“ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1 DEL PROYECTO “ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW JUNTO A SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV”

CAPÍTULO 5.1. CARACTERIZACIÓN MEDIO ABIÓTICO

ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC S.A.S E.S.P

BOGOTÁ D.C., OCTUBRE DE 2023

UT PLARE GEOESTUDIOS
CL 185 # 45-03 OF. 611 TORRE EMPRESARIAL CC SANTAFÉ
TEL: +57 6017427172
CEL: +57 3153228891

Identificación del documento

Título del documento:	ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1 DEL PROYECTO “ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW JUNTO A SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV
Subtítulo del documento	CAPITULO 5.1. CARACTERIZACIÓN MEDIO ABIÓTICO
Proyecto No.	UTPG07 MOD. LICENCIA ATLÁNTICO
Fecha	OCTUBRE DE 2023
Versión	01
Autor	UT PLARE GEOESTUDIOS
Nombre del Cliente	ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC S.A.S. E.S.P

Historia del Documento

				Aprobado para publicación		
Versión	Revisión	Autor	Revisado por	Nombre	Fecha	Comentarios
01	01	UT PLARE GEOESTUDIOS	CLAUDIA ARTEAGA			

TABLA DE CONTENIDO

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE PROYECTO 15

5.1 MEDIO ABIÓTICO 15
5.1.1 Geología 15
5.1.1.1 Geología Histórica 15
5.1.1.2 Estratigrafía Regional 16
5.1.1.3 Geología Estructural Regional 18
5.1.1.4 Geología Local 19
5.1.1.4.1 Unidades Neógenas 20
5.1.1.4.2 Unidades Cuaternarias 22
5.1.1.5 Geología Estructural Local 24
5.1.2 Geomorfología 25
5.1.2.1 Morfogénesis 27
5.1.2.1.1 Paisaje de Lomerío (L) 28
5.1.2.1.2 Paisaje de Planicie Lacustre (P) 30
5.1.2.2 Morfografía 31
5.1.2.3 Morfodinámica 32
5.1.2.4 Morfoestructuras 33
5.1.3 Suelos y usos del suelo 33
5.1.3.1 Caracterización de Suelos 34
5.1.3.1.1 Unidades Cartográficas de Suelo 38
5.1.3.1.2 Caracterización fisicoquímica de las unidades cartográficas de suelo presentes en el área de intervención del proyecto 56
5.1.3.2 Uso actual del suelo 61
5.1.3.2.1 Uso residencial y comercial (ARE) - ACO 62
5.1.3.2.2 Uso industrial (AIN - ILO) 64
5.1.3.2.3 Infraestructura de transporte (ITR) 64
5.1.3.2.4 Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) 64
5.1.3.2.5 Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS) 65
5.1.3.2.6 Pastoreo extensivo (PEX) 65
5.1.3.2.7 Pastoreo semi-intensivo (PSI) 65
5.1.3.2.8 Sistemas Forestales protectores (FPR) 66
5.1.3.2.9 Forestal producción/protección (FPP) 66
5.1.3.2.10 Forestal productor (FPD) 67
5.1.3.3 Uso potencial o capacidad de uso del suelo 67
5.1.3.3.1 Clasificación agrológica 68
5.1.3.4 Conflicto uso del suelo 76
5.1.4 Hidrología 82
5.1.4.1 Aspectos climáticos 82
5.1.4.1.1 Parámetros Climáticos 83
5.1.4.2 Aspectos hidrológicos 89
5.1.4.2.1 Sistema Léntico 90
5.1.4.2.2 Sistema Lotico 94
5.1.4.2.3 Características morfométricas 99
5.1.4.2.4 Régimen Hidrológico de Caudales 113
5.1.4.2.5 Cálculo de caudales máximos 119
5.1.5 Calidad de Agua 127
5.1.5.1 Metodología 132
5.1.5.1.1 Características del muestreo 132

5.1.5.1.2 Descripción de los puntos de monitoreo 133
5.1.5.1.3 Proceso metodológico 145
5.1.5.2 Normas de calidad del agua 145
5.1.5.3 Resultados 147
5.1.5.3.1 Resultados campaña de monitoreo diciembre 2020 147
5.1.5.3.2 Resultados campaña de monitoreo abril 2023 157
5.1.5.3.3 Resultados campaña de monitoreo julio 2023 162
5.1.5.3.4 Índices de contaminación 168
5.1.5.3.5 Conclusiones 173
5.1.6 Usos del agua 174
5.1.6.1 Consumo Humano 175
5.1.6.2 Uso Pecuario 177
5.1.7 Hidrogeología 179
5.1.7.1 Síntesis Geológica 180
5.1.7.2 Modelo Hidrogeológico Conceptual 181
5.1.7.3 Unidades Hidrogeológicas 181
5.1.7.3.1 Acuífero Cuaternario Someros – Depósitos Coluvio - aluviales (AQ2cal) 183
5.1.7.3.2 Acuíferos Cuaternarios Profundos – Gravas de Rotinet (AQ1pr) 183
5.1.7.3.3 Acuífero Tubará (ANgt) 183
5.1.7.4 Prospección geoeléctrica 183
5.1.7.4.1 Ejecución de los SEV 186
5.1.7.5 Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación 188
5.1.7.5.1 Metodología para la determinación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación por el método GOD 189
5.1.7.5.2 Calificación de parámetros 191
5.1.8 Geotecnia 193
5.1.8.1 Estudios geotécnicos y del suelo 194
5.1.8.2 Exploraciones geotécnicas 194
5.1.8.3 Ensayos de laboratorio 195
5.1.8.4 Zonificación Geotécnica para el área de intervención 196
5.1.8.4.1 Zona Homogénea 1 196
5.1.8.4.2 Zona Homogénea 2. 198
5.1.8.4.3 Parámetros de Diseño Geotécnico 199
5.1.8.5 Zonificación geotécnica del área de influencia fisicobiotica del proyecto 200
5.1.9 Atmósfera 201
5.1.9.1 Identificación de fuentes de emisiones atmosféricas 201
5.1.9.2 Receptores identificados en el área de estudio 203
5.1.9.3 Información meteorológica 206
5.1.9.4 Monitoreo calidad del aire 214
5.1.9.4.1 Localización de los sitios de muestreo 215
5.1.9.4.2 Normatividad vigente 216
5.1.9.4.3 Mediciones de calidad de aire 216
5.1.9.4.4 Resultados obtenidos 219
5.1.9.4.5 Resultados consolidados comparados con la norma 232
5.1.9.4.6 Análisis de resultados 240
5.1.9.5 Ruido 242
5.1.9.5.1 Fuentes generadoras de ruido 242
5.1.9.5.2 Receptores de ruido 243
5.1.9.5.3 Flujo vehicular de los corredores existentes 245
5.1.9.5.4 Monitoreo de ruido ambiental 250

LISTADO DE TABLAS

Tabla 5.1-1 Unidades geológicas presentes en el área de influencia fisicobiótica del proyecto 19
Tabla 5.1-2 Sistema de clasificación de unidades geomorfológicas aplicado a levantamientos de suelos metodología IGAC 26
Tabla 5.1-3 unidades Geomorfológicas para el área de influencia fisicobiótica del proyecto fisicobiótica del proyecto 26
Tabla 5.1-4 Rangos de pendientes para el área de influencia fisicobiótica del proyecto 31
Tabla 5.1-5 Primera letra mayúscula paisaje 35
Tabla 5.1-6 Primera Letra Mayúscula Clima 35
Tabla 5.1-7 Atributos (letras minúsculas) 35
Tabla 5.1-8 Distribución de las cajuelas 36
Tabla 5.1-9 Unidades cartográficas de suelo presentes en el área de influencia fisicobiótica del proyecto 40
Tabla 5.1-10 Perfil De Suelo Unidad Rwma 43
Tabla 5.1-11 Perfil De Suelo Zodme 2 (Rez-2) 44
Tabla 5.1-12 Perfil de Suelo Unidad lwab 46
Tabla 5.1-13 Perfil de Suelo Unidad Lwdd2 48
Tabla 5.1-14 Perfil de Suelo Unidad Lwdc 48
Tabla 5.1-15 Perfil De Suelo Unidad Lwdc2 49
Tabla 5.1-16 Perfil De Suelo Unidad Lwfc2 50
Tabla 5.1-17 Perfil De Suelo Zodme 1 (Rez-1) 51
Tabla 5.1-18 Perfil de Suelo Unidad Lwja 52
Tabla 5.1-19 Perfil De Suelo Unidad Lwbc2 53
Tabla 5.1-20 Propiedades de los suelos LWDc2, LWBc2, LWFc2, LWJa, LWDd2, LWAb, RWMa y LWDc que hacen parte del Área de intervención 56
Tabla 5.1-21 Uso actual del suelo en el área de influencia fisicobiótica del proyecto 62
Tabla 5.1-22 Diagrama de clasificación agrológica y uso potencial del suelo 68
Tabla 5.1-23 Designación Para Las Subclases 70
Tabla 5.1-24 Grupos Climáticos 71
Tabla 5.1-25 Profundidad Efectiva 71
Tabla 5.1-26 Textura 71
Tabla 5.1-27 Permeabilidad 72
Tabla 5.1-28 Uso Potencial Del Suelo del área de influencia fisicobiotica del proyecto 72

Tabla 5.1-29 Conflictos de uso del suelo para el área de influencia del proyecto 78
Tabla 5.1-30 Unidades de conflicto uso del suelo en el área de influencia fisicobiotica del proyecto 80
Tabla 5.1-31 Estaciones meteorológicas utilizadas 83
Tabla 5.1-32 Distribución mensual de temperatura (°c) 84
Tabla 5.1-33 Distribución Mensual de Precipitación (mm) 85
Tabla 5.1-34 Precipitación Máxima en 24 horas (mm) 85
Tabla 5.1-35 Escala de Beaufort para la fuerza del viento 87
Tabla 5.1-36 Velocidad del viento mensual (m/s) 88
Tabla 5.1-37 Radiación Solar Mensual (Kwh/m2) 88
Tabla 5.1-38 Clasificación climática según Caldas-Lang 89
Tabla 5.1-39 Jagueyes identificados en el área de intervención del proyecto 92
Tabla 5.1-40 Distribución hidrográfica Proyecto "Atlántico Photovoltaic de 199,5 mw , junto a su línea de evacuación de 500 kV" 96
Tabla 5.1-41 Características morfométricas de las corrientes del proyecto-Caracterización 99
Tabla 5.1-42 (1) Características morfométricas de las corrientes del proyecto-Puntos de ocupación de cauce 100
Tabla 5.1-43 Arroyo cajón (OCN-20) 102
Tabla 5.1-44 Caño NN 2 (OC-19) 103
Tabla 5.1-45 Caño NN 2 (OC-17) 103
Tabla 5.1-46 Torre 4 y drenajes Asociados (OCNT-21) 104
Tabla 5.1-47 Afluente 2 Torre 6 (OCNT-22) 105
Tabla 5.1-48 Drenaje Novedad Torre 6 (OCNT-22) 105
Tabla 5.1-49 Caño NN 1 (OC-10) 106
Tabla 5.1-50 Arroyo Platanal (OC-8) 106
Tabla 5.1-51 Arroyo Isabel López (OCNV-32) 107
Tabla 5.1-52 Arroyo Isabel López (OC-1) 107
Tabla 5.1-53 Arroyo Isabel López (OCNV-31) Inicial 108
Tabla 5.1-54 Arroyo Isabel López (OC-5) 108
Tabla 5.1-55 Tributario 2 (OCNT-23) 109
Tabla 5.1-56 Tributario 1 (OCNT-24) 109
Tabla 5.1-57 Arroyo 1 (OCNT-25) 110
Tabla 5.1-58 Arroyo Isabel López (OCNV-31) FINAL 111
Tabla 5.1-59 Arroyo Platanal (OCNV-33) 111
Tabla 5.1-60 Arroyo Platanal (OCNV-34) 112
Tabla 5.1-61 Caño NN 2 (OCNV-35) 112
Tabla 5.1-62 Caño Hda. Marías (OCNT-21) 113

Tabla 5.1-63 Condición de humedad antecedente 114
Tabla 5.1-64 Condición hidrológica de la cuenca 114
Tabla 5.1-65 Curvas de escorrentía (CN) 115
Tabla 5.1-66 Condiciones hidrológicas de las corrientes....116
Tabla 5.1-67 Estaciones meteorológicas utilizadas 116
Tabla 5.1-68 Caudales Medios Mensuales-Corrientes Caracterización (L/s) 117
Tabla 5.1-69 Caudales Medios Mensuales-Sitios de Ocupación de Cauce (L/s) 117
Tabla 5.1-70 Coeficiente de Escorrentía en corrientes del proyecto 123
Tabla 5.1-71 Intensidad de la lluvia (mm/h) 124
Tabla 5.1-72 Caudales Máximos (m3/s) 124
Tabla 5.1-73 Estaciones hidrometeorológicas utilizadas 126
Tabla 5.1-74 Caudales Máximos arroyo Platanal (m3/s) 126
Tabla 5.1-75 Coordenadas de los puntos de calidad de agua en las diferentes campañas de monitoreo 129
Tabla 5.1-76 Descripción puntos de monitoreo campaña 22 a 27 de abril de 2023 134
Tabla 5.1-77 Descripción puntos de monitoreo campaña del 12 al 13 de julio de 2023 142
Tabla 5.1-78 Artículo 2.2.3.3.9.3 – Decreto 1076/2015 - artículo 17/Decreto 703 de 2018 145
Tabla 5.1-79 Artículo 2.2.3.3.9.4 – Decreto 1076/2015 y artículo 25/Decreto 703 de 2018 146
Tabla 5.1-80 Artículo 2.2.3.3.9.5 – Decreto 1076/2015 y Decreto 703/2018, art. 19 146
Tabla 5.1-81 Artículo 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076/2015....147
Tabla 5.1-82 Resultados in situ campaña monitoreo diciembre 2020 147
Tabla 5.1-83 Comparación resultados in situ campaña monitoreo diciembre 2020 147
Tabla 5.1-84 Clasificación de la calidad del agua de acuerdo con la concentración de Oxígeno 148
Tabla 5.1-85 Mineralización del agua a partir de la conductividad 149
Tabla 5.1-86 Resultados de laboratorio campaña monitoreo diciembre 2020....150
Tabla 5.1-87 Registro de caudales campaña monitoreo abril 2023....157
Tabla 5.1-88 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos analizados y comparación con los criterios de calidad permisibles campaña monitoreo abril 2023 158
Tabla 5.1-89 Registro de caudales campaña monitoreo julio 2023 163
Tabla 5.1-90 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos analizados y comparación con los criterios de calidad permisibles campaña monitoreo julio 2023....163

Tabla 5.1-91 Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables....169
Tabla 5.1-92 Clasificación del ICA....170
Tabla 5.1-93 Valor obtenido (índice) – ICA campaña de monitoreo diciembre 2020....170
Tabla 5.1-94 Significancia de los índices de contaminación (ICOs)....172
Tabla 5.1-95 Resultado final de la determinación de ICOMO/ICOMI/ICOSUS/ICOPH/ICOTRO campaña monitoreo diciembre 2020....172
Tabla 5.1-96 resultados icosus comparativo campañas de monitoreo....172
Tabla 5.1-97 Uso del agua en predio Los Patos....176
Tabla 5.1-98 Uso del agua en Hda. El Porvenir....177
Tabla 5.1-99 Uso del agua en Hda. Platanal....177
Tabla 5.1-100 Uso pecuario del agua del Arroyo Cajón....178
Tabla 5.1-101 Reservorios de almacenamiento de agua para el ganado....178
Tabla 5.1-102 Tipos de Jagueyes en la zona del proyecto....178
Tabla 5.1-103 Unidades Hidrogeológicas para el área de influencia del proyecto....182
Tabla 5.1-104 Resistividades reales típicas de los diferentes sedimentos y rocas....185
Tabla 5.1-105 Resultados obtenidos en los SEV realizados en el área de intervención....186
Tabla 5.1-106 Resultados obtenidos en los SEV realizados en el área de intervención....186
Tabla 5.1-107 Resultados obtenidos en curva de resistividad eléctrica en laboratorio (TP-14 a 1,80 m)....187
Tabla 5.1-108 Resultados obtenidos en curva de resistividad eléctrica en laboratorio (TP-56 a 0,90 m)....188
Tabla 5.1-109 Rangos de resistividad eléctrica....188
Tabla 5.1-110 Categorías de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación....190
Tabla 5.1-111 Resumen de los parámetros del método G.O.D.....191
Tabla 5.1-112 Clasificación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación para el área de influencia del proyecto"....192
Tabla 5.1-113 Exploraciones y ensayos geotécnicos in-situ....194
Tabla 5.1-114 Resultados ensayos de laboratorio....195
Tabla 5.1-115 Parámetros geotécnicos de suelo de fundación....199
Tabla 5.1-116 Zonas de estabilidad geotécnica para el área de influencia fisicobiotica del proyecto....200
Tabla 5.1-117 Fuentes de emisión....202
Tabla 5.1-118 Fuentes de emisión de identificadas....202
Tabla 5.1-119 Principales receptores identificadas durante el monitoreo....203

Tabla 5.1-120 Condiciones meteorológicas registradas durante el periodo monitoreado campaña 2019 206
Tabla 5.1-121 Información estación meteorológica empleada para campaña 2023 207
Tabla 5.1-122 Resumen información meteorológica campaña de monitoreo 2023 ...207
Tabla 5.1-123 Análisis en laboratorios externos 214
Tabla 5.1-124 Puntos monitoreados y homologación campaña 2019 y campaña 2023 216
Tabla 5.1-125 Niveles Máximos Permisibles Para Contaminantes Criterios 216
Tabla 5.1-126 Resumen de los criterios de micro localización 217
Tabla 5.1-127 Check List. Macro y Micro localización de estaciones de calidad del aire 217
Tabla 5.1-128 Registro fotográfico del monitoreo 218
Tabla 5.1-129 Resultados Material particulado PM10 campaña 2019....219
Tabla 5.1-130 Resultados Material particulado PM10, PM2.5 y SO2 campaña 2023 220
Tabla 5.1-131 Resultados Material particulado PM10 campaña 2019....224
Tabla 5.1-132 Resultados SO2 campaña 2019 226
Tabla 5.1-133 Resultados NO2 campaña 2019 228
Tabla 5.1-134 Resultados reportados en la Estación 1 de dióxido de nitrógeno campaña 2023 229
Tabla 5.1-135 Resultados reportados en la Estación 2 de dióxido de nitrógeno campaña 2023 230
Tabla 5.1-136 Resultados reportados en la Estación 3 de dióxido de nitrógeno campaña 2023 231
Tabla 5.1-137 Resultados comparados con la norma....232
Tabla 5.1-138 Resultados CO P1 campaña 2019....233
Tabla 5.1-139 Resultados CO P2 campaña 2019....233
Tabla 5.1-140 Resultados CO P3 campaña 2019....233
Tabla 5.1-141 Resultados reportados en la Estación 1 de Monóxido de Carbono campaña 2023 234
Tabla 5.1-142 Resultados reportados en la Estación 2 de Monóxido de Carbono campaña 2023 235
Tabla 5.1-143 Resultados reportados en la Estación 3 de Monóxido de Carbono campaña 2023 237
Tabla 5.1-144 Fuentes de emisión de ruido....243
Tabla 5.1-145 Fuentes de emisión de ruido identificadas.....243
Tabla 5.1-146 Principales receptores de ruido identificados durante el monitoreo....243
Tabla 5.1-147 Ubicación georreferenciada del aforo vehicular – Punto No. 1.....246

Tabla 5.1-148 Resultados del aforo vehicular - Punto No. 1....246
Tabla 5.1-149 Ubicación georreferenciada del aforo vehicular No. 2 247
Tabla 5.1-150 Resultados del aforo vehicular - Punto No. 2....248
Tabla 5.1-151 Ubicación georreferenciada del aforo vehicular No. 3 249
Tabla 5.1-152 Resultados del aforo vehicular - Punto No. 3....249
Tabla 5.1-153 coordenadas de puntos de medición campaña 2019 y campaña 2023 252
Tabla 5.1-154 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A) 253
Tabla 5.1-155 Registro fotográfico puntos de medición....254
Tabla 5.1-156 Condiciones meteorológicas Día Hábil 1 256
Tabla 5.1-157 Condiciones meteorológicas Día no Hábil 1 257
Tabla 5.1-158 Condiciones meteorológicas Día Hábil 2 257
Tabla 5.1-159 Datos de velocidades máximas de viento – día hábil 259
Tabla 5.1-160 Datos de velocidades máximas de viento – día no hábil 260
Tabla 5.1-161 Resultados monitoreo de Ruido Ambiental diurno día hábil 1 campaña 2019 262
Tabla 5.1-162 Resultados Monitoreo de Ruido Ambiental diurno día hábil 2 campaña 2019 263
Tabla 5.1-163 Resultados Monitoreo de Ruido Ambiental diurno día no hábil campaña 2019 264
Tabla 5.1-164 Resultados monitoreo de Ruido Ambiental nocturno día hábil 1 campaña 2019 265
Tabla 5.1-165 Resultados monitoreo de Ruido Ambiental nocturno día hábil 2 campaña 2019 266
Tabla 5.1-166 Resultados monitoreo de Ruido Ambiental nocturno día no hábil 1 campaña 2019 267
Tabla 5.1-167 Comparación de los resultados obtenidos con el límite máximo permisible horario diurno (Sector C) campaña 2023 269
Tabla 5.1-168 Comparación de los resultados obtenidos con el límite máximo permisible horario diurno (Sector D) campaña 2023 270
Tabla 5.1-169 Comparación de los resultados obtenidos con el límite máximo permisible durante el horario nocturno (Sector C) campaña 2023 272
Tabla 5.1-170 Comparación de los resultados obtenidos con el límite máximo permisible durante el horario nocturno (Sector D) 274

LISTADO DE FIGURAS

Figura 5.1-1 Columna estratigráfica Generalizada desde el punto de vista regional para la Modificación de Licencia No. 1" del Proyecto "Atlántico Photovoltaic junto con su línea de Evacuación de 500 kV 17
Figura 5.1-2 Mapa geológico para el área de influencia fisicobiótica del proyecto 20
Figura 5.1-3 Detalle de la Formación Tubará – Calicata TP-21 21
Figura 5.1-4 Detalle de las gravas de Rotinet– Calicata TP-PD-TRT-60 22
Figura 5.1-5 Detalle Depósitos coluvio - aluviales– Calicata TP-PD-19 23
Figura 5.1-6 Mapa tectónico para el área influencia fisicobiótica del proyecto "Modificación de Licencia No. 1" del Proyecto "Atlántico Photovoltaic junto a su línea de Evacuación de 500 kV" 24
Figura 5.1-7 Mapa Geomorfológico para el área de influencia fisicobiótica del proyecto 28
Figura 5.1-8 Mapa de pendientes para el área de influencia fisicobiótica del proyecto 32
Figura 5.1-9 Distribución de muestreos área del proyecto 38
Figura 5.1-10 Unidades cartográficas de Suelo del área de influencia fisicobiótica 41
Figura 5.1-11 Distribución del uso actual del suelo área de influencia fisicobiotica del proyecto 63
Figura 5.1-12 Distribución Uso Potencial del Suelo Área de influencia fisicobiótica del Proyecto 74
Figura 5.1-13 Matriz de decisión para la interpretación del conflicto del uso 77
Figura 5.1-14 Unidades de conflicto uso del suelo área de influencia del proyecto 82
Figura 5.1-15 Localización de Estaciones meteorológicas utilizadas 83
Figura 5.1-16 Variación mensual de temperatura (°C) 84
Figura 5.1-17 Distribución mensual de precipitación (mm) 86
Figura 5.1-18 Rosa de viento anual (%) 87
Figura 5.1-19 Velocidad del viento mensual (m/s) 88
Figura 5.1-20 Distribución Mensual de Radiación Solar (Kwh/m2 89
Figura 5.1-21 Lagunas asociadas a cauces en sector de línea de evacuación 90
Figura 5.1-22 Zonas Pantanosas en Bloque A 91
Figura 5.1-23 Localización de jagueyes en el área de influencia del proyecto 93
Figura 5.1-24 Localización geográfica de subzona hidrográfica Bajo Magdalena-Canal del Dique 95
Figura 5.1-25 Distribución Hidrográfica "Atlántico Photovoltaic de 199,5 mw , junto a su línea de evacuación de 500 kV" 96

