la evaluación de la sensibilidad del ambiente a ser afectado en su funcionamiento y/o condiciones intrínsecas por la localización y desarrollo de cualquier proyecto y sus áreas de influencia, sectorizando un área compleja en áreas relativamente homogéneas³³⁵.

³³⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE DESARROLLO ECONÓMICO, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. “Evaluación Económica de Impactos Ambientales en Proyectos. Manual Técnico”. 2010. 92 páginas.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

En el proceso de zonificación ambiental se hace un análisis de la sensibilidad e importancia ambiental del área de estudio, cuyos resultados, materializados en mapas temáticos permiten diferenciar y sintetizar las condiciones intrínsecas de esta zona. Para ver en detalle la metodología que se siguió para el proceso de zonificación ambiental, ver Capítulo 6.

Las metodologías de los capítulos 6 en adelante se encuentran en el respectivo documento.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.4 EQUIPO DE TRABAJO

2.4.1 Personal que participó en la elaboración del estudio de Impacto ambiental

En la siguiente figura se presenta el organigrama para los análisis ambientales y el desarrollo de los informes para el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de Generación de energía eólica BETA, a cargo de los profesionales de la empresa Renovatio Group Limited (ver Figura 2-55 y Tabla 2-110)

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

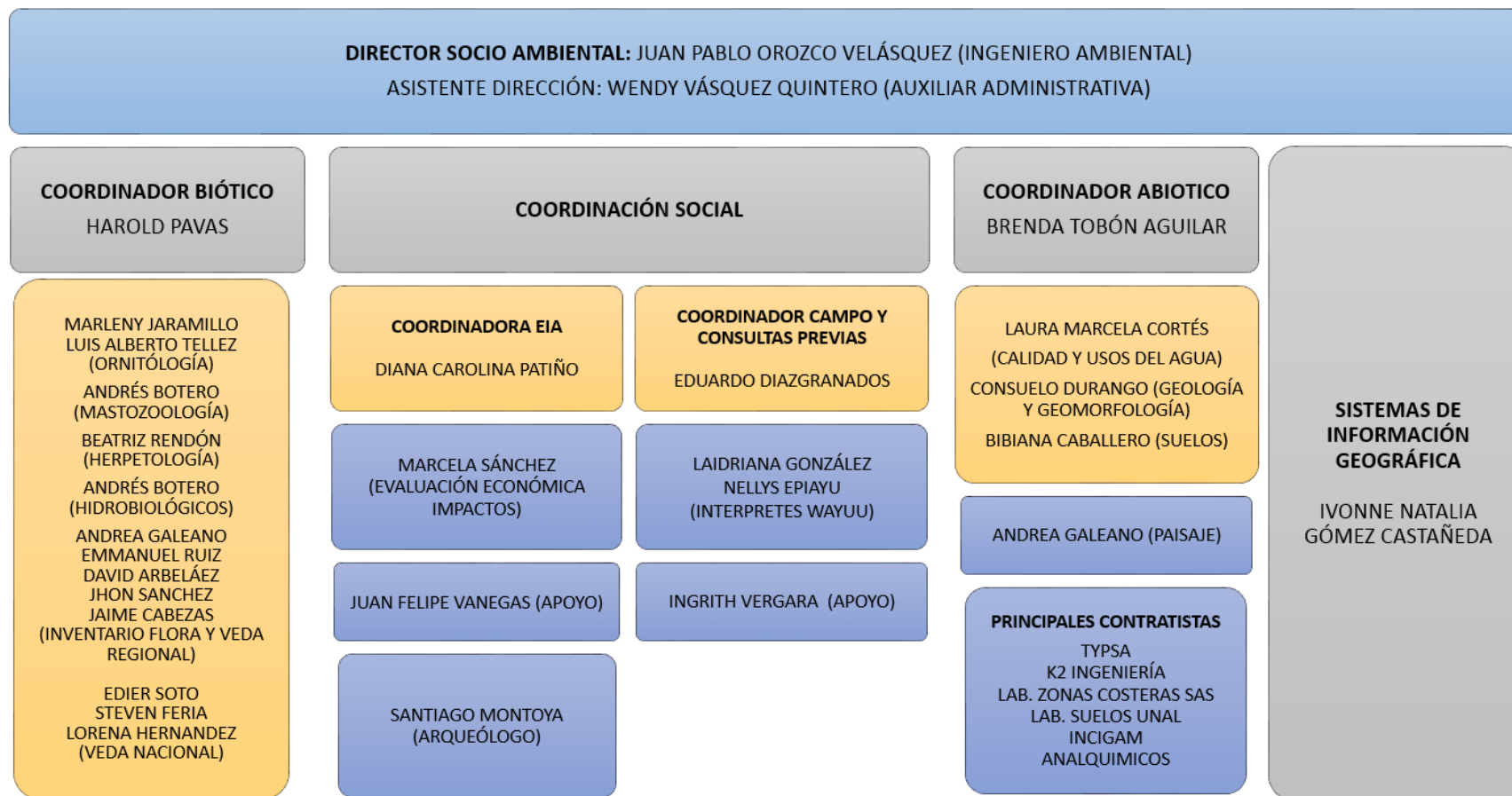


Figura 2-55. Organigrama estudio de impacto ambiental

Fuente: Renovatio 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-110. Personal que participó en el Estudio de Impacto Ambiental.

NOMBRE	PROFESIÓN	RESPONSABILIDAD	EXPERIENCIA EN ESTUDIOS AMBIENTALES (AÑOS)
Juan Pablo Orozco Velasquez	Ingeniero ambiental	Director Socio-ambiental	7
Medio abiótico			
Brenda Tobón Aguilar	Ingeniera ambiental, Especialista en Proyectos	Coordinadora medio físico, evaluación ambiental, planes de manejo, planes de monitoreo y seguimiento, demanda de recursos, apoyo en la zonificación ambiental y de manejo para el medio abiótico, plan de gestión del riesgo, plan de desmantelamiento y abandono.	5
Laura Marcela Cortes Molina	Ingeniera ambiental	Caracterización de fuentes hídricas, diligenciamiento de geodatabases y metadatos, apoyo en la elaboración y edición de documentos del componente físico y de planes de manejo y seguimiento.	3
Consuelo Durango López	Geóloga	Caracterización geológica y geomorfológica, apoyo en la zonificación ambiental desde el componente geológico y geomorfológico y elaboración del análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgo.	10
Bibiana Beatriz Caballero	Ingeniera agrónoma y MSc. Geomorfología y Suelos	Caracterización de suelos y uso del suelo	8
Medio biótico			
Harold Hernando Pavas	Biólogo	Coordinador medio biótico, zonificación ambiental con y sin proyecto, evaluación ambiental, planes de manejo, planes de monitoreo y seguimiento y análisis de servicios ecosistémicos.	5
Andrea Galeano González	Ingeniera Forestal y MSc. en Bosques y Conservación Ambiental	Caracterización de flora terrestre, coordinación en campo de los muestreos de flora, análisis de paisaje visual y métricas del paisaje, evaluación ambiental, planes de manejo y seguimiento, plan de compensación del medio biótico u otros, plan de desmantelamiento y abandono, apoyo en sistemas de información geográfica.	4
David Alejandro Arbeláez Calvo	Biólogo (Flora)	Muestreo de flora terrestre, identificación en herbario	3