Figura 5.1-26 Sitios de Verificación de Ocupaciones de Cauce 101
Figura 5.1-27 Caudales medios mensuales corrientes del proyecto.....118
Figura 5.1-28 Curvas de Intensidad Duración Frecuencia para la estación Sabanalarga.....122
Figura 5.1-29 Curvas de Intensidad Duración Frecuencia para la estación Usiacurí.....122
Figura 5.1-30 Coeficiente de Escorrentía.....123
Figura 5.1-31 Cuenca de referencia utilizada 125
Figura 5.1-32 Localización geográfica de los puntos de monitoreo 132
Figura 5.1-33 Comportamiento de pH campaña monitoreo diciembre 2020.....148
Figura 5.1-34 Comportamiento de Oxígeno disuelto campaña monitoreo diciembre 2020 149
Figura 5.1-35 Comportamiento de Conductividad campaña monitoreo diciembre 2020 149
Figura 5.1-36 Comportamiento de temperatura campaña monitoreo diciembre 2020 150
Figura 5.1-37 Comportamiento de DBO5 y DQO campaña monitoreo diciembre 2020 154
Figura 5.1-38 Comportamiento de Cloruros campaña monitoreo diciembre 2020....155
Figura 5.1-39 Comportamiento de Sulfatos campaña monitoreo diciembre 2020 155
Figura 5.1-40 Comportamiento de Nitratos y Nitritos campaña monitoreo diciembre 2020 156
Figura 5.1-41 Comportamiento de Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales campaña monitoreo diciembre 2020 157
Figura 5.1-42 Resultados de temperatura monitoreo abril 2023 159
Figura 5.1-43 Resultados de oxígeno disuelto monitoreo abril 2023 159
Figura 5.1-44 Resultados de PH disuelto monitoreo abril 2023 160
Figura 5.1-45 Resultados de conductividad monitoreo abril 2023 161
Figura 5.1-46 Resultados de turbidez monitoreo abril 2023.....162
Figura 5.1-47 Resultados de temperatura monitoreo julio 2023 164
Figura 5.1-48 Resultados de oxígeno disuelto monitoreo julio 2023.....165
Figura 5.1-49 Resultados de pH monitoreo julio 2023 165
Figura 5.1-50 Resultados de conductividad monitoreo julio 2023.....166
Figura 5.1-51 Resultados de turbidez monitoreo julio 2023 167
Figura 5.1-52 Suministro de agua en unidades prediales 176
Figura 5.1-53 Viviendas encuestadas 179
Figura 5.1-54 Mapa Unidades Hidrogeológicas para el área de influencia.....182
Figura 5.1-55 Esquema de la configuración electrónica tipo Wenner 184

Figura 5.1-56 Sistema GOD para la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación 190
Figura 5.1-57 Mapa vulnerabilidad de los acuíferos para el área de influencia 193
Figura 5.1-58 Composición Granulométrica ZH1 197
Figura 5.1-59 Composición Granulométrica ZH2 198
Figura 5.1-60 Mapa de zonificación geotécnica para geotécnica para el área de influencia fisicobiótica del proyecto 201
Figura 5.1-61 fuentes de emisión identificadas 203
Figura 5.1-62 receptores sensibles identificados 205
Figura 5.1-63 Temperatura registrada durante el periodo monitoreado campaña 2019 208
Figura 5.1-64 Temperatura registrada durante el periodo monitoreado campaña 2023 208
Figura 5.1-65 precipitación diaria registrada durante el periodo monitoreado campaña 2023 209
Figura 5.1-66 Humedad registrada durante el periodo monitoreado campaña 2019 209
Figura 5.1-67 humedad relativa registrada durante el periodo monitoreado campaña 2023 210
Figura 5.1-68 Velocidad del Viento campaña monitoreo 2019 210
Figura 5.1-69 Rosa de vientos histórica de la zona del estudio campaña monitoreo 2019 211
Figura 5.1-70 Rosa de Vientos del Periodo Monitoreado – Jornada Diurna campaña monitoreo 2019 211
Figura 5.1-71 Rosa de Vientos del Periodo Monitoreado – Jornada Nocturna campaña monitoreo 2019 212
Figura 5.1-72 Rosa de Vientos campaña monitoreo 2023 212
Figura 5.1-73 Distribución de frecuencias de viento campaña monitoreo 2023 213
Figura 5.1-74 Valores diarios de presión atmosférica campaña monitoreo 2023 214
Figura 5.1-75 Localización puntos de monitoreo calidad de aire 215
Figura 5.1-76 Concentraciones Diarias de PM10 campaña 2019 223
Figura 5.1-77 Concentraciones Diarias de PM10 campaña 2023 223
Figura 5.1-78 Concentraciones Diarias de PM2.5 campaña 2019 225
Figura 5.1-79 Concentraciones Diarias de PM2.5 campaña 2023 225
Figura 5.1-80 Concentraciones Diarias de SO2 campaña 2019 227
Figura 5.1-81 Concentraciones Diarias de SO2 campaña 2023 227
Figura 5.1-82 Concentraciones Diarias de NO2 campaña 2019 229
Figura 5.1-83 Concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO2) Estación 1 campaña 2023 230

Figura 5.1-84 Concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO2) Estación 2 campaña 2023 231
Figura 5.1-85 Concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO2) Estación 3 campaña 2023 232
Figura 5.1-86 Concentraciones de Monóxido de Carbono 1 Hora (CO) Estación 1 campaña 2023 234
Figura 5.1-87 Concentraciones de Monóxido de Carbono 8 Horas (CO) Estación 1 campaña 2023 235
Figura 5.1-88 Concentraciones de Monóxido de Carbono 1 Hora (CO) Estación 2 campaña 2023 236
Figura 5.1-89 Concentraciones de Monóxido de Carbono 8 Horas (CO) Estación 2 campaña 2023 236
Figura 5.1-90 Concentraciones de Monóxido de Carbono 1 Hora (CO) Estación 3 campaña 2023 237
Figura 5.1-91 Concentraciones de Monóxido de Carbono 8 Horas (CO) Estación 3 campaña 2023 238
Figura 5.1-92 Comportamiento diario del ICA para PM10 238
Figura 5.1-93 Comportamiento diario del ICA para PM2,5 239
Figura 5.1-94 Comportamiento media móvil 8 horas ICA para CO 239
Figura 5.1-95 Comportamiento horario del ICA para NO2 240
Figura 5.1-96 receptores sensibles identificados 245
Figura 5.1-97 Volúmenes vehiculares en periodos de una (1) hora – Punto No. 1 247
Figura 5.1-98 Volúmenes vehiculares en periodos de una (1) hora – Punto No. 2 248
Figura 5.1-99 Volúmenes vehiculares en periodos de una (1) hora – Punto No. 3 250
Figura 5.1-100 Localización puntos de monitoreo ruido ambiental 251
Figura 5.1-101 Rosa de vientos del periodo monitoreado en jornada diurna....258
Figura 5.1-102 Rosa de vientos del periodo monitoreado – jornada nocturna....259
Figura 5.1-103 Resultados Vs norma periodo diurno campaña 2019 268
Figura 5.1-104 Resultados Vs norma periodo nocturno campaña 2019 268
Figura 5.1-105 Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario diurno (Sector C) campaña 2023 270
Figura 5.1-106 Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario diurno (Sector D) campaña 2023 272
Figura 5.1-107 Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario nocturno (Sector C) campaña 2023 273
Figura 5.1-108 Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario nocturno (Sector D) campaña 2023 275

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5.1-1 Colinas redondeadas (LEcr) 29
Fotografía 5.1-2 Lomas disectadas (LEld)....29
Fotografía 5.1-3 Terrazas erosiónales (PDte) 30
Fotografía 5.1-4 Apertura de Cajuelas 37
Fotografía 5.1-5 Suelos de Paisaje de Planicie Lacustre 42
Fotografía 5.1-6 Suelos de paisaje de lomerío....45
Fotografía 5.1-7 Suelos de Paisaje de Lomerío con la Unidad Lwa....45
Fotografía 5.1-8 Suelos de paisaje de lomerío con la unidad Lwd....47
Fotografía 5.1-9 Suelos de Paisaje de Lomerío con la Unidad Lwf....49
Fotografía 5.1-10 Suelos de paisaje de lomerío con la unidad LWj 51
Fotografía 5.1-11 Suelos de paisaje de lomerío con la unidad LWB....53
Fotografía 5.1-12 Uso del suelo residencial 63
Fotografía 5.1-13 Uso del suelo cultivos transitorios semi-intensivos 64
Fotografía 5.1-14 Uso del suelo Pastoreo extensivo....65
Fotografía 5.1-15 Uso del suelo Pastoreo Semi-Intensivo 66
Fotografía 5.1-16 Uso Del Suelo Sistemas Forestales Protectores 66
Fotografía 5.1-17 Uso Del Suelo Forestal Producción/Protección 67
Fotografía 5.1-18 Bajo inundable sector sur bloque a....92
Fotografía 5.1-19 Bajo inundable sector central del bloque a 92
Fotografía 5.1-20 Jagüey en el Bloque B, cercano al caño NN 1....94
Fotografía 5.1-21 Jagüey en el Bloque C, cercano al caño NN 2 94
Fotografía 5.1-22 Jagüey en el sector de la línea de evacuación y en los alrededores de la Torre-4 94
Fotografía 5.1-23 Vista del Embalse del Guájaro desde La Peña....97
Fotografía 5.1-24 Arroyo Cajón (a. arriba) 98
Fotografía 5.1-25 Arroyo Isabel López 133
Fotografía 5.1-26 Arroyo Platanal 133
Fotografía 5.1-27 OC-17 – aguas arriba 134
Fotografía 5.1-28 OC-17 – aguas abajo....134
Fotografía 5.1-29 OC-20 - aguas arriba 135
Fotografía 5.1-30 OC-20 - aguas abajo....135
Fotografía 5.1-31 P16-drenaje torre 4 - aguas arriba....136
Fotografía 5.1-32 P16-drenaje torre 4 – aguas abajo 136
Fotografía 5.1-33 P-3-punto de calidad de agua....137
Fotografía 5.1-34 P4-drenaje torre 6 - aguas arriba....137

Fotografía 5.1-35 P5-drenaje torre 6 - aguas abajo 138
Fotografía 5.1-36 Drenaje Izquierdo Torre 7 - Aguas Arriba 138
Fotografía 5.1-37 Drenaje izquierdo torre 7 – aguas abajo 139
Fotografía 5.1-38 Drenaje Derecho Torre 7 - Aguas Arriba 139
Fotografía 5.1-39 Drenaje derecho torre 7 – aguas abajo....140
Fotografía 5.1-40 Drenaje a torre 9 - aguas arriba 140
Fotografía 5.1-41 Drenaje a torre 9 – aguas abajo 141
Fotografía 5.1-42 OC-19 – Aguas Arriba....141
Fotografía 5.1-43 OC-19 – aguas abajo 142
Fotografía 5.1-44 OV-27....142
Fotografía 5.1-45 OVP-32 143
Fotografía 5.1-46 OVP-40 143
Fotografía 5.1-47 OVP-34 144
Fotografía 5.1-48 OCM-43 144
Fotografía 5.1-49 OVP-37 145
Fotografía 5.1-50 Vivienda a borde de carretera....176
Fotografía 5.1-51 Pozo Calicanto a 24 m de profundidad 176
Fotografía 5.1-52 Vivienda con tanque de almacenamiento de agua 176
Fotografía 5.1-53 Vivienda en Hda. El Porvenir 177
Fotografía 5.1-54 Pozo profundo en ladrillo 177
Fotografía 5.1-55 Vivienda con tanque de almacenamiento de agua 177
Fotografía 5.1-56 Vivienda en Hda. Platanal....177
Fotografía 5.1-57 Pozo subterráneo a 15 m de profundidad....177
Fotografía 5.1-58 Vivienda con caneca de almacenamiento de agua lluvia 177
Fotografía 5.1-59 Manguera de captación de agua para el ganado, localizada sobre el Arroyo Cajón 178
Fotografía 5.1-60 Tipo de albercas que abastecen al ganado 178
Fotografía 5.1-61 Ganado a la entrada de la Hda. El Porvenir, el cual se abastecen del agua de las albercas 178
Fotografía 5.1-62 Jagüey en predio Toledo 178
Fotografía 5.1-63 Jagüey en Hda. Platanal....178
Fotografía 5.1-64 Jagüey en Hda. Las Marías 178

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE PROYECTO

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.1 Geología

La evaluación del marco geológico está dirigido a la formulación y obtención de los modelos geológico, estratigráfico y geomorfológico tanto del área de influencia fisicobiótica del proyecto como del área de intervención y de esta manera ser un insumo importante tanto para la elaboración de la línea base, así como para la identificación y evaluación de elementos ambientales que puedan verse impactados o afectados ya sea antes y durante el desarrollo del proyecto.

Para el desarrollo del presente apartado, se toma como punto de partida la revisión y el análisis de la información existente en entidades gubernamentales y privadas, tales como: Servicio Geológico Colombiano – SGC (antes INGEOMINAS) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Hidrología. Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Corporaciones Autónomas Regionales, Geointec S.L., Ingetec S.A. A continuación, se presenta el listado de la información revisada y analizada.

- Mapa geológico generalizado del departamento de Atlántico. Escala 1:250.000. INGEOMINAS, 2001.
- Geología de la Plancha 24 – Sabanalarga Escala 1:100.000. INGEOMINAS, 2001.
- Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Atlántico. Escala 1:100.000, IGAC - Bogotá, 2007.
- POMCA Complejo de Humedales del Canal del Dique. Asocio CARDIQUE, CRA, CorMagdalena, CARSucre, entre otros.; 2007.
- "Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019"
- "Informe geotécnico - Geotecnia instalaciones proyecto solar Fotovoltaico Atlántico" – Ingetec S.A., 2022

5.1.1.1 Geología Histórica

La evolución geológica del área donde actualmente se localiza el departamento del Atlántico puede ser explicada con base en los diferentes procesos tectónicos ocurridos desde el Paleoceno, como lo son la Orogenia Pre-Andina, la fase Proto-Andina y la Orogenia Andina.

Durante el Paleoceno al Eoceno Medio el área estuvo sumergida y se originó sedimentación pelágica y de turbiditas constituidas por arenas, lodos y gravas, al final del intervalo se depositó un nivel de chert o lodolitas silíceas. Toda esta secuencia pertenece a la Formación San Cayetano.

Durante el Eoceno Medio se origina la Orogenia Pre-Andina, como producto de esfuerzos compresionales, generándose algunos levantamientos importantes en el Cinturón de San Jacinto. Como consecuencia de este levantamiento, se ocasiona una sedimentación

clástica en abanicos submarinos, representada por los conglomerados de la Formación Pendales; al mismo tiempo, en la parte distal del abanico, se formaron las calizas de la Formación Arroyo de Piedra, que junto con la Formación Pendales, yacen discordantes sobre la Formación San Cayetano.

Entre el Oligoceno al Mioceno tuvo lugar una fase tectónica llamada Diastrofismo correspondiente a la fase Proto- Andina, donde se produjeron levantamientos en el Cinturón de San Jacinto y basculamiento hacia el oeste, generándose una profundización marina, condiciones que permitieron la depositación de la Formación Las Perdices.

Entre el Mioceno y el Plioceno, la sedimentación se desarrolló en ambientes de alta energía favorecida por los continuos levantamientos tectónicos (Duque-Caro, 1980) que generaron abanicos. Como registro sedimentario aparece la Formación Hibácharo y la Formación Tubará, depositadas en medios marinos.

En el intervalo entre Plioceno y Pleistoceno Inferior se presenta la Orogenia Andina. Por efecto de esfuerzos compresivos NW-SE, se produce levantamiento importante en los cinturones de Sinú y San Jacinto, quedando muchas áreas emergidas, plegadas y falladas; también se presenta el diapirismo de lodo, deformando aún más los sedimentos del Cinturón del Sinú.

En el Pleistoceno Inferior a causa del levantamiento generado por la Orogenia Andina, se desarrolla una sedimentación fluvial-litoral y de playa, correspondiente a las Gravas de Rotinet, y en áreas sumergidas, se desarrollaron arrecifes de la Formación La Popa en el área de Cartagena.

El periodo entre Pleistoceno Medio - Holoceno se ha caracterizado por tranquilidad tectónica y la sedimentación ha sido fluvial y lacustre.

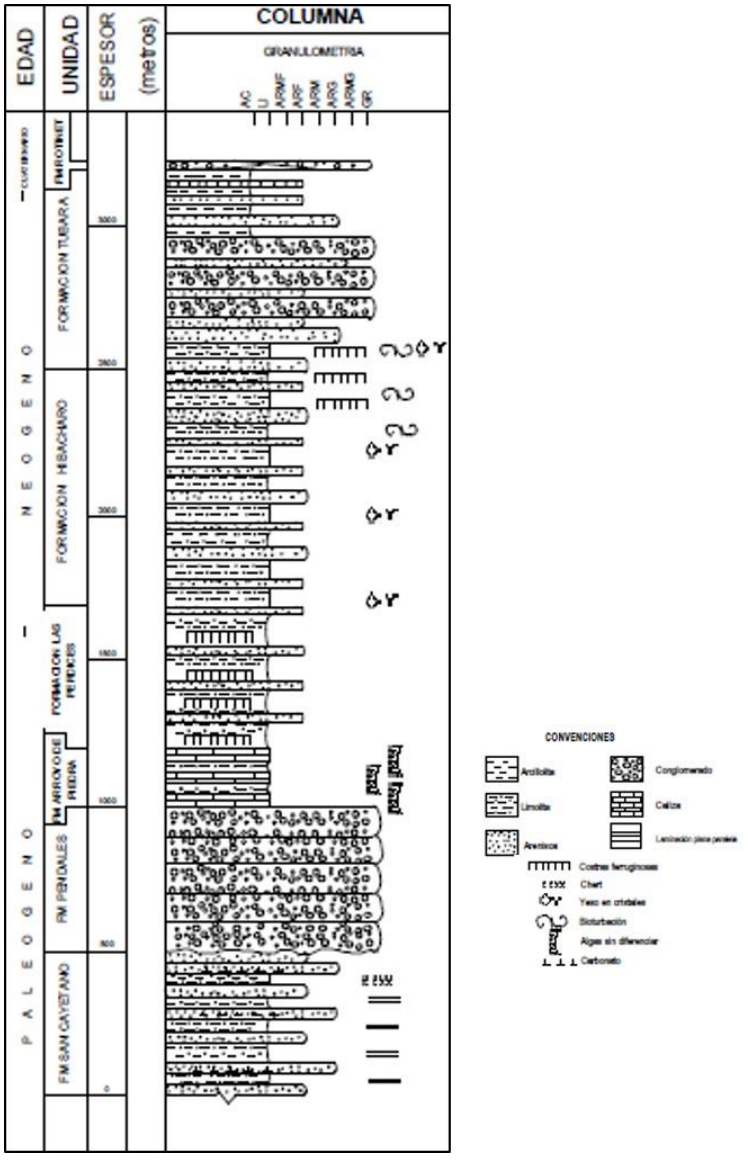
5.1.1.2 Estratigrafía Regional

En el presente ítem se presenta la descripción de la geología regional del Proyecto para la Modificación de Licencia No. 1" del Proyecto "Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, junto con su línea de Evacuación de 500 kV", con base en la información de Geología de la Plancha 24 – Sabanalarga Escala 1:100.000. Ingeominas, 2001.

El área de influencia fisicobiótica del proyecto hace parte de una provincia tectónica conocida como Anticlinorio de Luruaco, ubicada en el Cinturón de San Jacinto. Esta provincia evolucionó independientemente de las provincias adyacentes (Anticlinorio de San Jacinto y Anticlinorio de Turbaco), especialmente a partir del Eoceno superior, dando lugar al depósito de unidades litológicas con características faciales propias. La nomenclatura utilizada recoge definiciones hechas en el área por diversos autores y difundidas ampliamente en la literatura geológica, como lo son las formaciones San Cayetano, Pendales, Arroyo de Piedra, Las Perdices, Hibácharo, Tubará y Rotinet. La Formación San Cayetano, de edad paleocena, es la única unidad que se extiende fuera del Anticlinorio de Luruaco y se ha reconocido a lo largo del Cinturón de San Jacinto. La deformación estructural es diferencial debida a varios eventos tectónicos y su complejidad depende de la edad de las rocas, siendo evidente una acción tectónica intensa en la parte axial del anticlinorio en rocas del Paleoceno y muy leve hacia el flanco oriental del mismo en unidades del Neógeno – Cuaternario.

En la **Figura 5.1-1** se muestra la columna estratigráfica generalizada del área desde el punto de vista regional.

FIGURA 5.1-1 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DESDE EL PUNTO DE VISTA REGIONAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1" DEL PROYECTO "ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC JUNTO CON SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV



Fuente: Geología de la Plancha 24 – Sabanalarga Escala 1:100.000. Ingeominas, 2001 - UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

A continuación, se hace una breve descripción de las unidades regionales comenzando por la base de la sucesión.

El Paleógeno está representado en el área desde el punto de vista regional por la ***Formación San Cayetano (Pgsc)*** compuesta de capas y bancos de conglomerados de bloques, areniscas conglomeráticas, areniscas de grano fino color gris verdoso y de composición cuarzo feldespático, con intercalaciones locales de arcillolitas grises oscuras y lodolitas silíceas y chert. ***Formación Pendales (Pgp)*** conformada por conglomerado polimíctico, mal seleccionado, con matriz arenosa con intercalaciones de areniscas de grano grueso líticas. ***Formación Arroyo de Piedra (Pga)*** conformada por una secuencia de calizas bioesparíticas compuestas de algas rojas y lodolitas calcáreas con laminación plano-paralela y microfauna y la ***Formación Las Perdices (PgNgp)*** consta de lodolitas grises, en capas laminares y de consistencia fisible, con intercalaciones de areniscas de grano fino, en capas delgadas.

Las unidades Neógenas desde el punto de vista regional están representadas por la ***Formación Hibacharo (Ngh)*** la cual se compone de intercalaciones de arcillolitas y limolitas, con areniscas medias, de grano fino a conglomerático de color amarillo y localmente niveles delgados de calizas de color amarillo claro. Es común la ocurrencia de yeso diseminado en las rocas al igual que los fósiles. ***Formación Tubará (Ngt)*** es la más representativa, puesto que se encuentra directamente relacionada con el área de intervención del proyecto, está constituida por intercalaciones de areniscas de grano fino a grueso, cuarzosas, algunas calcáreas y niveles bioclásticos con intercalaciones de lodolitas grises a negras.

El Pleistoceno está representado tanto regionalmente como localmente en el área de intervención del proyecto por la Formación denominada ***Gravas de Rotinet (Qpr)*** está constituida de gravas, arenas y localmente intercalaciones de arcillas. Las gravas se componen principalmente de chert negro y marrón, cuarzo lechoso y fragmentos ígneos.

Finalmente, el Cuaternario – Holoceno está representado por depósitos cuaternarios recientes entre los que se encuentran los ***Depósitos Eólicos (Qe), Depósitos de Llanura aluvial (Qlal), Depósitos fluvio – lacustres (Qfl)*** **y** ***Depósitos Coluvio – aluviales (Qcal)*****,** los cuales se presentan en el área de intervención del proyecto y representan la sedimentación fluvial reciente y actual de cauces menores y la generada por coluviones asociados a estos cauces. Constituidos por cantos, bloques, arenas y arcillas mezclados a gradados, cubriendo a las unidades rocosas y a los depósitos aluviales más antiguos.

5.1.1.3 Geología Estructural Regional

En el área regionalmente se distingue claramente dos sectores con procesos deformativos característicos. El sector occidental, limitado al oriente por la Falla El Playón, presenta alta deformación tectónica, en la cual hay un predominio de las fallas sobre el plegamiento. El fallamiento es inverso y, por la geometría que muestra, corresponde a un sistema de cabalgamiento, imbricado, con vergencia predominante hacia el oeste (Mc Clay, 1992); de ahí la gran cantidad de bloques fallados entre sí. El sector oriental está menos deformado. Como estructura importante, se destaca el Sinclinal de Sabanalarga; aparte de ésta, se observó el lineamiento del río Magdalena de dirección N10°E y otros lineamientos menores en dirección NW.