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

NOMBRE	PROFESIÓN	RESPONSABILIDAD	EXPERIENCIA EN ESTUDIOS AMBIENTALES (AÑOS)
Jhon Alexander Sánchez	Biólogo (Flora)	Muestreo de flora terrestre, identificación en herbario	9
Emmanuel Andrés Ruíz Molina	Biólogo (Flora)	Muestreo de flora terrestre, identificación en herbario	2
Jaime Cabezas Cuellas	Ing. Forestal (Flora)	Muestreo de flora terrestre	10
Sebastián Vásquez Palacios	Biólogo (Flora)	Muestreo de flora terrestre	2
Andrea Jhulyana López Caro	Bióloga (Flora)	Muestreo de flora	1
Gonzalo Restrepo Vélez	Tecnólogo forestal (Flora)	Muestreo de flora terrestre	4
Luisa Fernanda Millán Parra	Ing. forestal (Flora)	Muestreo de flora	1
Edier Alberto Soto Medina	Biólogo (Epífitas vasculares y no vasculares)	Muestreo de epífitas vasculares y no vasculares e identificación en herbario de las muestras.	4
Steeven Andres Feria Montes	Biólogo (Epífitas vasculares y no vasculares)	Muestreo de epífitas vasculares y no vasculares	3
Steven de Jesús Iriarte Cárdenas	Biólogo (Epífitas vasculares y no vasculares)	Muestreo de epífitas vasculares y no vasculares	1
Laura Sofia Hoyos Giraldo	Bióloga (Epífitas vasculares y no vasculares)	Muestreo de epífitas vasculares y no vasculares	2
Alba Lorena Hernández	Bióloga (Flora)	Solicitud de levantamiento de veda nacional	5
Andrés Libardo Botero	Biólogo (Mamíferos)	Caracterización y muestreo de mastozoofauna, monitoreo del uso del espacio aéreo, diligenciamiento de geodatabases y metadatos, análisis y clasificación de los llamados de los murciélagos, evaluación ambiental, elaboración de planes de manejo y seguimiento.	5
Marleny Jaramillo Arango	Bióloga (Aves)	Caracterización y muestreo de avifauna, monitoreo del uso del espacio aéreo, diligenciamiento de geodatabases y metadatos, evaluación ambiental, elaboración de documentos y de planes de manejo y seguimiento.	5
Luis Alberto Tellez	Biólogo (Aves)	Muestreo de avifauna y monitoreo del uso del espacio aéreo	3
Beatriz Elena Rendón	Bióloga (Herpetos)	Muestreo en campo y caracterización de herpetofauna	5
Medio socioeconómico			

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

NOMBRE	PROFESIÓN	RESPONSABILIDAD	EXPERIENCIA EN ESTUDIOS AMBIENTALES (AÑOS)
Diana Carolina Patiño	Socióloga	Coordinadora medio social, evaluación Ambiental, planes de manejo, planes de monitoreo y seguimiento, apoyo en la zonificación ambiental y de manejo desde el componente socioeconómico, análisis de servicios ecosistémicos y seguimiento a consulta previa.	6,5
Juan Felipe Vanegas Upegüi	Sociólogo	Caracterización del medio socioeconómico, diligenciamiento de geodatabases y metadatos, apoyo en la elaboración y edición de documento y planes de manejo y seguimiento ambiental.	2
Eduardo Diazgranados Márquez	Profesional en artes plásticas- Especialista en Educación, Cultura y Política	Director de gestión social, coordinador de los procesos de consulta previa.	5
Laidriana González Fernández	Trabajadora Social	Profesional social Wayuu, interprete bilingüe, caracterización del componente cultural y Profesional de apoyo en campo-gestión social	6
Ingrith Vergara Zabaleta	Trabajadora Social	Profesional de apoyo en campo- gestión social	2
Nellys Epieyú	Trabajadora social	Profesional de apoyo en campo- gestión social	
Sistemas de información geográfica			
Ivonne Natalia Gómez	Ingeniera Catastral y Geodesta	Implementación de la base de datos geográfica acorde al modelo de almacenamiento geográfico aprobado mediante resolución 2182 de 2016, elaboración de cartografía temática y metadatos.	5,5
Valoración económica			
Marcela Sánchez Alzate	Ingeniera administrativa, Economista	Evaluación económica de impactos	6
Evaluación de impactos			
Margarita Viloria	Ingeniera ambiental, especialista en manejo y gestión del agua y Ms en medio ambiente y desarrollo.	Calificación de impactos, análisis de impactos acumulativos y sinérgicos	6

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-111. Empresas contratistas que participaron en el Estudio de Impacto Ambiental.