El dominio de fallamiento inverso lleva a interpretar un estilo tectónico comprensivo para el área, en dirección NW-SE, que presenta su zona axial en el sector occidental, reflejado en

la alta deformación; el sector oriental, por estar alejado de la zona axial, y por presentar unidades litoestratigráficas más jóvenes, no sufrió una deformación tan intensa.

5.1.1.4 Geología Local

El área de influencia fisicobiótica del proyecto para la Modificación de Licencia No. 1" del Proyecto "Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, junto con su línea de Evacuación de 500 kV", se emplazará sobre depósitos cuaternarios recientes y antiguos, y sobre suelo residual de la Formación Tubará, esta información se toma de la memoria técnica de la Geología de la Plancha 24 – Sabanalarga Escala 1:100.000. INGEOMINAS, 2001, así como del "Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019" y el Informe geotécnico elaborado por INGETEC, 2020 "Geotecnia Instalaciones Proyecto Solar Fotovoltaico Atlántico" (ver Anexo 3_ Soporte Técnico/ 3.4_Estudios Básicos)

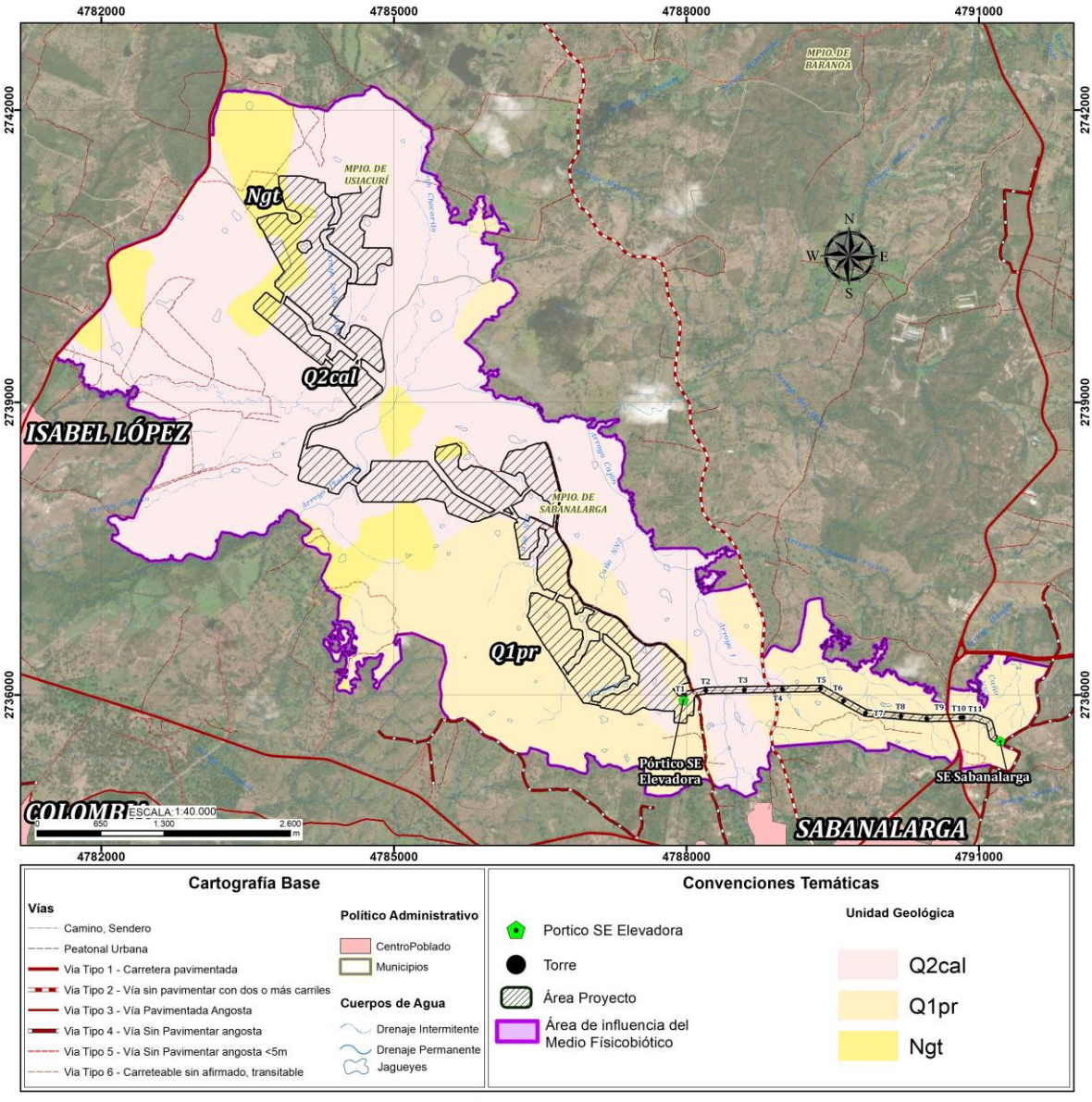
En la **Tabla 5.1-1** se presentan un resumen de las unidades aflorantes en el área de influencia fisicobiótica del proyecto, así como en el área de intervención, con sus respectivas áreas de ocupación y en la **Figura 5.1-2** se presenta la distribución geográfica de las unidades presentes (Ver Anexo 8_Cartografía /2175_EA P5.1_Unidades geológicas)

TABLA 5.1-1 UNIDADES GEOLÓGICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO

EÓN	ERA	PERIODO	ÉPOCA	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN	NOMENC.	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
							(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Fanerozoico- PH	Cenozoico- CZ	Cuaternario - Q	Holoceno (Q2)	Depósitos Coluvio - aluviales	Arena arcillosa de grano medio a grueso de color café.	Q2cal	1694,61	61,61	281,88	64,77
			Pleistoceno (Q1)	Gravas de Rotinet	Arena de grano grueso con niveles de gravas y conglomerados de color naranja	Q1pr	881,00	32,03	117,34	26,96
		Neógeno (Ng)	Plioceno (Ng)	Formación Tubará	Arena arcillosa de grano medio a grueso de color café claro más litificado con presencia de gravas.	Ngt	268,98	9,78	36,01	8,27
ÁREA TOTAL							**2844,60**	**100**	**435,23**	**100**

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-2 MAPA GEOLÓGICO PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

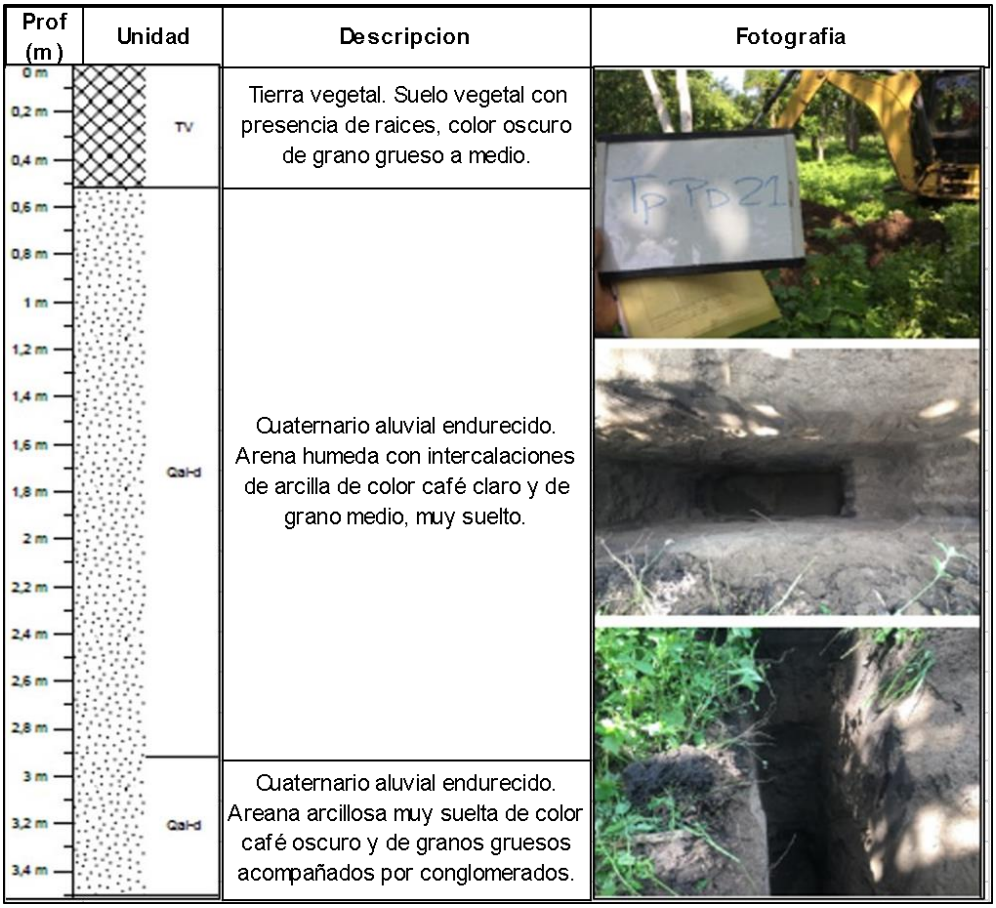
5.1.1.4.1 Unidades Neógenas

- **Formación Tubará (Ngt)**

En el área de influencia fisicobiótica del proyecto esta unidad se presenta en la parte norte y central, donde se presentan una morfología de pendientes moderadas y un relieve de lomas disectadas.

En general, la unidad está compuesta por intercalaciones de areniscas de grano fino a grueso, cuarzosas, algunas calcáreas y niveles bioclásticos con intercalaciones de lodolitas grises a negras. A partir de la información contenida en el "Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019" y el Informe geotécnico elaborado por INGETEC, 2020 "Geotecnia Instalaciones Proyecto Solar Fotovoltaico Atlántico" (ver Anexo 3_ Soporte Técnico/ 3.4_Estudios Básicos), se concluye que en el área de intervención se presenta un suelo residual de esta unidad teniendo en cuenta que las exploraciones geotécnicas que se realizaron en el área no superan los 3 m de profundidad, corresponde a una arena arcillosa de grano medio a grueso de color café claro a gris, litificada con presencia de gravas, consistencia firme, humedad media y plasticidad baja. (Ver **Figura 5.1-3**).

FIGURA 5.1-3 DETALLE DE LA FORMACIÓN TUBARÁ – CALICATA TP-21



Coordenadas Planas Origen Nacional E: 4784507,95 - N: 2738254,97722

Fuente: Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

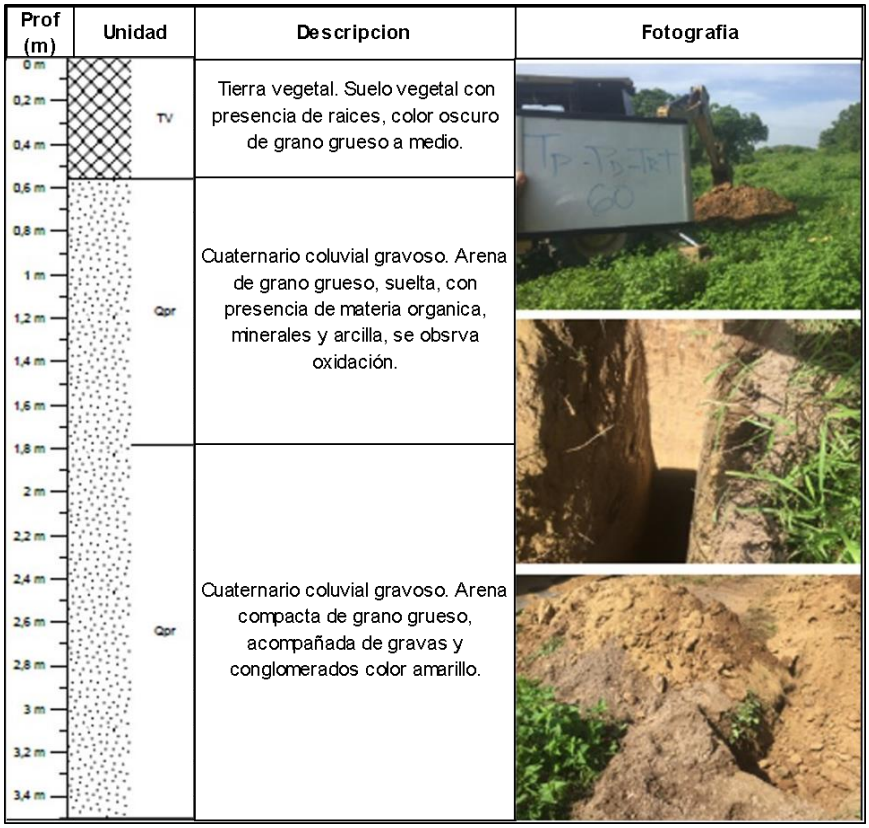
5.1.1.4.2 Unidades Cuaternarias

- **Gravas de Rotinet (Q1pr)**

En el área de influencia fisicobiótica del proyecto, esta unidad se presenta en la parte sur y corredor de la Línea de evacuación-Transmisión de 500 kV, donde se presentan una morfología de pendientes moderadas a bajas y un relieve de lomas disectadas, vallecitos y colinas redondeadas.

En general, esta unidad está compuesta por gravas, arenas y localmente intercalaciones de arcillas. Las gravas se componen principalmente de chert negro y marrón, cuarzo lechoso y fragmentos ígneos. A partir de la información contenida en el "Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019" y el Informe geotécnico elaborado por INGETEC, 2020 "Geotecnia Instalaciones Proyecto Solar Fotovoltaico Atlántico" (ver Anexo 3_Soporte Técnico/ 3.4_Estudios Básicos) se encontró en las exploraciones geotécnicas un material que corresponde a una arena de grano grueso con niveles de gravas y conglomerados de color naranja, consistencia firme, humedad media y plasticidad baja. (Ver **Figura 5.1-4**).

FIGURA 5.1-4 DETALLE DE LAS GRAVAS DE ROTINET– CALICATA TP-PD-TRT-60



Coordenadas Planas Origen Nacional E: 4786629,34- N: 2736617,88

Fuente: Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

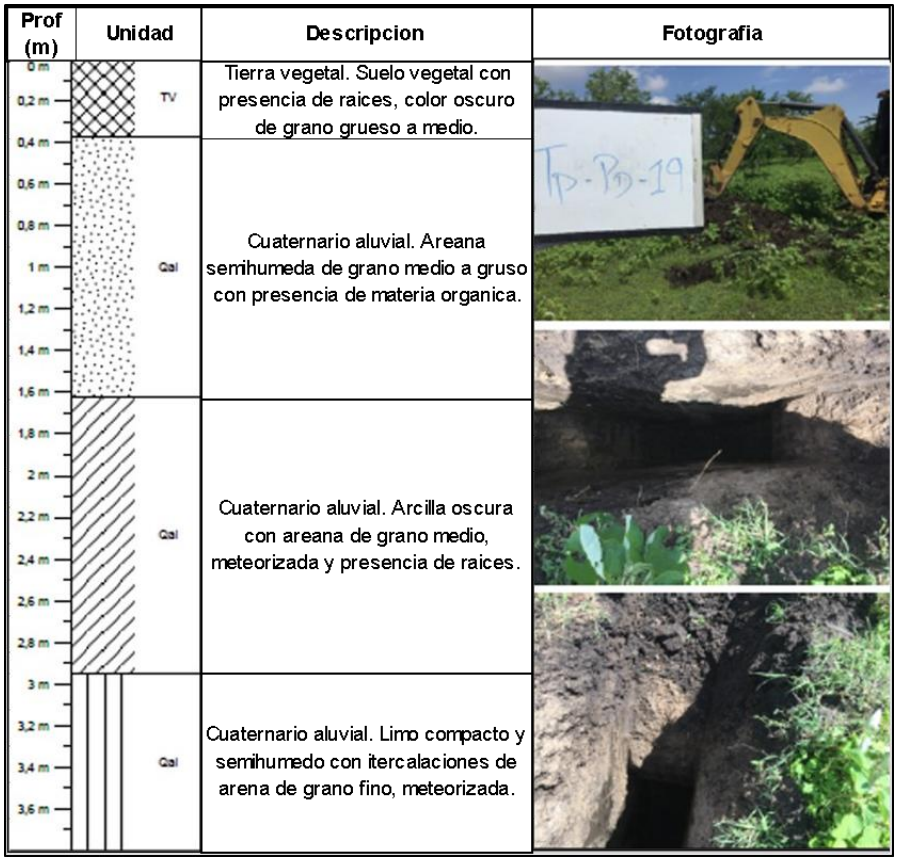
- **Depósitos Coluvio – aluviales (Q2cal)**

En el área de influencia fisicobiótica del proyecto esta unidad se presenta en la parte norte y central, donde se presentan una morfología de pendientes bajas y un relieve de terrazas erosiónales.

Representan la sedimentación fluvial reciente y actual de cauces menores y la generada por coluviones asociados a estos cauces. Constituidos por cantos, bloques, arenas y arcillas mezclados a gradados, cubriendo a las unidades rocosas y a los depósitos aluviales más antiguos.

A partir de la información contenida en el "Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019" y el Informe geotécnico elaborado por INGETEC, 2020 "Geotecnia Instalaciones Proyecto Solar Fotovoltaico Atlántico" (ver Anexo 3_Soporte Técnico/ 3.4_Estudios Básicos), se encontró en las exploraciones geotécnicas un material que corresponde a una arena arcillosa de grano medio a grueso de color café., consistencia blanda, humedad media y plasticidad alta. (Ver **Figura 5.1-5**).

FIGURA 5.1-5 DETALLE DEPÓSITOS COLUVIO - ALUVIALES– CALICATA TP-PD-19



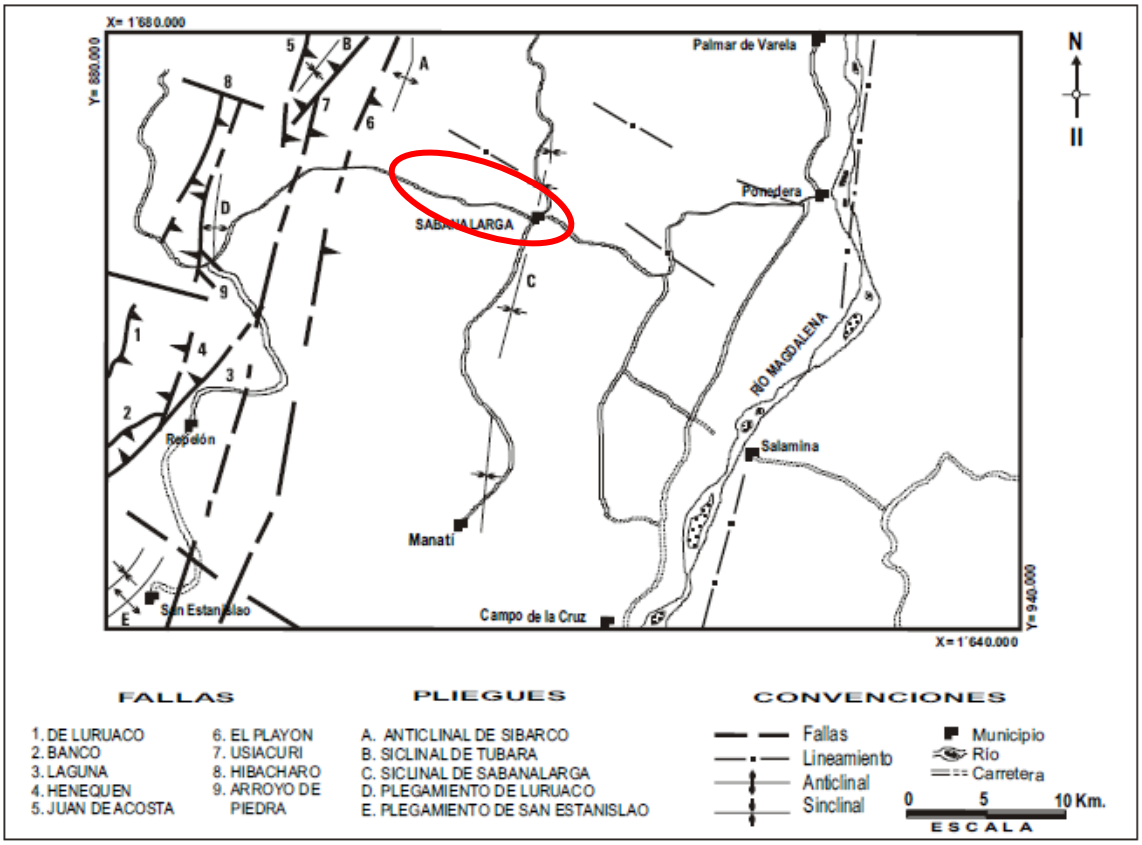
Coordenadas Planas Origen Nacional E: 4784367,70 - N: 2738411,96

Fuente: Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.1.5 Geología Estructural Local

El área de influencia del proyecto se encuentra enmarcada estructuralmente dentro de la concavidad del Sinclinal de Sabanalarga cortando perpendicularmente su eje axial. Al occidente del proyecto se encuentra fuertemente sometido a esfuerzos que genera alto fallamiento y plegamiento, siendo los más próximos y relevantes el Anticlinal de Sibarco, Sinclinal de Tubará y las fallas El Playón y Usiacurí (ver **Figura 5.1-6**) A continuación, se hace una breve descripción de las estructuras que presentan mayor influencia en el área.

FIGURA 5.1-6 MAPA TECTÓNICO PARA EL ÁREA INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO "MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1" DEL PROYECTO "ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC JUNTO A SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV"



Área de Influencia fisicobiótica del proyecto

Fuente: Geología de la Plancha 24 – Sabanalarga Escala 1:100.000. Ingeominas, 2001 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

- **Sinclinal de Sabanalarga**

Localizado en inmediaciones de los municipios de Manatí y Sabanalarga, atraviesa el área de influencia fisicobiótica del proyecto en la parte sur de la misma (Ver **Figura 5.1-6 – numeral C**). En su zona axial se encuentra ocupada por las Gravas de Rotinet, y sus flancos en rocas de las formaciones Hibácharo y Tubará. Más o menos simétricos con algunas

variaciones en el flanco oriental, donde se pueden apreciar algunos sinclinales y anticlinales de muy limitada extensión. El flanco oriental, hacia el norte, está cubierto por depósitos cuaternarios; al sur, se genera un cierre en la Formación Tubará.

- **Anticlinal de Sibarco**

Localizado al occidente del municipio de Usiacurí, al noroccidente del área de influencia del proyecto (Ver **Figura 5.1-6 – numeral A**). Tiene un rumbo preferencial N25°E, sus flancos son simétricos. El flanco occidental está limitado por la Falla El Playón y el oriente está cubierto por los depósitos coluviales y las Gravas de Rotinet. El eje es visible al norte, en rocas de la Formación Hibácharo, al sur penetra en depósitos cuaternarios y, por su rumbo, terminaría en el subsuelo contra la Falla El Playón.

- **Sinclinal de Tubará**

El Sinclinal de Tubará está localizado al norte del área de influencia del proyecto. Su eje presenta un rumbo N40°E, con cabeceo al sur, chocando con la Falla Juan de Acosta-María la Baja. Esta estructura se continúa al norte con su núcleo en la Formación Tubará y los flancos en la Formación Hibácharo (ver **Figura 5.1-6 – numeral B**).

- **Falla el Playón**

La Falla Playón está localizada al noroccidente del área de influencia fisicobiótica (ver **Figura 5.1-6 – numeral 6)**, tiene un rumbo general de N10°E e inclinación al oriente, y una longitud de 40 km, es una falla inversa de bajo ángulo reconocida ampliamente, donde hace chocar rocas de la Formación Hibácharo con rocas de la Formación Tubará; hacia el sur se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios.

- **Falla Usiacurí**

La Falla Usuacurí está localizada al norte del área de influencia fisicobiótica del proyecto **(**ver **Figura 5.1-6 – numeral 7).** Tiene un rumbo general N30°E e inclinación hacia el noroccidente; una longitud de 10 km; al suroccidente termina en la Falla Juan de Acosta-María la Baja y al nororiente termina en la Falla El Playón. Es una falla principalmente inversa de bajo ángulo que repite parte de la secuencia de la Formación Hibácharo.

5.1.2 Geomorfología

La geomorfología es la ciencia de la tierra que estudia de manera sistemática las formas del terreno, su origen y la evolución a través del tiempo, como respuesta a los diferentes procesos naturales, que se encargan de esculpir y modelar la superficie terrestre, unas veces de manera lenta, casi imperceptible para el hombre y en otras rápida, que causa catástrofes.

Es así, como las unidades geomorfológicas identificadas para el área de influencia fisicobiótica del proyecto para la Modificación de Licencia No. 1" del Proyecto "Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, junto a su línea de evacuación de 500 kV", son el resultado a nivel regional de la interacción de procesos estructurales - erosiónales, denudativos, acumulativos y climáticos asociados a los diferentes procesos tectónicos ocurridos en el área y que dieron como resultado la configuración estructural – denudacional del Anticlinorio

de Luraco, que sumados a la composición litológica en superficie determinaron las geoformas que actualmente predominan en la zona.

Para la descripción geomorfológica, se utilizó la metodología descrita por el Sistema de clasificación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos, elaborada por el IGAC (2017). Este sistema de clasificación geomorfológica permite segmentar en forma secuencial una porción de la superficie terrestre en seis niveles jerarquizados que van de lo general a lo detallado, relacionando paisaje geomorfológico, ambiente morfogenético, tipo de relieve, material parental y forma del terreno. En la **Tabla 5.1-2** se presenta las categorías de análisis para el área de estudio.

TABLA 5.1-2 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS APLICADO A LEVANTAMIENTOS DE SUELOS METODOLOGÍA IGAC

NIVEL	CATEGORÍA	DEFINICIÓN
5	Paisaje Geomorfológico	Amplia porción del terreno caracterizada por la repetición de tipos de relieve.
4	Ambiente Morfogenético	Tipo general de medio biofísico originado y controlado por la geodinámica
3	Tipo de relieve	Forma que compone la superficie terrestre
2	Material geológico	Material que da origen a las formaciones superficiales que recubren la corteza terrestre
1	Forma del terreno	Unidad geomorfológica elemental determinada por los contrastes morfológicos y morfométricos dominantes.

Fuente: Tomado de Sistema de clasificación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos. IGAC, 2017 – adaptado por UT PLARE GEOESTUDIOS 2023

La descripción de las unidades geomorfológicas se realizó a partir de los recorridos de campo entre el 3 al 9 de mayo de 2023. En la **Tabla 5.1-3** se presenta el resumen de las unidades geomorfológicas presentes en el área de influencia fisicobiótica del proyecto, así como en el área de intervención con sus respectivas áreas de ocupación y en la **Figura 5.1-7** se presenta su distribución geográfica (Ver Anexo_8_Cartografía/2175_EA P5.2_Unidades geomorfológicas).

TABLA 5.1-3 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO

PAISAJE	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	TIPO DE RELIEVE	FORMA DEL TERRENO	NOMENC.	DESCRIPCIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
						(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Lomerío	Ambiente Erosional (o denudacional)	Lomas y Colinas	Colinas redondeadas	**LEcr**	Relieve ligeramente inclinado con pendientes suaves y cortas de grado 3-7%	182,90	6,65	13,16	3,03

PAISAJE	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	TIPO DE RELIEVE	FORMA DEL TERRENO	NOMENC.	DESCRIPCIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
						(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Lomerío	Ambiente Erosional (o denudacional)	Lomas y Colinas	Lomas disectadas	**LEld**	Relieve ligeramente ondulado a fuertemente quebrado, de domos irregulares, pendientes cortas y fuertes de grado 7-50%, erosión moderada, escurrimiento difuso y cárcavas	1012,83	36,82	171,80	39,48
			Vallecitos	**LEv**	Relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3%	316,12	11,49	28,53	6,56
Terrazas erosiónales	Ambiente Deposicional	Terrazas	Terrazas erosiónales	**PDte**	Relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3%	1332,74	48,45	221,75	50,96
ÁREA TOTAL						**2844,60**	**100,00**	**435,23**	**100,00**

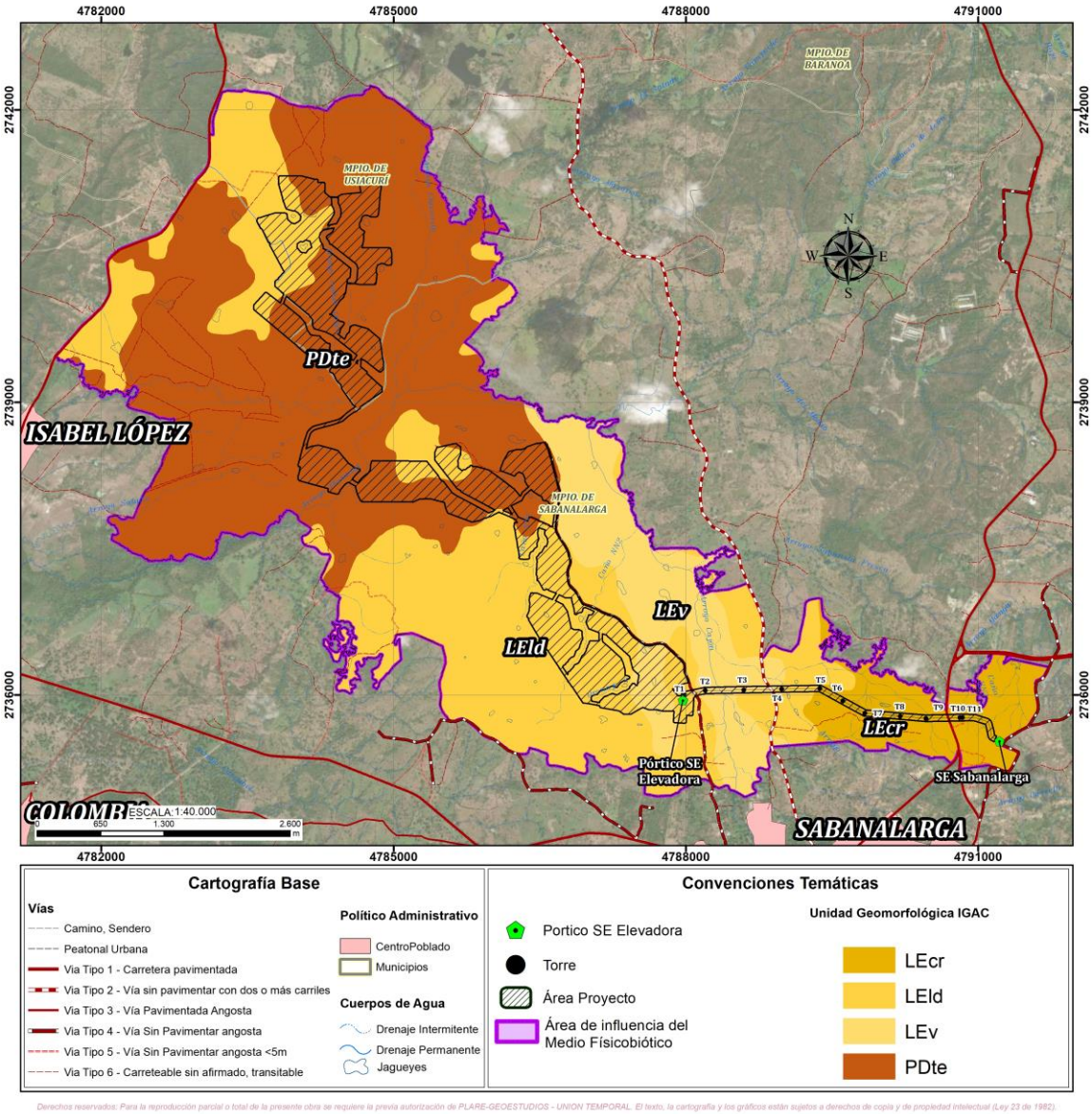
Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.2.1 Morfogénesis

Implica la definición del origen de las formas del terreno, es decir las causas y procesos que dieron origen a las geoformas, en este sentido el origen de una geoforma depende de los procesos y agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades y durante intervalos de tiempo geológico.

En el área de influencia fisicobiótica del proyecto se presentan dos paisajes predominantes como lo son: lomerío y planicie lacustre, con un ambiente morfogenético erosional y deposicional, respectivamente.

FIGURA 5.1-7 MAPA GEOMORFOLÓGICO PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO



Derechos reservados. Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.2.1.1 Paisaje de Lomerío (L)

- **Ambiente Morfogenético: Erosional (Denudacional) (E)**
  - Tipo de relieve: Lomas y Colinas – Forma del terreno: Colinas redondeadas (LEcr)

Esta unidad se presenta al sur del área de influencia fisicobiótica y al final del corredor de la línea de evacuación de 500 kV (**Fotografía 5.1-1**), relieve que corresponde a una

elevación natural del terreno de altura menor a 100 m con respecto a su nivel base local, presenta una configuración redondeada y perfil topográfico convexo y simétrico, con pendientes ligeramente plana a moderadamente escarpada, la red de drenaje que disecta las colinas presenta patrón de tipo subdendrítico de densidad moderada. Presenta erosión laminar y escurrimiento difuso de grado ligero a moderado. El material parental corresponde a gravas, arenas y localmente intercalaciones de arcillas, principalmente.

FOTOGRAFÍA 5.1-1 COLINAS REDONDEADAS (LECR)



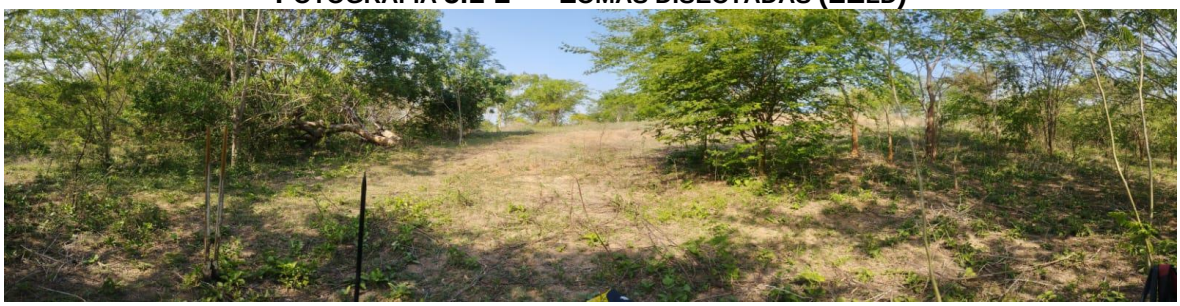
Coordenadas Planas Origen Nacional E: 4789854,55 - N: 2735838,16

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

- Tipo de relieve: Lomas y Colinas – Forma del terreno: Lomas disectadas (LEld)

Esta unidad se presenta en la parte norte y central del área de influencia fisicobiótica del proyecto y del área de intervención puntual (**Fotografía 5.1-2**), relieve que corresponde a una elevación natural del terreno de altura menor a 100 m con respecto a su nivel base local, configuración alargada, cimas amplias con formas redondeadas, cuyas laderas cortas a muy cortas presentan pendientes entre ligeramente inclinadas y escarpada, con un patrón de drenaje subdendritico de densidad moderada. El material parental corresponde a intercalaciones de areniscas de grano fino a grueso, cuarzosas, algunas calcáreas.

FOTOGRAFÍA 5.1-2 LOMAS DISECTADAS (LELD)



Coordenadas Planas Origen Nacional E: 4784120,14 - N: 2740986,07

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

- Tipo de relieve: Lomas y Colinas – Formas del terreno: Vallecitos (LEv)

Esta unidad se presenta en la parte central costado oriental del área de influencia fisicobiótica del proyecto y en el inicio del corredor de la línea de evacuación de 500 kV, estos vallecitos corresponden a una incisión de configuración alargada y estrecha, intercalada entre dos áreas de relieve más alto y que tiene como eje una pequeña corriente de agua. Con pendientes ligeramente planas a moderadamente inclinada, el reducido caudal del drenaje permite la formación de vegas constituidas por detritos heterométricos, con frecuentes aportes laterales de materiales de tipo coluvial. La unidad configura incisiones poco profundas en el relieve, donde los cauces generalmente adoptan trazos rectilíneos.

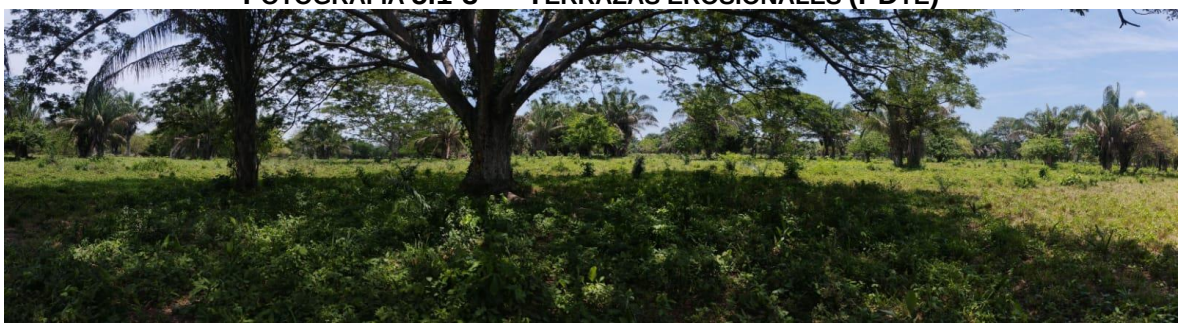
Los vallecitos son en esencia corrientes menores de agua, que funcionan como tributarios de cauces colectores, en ocasiones pueden comportarse como corrientes intermitentes. El material parental corresponde a gravas, arenas y localmente intercalaciones de arcillas, principalmente.

5.1.2.1.2 Paisaje de Planicie Lacustre (P)

- **Ambiente Morfogenético: Deposicional (D)**
  - Tipo de relieve Terrazas – Forma del terreno: terrazas erosiónales (PDte):

Esta unidad se presenta en la parte norte y central del área de influencia fisicobiótica y del área de intervención puntual del proyecto (**Fotografía 5.1-3**), relieve constituido por un depósito mixto de detritos de origen aluvial y lacustre, que forma una superficie plana, extensa y no confinada, con grado de disección ligero, perfil topográfico plano, pendiente plana a ligeramente plana y limitada por taludes tendidos. El material parental corresponde a arena arcillosa de grano medio a grueso de color café.

FOTOGRAFÍA 5.1-3 TERRAZAS EROSIÓNALES (PDTE)



Coordenadas Planas Origen Nacional E: 4783945,17- N: 2741081,81

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.2.2 Morfografía

Las propiedades morfográficas de las geoformas son atributos cuantitativos y cualitativos del paisaje y están derivados de la elevación del terreno y la red de drenaje que lo acompaña. Para el análisis y clasificación morfográfica se hace uso del procesamiento cartográfico para la generación y categorización de modelos digitales de elevación, para así obtener los valores de los parámetros geomorfológicos descriptivos como: la inclinación del terreno.

Los valores de las pendientes para el área fueron obtenidos a partir del Modelo Digital de Terreno (MDT). ALOS-1 PALSAR_Radiometric_Terrain_DEM. Resolución Radiométrica: 32 bits, Resolución Espacial: 12.5 m, compresión formato tif.

En el área de influencia fisicobiótica del proyecto para la Modificación de Licencia No. 1" del proyecto "Atlántico Photovoltaic de 199,5MW, junto a su línea de evacuación de 500 kV" se presentan en mayor proporción las pendientes ligeramente inclinada (3 – 7%) con un porcentaje de 74,05% para el área de influencia fisicobiótica y un 78,12% para el área de intervención del proyecto, seguido por pendientes moderadamente inclinada (7 – 12%) con un porcentaje de 18,60% para el área de influencia fisicobiótica y un 16,42% para el área de intervención; lo cual corrobora una morfología plana a ondulada.

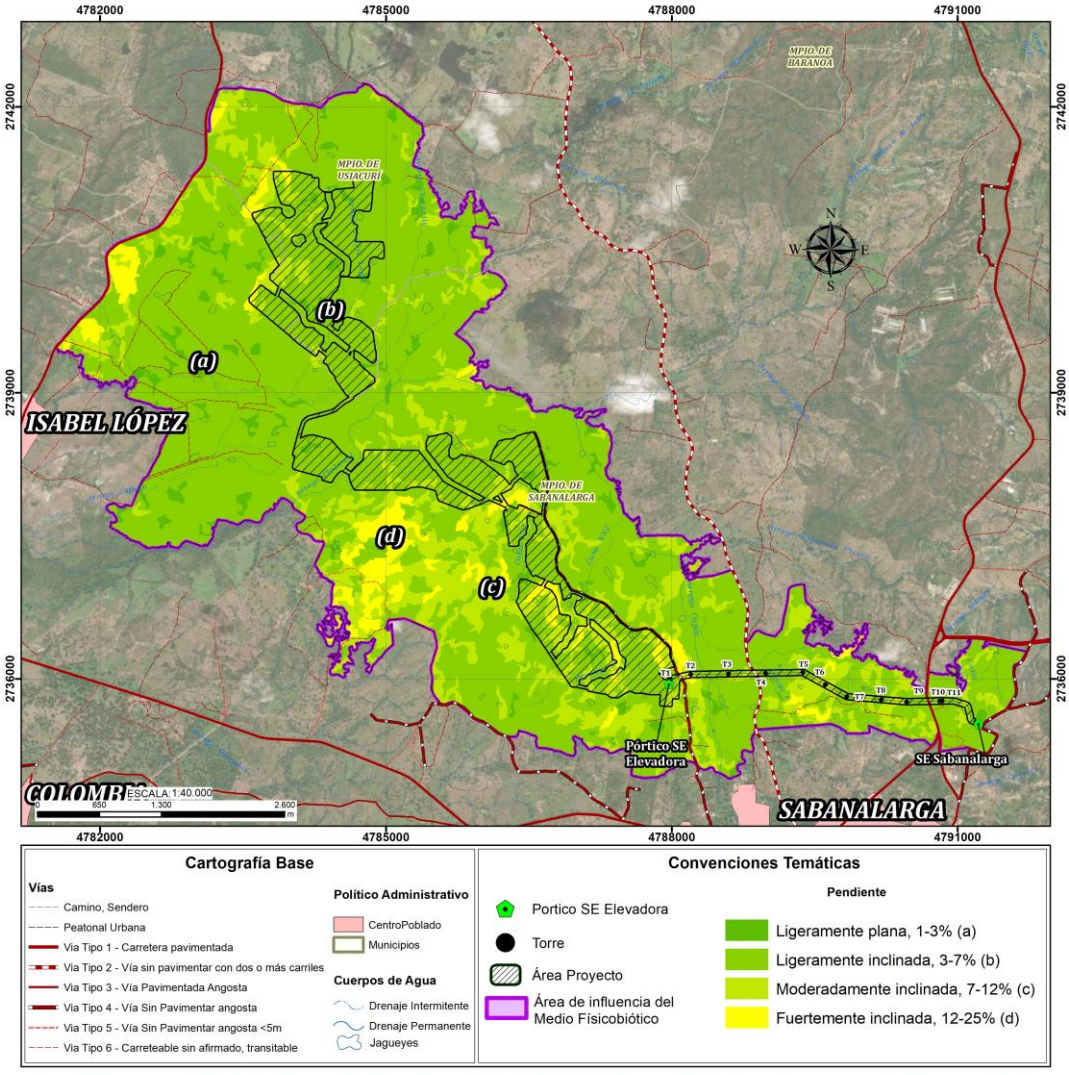
En la **Tabla 5.1-4** se presenta el resumen de las pendientes presentes en el área de influencia fisicobiótica y el área de intervención puntual del proyecto, con sus respectivas áreas de ocupación y en la **Figura 5.1-8** se presenta su distribución geográfica de las mismas (Ver Anexo_8_Cartografía/2175_EA P5.3_Pendientes).

TABLA 5.1-4 RANGOS DE PENDIENTES PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO

RANGOS DE PENDIENTE (%)	DESCRIPCIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
		(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
1-3% (a)	Ligeramente plana	85,39	3,00	11,89	2,73
3-7% (b)	Ligeramente inclinada,	2106,55	74,05	339,94	78,12
7-12% (c)	Moderadamente inclinada	529,04	18,60	71,47	16,42
12-25% (d)	Fuertemente inclinada	123,62	4,35	11,88	2,73
ÁREA TOTAL		**2844,60**	**100,00**	**435,23**	**100,00**

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-8 MAPA DE PENDIENTES PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.2.3 Morfodinámica

El principal proceso morfodinámico, responsable del modelado del relieve en el área de estudio, es el denudacional – depositacional, estos procesos se presentan en áreas donde fueron o son depositados sedimentos y materiales, pero que, a su vez, incluyen procesos erosivos, sobre los mismos, como por ejemplo, la erosión laminar y escurrimiento difuso muy leve o incipiente y que consiste en el desgaste natural del suelo o roca que está expuesta en superficie, causado por acción del clima en general que incluyen lluvias, viento, humedad, temperatura, entre otros factores que pueden acelerar los procesos, la actividad de ganadería y los cultivos permanentes de palma también puede ayudar a acelerar los

procesos erosivos, en el sentido de la excavación de canales para el desagüe en la zona. En el área de estudio, no se evidenciaron fenómenos de remoción en masa.

5.1.2.4 Morfoestructuras

La zona de estudio de este proyecto se encuentra enmarcada estructuralmente dentro de la concavidad del Sinclinal de Sabanalarga cortando perpendicularmente su eje axial, al sur del área de intervención puntual del proyecto (Ver **Figura 5.1-6**). En su zona axial se encuentra ocupada por las Gravas de Rotinet, y sus flancos en rocas de las formaciones Hibácharo y Tubará. Más o menos simétricos con algunas variaciones en el flanco oriental

5.1.3 Suelos y usos del suelo

El suelo se define, según la FAO, como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo, combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna, interacción antrópica) y materiales parentales (rocas y minerales orgánicos) (FAO, 2009).

La caracterización del componente suelos para el Estudio impacto ambiental-Modificación de licencia No. 1 "Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, junto a su línea de evacuación de 500 kV", tiene como objetivo la descripción de todos los elementos que integran el suelo, así como la clasificación agrologica y uso de la tierra, que sirvan como insumo en la elaboración de la línea base ambiental y en la identificación y evaluación de elementos sensibles a ser impactados durante el desarrollo del proyecto. Este numeral define y describe las unidades cartográficas de suelo localizadas en el área de influencia del proyecto, así como el uso actual, el uso potencial y el conflicto de uso que se presenta en dicha área.

Para la caracterización del componente suelos, se realizó la recopilación, revisión y análisis de la información existente. Se recurrió a la búsqueda de informes, diagnósticos y estudios en entidades del estado como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la información recopilada sirvió como punto de partida para las actividades de procesos de identificación, descripción y análisis de la información a presentar.

Una vez reconocidas las características y limitantes edáficas de los suelos en el área de estudio (área de intervención), se determinó su aptitud de uso o usos potenciales, la clasificación agrológica, la identificación de usos actuales; y con esta información se establecieron los conflictos de uso del suelo y su relación con el área del proyecto.

Dentro de los conceptos que permitieron realizar el mapa de suelos y que son de uso común se encuentran:

- **Unidad cartográfica de suelos:** es la representación unitaria de la distribución espacial de los suelos en el área de estudio. Cada una de ellas está identificada por un símbolo único, un color, un nombre u otra representación en el mapa. Los tipos de unidades cartográficas utilizadas son asociación y Consociación.

- **Consociación de suelos:** es una unidad cartográfica en la que hay dominio de un solo taxón (tipo de suelo o unidad taxonómica) y en menor porcentaje se encuentran otro u otros tipos de suelos disímiles llamados inclusiones. En este tipo de unidad cartográfica se acepta máximo el 25% de un suelo disímil como inclusión de la unidad.
- **Asociación de suelos:** Es una unidad cartográfica en la que contiene dos o más taxa disimiles o áreas misceláneas que se presentan en un patrón conocido.
- **Inclusiones de suelos:** Son los suelos que, por sus características morfológicas, químicas o físicas no son clasificados taxonómicamente igual que los suelos dominantes de una unidad cartográfica determinada.
- **Suelos similares:** Son aquellos que son semejantes en la mayoría de propiedades usadas como criterio para distinguirlos al nivel categórico del taxón que los domina y los niveles categóricos superiores. Los suelos que no cumplen con los criterios se denominan disímiles.
- **Fases:** son subdivisiones de una unidad cartográfica que se realizan con base en criterios que no fueron utilizados para la clasificación taxonómica, pero que representan información importante para el uso y manejo de los suelos.