Nombre de la Empresa/Institución	Representante	Estudio Específico
Herbario de la Universidad de Antioquia (HUA)	Felipe Cardona	Colección de referencia para la determinación taxonómica de especies botánicas
Herbario de la Universidad del Valle (CUVC)	Alba Marina Torres González	Depósito e identificación de especies de epífitas no vasculares
Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional	Orlando Ruiz	Análisis fisicoquímicos de calidad del suelo
INCIGAM, ANALQUIMICOS	Laboratorio	Análisis de fisicoquímicos para suelo, geología y geotecnia
Museo Herpetológico de la Universidad de Antioquia (MHUA)	Juan Manuel Daza	Colección de referencia para la determinación taxonómica de herpetofauna colectada (depósito de especímenes)
Colección Teriológica Universidad de Antioquia	Sergio Solari	Colección de referencia para la determinación taxonómica de mamíferos colectados (depósito de especímenes)
K2 Ingeniería	Juan Salvador Amaya	Monitoreos y modelaciones de calidad del aire y ruido
Arqueológicas	Santiago Montoya	Prospección arqueológica
TYPSA	Jose María del Valle Mas	Diseños de obras civiles del parque eólico, análisis hidrológicos y de geotecnia.
Laboratorio Zonas Costeras S.A.S	Javith Allen Torres Saballeth	Toma y análisis fisicoquímicos y microbiológicos de muestras de agua para el pozo y jagüeyes.

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.4.2 Fechas o periodos del levantamiento de información para cada componente y/o medio

Tabla 2-112. Fechas de ejecución de las campañas de muestreo de los medios abiótico y biótico

Medio	Componente	Elemento	Fecha de Salida de Campo
Abiótico	Geosférico	Geología Geomorfología Geotecnia Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgo	Entre el 17 y el 21 de abril de 2018.
		Suelos (muestra de suelos y análisis de perfiles de suelo)	
	Atmosférico	Calidad de Aire	Entre el 6 y el 24 de marzo de 2018.
		Ruido	Entre el 11 y 15 de marzo de 2018.
	Hidrología	Monitoreos de calidad de agua	03 de mayo de 2018
		Visitas a ocupaciones de cauce y cuerpos de agua	Salida época seca 1: del 26 al 28 de marzo de 2018 Salida época húmeda: del 01 al 04 de mayo de 2018 Salida época seca 2: del 18 al 21 de junio de 2018
Biótico	Ecosistemas terrestres	Flora (Muestreo de flora, parcelas de regeneración)	Entre el 27 marzo y el 24 de abril de 2018
		Fauna (aves mamíferos y herpetos)	Salida época seca/migración: Entre el 19 de febrero al 07 de marzo del 2018. Salida época húmeda/no migración: Entre el 18 de abril y el 04 de mayo de 2018.
Paisaje	Calidad paisajística	Puntos de referencia	Entre el 27 marzo y el 24 de abril de 2018

Tabla 2-113. Fechas de ejecución de las salidas de campo para el medio socioeconómico

Medio	Componente	Etapas	Actividad	Fecha Salida de Campo
Socioeconómico	Demográfico, espacial, económico, cultural, político-organizativo	Levantamiento de información primaria en el área de influencia directa	Censos y encuestas socio-económicas	Del 1 de febrero al 30 de abril de 2018, y entre el 18 de diciembre de 2018 y el 18 de enero de 2019
		Socialización de los resultados del proyecto	Entrega de resultados a las comunidades	Entre el 03 de octubre y el 05 de octubre de 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Medio	Componente	Etapas	Actividad	Fecha Salida de Campo
	Arqueológico		Diagnóstico de arqueología preventiva	Entre el 21 de Julio de 2018 y al 30 de agosto de 2018.