5.1.3.1 Caracterización de Suelos

La caracterización de los suelos en el área de intervención del proyecto, fue realizada teniendo en cuenta el "Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Atlántico" (IGAC, 2009). y las Normas establecidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Normalización NTC 4113-1 y NTC 4113-2 (INCONTEC, 1997); NTC 3656 (INCONTEC, 1994). Esta información fue complementada con un trabajo de campo realizado entre los días 4 al 8 de mayo del 2023 dentro del área de intervención definida para el presente proyecto.

Para el área de Influencia fisicobiótica del proyecto Estudio impacto ambiental-Modificación de licencia No. 1 "Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV" se aprecian ocho (8) Unidades Cartográficas, las cuales corresponden a siete (7) Asociaciones y una (1) consociación conformadas por unidades taxonómicas con 75% o más de varios suelos dominantes y similares, y otro 25% o menos de suelos disímiles en escalas menores a 1:25000 (IGAC & Gobernación de Atlantico, 2007a), (ver Anexo_8_ Cartografía/2175_EA P5.3_Suelos) se presentan respectivamente las unidades cartográficas de suelos presentes en el área de Influencia fisicobiótica del proyecto.

Cada unidad se identifica por un símbolo constituido por tres letras mayúsculas; la primera identifica el paisaje (ver **Tabla 5.1-5**), la segunda el clima (ver **Tabla 5.1-6**) y la tercera el contenido pedológico, seguidas éstas por una o más letras minúsculas que indican atributos por pendiente, pedregosidad superficial, encharcabilidad e inundabilidad (ver **Tabla 5.1-7**).

El significado de las letras mayúscula y minúscula utilizadas en el símbolo de las unidades cartográficas, se muestras a continuación en la **Tabla 5.1-5** y **Tabla 5.1-6**.

TABLA 5.1-5 PRIMERA LETRA MAYÚSCULA PAISAJE

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
M	Montaña
P	Piedemonte
L	Lomerío
A	Altiplanicie
R	Planicie
V	Valle

Fuente: ICAG, 2014; adaptado por, UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-6 PRIMERA LETRA MAYÚSCULA CLIMA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
G	Muy frío, muy húmedo
J	Frío, pluvia
T	Medio y cálido, pluvial
P	Medio y cálido, muy húmedo
U	Cálido, muy húmedo
V	Cálido, húmedo
W	Cálido, seco
X	Cálido, muy seco

Fuente: ICAG, 2014; adaptado por, UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Los atributos corresponden al contenido de pedregosidad, grado de pendiente, tipo de inundación y erosión **Tabla 5.1-7.**

TABLA 5.1-7 ATRIBUTOS (LETRAS MINÚSCULAS)

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
P	Pedregosidad superficial
SÍMBOLO	**SIGNIFICADO**
Grado de pendiente	
a	Plana a ligeramente plana
b	Ligeramente inclinada
c	Moderadamente inclinada
d	Fuertemente inclinada
e	Ligeramente escarpada
f	Moderadamente escarpada
g	Fuertemente escarpada
SÍMBOLO	**SIGNIFICADO**
X	Inundable
Y	Encharcable
SÍMBOLO	**SIGNIFICADO**
Grado de erosión	
0	No hay o no se aprecia
1	Ligero
2	Moderado
3	Severo

Fuente: ICAG, 2014; adaptado por, UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

De esta forma, al componer la nomenclatura de una Unidad Cartográfica de Suelos se establece inicialmente la Unidad Fisiográfica, luego el clima y por último se asigna una letra mayúscula aleatoria dado el tipo de relieve y la clasificación taxonómica. Un ejemplo corresponde a la unidad es **MHBb2p**, donde:

M: Paisaje de montaña

H: Clima muy frío húmedo

B: Asociación Humic Dystrudepts – Humic Endoaquepts.

b: Pendiente ligeramente inclinada (3 – 7%)

2: Erosión moderada

p: Pedregosa

Debe tenerse en cuenta que algunos estudios nacionales generales de suelos presentan variaciones en la metodología para la designación de las unidades de tierra, algunos varían en la nomenclatura definida con un nombre vináculo, el cual se deriva del sitio geográfico en donde se realiza el muestreo de suelos, la numeración de las zonas climáticas, entre otras variaciones.

Como se dijo anteriormente, el área de intervención del componente suelo cuenta con ocho (8) unidades cartográficas de suelo; en cada unidad cartográfica de suelo se realizó la verificación de su localización por medio de un trabajo de reconocimiento e identificación del suelo verificando las condiciones actuales de cada unidad, realizando recorridos y observaciones por medio de cajuelas, que permitieron definir los suelos presentes en el área, determinadas por tipo de paisaje, características de textura, pedregosidad, estructura, color, entre otras; permitiendo así definir el tipo de suelo de la zona de interés. La verificación se realizó mediante observaciones, identificando los tipos de paisaje, características de clima, caracterización organoléptica de textura. Adicional a esto se realizó la recolección de material (muestras de suelo para análisis de laboratorio) (Ver **Tabla 5.1-8** y Anexo 3.3 Laboratorio suelos) (**Fotografía 5.1-4** y **Figura 5.1-9**).

TABLA 5.1-8 DISTRIBUCIÓN DE LAS CAJUELAS

UNIDAD	UCS	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
			ESTE	NORTE
PM-1	RWMa	Profundos y moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, texturas finas y moderadamente finas, ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta. Sales y sodio después de 80 cm.	4784120	2740991
PM-2	LWFc2	Superficiales, bien a excesivamente drenados, texturas moderadamente gruesas y finas, ligera a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta	4783789	2740932
PM-3	LWAb	En general su profundidad es variable estando entre moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados, de texturas gruesas a finas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y con alta saturación de bases	4790612	2735769

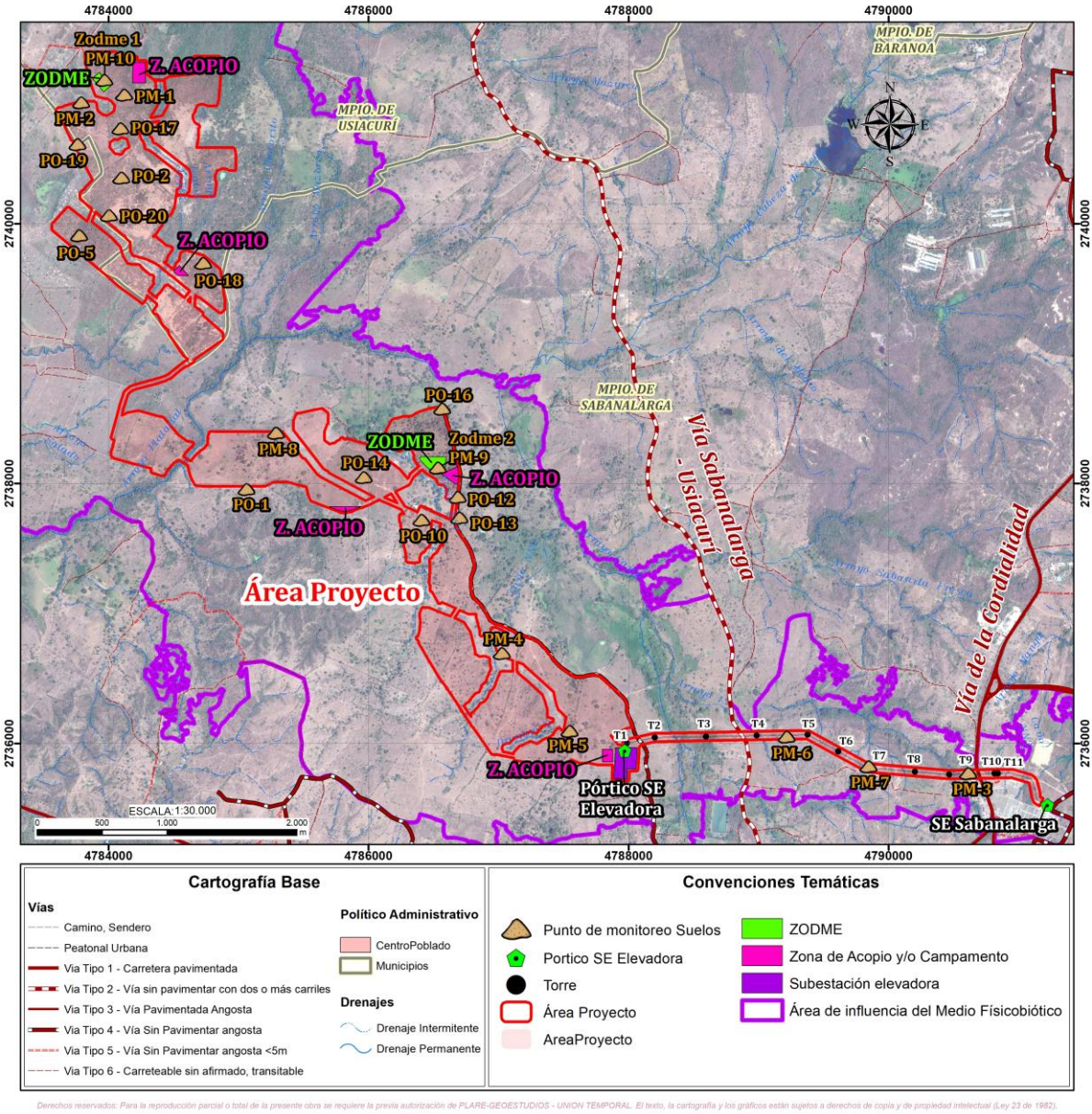
UNIDAD	UCS	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
			ESTE	NORTE
PM-4	LWDd2	Profundos y superficiales, bien drenados, texturas gruesas, moderadamente gruesas y finas, moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos, saturación de bases alta y muy alta	4787026	2736692
PM-5	LWJa	Profundos a moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, texturas finas a moderadamente gruesas, fuertemente ácidos a neutros y saturación de bases muy alta	4787545	2736094
PM-6	LWDc2	Profundos y superficiales, bien drenados, texturas gruesas, moderadamente gruesas y finas, moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos, saturación de bases alta y muy alta	4789217	2736051
PM-7	LWBc2	Moderadamente profundos, bien a moderadamente bien drenados, texturas moderadamente finas, moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta	4789846	2735821
PM-8	LWDc	Profundos y superficiales, bien drenados, texturas gruesas, moderadamente gruesas y finas, moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos, saturación de bases alta y muy alta	4785288	2738389
Zodme 2 PM-9	RWMa	Profundos y moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, texturas finas y moderadamente finas, ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta. Sales y sodio después de 80 cm	4786533	2738121
Zodme 1 PM-10	LWFc2	Superficiales, bien a excesivamente drenados, texturas moderadamente gruesas y finas, ligera a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta	4783968	2741104

FOTOGRAFÍA 5.1-4 APERTURA DE CAJUELAS



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS 2023

FIGURA 5.1-9 DISTRIBUCIÓN DE MUESTREOS ÁREA DEL PROYECTO



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

5.1.3.1.1 Unidades Cartográficas de Suelo

Cada una de las unidades cartográficas de suelo representa una unidad agrológica homogénea, con un conjunto de características físicas, químicas y biológicas, que se constituyen en oferta biofísica, y que con frecuencia tienen asociada alguna o algunas limitaciones ante el uso, situación que lleva a proponer usos que no vayan en detrimento

de sus propiedades, sino más bien que las conserven y enriquezcan, es decir, usos adecuados.

Las relaciones entre geoformas y los suelos son estrechas y mutuas ya que son componentes esenciales de la epidermis de la tierra (Tricart, 1972). Geoformas y suelo presentan una estrecha relación y esto se ve manifiesto en los estudios de suelos del IGAC, en donde la geomorfología es el marco para la caracterización de los suelos (Zinck, 2012).

El delineamiento de unidades de suelo se logra realizar principalmente gracias a la observación de la relación suelo-paisaje, que determina en gran medida sus características, esto sin dejar de mencionar que más exactamente, las características de un suelo se desprenden de la conjugación de los factores formadores: material parental, relieve, clima, tiempo y organismos. Resulta importante precisar que todas las unidades se encuentran bajo el mismo clima ambiental "Cálido seco".

La descripción de los suelos y sus componentes taxonómicos se desarrolló de acuerdo con los lineamientos del Sistema Taxonómico Americano (USDA, 2010)[1] y con base en la información existente del "Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Atlántico", IGAC, 2007 e información inherente al presente estudio. Dicha información permitió generar los respectivos mapas de: suelos, uso actual del suelo, capacidad de uso del suelo y conflictos de uso del suelo.

En la **Tabla 5.1-9** y en la **Figura 5.1-10** (Anexo_8_Cartografía / 2175_EA P5.3_Suelos) se presentan las unidades de suelos identificadas en el área de influencia fisicobiótica del proyecto

Los suelos para el área de influencia fisicobiótica del proyecto se presentan en paisaje de Planicie lacustre con relieve de terrazas erosiónales y lomerío con relieve de lomas, colinas y vallecitos.

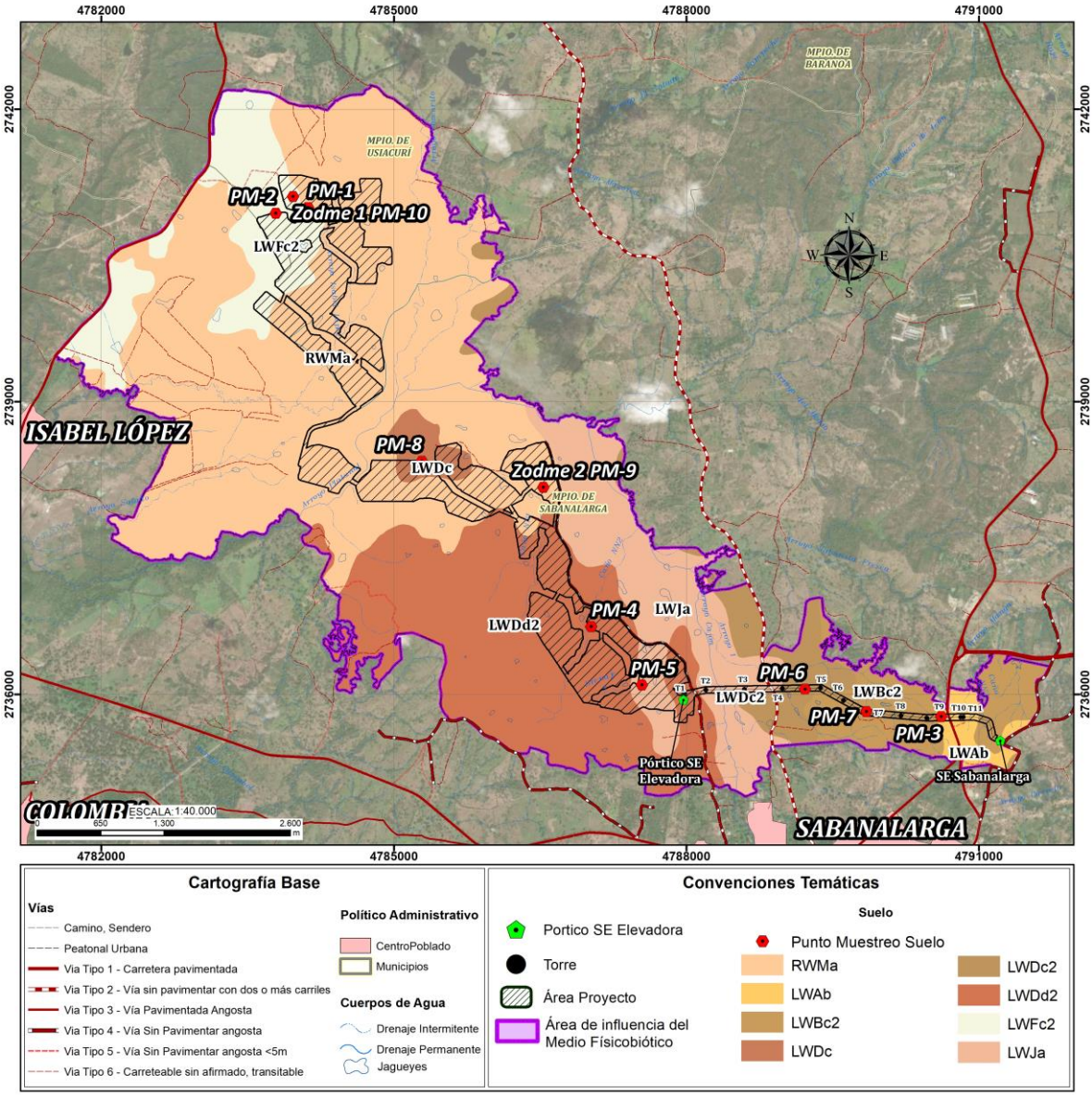
[1] United States Department of Agriculture –USDA. Natural Resources Conservation Services NRCS. Keys to soil taxonomy eleventh edition, 2010.

TABLA 5.1-9 UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO PRESENTES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO

PAISAJE	CLIMA	TIPO DE RELIEVE	UCS	FASE	DESCRIPCIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIOTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
						(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Planicie Lacustre	Cálido seco	Terrazas Erosionales	RWM	RWMa	Profundos y moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, texturas finas y moderadamente finas, ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta. Sales y sodio después de 80 cm.	1332,74	46,85	221,75	50,96
Lomerío		Lomas y colinas	LWA	LWAb	En general su profundidad es variable estando entre moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados, de texturas gruesas a finas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y con alta saturación de bases	37,36	1,31	2,84	0,65
			LWB	LWBc2	Moderadamente profundos, bien a moderadamente bien drenados, texturas moderadamente finas, moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta	145,54	5,12	10,33	2,37
			LWD	LWDc	Profundos y superficiales, bien drenados, texturas gruesas, moderadamente gruesas y finas, moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos, saturación de bases alta y muy alta	42,34	1,49	15,39	3,54
				LWDc2	Profundos y superficiales, bien drenados, texturas gruesas, moderadamente gruesas y finas, moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos, saturación de bases alta y muy alta	111,86	3,93	2,66	0,61
				LWDd2	Profundos y superficiales, bien drenados, texturas gruesas, moderadamente gruesas y finas, moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos, saturación de bases alta y muy alta	627,19	22,05	108,72	24,98
			LWF	LWFc2	Superficiales, bien a excesivamente drenados, texturas moderadamente gruesas y finas, ligera a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta	231,44	8,14	45,02	10,35
		Vallecitos	LWJ	LWJa	Profundos a moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, texturas finas a moderadamente gruesas, fuertemente ácidos a neutros y saturación de bases muy alta	316,13	11,11	28,52	6,55
ÁREA TOTAL						**2844,60**	**100,00**	**435,23**	**100,00**

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS 2023

FIGURA 5.1-10 UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS 2023

A continuación, se presenta la descripción de las unidades de suelos, de acuerdo con el paisaje donde se desarrollan:

- **Suelos paisaje de planicie Lacustre en Clima Cálido Seco**

Los suelos originados en este paisaje se forman a partir del depósito continuado de materiales de origen lacustre, que son aportados por grandes volúmenes de agua sobre cauces abandonados de antiguos brazos principalmente del río Magdalena. Este paisaje se concentra en el sur del departamento de Atlántico en los municipios de Suan, Santa Lucía, Manatí, Campo de la Cruz, Candelazria, Repellón, Luruaco, Piojo, Usiacurí y Sabanalarga. Conserva una topografía predominantemente plana, con pendientes que no sobrepasan el 3%. Presenta diferentes tipos de relieve caracterizados por un drenaje natural deficiente; en algunos sectores se presentan bacines con drenaje pobre a moderado donde es conformado por material arcilloso de naturaleza montmorillonítica, material aluvial y lacustre depositado sobre un relieve plano susceptible a encharcamientos. En el área de influencia del componente suelo, que se localiza entre los municipios de Sabanalarga y Usiacurí (Atlántico), se observa la presencia de este paisaje predominantemente en el Bloque A, el cual coincide con las características descritas (**Fotografía 5.1-5**).

FOTOGRAFÍA 5.1-5 SUELOS DE PAISAJE DE PLANICIE LACUSTRE



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS 2023

- Unidad cartográfica RWM y su estado actual

En el área de influencia del componente suelo, esta unidad se encuentra en el relieve de terrazas erosionales de relieve plano con pendientes menores del 3% en clima cálido seco, con una elevación entre los 50 y 40 msnm. Dicha unidad cartográfica se localiza en la Zona de Vida de *Bosque Seco Tropical (bs-T)*.

Los materiales que conforman esta unidad se han desarrollado a partir de depósitos aluviales finos provenientes de antiguos brazos del río Magdalena y algunos afluentes. Son suelos profundos a moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, texturas finas a moderadamente finas, ácidos a moderadamente alcalinos y con una muy alta saturación de bases.

En el área influencia del componente suelo se ubica la Unidad Cartográfica de Suelos (UCS) RWM en su Fase Plana (RWMa) (Ver **Tabla 5.1-10**). Los suelos identificados en esta unidad corresponden a la Clase Taxonómica *Fluventic Haplustepts*. Se extiende por el 50,95% de la superficie del área de influencia del componente suelo.

El punto de muestreo de suelos realizado para esta unidad corresponde a PM-1, la cual se encuentra en parte plana de la unidad fisiográfica con una inclinación menor del 3%; presenta régimen de humedad Ústico, su litología se caracteriza por presentar depósitos coluvio-aluviales sobre materiales lacustres; erosión ligera, drenaje natural moderado con tendencias a encharcamientos; moderadamente profundo. Presenta una organización de horizontes B-C, no se observa horizonte A, el horizonte B cuenta con un espesor de 40 cm, color gris, de textura franco arcillosa al tacto, poros pequeños y moderados, marcados por la presencia de raíces finas, límite claro y plano. El horizonte C color gris oscuro, presencia de raíces finas muy pocas en los primeros 10 cm del horizonte, porosidad reducida a profundidad, límite ondulado y difuso (Ver **Tabla 5.1-10**).

TABLA 5.1-10 PERFIL DE SUELO UNIDAD RWMA

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
B **0-40 cm**	Textura franco arcillosa, color gris (10YR5/1). Estructura en bloques, Erosión ligera, ligeramente adherente, sin plasticidad, consistencia en húmedo friable, poros medianos y gruesos, presencia de raíces finas y medias.	
C **>40**	Textura arcillosa, color gris oscuro. Sin adherencia, sin plasticidad, presencia de pocas raíces en los primeros 10 cm del horizonte, porosidad reducida.	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS 2023

Adicionalmente se realizó una cajuela en la zona Zodme (ReZ-2), la cual se encuentra en parte plana de la unidad fisiográfica con una inclinación menor del 3%; presenta régimen de humedad Ústico, su litología se caracteriza por presentar depósitos coluvio-aluviales sobre materiales lacustres; erosión ligera, drenaje natural moderado con tendencias a encharcamientos; moderadamente profundo. Presenta una organización de horizontes A-B, el horizonte A cuenta con un espesor de 40 cm, color gris azulado, de textura arenosa al tacto, poros pequeños y moderados, marcados por la presencia de raíces finas, límite claro y plano. El horizonte B con un espesor mayor a 60 cm color café grisáceo oscuro, presencia de raíces finas muy pocas en los primeros 10 cm del horizonte, porosidad reducida a profundidad, límite ondulado y difuso (Ver **Tabla 5.1-11**).

TABLA 5.1-11 PERFIL DE SUELO ZODME 2 (REZ-2)

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
A **0-40 cm**	Textura arenosa, color gris azulado (5B5/1). Estructura en bloques, Erosión ligera, sin adherencia, sin plasticidad, consistencia en seco blando, poros medianos y gruesos, presencia de raíces finas y medias.	
B **>40**	Textura arenosa, color café grisáceo oscuro (10YR4/2). Sin adherencia, sin plasticidad, presencia de pocas raíces en los primeros 10 cm del horizonte, porosidad reducida.	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS 2023

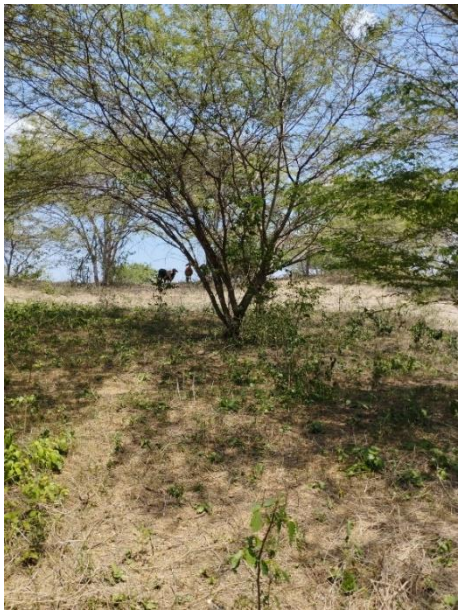
Según la caracterización relacionada por (Subdirección de Agrología IGAC, 2008) estos suelos presentan reacción moderada a fuertemente alcalina, bases totales y Capacidad de Intercambio Catiónica media a alta, bajo contenido de carbono orgánico y fertilidad natural moderada.

- **Suelos en Paisaje de Lomerío de Clima Cálido Seco**

Los lomeríos comprenden aproximadamente el 45% del total del área del Departamento de Atlántico, localizándose sobre la parte central y occidental del territorio; comprende un sistema de lomas y colinas modeladas sobre materiales sedimentarios del terciario, que varían en altitud entre 500 msnm y 60 msnm. Se presenta en jurisdicción de los municipios de Luruaco, Piojó, Juan de Acosta, Tubará, Baranoa, Usiacurí, Sabanalarga y sectores de Repelón, Puerto Colombia y Barranquilla. Se considera como ramificaciones de la Serranía de San Jerónimo, que a su vez es una ramificación de la cordillera occidental. En el área de intervención del componente suelo, el paisaje de lomerío se concentra sobre las áreas de los Bloques B y C, mientras que en el Bloque A, solo se encuentran presentes hacia el sector norte del complejo (Ver **Tabla 5.1-10**).

El material geológico corresponde a materiales sedimentarios del Terciario constituidos por areniscas, lutitas y arcillolitas y cuyos procesos geomorfológicos han modelado relieves de lomas y colinas y vallecitos (**Fotografía 5.1-6**).

FOTOGRAFÍA 5.1-6 SUELOS DE PAISAJE DE LOMERÍO



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

- Unidad cartográfica LWA y su estado actual

En el área de intervención, esta unidad se aprecia sobre las colinas bajas de origen erosional estructural. Su elevación varía entre 100 y 80 msnm en la Zona de Vida *Bosque Seco Tropical* (bs-T). Finalmente se manifiestan en la unidad pendientes moderadamente inclinadas (7-12%) con pendientes cortas y muy suaves. Su material litológico proviene de sedimentos del Terciario y de materiales de texturas finas provenientes de la alteración de lutitas. En general su profundidad es variable estando entre moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados, de texturas gruesas a finas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y con alta saturación de bases. Después de los 90 cm de profundidad se encuentran horizontes muy duros que dificultan la permeabilidad y el drenaje (**Fotografía 5.1-7**).

FOTOGRAFÍA 5.1-7 SUELOS DE PAISAJE DE LOMERÍO CON LA UNIDAD LWA



Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS, 2023

En el área de intervención del proyecto puede identificarse la fase ligeramente inclinada (LWAb). Esta unidad está constituida por los suelos Vertic Haplustepts e inclusiones de otros suelos en proporciones menores al 10%. El proyecto ocupa esta UCS en los lugares donde se dispondrá las torres de transmisión de energía. En total ocupa el 0,64% del área de influencia del componente suelo.

El punto de muestreo de suelos realizado para esta unidad corresponde a PM-3, presenta una organización de horizontes A-B-C, el horizonte A tiene 23 cm de espesor, color gris claro, textura arenosa al tacto, estructura en bloques, finos y moderados, no se evidencia presencia de raíces. El horizonte B tiene 30 cm de espesor, color marrón pálido textura moderadamente fina, estructura en bloques subangulares medios. El horizonte C cuenta con un espesor de 20 cm, es de color amarillo parduzco, sin estructura (Ver **Tabla 5.1-12**).

Los características químicas, según (Subdirección de Agrología IGAC, 2008) son de alta saturación de bases, reacción muy fuertemente ácida y moderadamente alcalina, capacidad de intercambio catiónico alta, contenido bajo de fósforo y una fertilidad moderada.

TABLA 5.1-12 PERFIL DE SUELO UNIDAD LWAB

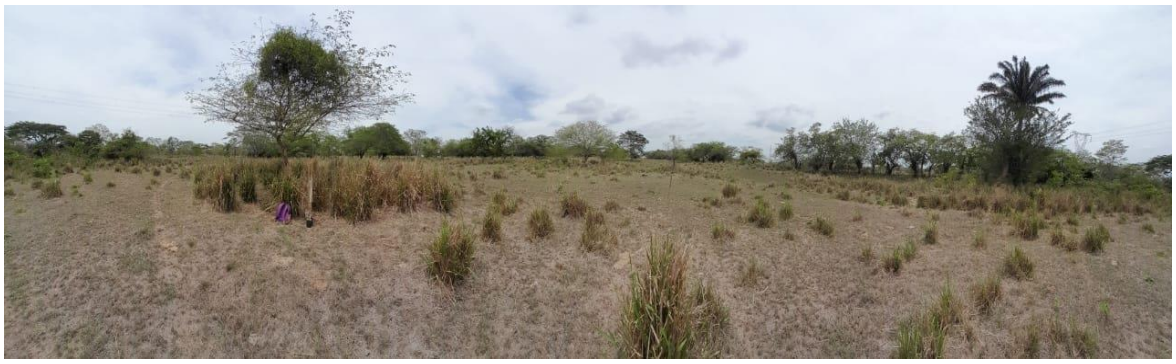
HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
A **0-23**	Textura arenosa, color gris claro (10YR7/1). Estructura en bloques finos y moderados, Erosión ligera, sin adherencia, sin plasticidad, consistencia en seco suelto, poros medianos y gruesos, sin presencia de raíces.	
B **24-54 cm**	Textura arenosa, color marrón pálido (10YR6/3). Estructura en bloques subangulares, sin adherencia, sin plasticidad, sin presencia de raíces.	
C **>54**	Textura arenosa, color amarillo parduzco (10YR6/6). Sin adherencia, sin plasticidad, sin presencia de raíces.	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

- Unidad cartográfica LWD y su estado actual

En el área de influencia del componente suelo, estos suelos se encuentran en las zonas de los sistemas de lomas y colinas muy disectadas donde se aprecian una erosión de grado moderado por escurrimiento difuso con formación de cárcavas. Se presentan elevaciones entre 50 y 90 msnm. Se encuentra en la Zona de Vida *Bosque Seco Tropical* (bs-T). Presenta relieve de ligeramente a fuertemente inclinado u ondulado con pendientes hasta el 25% (**Fotografía 5.1-8**).

FOTOGRAFÍA 5.1-8 SUELOS DE PAISAJE DE LOMERÍO CON LA UNIDAD LWD



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Los suelos se han desarrollado a partir de materiales de texturas gruesas y finas, provenientes de la alteración de areniscas y lutitas. Se caracterizan por ser de profundidad efectiva profunda a superficial limitada por la presencia de sales y de sodio, bien drenados, de texturas gruesas moderadamente gruesas y finas, moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos con saturación de bases muy alta.

En el área de influencia del componente suelo se encuentra la unidad cartográfica LWD, su fase fuertemente inclinada moderadamente erosionada (LWDd2), su fase moderadamente inclinada (LWDc) y su fase moderadamente inclinada moderadamente erosionada (LWDc2). Las UCS pueden observarse en la **Tabla 5.1-10**. Esta unidad presenta la clase taxonómica *Typic Ustorthents*, la cual predomina, sin embargo, se encuentran algunos sectores donde se puede apreciar la clase taxonómica *Typic Ustipsamments*. El proyecto ocupa esta UCS en las regiones donde se encuentra el Bloque C, una pequeña fracción del Bloque B y una parte de la línea. En total la UCS LWD se extiende por el 29,13% del área de influencia del componente suelo.

El punto de muestreo de suelos realizado para la unidad cartográfica (LWDd2) corresponde a PM-4, se encuentra en un relieve ondulado de lomas y colinas disectadas por cauces de aguas lluvias, de topografía suave con inclinación del 3 al 7%; presenta un régimen de humedad ústico, con susceptibilidad a encharcamientos; este es un suelo bien drenado, de texturas gruesas, moderadamente gruesas y finas. Presenta una organización de horizontes A-B donde el horizonte A tiene un espesor de 64 cm, color gris, sin estructura y texturas gruesas; el horizonte B se encuentra a partir de los 64 cm hasta una profundidad mayor a 1 m; de color marrón muy pálido (Ver **Tabla 5.1-13**).

El punto de muestreo de suelos realizado para la unidad cartográfica (LWDc) corresponde a PM-8, se encuentra en un relieve ondulado de lomas y colinas, fuertemente quebrado, de domos irregulares, moderadamente inclinado; presenta un régimen de humedad ústico, este es un suelo bien drenado, de texturas gruesas, moderadamente gruesas y finas. Presenta una organización de horizontes A-B donde el horizonte A tiene un espesor de 24 cm, color gris, sin estructura y texturas arcillosa; el horizonte B se encuentra a partir de los 24 cm hasta una profundidad mayor a 1 m; de color café (Ver **Tabla 5.1-14**).

TABLA 5.1-13 PERFIL DE SUELO UNIDAD LWDD2

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
A **0-64 cm**	Textura arenosa franca, color gris (10YR6/1). Sin estructura, grano suelto, sin adherencia, sin plasticidad, consistencia en seco suelto, pocos poros finos, sin presencia de raíces.	
B **>64cm**	Textura arenosa, color marrón muy pálido (10YR7/7). Sin estructura, sin adherencia, sin plasticidad, no se aprecian poros, sin presencia de raíces.	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-14 PERFIL DE SUELO UNIDAD LWDC

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
A **0-24 cm**	Textura arcillosa, color gris (7.5YR5/1). Sin estructura, grano suelto, sin adherencia, sin plasticidad, consistencia en seco ligeramente duro, pocos poros finos, con presencia de raíces.	
B **>24cm**	Textura arenosa, color café (7.5YR5/2). Sin estructura, sin adherencia, sin plasticidad, no se aprecian poros, poca presencia de raíces.	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

El punto de muestreo de suelos realizado para la unidad cartográfica (LWDc2) corresponde a PM-6, se encuentra en un relieve ligeramente ondulado de lomas y colinas, moderadamente erosionado fuertemente quebrado, pendientes cortas y fuertes de grado 7 a 50%; presenta un régimen de humedad ústico, con susceptibilidad a encharcamientos; este es un suelo bien drenado, de texturas gruesas, moderadamente gruesas y finas. Presenta una organización de horizontes A-B donde el horizonte A tiene un espesor de

43 cm, color gris, sin estructura y texturas arenosa; el horizonte B se encuentra a partir de los 43 cm; de color gris oscuro (Ver **Tabla 5.1-15**).

TABLA 5.1-15 PERFIL DE SUELO UNIDAD LWDC2

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
A **0-43 cm**	Textura arenosa, color gris (7.5YR5/1). Sin estructura, grano suelto, ligeramente adherente, ligeramente plástico, consistencia en seco duro, pocos poros finos, con presencia de raíces.	
B **>43 cm**	Textura arenosa, color gris oscuro (7.5YR4/1). Sin estructura, ligeramente adherente, ligeramente plástico, consistencia en seco duro, no se aprecian poros, sin presencia de raíces.	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

En general estos suelos presentan reacción ligeramente ácida, baja capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de bases intercambiables, bajo contenido de carbono orgánico y fertilidad natural baja.

- Unidad cartográfica LWF y su estado actual

En el área de influencia del componente suelo, estos suelos se encuentran en el paisaje de lomerío, en el tipo de relieve de lomas y colinas en un relieve quebrado ligera a fuertemente ondulado o inclinado. Se presentan elevaciones entre los 75 y 40 msnm. Se encuentra en la zona de vida *Bosque Seco Tropical* (bs-T). Igualmente es sometido a precipitaciones promedio de 1000 mm/año y un clima cálido seco donde promedia 28°C (**Fotografía 5.1-9**).

FOTOGRAFÍA 5.1-9 SUELOS DE PAISAJE DE LOMERÍO CON LA UNIDAD LWF



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Estos suelos se han desarrollado a partir de la alteración de lutitas arenosas, shales grises y areniscas fosilíferas. Son superficiales, bien drenados, de texturas finas y moderadamente gruesas, ligera a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta.

En el área de intervención del proyecto puede encontrarse la unidad cartográfica LWF en su fase moderadamente inclinada, moderadamente erosionada (LWFc2) (Ver **Fotografía 5.1-9**). En esta Unidad Cartográfica predomina la Clase Taxonómica *Typic Ustorthents*, la cual se encuentra distribuida a lo largo del sector noroeste del Bloque A correspondiendo a un 10,35% del total del área de intervención del componente suelo.

El punto de muestreo de suelos realizado para esta unidad corresponde a PM-2, de topografía inclinada con pendiente del 12 al 25%; presenta un régimen de humedad ústico, bien drenado. Presenta una organización de horizontes B-C, no se observa horizonte A, donde el horizonte B tiene un espesor de 68 cm, color amarillo pálido, textura moderadamente gruesa y estructura en bloques subangulares de clase media y grado débil; el horizonte C cuenta con espesor mayor a 68 cm; color gris claro, textura moderadamente gruesa y sin estructura (masiva); presenta fragmentos de roca en el perfil con limitaciones debido a su profundidad efectiva superficial (Ver **Tabla 5.1-16**).

TABLA 5.1-16 PERFIL DE SUELO UNIDAD LWFC2

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
B **0-68 cm**	Textura arcillosa, color amarillo pálido (5Y8/3). Estructura en bloques subangulares de clase media, ligeramente adherente, sin plasticidad, consistencia en seco duro, abundantes poros medianos, sin presencia de raíces.	
C **>68cm**	Textura arenosa, color gris claro (5Y7/2). Sin estructura, sin adherencia, sin plasticidad, se aprecian abundantes poros, sin presencia de raíces.	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Adicionalmente se realizó una cajuela en la zona Zodme (ReZ-1), de topografía inclinada con pendiente del 12 al 25%; presenta un régimen de humedad ústico, bien drenado. Presenta una organización de horizontes A-B, donde el horizonte A tiene un espesor de 15 cm, color gris parduzco claro, textura arcillosa al tacto y estructura en bloques subangulares de clase media y grado débil; el horizonte B cuenta con espesor mayor a 40 cm; color café pálido, textura arcillosa y sin estructura (masiva); presenta fragmentos de roca en el perfil con limitaciones debido a su profundidad efectiva superficial (Ver **Tabla 5.1-17**).

TABLA 5.1-17 PERFIL DE SUELO ZODME 1 (REZ-1)

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
A **0-15 cm**	Textura arcillosa, color gris parduzco claro (10YR6/2). Estructura en bloques subangulares de clase media, adherente, plástico, consistencia en seco ligeramente duro, abundantes poros medianos, con presencia de raíces.	
B **>15cm**	Textura arcillosa, color café pálido (10YR6/3). Sin estructura, adherente, plástico, se aprecian abundantes poros, sin presencia de raíces.	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Sus características químicas, según (Subdirección de Agrología IGAC, 2008), son de reacción moderadamente alcalina, capacidad de intercambio catiónica media a baja con saturación de bases mayor del 50% y fertilidad moderada.

- Unidad cartográfica LWJ y su estado actual

En el área de influencia del componente suelo, esta unidad se aprecia sobre los vallecitos estrechos formados por los arroyos del paisaje de lomerío. Su elevación varía entre los 70 y 40 msnm en la Zona de Vida *Bosque Seco Tropical* (bs-T). (**Fotografía 5.1-10**).

FOTOGRAFÍA 5.1-10 SUELOS DE PAISAJE DE LOMERÍO CON LA UNIDAD LWJ



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Se caracteriza por su relieve plano donde las pendientes varían entre 0 a 3%. Su material litológico lo conforman depósitos aluviales limoarcillosos. Son profundos a moderadamente profundos, bien a moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas, saturación de bases muy alta y reacción fuertemente ácida a neutra.

En el área de intervención se manifiesta la unidad cartográfica LWJ fase plana (LWJa), donde la clase taxonómica dominante corresponde a suelos *Typic Ustorthents*. Esta Unidad Cartográfica se encuentra distribuida por parte el Bloque C, una fracción de la subestación elevadora y, por último, ocupando el sitio de Torre 3; en total comprende el 6,52% del área total de influencia para el componente suelo.

En cuanto a la clase taxonómica *Typic Ustorthents*, el punto de muestreo de suelos realizado para esta unidad corresponde a PM-5, de topografía plana con pendiente del 0-3%; presenta un régimen de humedad ústico, bien drenado. Presenta una organización de horizontes A-B donde el horizonte A tiene un espesor de 54 cm, color gris rojizo, textura arenosa, sin estructura; el horizonte B cuenta con espesor mayor de 54 cm; color gris textura moderadamente gruesa y sin estructura, masiva (Ver **Tabla 5.1-18**).

TABLA 5.1-18 PERFIL DE SUELO UNIDAD LWJA

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
A **0-54 cm**	Textura arenosa, color gris rojizo (2.5YR6/1). sin estructura, grano suelto, sin adherencia, sin plasticidad, consistencia en seco suelto, abundantes poros finos, presencia de raíces.	
B **>54 cm**	Textura arenosa, color gris (7.5YR6/1). Sin estructura, ligeramente adherente, ligeramente plástico, se aprecian abundantes poros, poca presencia de raíces.	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Sus características químicas, según (Subdirección de Agrología IGAC, 2008), son de reacción neutra, capacidad de intercambio catiónica media a baja, saturación de bases alta, y fertilidad natural alta y carbono orgánico bajo.

- Unidad cartográfica LWB y su estado actual

En el área de influencia del componente suelo, estos suelos se encuentran en las zonas de los sistemas de lomas y colinas y distribuida en la zona de vida de Bosque seco tropical (bs-T). En topografía ligera a moderadamente ondulada en pendientes suaves y cortas de

grado 3-7-12% y erosión hídrica de grado moderado, presenta fragmentos de roca en la superficie. (**Fotografía 5.1-11**).

FOTOGRAFÍA 5.1-11 SUELOS DE PAISAJE DE LOMERÍO CON LA UNIDAD LWB



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Su origen geológico es Cuaternario con litología aluvial constituida por materiales gruesos y finos.

Conforman esta unidad los suelos Typic Ustropepts (50%), Ustoxic Dystropepts (40%) con inclusiones de Fluventic Haplustolls (5%) y Typic Ustifluvents (5%).

En el área de intervención se manifiesta la unidad LWB fase moderadamente inclinada moderadamente erosionada (LWBc2), donde la clase taxonómica dominante corresponde a suelos *Typic Ustropepts*. Esta unidad cartográfica se encuentra distribuida en la línea sur, en total comprende el 2,37% del área total de influencia para el componente suelo.

En cuanto a la clase taxonómica *Typic Ustropepts,* el punto de muestreo de suelos realizado para esta unidad corresponde a PM-7, de topografía moderadamente inclinada. Son suelos moderadamente profundos, bien a moderadamente drenados y de textura moderadamente finas. Presenta una organización de horizontes B-C, no se observa horizonte A, el horizonte B tiene un espesor de 20 cm, color blanco rosado, con textura arenosa, que yace sobre un horizonte C con espesor mayor a 21 cm, color café claro, con textura arenosa (Ver **Tabla 5.1-19**).

TABLA 5.1-19 PERFIL DE SUELO UNIDAD LWBC2

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
B **0-20 cm**	Textura arenosa, color blanco rosado (7.5YR8/2). sin estructura, grano suelto, sin adherencia, sin plasticidad, consistencia en seco duro, abundantes poros finos, baja presencia de raíces.	

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
C **>20 cm**	Textura arenosa, color café claro (7.5YR6/4). Sin estructura, sin adherencia, sin plasticidad, se aprecian abundantes poros, sin presencia de raíces.	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Sus características químicas, según (Subdirección de Agrología IGAC, 2008), son de reacción moderadamente ácida a medianamente alcalina; baja capacidad de intercambio catiónico y bajos contenidos de potasio; alta saturación total y moderada fertilidad.

A continuación, se muestran las unidades cartográficas de suelo presentes en el área de intervención del proyecto y su distribución (**Tabla 5.1-9**).

En el marco del desarrollo del presente proyecto fue realizado un muestreo de las características fisicoquímicas en las unidades cartográficas de suelo. Las muestras de suelo recolectadas en campo, fueron enviadas al Laboratorio Nacional de suelos del IGAC. Dichas muestras fueron marcadas para su posterior reconocimiento en el laboratorio.

El muestreo adecuadamente concebido y realizado, es una tarea muy importante, debido a que constituye la herramienta básica para la veeduría y el control de su calidad. El propósito del muestreo es obtener, para su análisis, una porción del suelo, que sea verdaderamente representativa. Los factores más críticos, necesarios para la representatividad de una muestra son el sitio, tiempo y el mantenimiento de la integridad de la muestra previo a su análisis.

El muestreo realizado fue de tipo manual, siguiendo las directrices plasmadas en el procedimiento del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). A continuación, se cita el procedimiento para muestreo en suelos.

Tomar nota de todas las características de sitio como la ubicación de la muestra, descripción de suelo, procedimientos usados, datos de seguridad, conversaciones con clientes o empleados del sitio, mediciones, estado del tiempo, etc.

Cortar el césped. Guardar el césped para la restauración del hoyo después de realizado el muestreo.

Empacar las muestras en contenedores, en caso del presente proyecto, las muestras se tomaron y se empacaron en bolsas ziploc nuevas y limpias, para evitar la contaminación de

la muestra y posteriormente se guardaron en cavas de icopor para ser llevadas al laboratorio.

Completar los formatos con los datos de las muestras recolectadas.

Colocar todas las muestras dentro de un cuarto frío o algún dispositivo similar a 4ºC.

Rellenar los hoyos abiertos con el material almacenado.

Limpiar y restaurar el sitio de muestreo.

Descontaminar los equipos y el sitio de muestreo.

Antes de abandonar el sitio, anotar los puntos donde se tomaron las muestras y revisar todo lo anotado.

El muestreo y transporte de las muestras se realizó garantizando su integridad física, química y biológica durante el período transcurrido entre la toma y los análisis de las mismas; aplicando métodos de preservación como, aislamiento de metales, protección contra la luz directa y control de temperatura al refrigerar las muestras a 4 grados centígrados, utilizando hielo para tal fin.

El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis es esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados. Este proceso consiste en seguir o monitorear las condiciones de la toma de muestra, preservación, dosificación, transporte y su posterior análisis. Se considera que una muestra está bajo custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.

Plan de Muestreo: Antes del muestreo se debe realizar el plan de muestreo que contiene la información sobre: Tipo de muestreo, número de muestras por punto de muestreo, sitio de monitoreo, recipientes, parámetros a analizar, preservación y además aspectos logísticos relacionados.

Etiquetas: Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, estas fueron etiquetadas, teniendo en cuenta la siguiente información: Numero de muestra, fecha y lugar de recolección, preservación realizada según sea el caso y la firma de la persona que realiza el monitoreo.

Datos de campo y Cadena de Custodia: Se debe registrar toda la información pertinente a las observaciones de campo o del muestreo en el formato cadena de custodia según la matriz de análisis a monitorear, en el que se incluye: Tipo de muestreo, Matriz de Análisis, localización y georreferenciación de la estación de muestreo o del punto de muestreo, empresa que solicita el servicio, número de la muestra, fecha y hora de la realización del monitoreo, firma de la persona que realiza el monitoreo, tipo de muestra y método de preservación si es aplicable.

Las propiedades fisicoquímicas de los suelos, permiten determinar sus características intrínsecas, las cuales definen su productividad y capacidad productiva. Las propiedades físicas hacen referencia a la cantidad de limo, arena y arcilla (partículas del suelo) que puede presentar y así mismo su colocación y distribución. Las propiedades químicas por su

parte, se refieren a la disponibilidad de nutrientes presentes en la solución del suelo, como también la acides y/o alcalinidad del mismo.

5.1.3.1.2 Caracterización fisicoquímica de las unidades cartográficas de suelo presentes en el área de intervención del proyecto

Con el fin de conocer las propiedades físicas y químicas de las unidades cartográficas, fue realizado un análisis de suelos con muestras de suelo, dichas muestras fueron enviadas, al Laboratorio Nacional de suelos del IGAC, para sus respectivos análisis.

En la **Tabla 5.1-20,** se muestran resultados de algunas características físicas y químicas de la unidad cartográfica de suelos LWDc2, LWBc2, LWFc2, LWJa, LWDd2, LWAb, RWMa y LWDc.