Tabla 2-114. Reuniones con las comunidades del área de influencia – Parque Eólico BETA

Actividad		Cacherin	Curallarain	Kijotchon	Majayut	Mapuachon	Sukuluwou	Tewou
Medición del polígono		Junio 17 de 2017	11 de mayo de 2016	9 de mayo de 2016	11 de febrero de 2017	2 de febrero de 2017	28 de enero de 2017	3 de marzo de 2017
Recolección de información	Taller de Cartografía Social	16 de febrero de 2018	12 de febrero de 2018	11 de febrero de 2018	17 de febrero de 2018	18 de febrero de 2018	19 de febrero de 2018	25 de febrero de 2018
	Encuesta a las unidades familiares	De 1 de febrero al 31 de mayo 2018	De 1 de febrero al 31 de mayo 2018	De 1 de febrero al 31 de mayo 2018	De 1 de febrero al 31 de mayo 2018	De 1 de febrero al 31 de mayo 2018	De 1 de febrero al 31 de mayo 2018	De 1 de febrero al 31 de mayo 2018
Preconsulta y apertura (interna)		Febrero 5 de 2018	Febrero 1 de 2018	Enero 31 de 2018	Febrero 6 de 2018	Febrero 4 de 2018	Febrero 25 de 2018	Febrero 17 de 2018
Preconsulta y apertura (externa)		20 de febrero de 2018	21 de febrero de 2018	22 de febrero de 2018	27 de febrero de 2018	1 de marzo de 2018	28 de febrero de 2018	2 de marzo de 2018
Taller de impactos y medidas de manejo del medio social		Marzo 21 de 2018	Marzo 26 de 2018	Marzo 27 de 2018	Marzo 22 de 2018	Marzo 24 de 2018	Marzo 25 de 2018	Marzo 23 de 2018
Taller de impactos y medidas de manejo del medio ambiental		Abril 4 de 2018	Abril 2 de 2018	Abril 8 de 2018	Abril 3 de 2018	Abril 6 de 2018	Abril 7 de 2018	Abril 5 de 2018
Taller de impactos y medidas de manejo (externa)		17 de abril de 2018	18 de abril de 2018	19 de abril de 2018	24 de abril de 2018	26 de abril de 2018	25 de abril de 2018	27 de abril de 2018
Formulación plan de vida		Mayo 10 de 2018	Mayo 9 de 2018	Mayo 8 de 2018	Mayo 11 de 2018	Mayo 13 de 2018	Mayo 12 de 2018	Mayo 14 de 2018
Formulación de acuerdos		21 de agosto de 2018	22 de agosto de 2018	23 de agosto de 2018	22 de agosto de 2018	24 de agosto de 2018	23 de agosto de 2018	24 de agosto de 2018
Protocolización de acuerdos (externa)		18 de septiembre de 2018	19 de septiembre de 2018	20 de septiembre de 2018	25 de septiembre de 2018	27 de septiembre de 2018	26 de septiembre de 2018	28 de septiembre de 2018

EOLOS ENERGÍA S.A.S E.S.P	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA - MUNICIPIOS DE MAICAO Y URIBIA - DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Capítulo 2. Generalidades	
		Rev. No 1	12-02-2019
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-115. Cronograma de reuniones con las comunidades del área de influencia – Vía de Acceso parque eólico

Actividad	Recolección de información	Socialización del proyecto y caracterización territorial	Taller de impactos y medidas de manejo interno
Aipisimana	De 18 de diciembre de 2018 a 18 de enero de 2019	Diciembre 19 de 2018	Enero 11 de 2019
Apusilamana		Diciembre 20 de 2018	Enero 16 de 2019
Clarcoctamana (Karroloutamana)		Enero 14 de 2019	Enero 14 de 2019
Katzialamana 1		Diciembre 20 de 2018	Enero 16 de 2019
Matenari (Mathunali)		Enero 12 de 2019	Enero 12 de 2019
Rosamana		Diciembre 19 de 2018	Enero 11 de 2019
Soshinchon 1		Diciembre 20 de 2018	Enero 12 de 2019
Soshinchon 2		Diciembre 20 de 2018	Enero 12 de 2019