Finalmente, en el **Anexo_3_ Soporte Técnico/3.3 Laboratorio de Suelos**, se encuentran los resultados obtenidos a partir del laboratorio, para cada unidad de suelo muestreada y recopilados para el área de intervención del proyecto Estudio impacto ambiental-Modificación de licencia No. 1 "Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV".

TABLA 5.1-20 PROPIEDADES DE LOS SUELOS LWDC2, LWBC2, LWFC2, LWJA, LWDD2, LWAB, RWMA Y LWDC QUE HACEN PARTE DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN

PROPIEDADES FÍSICAS											
Unidad cartográfica	Identificación en Campo	Profundidad (cm)	Granulometría (%)				% de Gravas (Fracción > 2mm)	Densidad (gr/cm3)	Retención de humedad (%)		
			A	L	Ar	Textura		Apar.	-33(kPa) Θg(%)	-1500(kPa) Θg(%)	Humedad aprovechable
LWDc2	PM-6	00-43	66.5	17.1	16.4	Franco-Arenoso (F A)	1.00	1.59	16.81	7.96	8.84
LWBc2	PM-7	00-32	72.6	8.9	18.5	Franco-Arenoso (F A)	5.00	1.88	9.09	7.43	1.66
LWFc2	PM-2	0-68	32.0	36.5	31.5	Franco arcillo-arenoso (F Ar)	8.00	1.66	28.80	14.22	14.58
	ReZ-1 HzA	0-15	46.9	18.9	34.2	Franco arcillo-arenoso (F Ar A)	10.00	1.57	25.94	14.74	11.20
	ReZ-1 HzB	0-40	29.8	21.8	48.4	Arcilloso (Ar)	3.0	-	34.43	19.89	14.55
LWJa	PM-5	0-54	66.5	18.5	15.0	Franco-Arenoso (F A)	-	1.71	17.43	9.47	7.95
LWDd2	PM-4	0-64	70.8	14.9	14.3	Franco-Arenoso (F A)	-	1.60	12.05	4.84	7.21
LWAb	PM-3	0-50	72.9	18.9	8.2	Franco-Arenoso (F A)	5.0	1,52	12.63	4.19	8.44

PROPIEDADES FÍSICAS											
Unidad cartográfica	Identificación en Campo	Profundidad (cm)	Granulometría (%)				% de Gravas (Fracción > 2mm)	Densidad (gr/cm3)	Retención de humedad (%)		
			A	L	Ar	Textura		Apar.	-33(kPa) Θg(%)	-1500(kPa) Θg(%)	Humedad aprovechable
RWMa	ReZ-2 HzA	0-40	66.6	19.1	14.3	Franco-Arenoso (F A)	1.00	1.56	14.95	5.76	9.19
	ReZ-2 HzB	0-100	83.1	6.7	10.2	Arenoso-franco (A F)	-	-	9.96	3.20	6.76
	PM-1	0-40	27.4	26.0	46.6	Arcilloso (Ar)	9.00	1.68	29.38	18.64	10.74
LWDc	PM-8	0-24	34.4	30.0	35.6	Franco arcillo-arenoso (F Ar)	8.00	1.53	28.35	15.36	12.99

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

- pH

El pH es un parámetro sumamente importante en una interpretación de análisis de suelos, ya que de este depende la disponibilidad de nutrientes. El pH del suelo representa la actividad del ion H+, es decir, la concentración de este en el suelo, entre más alta sea la concentración de H+ menor será el pH y mayor la acidez.

- Densidad aparente

La densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso. La importancia de este parámetro es que se puede calcular el peso de la capa arable, para determinar los kilogramos de cada elemento que hay en el suelo analizado.

- C.I.C. (Capacidad de intercambio catiónico)

La capacidad de intercambio catiónico es la capacidad que tiene el suelo de retener cationes. Es importante entender que para que dicha retención se presente, el suelo debe tener un número significativo de cargas para poder adsorber dichos cationes.

- Materia Orgánica (M.O.)

Es toda sustancia muerta en el suelo, que provenga de plantas, microorganismos, excreciones animales (de la fauna terrestre), de la meso y macrofauna muerta. La calificación de materia orgánica debe interpretarse de acuerdo con el clima, puesto que lo normal es que haya contenidos mayores a medida que disminuye la temperatura, debido a que hay una disminución en la acción que ejercen los microorganismos del suelo sobre los residuos orgánicos, y por esto hay acumulación en zonas más altas.

Relación C/N: La proporción C/N (carbono/nitrógeno) en la materia orgánica del suelo es un factor importante sobre varios aspectos, de los cuales los más significativos son los siguientes:

- Una adición al suelo de residuos con relación C/N elevada (altas concentraciones de fibras y lignina) 73 motiva a la competición por el nitrógeno disponible entre los microorganismos y las plantas.
- Residuos con relación C/N baja (leguminosas), pueden favorecer el desarrollo microbiológico en el proceso de descomposición, implicando una mayor cantidad de N mineralizado.

    - Bases intercambiables

Las bases intercambiables están conformadas por los elementos nutricionales de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Sodio (Na), importantes para las plantas por ser elementos esenciales para ellas, a excepción del sodio (Na), el cual tiene importancia en suelos salino-sódicos o sódicos con pH superiores a 6. Las bases intercambiables son fundamentales porque hacen parte de la CIC, y son la base de la fertilidad potencial de un suelo.

- Conductividad eléctrica (C.E.)

La conductividad eléctrica es un índice de salinidad. También influye en la actividad microbiológica y de plantas, límites para el crecimiento de plantas y actividad microbiana (alteración ciclos biogeoquímicos).

- Porcentaje de saturación de bases (% S.B.)

La saturación de bases representa el porcentaje de los sitios de intercambio en el suelo ocupados por los iones básicos Ca, Mg, Na y K. La diferencia entre ese número y 100 es el porcentaje de los sitios de intercambio ocupados por cationes ácidos: Aluminio (Al) e Hidrogeno (H).

➢ **Unidad de suelo RWMa**

- ReZ-2 HzA

En este punto de muestreo su textura es franco arenoso, el pH es muy fuertemente acido con un valor de 5,29, indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mo y Mg es baja; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es buena. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es media. El Carbono orgánico (C.O) es bajo con un valor de 0,9307 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es bajo con un valor de 1,60. El porcentaje de N total es bajo con un valor de 0,0802 en clima cálido. La C.I.C. es baja con un valor de 9,229 y un porcentaje de saturación de bases alto con un valor de 67,07. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo ligeramente salino con un valor de 0,62.

- ReZ-2 HzB

En este punto de muestreo su textura es franco arenoso, el pH es ligeramente ácido con un valor de 6.97, esto indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mg y Mo es buena; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es baja. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es alta. El carbono orgánico (C.O) es bajo con un valor de 0.1814 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es bajo con un valor de 0,31. El porcentaje de N total es bajo con un valor de 0,0156 en clima cálido. La C.I.C. es media con un valor

de 11,792 y un porcentaje de saturación de bases medio con un valor de 42.74. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo no salino con un valor de 0,15.

- PM-1

En este punto de muestreo su textura es arcillosa, el pH es fuertemente ácido con un valor de 5,3, esto indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mg y Mo es baja; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es buena. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es media. El carbono orgánico (C.O) es bajo con un valor de 0,9988 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es bajo con un valor de 1,72. El porcentaje de N total es bajo con un valor de 0,0861 en clima cálido. La C.I.C. es alta con un valor de 26,761 y un porcentaje de saturación de bases alto con un valor de 52,95. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo ligeramente salino con un valor de 0,37.

- **Unidad de suelo LWAb**
  - PM-3

En este punto de muestreo su textura es franco arenoso, el pH es medianamente ácido con un valor de 6,57, esto indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mg y Mo es buena; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es baja. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es alta. El carbono orgánico (C.O) es bajo con un valor de 0,8176 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es bajo con un valor de 1,41. El porcentaje de N total es bajo con un valor de 0,0705 en clima cálido. La C.I.C. es baja con un valor de 6,918 y un porcentaje de saturación de bases alto con un valor de 86,44. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo ligeramente salino con un valor de 0,59.

- **Unidad de suelo LWDd2**
  - PM-4

En este punto de muestreo su textura es franco arenoso, el pH es medianamente ácido con un valor de 6,43, esto indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mg y Mo es buena; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es baja. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es alta. El carbono orgánico (C.O) es bajo con un valor de 0,8588 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es bajo con un valor de 1,48. El porcentaje de N total es bajo con un valor de 0,0740 en clima cálido. La C.I.C. es baja con un valor de 8,579 y un porcentaje de saturación de bases alto con un valor de 79,26. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo ligeramente salino con un valor de 0,53.

- **Unidad de suelo LWDc**
  - PM-8

En este punto de muestreo su textura es franco arcillo arenoso, el pH es medianamente ácido con un valor de 6,43, esto indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mg y Mo es buena; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es baja. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es alta. El carbono orgánico (C.O) es medio con un valor de 1,5273 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es medio con un valor de 2,63. El porcentaje de N total es medio con un valor de 0,1317 en clima cálido. La C.I.C. es alta con un valor de 23,128 y un porcentaje de saturación de bases alto con un valor de 66.63. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo ligeramente salino con un valor de 0,47.

- **Unidad de suelo LWDc2**
  - PM-6

En este punto de muestreo su textura es franco arenosa, el pH es fuertemente ácido con un valor de 5,99, esto indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mg y Mo es baja; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es buena. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es alta. El carbono orgánico (C.O) es medio con un valor de 1,2976 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es medio con un valor de 2,34. El porcentaje de N total es medio con un valor de 0,1119 en clima cálido. La C.I.C. es media con un valor de 12,666 y un porcentaje de saturación de bases alto con un valor de 61.98. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo salino con un valor de 0,96.

- **Unidad de suelo LWFc2**
  - PM-2

En este punto de muestreo su textura es franco arcillo arenosa, el pH es ligeramente alcalino con un valor de 8,38, esto indica que la disponibilidad de N, K, S, Ca, Mg y Mo es buena, la disponibilidad de P es baja; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es muy baja. De acuerdo a esto su nivel de fertilidad es muy alta. El carbono orgánico (C.O) es bajo con un valor de 0,4818 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es bajo con un valor de 0,83. El porcentaje de N total es bajo con un valor de 0,0415 en clima cálido. La C.I.C. es alta con un valor de 20,581, es un suelo saturado de bases. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo ligeramente salino con un valor de 0,45.

  - ReZ-1 HzA

En este punto de muestreo su textura es franco arcillo arenoso, el pH es fuertemente acido con un valor de 5,29, indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mo y Mg es baja; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es alta. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es media. El Carbono orgánico (C.O) es bajo con un valor de 0,5434 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es bajo con un valor de 0,94. El porcentaje de N total es bajo con un valor de 0,0468 en clima cálido. La C.I.C. es alta con un valor de 21,835 y un porcentaje de saturación de bases alto con un valor de 75,61. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo no salino con un valor de 0,34.

  - ReZ-1 HzB

En este punto de muestreo su textura es arcilloso, el pH es muy fuertemente ácido con un valor de 5,31, esto indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mo y Mg es baja; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es buena. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es media. El carbono orgánico (C.O) es bajo con un valor de 0.2365 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es bajo con un valor de 0,41. El porcentaje de N total es bajo con un valor de 0,0240 en clima cálido. La C.I.C. es alta con un valor de 30,584 y un porcentaje de saturación de bases alto con un valor de 54,80. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo ligeramente salino con un valor de 0,41.

- **Unidad de suelo LWJa**
  - PM-5

En este punto de muestreo su textura es franco arenoso, el pH es ligeramente ácido con un valor de 7,24, esto indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mg y Mo es buena; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es baja. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es muy alta. El carbono orgánico (C.O) es medio con un valor de 1,5402 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es medio con un valor de 2,66. El porcentaje de N total es medio con un valor de 0,1328 en clima cálido. La C.I.C. es media con un valor de 13,465 y un porcentaje de saturación de bases alto con un valor de 72,26. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo salino con un valor de 1,03.

- **Unidad de suelo LWBc2**
  - PM-7

En este punto de muestreo su textura es franco arenoso, el pH es ligeramente ácido con un valor de 6,9, esto indica que la disponibilidad de N, P, K, S, Ca, Mg y Mo es buena; mientras que la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn es baja. De acuerdo con esto su nivel de fertilidad es muy alta. El carbono orgánico (C.O) es bajo con un valor de 0,2212 en clima cálido. Su porcentaje de materia orgánica (M.O.) es bajo con un valor de 0,38. El porcentaje de N total es bajo con un valor de 0,0191 en clima cálido. La C.I.C. es media con un valor de 10,506 y un porcentaje de saturación de bases alto con un valor de 81,76. Con respecto a la conductividad eléctrica es un suelo ligeramente salino con un valor de 0,41.

5.1.3.2 Uso actual del suelo

El uso actual del suelo hace referencia a la actividad principal que se realiza sobre el suelo en el momento de su evaluación. Los usos de la tierra identificados para el área de influencia del componente suelo fueron levantados a partir de imágenes satelitales y la descripción de las coberturas terrestres, además de la validación en campo; estos se presentan en el **Anexo_8_Cartografía/2175 EA P5.5_Uso actual** y también se describen a continuación.

A partir de la aplicación de la Metodología Corine Land Cover, se identificaron diversos tipos de coberturas del suelo, que fueron asociadas a un uso específico; el cual fue corroborado en la fase de trabajo de campo realizado entre el 4 y el 8 de mayo del 2023, a través de los diferentes recorridos realizados por la zona de estudio, en los que se podía observar y comprobar el uso que se le estaba dando de acuerdo con la cobertura.

En la **Tabla 5.1-21** se describen el uso actual del suelo presente en el área de influencia fisicobiótica del proyecto relacionándolo con las coberturas identificadas, asociadas a sus respectivos usos y las áreas de ocupación y en la **Figura 5.1-11** se presenta su distribución geográfica.

TABLA 5.1-21 USO ACTUAL DEL SUELO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO

GRUPO DE USO	USO ACTUAL	NOMEN.	COBERTURA ASOCIADA	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIOTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
				(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Asentamiento	Residencial	ARE	Tejido urbano discontinuo	15,41	0,54	0,59	0,14
	Industrial	AIN	Zonas industriales	22,50	0,79	0,26	0,06
	Comercial	ACO	Zonas comerciales	5,78	0,20	-	-
Infraestructura	Industrial	ILO	Lagunas de oxidación	1,58	0,06	-	-
	Transporte	ITR	Red vial y territorios asociados	5,95	0,21	0,92	0,21
Agricultura	Cultivos Transitorios semi-intensivos	CTS	Otros cultivos transitorios	20,17	0,71	0,77	0,18
	Cultivos permanentes semi-intensivos	CPS	Cultivos permanentes arbóreos	12,01	0,42	-	-
Ganadería	Pastoreo semi-intensivo	PSI	Pastos limpios	1829,51	64,32	331,98	76,29
			Pastos arbolados				
			Cuerpos de agua artificiales				
	Pastoreo extensivo	PEX	Pastos enmalezados	237,58	8,35	9,66	2,22
			Zonas pantanosas			-	-
Forestal	Sistema forestal productor	FPD	Plantación forestal	8,00	0,28	-	-
	Sistemas forestales protectores	FPR	Bosques de galería y/o ripario	200,31	7,04	4,53	1,04
	Producción/Protección	FPP	Vegetación secundaria alta	485,58	17,07	86,50	19,88
			Vegetación secundaria baja				
Cuerpos de Agua Naturales	Cuerpos de Agua Naturales	CAN	Ríos	0,24	0,01	-	-
ÁREA TOTAL				**2844,60**	**100,00**	**435,23**	**100,00**

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Dentro del área de influencia fisicobiótica del proyecto, el uso actual predominante corresponde al de Pastoreo Semi-intensivo (PSI), el cual ocupa el 64,32% y en el área de intervención corresponde a 76,29%, seguido por el uso forestal de Producción/Protección con un 17,07% en el área de influencia del proyecto y un 19,88 para el área de intervención, respectivamente.

5.1.3.2.1 Uso residencial y comercial (ARE) - ACO

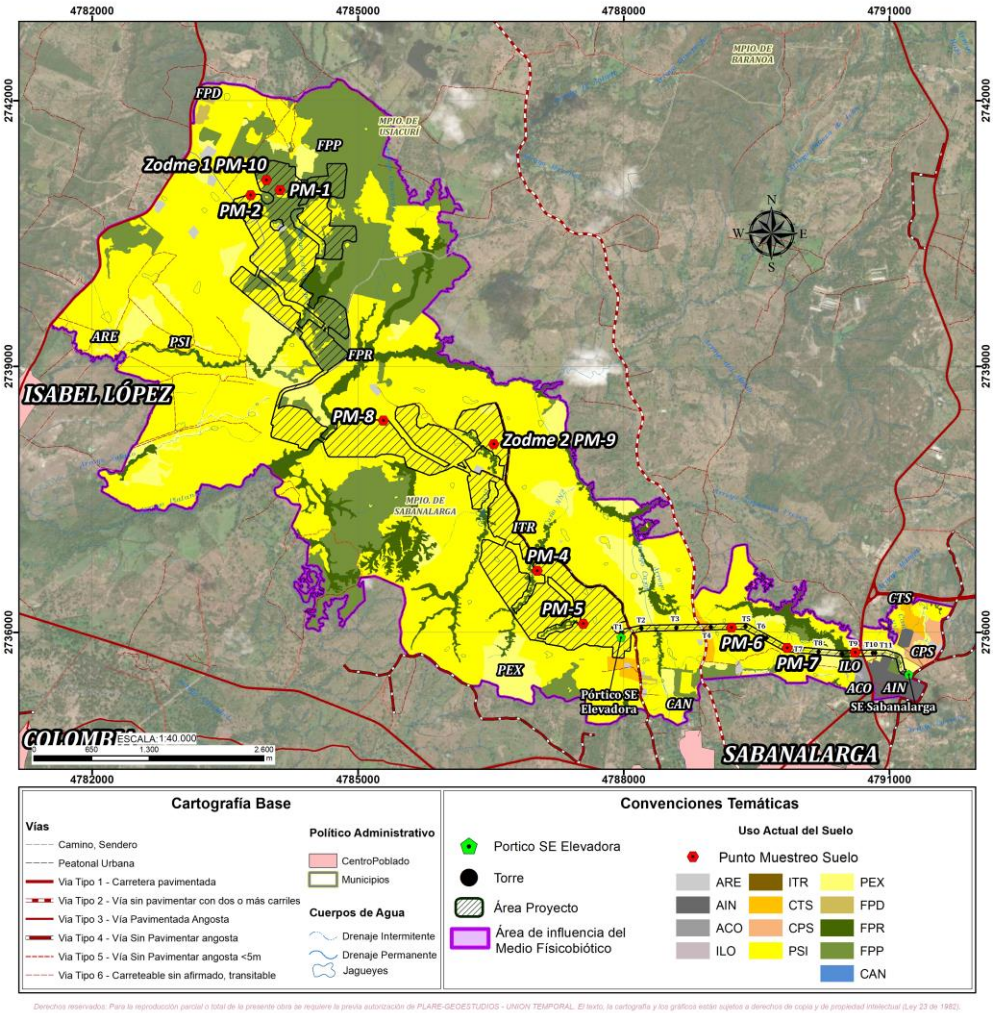
Comprende el área en el que se encuentra ubicadas algunas viviendas; en esta zona pueden apreciarse igualmente corrales de estabulación y zonas en las que se desarrollan actividades referentes a la ganadería. Esta área corresponde al 0,14% del total del área de intervención y al 0,54% del área de influencia del proyecto (Ver **Tabla 5.1-21**). Las zonas comerciales solo se presentan en el área de influencia fisicobiotica del proyecto.

FOTOGRAFÍA 5.1-12 USO DEL SUELO RESIDENCIAL



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-11 DISTRIBUCIÓN DEL USO ACTUAL DEL SUELO ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIOTICA DEL PROYECTO



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.3.2.2 Uso industrial (AIN - ILO)

El uso de suelo industrial es aquel que está destinado para instalaciones industriales y actividades de este tipo. Dentro de este uso está permitido realizar actividades de producción, manufactura, almacenamiento y transporte. En esta área, el uso industrial hace referencia a la subestación de Sabanalarga y corresponde al 0,06% del total del área de intervención y 0,79% en el área de influencia. Las lagunas de oxidación que están en el uso industrial solo se presentan en el área de influencia fisicobiotica del proyecto.

5.1.3.2.3 Infraestructura de transporte (ITR)

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras y autopistas; se incluye la infraestructura conexa y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes. Esta área corresponde al 0,21% del total del área de intervención, así como del área de influencia fisicobiotica del proyecto.

5.1.3.2.4 Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)

Son las tierras ocupadas por cultivos transitorios no incluidos en los grupos de cereales, oleaginosos, leguminosos, hortalizas y tubérculos. Esta área corresponde al 0,18% del total del área de intervención y al 0,71% del área de influencia fisicobiotica (Ver **Fotografía 5.1-13**).

FOTOGRAFÍA 5.1-13 USO DEL SUELO CULTIVOS TRANSITORIOS SEMI-INTENSIVOS



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

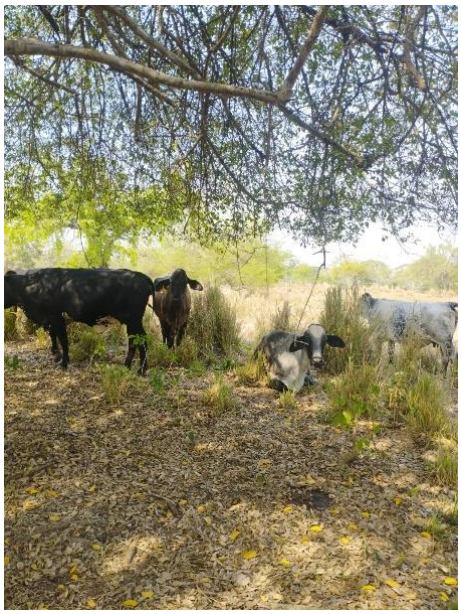
5.1.3.2.5 Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS)

Los cultivos permanentes intensivos son todos aquellos que requieren para su establecimiento prácticas mecanizadas, remoción, desyerbas frecuentes en los suelos y cuyo ciclo de vida es mayor a un año (desde su germinación hasta su cosecha), de igual forma, ofrecen baja protección al suelo en las fases de establecimiento. Este uso representa 0,42% del área de influencia del proyecto.

5.1.3.2.6 Pastoreo extensivo (PEX)

En general las tierras usadas en pastoreo extensivo se encuentran a lo largo de todo el territorio nacional, en relieves planos a moderadamente ondulados con pendientes hasta del 25%, en climas cálidos secos, templados hasta frío húmedo. Para el caso del área de influencia del componente suelo, este se encuentra relacionado en coberturas de pastos enmalezados y zonas pantanosas. Este uso actual comprende el 2,22% del área de intervención del proyecto y el 8,35% del área de influencia fisicobiotica del proyecto (Ver **Fotografía 5.1-14**).

FOTOGRAFÍA 5.1-14 USO DEL SUELO PASTOREO EXTENSIVO



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.3.2.7 Pastoreo semi-intensivo (PSI)

En el caso del área de influencia del componente suelo, el pastoreo semi-intensivo se encuentra relacionado en coberturas de pastos arbolados, pastos limpios y cuerpos de agua artificial. Este uso actual comprende un porcentaje del área de influencia de 64,32% y del área de intervención de 76,29%. (Ver **Fotografía 5.1-15**).

FOTOGRAFÍA 5.1-15 USO DEL SUELO PASTOREO SEMI-INTENSIVO



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.3.2.8 Sistemas Forestales protectores (FPR)

Para el área de intervención del componente suelos, este uso actual se asocia principalmente a las zonas donde se presentan coberturas de bosque de galería o ripario asociado a cauces cercanos y helechales, donde se evidencia una recuperación de la cobertura vegetal. Esta área corresponde al 1,04% del total del área de intervención y al 7,04% del área de influencia (Ver **Fotografía 5.1-16**).

FOTOGRAFÍA 5.1-16 USO DEL SUELO SISTEMAS FORESTALES PROTECTORES



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.3.2.9 Forestal producción/protección (FPP)

En estas tierras pueden realizarse aprovechamientos, primarios relacionados con la extracción de madera y secundarios como la extracción de gomas, resinas, colorantes y frutas, lo cual conlleva planes de manejo silviculturales, estos sistemas forestales están

destinados a satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque. Esta área corresponde al 19,88% del total del área de intervención y al 17,07% del área de influencia del proyecto. (Ver **Fotografía 5.1-17**).

FOTOGRAFÍA 5.1-17 USO DEL SUELO FORESTAL PRODUCCIÓN/PROTECCIÓN



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.3.2.10 Forestal productor (FPD)

El uso del suelo forestal-producción representa tan solo el 0,28% del área de influencia y se encuentra asociado a plantaciones de latifoliadas. Esta actividad se presenta a pequeña escala de manera puntual. No se presente dentro del área de intervención del proyecto.

5.1.3.3 Uso potencial o capacidad de uso del suelo

La clasificación por capacidad de uso está basada en la interpretación de las Unidades Cartográficas que integran un mapa de suelos, el cual busca establecer las potencialidades y restricciones biofísicas de las tierras. Los criterios para evaluarlas y sus rangos de variación se adaptaron al país a partir de la clasificación originada en los Estados Unidos por el Departamento de Agricultura, el cual se resume en el libro Land Capability Classification Agriculture Handbook No 210 (Soil Conservation Service; USDA, 1961). Se agregan a esta metodología las modificaciones propuestas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi las cuales se encuentran compiladas en el estudio *Suelos y Tierras de Colombia* de la Subdirección de Agrología (Subdirección de Agrología IGAC, 2015). En el **Anexo_8_Cartografía/2175_EA P5.6_Uso potencial o capacidad de uso,** puede apreciarse la distribución espacial de las subclases agrológicas en el área de influencia del componente suelo.

Según el IGAC el sistema propuesto agrupa una serie de características que permiten dar recomendaciones para dirigir los cambios de uso de la tierra, de tal forma que los suelos

tengan el uso adecuado, garantizando con ello una mejor y mayor producción y manteniendo a su vez la calidad del medio y la conservación del recurso suelo.

El Manual 210 del USDA, definió las clases o unidades de capacidad como una o más unidades de suelo que tienen un uso potencial y limitaciones continuas similares. Los suelos de una clase son lo suficientemente uniformes para producir tipos similares de productos agrícolas y/o requieren medidas similares de manejo para su conservación. Definió las subclases agrológicas como grupos que presentan similaridad en las limitaciones para la producción, y, por lo tanto, en las medidas de conservación. El sistema de clasificación está integrado por tres categorías: Clase, Subclase y Grupo de manejo.

5.1.3.3.1 Clasificación agrológica

Las clases agrológicas, según el IGAC, son ocho y se designan bajo números arábigos del 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 donde a medida que aumenta el número aumentan las restricciones sobre él, así los suelos de *Clase 1* casi no tienen limitaciones, mientras que suelos de *Clase 8* presentan limitantes severas y solo tienen definido como uso para la conservación de la flora y la fauna.

En términos generales las cuatro primeras clases tienen aptitud agropecuaria y la 5 está limitada por la pedregosidad, rocosidad, drenaje, inundaciones o fuerte salinidad. Las clases 6 y 7, debido a limitaciones severas, no son aptas para la mayoría de cultivos y se aconseja para su uso pastos, plantaciones forestales y bosques.

La clase agrológica 8, tiene limitaciones tan severas que la hacen recomendable para uso turístico, recreativo, u otros campos diferentes a los silvo-agrícola y pastoril. En la **Tabla 5.1-22** se presenta la clasificación agrológica del suelo de acuerdo con su capacidad de uso.

TABLA 5.1-22 DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA Y USO POTENCIAL DEL SUELO

AUMENTAN LA INTENSIDAD DE USO								
CLASES CAPACIDAD DE USO	VIDA SILVESTRE	PASTOREO O FORESTAL			CULTIVO			
		LIMITADO	MODERADO	INTENSIVO	LIMITADO	MODERADO	INTENSIVO	MUY INTENSIVO
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
Aumentan las limitaciones y riegos en sentido vertical y disminuye la adaptabilidad y la libertad para la elección para el uso en el mismo sentido.								

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

La clasificación agrológica para el área de estudio fue realizada de acuerdo con la metodología del IGAC, denominada "Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso" (IGAC, 2014).

- **Clase 1**: Las tierras de la clase 1 no presentan o tienen muy pocas limitaciones para el uso agropecuario, siendo éstas de grado ligero, fácilmente corregibles. Son aptas para una amplia diversidad de cultivos adaptados a las condiciones ecológicas, así como para ganadería intensiva con pastos de corte. El relieve es plano a ligeramente plano con pendientes inferiores al 3%; los suelos son profundos, bien drenados, permeables, con buena capacidad de retención de humedad, bien provistos de nutrientes y no afectados por inundaciones. El clima ambiental debe ser favorable para el crecimiento de los cultivos agronómicos, con precipitación pluvial bien distribuida durante el año, temperatura promedia superior a 12 grados centígrados y no ocurren heladas. Los suelos pueden necesitar prácticas de manejo ordinarias o de rutina para mantener su productividad, como el uso de fertilizantes, el encalado, la incorporación de abonos verdes y residuos de cosechas anteriores, la aplicación de estiércol, la rotación de cultivos y la construcción de drenajes superficiales para evitar los encharcamientos.
- **Clase 2**: Las tierras de la Clase 2 presentan limitaciones ligeras que pueden reducir la posibilidad de elección de plantas para cultivo y requieren prácticas de manejo fáciles de aplicar, incluyendo las de conservación, para prevenir su degradación o para mejorar la relación agua-aire Las tierras de esta Clase son apropiadas para uso agrícola con cultivos transitorios, semiperennes, perennes y ganadería intensiva con pastos de alto rendimiento. Pueden requerir riego suplementario, algunas prácticas de conservación, obras de ingeniería para el manejo de las aguas de escorrentía o métodos especiales de laboreo. Las prácticas de manejo y conservación varían de un lugar a otro y dependen de las características del suelo, del clima local y del sistema de cultivo.
- **Clase 3**: La clase 3 agrupa tierras con moderadas limitaciones y restricciones para el uso por erosión, pendiente, suelo, humedad o daño, solos o combinados. Estas disminuyen las posibilidades de selección de cultivos y las épocas de siembra e implican prácticas adecuadas de labranza y cosecha. Estas tierras se pueden utilizar en agricultura con prácticas moderadas a intensivas de conservación y ganadería intensiva con pastos de alto rendimiento.
- **Clase 4**: Las tierras de la clase 4 tienen limitaciones severas que la restringen a cultivos específicos y exigen prácticas cuidadosas de manejo y conservación difíciles de aplicar y mantener. Se pueden utilizar en ganadería con pastos de buenos rendimientos y con un manejo técnico de los potreros. La agroforestería es una buena opción en los sectores de pendientes más pronunciadas, áreas erodadas y susceptibles al deterioro.
- **Clase 5**: La clase 5 es una clase potencial que tiene limitaciones severas para el uso que son factibles de modificar, disminuir o eliminar, con cierto grado de dificultad y con altos costos económicos. El uso de las tierras en estado natural se limita a agricultura y ganadería estacional escasamente tecnificada, agroforestería, conservación y preservación de los recursos naturales y ecoturismo. Las tierras de la clase 5, una vez adecuadas pasan a formar parte de las unidades por capacidad 2 a 4 dependiendo la efectividad de las obras para eliminar eficientemente las limitaciones originales.
- **Clase 6:** Las tierras de la clase 6 presentan limitaciones muy severas que, en términos generales, las hacen aptas únicamente para algunos cultivos semi perennes o perennes, semi densos y densos; también se pueden desarrollar sistemas agroforestales y forestales. La ganadería extensiva es un uso alternativo si se lleva a

efecto evitando el sobre pastoreo y con buen manejo de los potreros. La agricultura deberá desarrollarse bajo sistemas de manejo que incluyan prácticas de conservación de suelos tanto culturales como mecánicas, con cultivos adaptados a las condiciones ambientales de la región, con cobertura rastrera y de sombrío, como caña de azúcar, panela, café, cacao, frutales perennes y semi perennes, cítricos, aguacate, mango, granadilla y maracuyá.

- **Clase 7**: Las tierras de clase 7 presentan limitaciones fuertemente severas, que las hacen inadecuadas para cultivos; tienen aptitud forestal; el bosque tiene carácter protector, pero cuando las condiciones del relieve o la topografía y los suelos ofrecen suficiente profundidad efectiva para el anclaje y el desarrollo normal de las raíces de las especies arbóreas se puede hacer un uso sostenible del recurso forestal de tipo productor, excepcionalmente se pueden establecer sistemas agroforestales como el café con sombrío con prácticas de conservación de suelos y manejo de aguas tendientes a prevenir y controlar los procesos de erosión. La cobertura vegetal permanente de múltiples estratos es absolutamente necesaria dada la muy alta susceptibilidad de los suelos al deterioro. La ganadería debe ser excluida totalmente del área ocupada por las tierras de esta unidad de capacidad.
- **Clase 8**: Son tierras que por su vulnerabilidad extrema (áreas muy escarpadas) o por su importancia como ecosistemas estratégicos (páramo) para la regulación del recurso hídrico y por su interés científico, deben destinarse a la conservación de la naturaleza o a su recuperación en el caso de que hayan sido deterioradas. En la clase 8 se incluyen tierras misceláneas tales como: tierras malas (bad lands) o misceláneos erosionados, playas, dunas, glaciares, afloramientos rocosos, cárcavas, fosos de grava y de cantera, vaciaderos, cauces de ríos, tierras de ripio, minas de sal, tierras de escoria, calvas y tierras ubicadas a alturas superiores a los 3.600 m.s.n.m.

Las subclases agrupan tierras dentro de una clase que poseen el mismo número de factores y grados de restricciones. Están representadas por el número de la clase y letras minúsculas relacionadas con la principal limitación que presenta el suelo. En la **Tabla 5.1-23** se designan para cada limitación las letras correspondientes.

TABLA 5.1-23 DESIGNACIÓN PARA LAS SUBCLASES

ID	DESCRIPCIÓN
e	Indica la erosión presente en la superficie del suelo y su limitación correspondiente.
h	Designa la humedad excesiva dentro del perfil e insuficiencia en el drenaje.
s	Corresponde a limitaciones físicas o químicas propias de los suelos y que impide la penetración de las raíces y/o el laboreo.
c	Indica al clima como limitante por exceso o déficit de humedad, temperatura y/o luminosidad extremadamente baja.
p	Limitación del suelo por el gradiente de la pendiente que impide el laboreo y/o aumenta la susceptibilidad a la erosión.
e	Indica la erosión presente en la superficie del suelo y su limitación correspondiente.

Fuente: Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia, IGAC & Gobernación de Antioquia, 2007; adaptado por, UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

El grupo de manejo está integrado por grupos suficientemente parecidos en limitaciones particulares o específicas para que se les asigne los mismos y prácticas de manejo; la

productividad de los cultivos es similar. el grupo de manejo está integrado por la subclase, seguida por un guion y un número secuencial que indica el grupo climático (ver **Tabla 5.1-24**) al cual pertenecen.

TABLA 5.1-24 GRUPOS CLIMÁTICOS

NO.	CLIMA
1	Cálido seco
2	Cálido húmedo
3	Cálido húmedo a cálido seco
4	Cálido muy húmedo
5	Cálido húmedo y muy húmedo.
6	Templado muy húmedo
7	Templado húmedo y muy húmedo
8	Frío húmedo
9	Frío muy húmedo
10	Frío muy húmedo y húmedo.
11	Muy frío y muy húmedo
12	Cualquier clima

Fuente: Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia, IGAC & Gobernación de Antioquia, 2007; adaptado por, UT PLARE GEOESTUDIOS ,2023

La clasificación por capacidad de uso se determina a partir de factores físicos que integran aspectos propios de la tierra; según Malagón Castro en ella se integran condiciones de topografía (pendiente) y clima (exceso o déficit de lluvias, repartición y balances) (Malagón, 2014). Además, se tienen en cuenta otros factores como el grado de erosión, la profundidad efectiva, la textura y la permeabilidad del perfil. Se pueden apreciar estas características en la **Tabla 5.1-3** Clase por Grado de Pendiente y Clase por Grado de Erosión; además se integran otros aspectos físicos para su determinación, los cuales se aprecian en la **Tabla 5.1-25, Tabla 5.1-26 y Tabla 5.1-27**.

TABLA 5.1-25 PROFUNDIDAD EFECTIVA

GRADO	NOMINACIÓN	PROFUNDIDAD
1	Extremadamente profundo.	>1
2	Muy profundo.	0,99 – 0,75
3	Profundo.	0,75 – 0,50
4	Moderada.	0,50 – 0,35
5	Superficial.	0,35 – 0,15
6	Muy superficial.	0,14 0,03
7	Extremadamente superficial.	<0,02

Fuente: Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia, IGAC & Gobernación de Antioquia, 2007; adaptado por, UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-26 TEXTURA

GRADO	NOMINACIÓN	CLASE TEXTURAL
1	Moderadamente pesado.	Franco arcillosos, franco
2	Pesado.	Arcillo limoso, franco arcillo limoso

GRADO	NOMINACIÓN	CLASE TEXTURAL
3	Moderadamente ligero.	Arcillo arenoso, franco arcillo arenoso
4	Muy pesado.	Arcilloso
5	Superficial.	Limoso franco limoso.
6	Liviana.	Franco arenoso
7	Muy liviana.	Arenoso, arenoso franco

Fuente: Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia, IGAC & Gobernación de Antioquia, 2007; adaptado por, UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-27 PERMEABILIDAD

GRADO	NOMINACIÓN	VELOCIDAD (CM/HORA)
1	Moderadamente rápido.	<0,125
2	Lenta.	0,125 – 0,50
3	Moderadamente lenta.	0,50 -2,0
4	Moderada.	2,0 -6,25
5	Rápida.	6,25 – 12,50
6	Muy rápida.	15,50 – 25,0
7	Extremadamente rápida.	>25,0

Fuente: Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia, IGAC & Gobernación de Antioquia, 2007; adaptado por, UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

En la siguiente tabla se describen los Usos Potenciales o Capacidades de Uso identificadas en el área de influencia para el componente suelo. Por su parte, en la **Figura 5.1-12** se presenta la distribución geográfica del Grupo de Manejo de los usos potenciales identificados en el área de influencia (**Anexo_8_Cartografía/2175_EA P5.6_Uso potencial o capacidad de uso**).

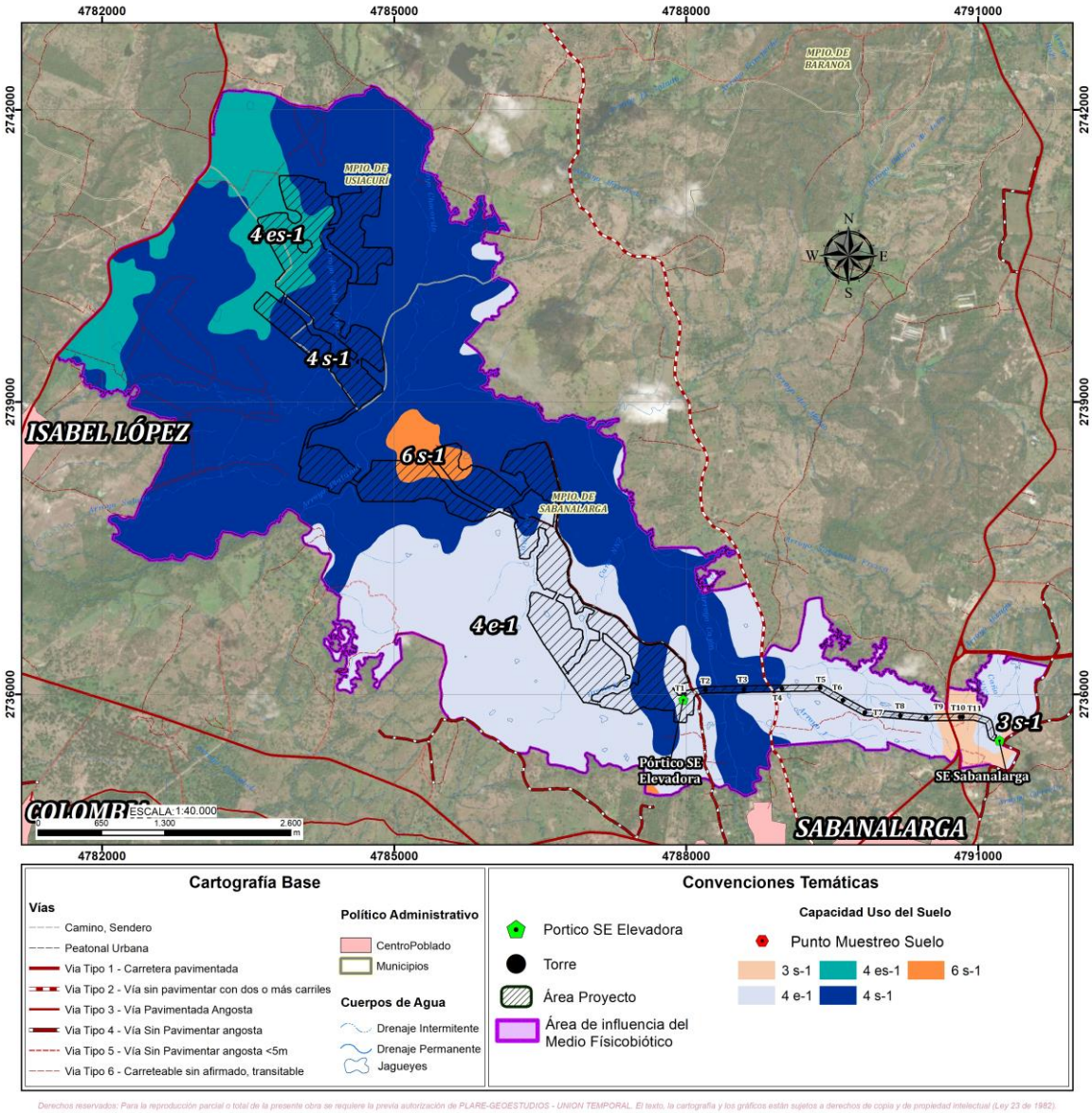
TABLA 5.1-28 USO POTENCIAL DEL SUELO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIOTICA DEL PROYECTO

SÍMBOLO CAPACIDAD DE USO	UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELOS	CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA			PRINCIPALES LIMITANTES PARA USO	USOS RECOMENDADOS/ USO PRINCIPAL	PRÁCTICAS DE MANEJO	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
		CLASE	SUB-CLASE	GRUPO DE MANEJO				(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
3 s-1	LWAb	3	s	1	Profundidad efectiva moderada por la presencia de horizontes duros y sales después de 70 cm, encharcamientos cortos durante los inviernos.	Agricultura con cultivos adaptados a las condiciones medioambientales de la región. Ganadería semi-intensiva con pastos mejorados.	Fertilización, riego en época de verano, labranza en condiciones óptimas de humedad de los suelos.	37,36	1,31	2,83	0,65
4 e-1	LWDd2 / LWDc2 / LWBc2	4	e	1	Erosión hídrica laminar en grado moderado; profundidad efectiva moderada por la presencia de sales y sodio y horizontes de consistencia dura	Combinación de cultivos semi-permanentes y permanentes con especies forestales, en las areas de menor pendiente pastoreo controlado	Se debe favorecer la regeneración vegetal natural para controlar los procesos erosivos. Efectuar lavado de sales dependiendo de la disponibilidad del agua.	884,59	31,10	121,70	27,97

SÍMBOLO CAPACIDAD DE USO	UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELOS	CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA			PRINCIPALES LIMITANTES PARA USO	USOS RECOMENDADOS/ USO PRINCIPAL	PRÁCTICAS DE MANEJO	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
		CLASE	SUB-CLASE	GRUPO DE MANEJO				(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
4 es-1	LWFc2	4	es	1	Erosión hídrica laminar en grado moderado, profundidad efectiva superficial por la presencia de sales y sodio	Pastoreo controlado, en las areas de menos pendiente cultivos transitorios de raíz corta.	Programas de reforestación combinados con la regeneración vegetal natural para controlar procesos erosivos. Efectuar lavado de sales dependiendo de la disponibilidad del agua.	231,44	8,14	45,02	10,35
4 s-1	LWJa / RWMa	4	s	1	Texturas finas y muy finas (arcillosas y arcillolimosas) Sales y sodio después de los 70 cm de profundidad, drenaje natural imperfecto y encharcamientos cortos durante el invierno	Agricultura con cultivos adaptados a las condiciones medioambientales de la región. Ganadería semi-intensiva con pastos mejorados.	Prácticas de manejo encaminadas a evitar la compactación y el encharcamiento como subsolado. Rotación de cultivos y praderas, fertilización, riego en época de verano, labranza en condiciones óptimas de humedad de los suelos. Efectuar lavado de sales dependiendo de la disponibilidad del agua.	1648,87	57,96	250,27	57,51
6 s-1	LWDc	6	s	1	Texturas gruesas (arenosa y arenosa franca) y muy baja retención de humedad del suelo	Ganadería mediante pastoreo controlado o actividades silvopastoriles.	Fertilización, adición de materia orgánica e incorporación de desechos vegetales.	42,34	1,49	15,39	3,54
ÁREA TOTAL								**2844,60**	**100,00**	**435,23**	**100,00**

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-12 DISTRIBUCIÓN USO POTENCIAL DEL SUELO ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

- **Subclase y grupo de manejo 3s-1**

Los suelos de esta clase tienen limitaciones y restricciones de uso moderadas, donde estas restricciones disminuyen la eficiencia de los cultivos, limitan la época de siembra, laboreo y cosecha. Pueden tener diversos usos, entre ellos cultivos con prácticas intensivas de conservación, pastos, reforestación y vida silvestre. Esta subclase tiene como limitante común el déficit de humedad durante un semestre.

En el área de influencia del componente suelo esta subclase se encuentra en las unidades cartográficas LWAb y LWDc localizadas en lomas y colinas con pendientes entre el 3 y 7% en clima cálido seco (Ver **Figura 5.1-12**). Además del clima, que es su principal limitante, debido a las bajas precipitaciones y alta evapotranspiración tienen profundidad efectiva moderada debido a la presencia de horizontes duros y sales después de los 70 cm de profundidad y encharcamientos durante el periodo de lluvias de corta duración.

Presentan aptitud para la agricultura con cultivos adaptados a las condiciones medioambientales de la zona y ganadería semi-intensiva con pastos mejorados. Requiere prácticas de manejo como aplicación de fertilizantes, establecer sistemas suplementarios de riego, regular prácticas de labranza según las condiciones de humedad y evitando el sobrepastoreo.

En el área de intervención, este grupo de manejo corresponde al 0,65% de su superficie y comprende toda la unidad cartográfica LWAb, las cuales se encuentran en las torres 6, 7, 9 y 10 además de la zona de pórtico y torre terminal de transición y una pequeña zona del bloque B. En el área de influencia del proyecto corresponde a un 1,31%.

- **Subclase y grupo de manejo 4e-1**

A esta subclase pertenecen las unidades de suelo localizadas principalmente en el paisaje de lomerío, en lomas y colinas de relieve ligeramente plano a moderadamente quebrado, con pendientes del 3 al 25% en clima cálido seco y erosión en grado moderado. En el área de influencia componente suelo se identifican las unidades cartográficas LWDd2, LWDc2 y LWBc2.

Además, estos suelos presentan restricciones para el uso por los procesos erosivos moderados, presencia de sales, sodio y horizontes de consistencia dura, sumado a las deficiencias climáticas por las bajas precipitaciones y alta evapotranspiración. También presentan potencialidad para cultivos semipermanentes y permanentes con especies forestales; en las áreas de menor pendiente pastoreo controlado y arborización de potreros; se debe favorecer la regeneración vegetal para controlar la erosión y efectuar lavado de sales dependiendo de la disponibilidad de agua.

Este grupo de manejo ocupa el 27,97% del área del intervención del proyecto y se identifica en un amplio porcentaje del Bloque C, y en el área de influencia fisicobiotica del proyecto ocupa un 31,10%.

- **Subclase y grupo de manejo 4es-1**

Este grupo de manejo se concentra sobre el paisaje de lomerío, en lomas y colinas bajas en relieve fuertemente inclinado, con pendientes de 12 a 25% en clima cálido seco y grado de erosión moderado. En el área de influencia del componente suelo se identifica la unidad cartográfica LWFc2.

Las principales limitaciones de estos suelos que restringen su uso están referidas a los procesos erosivos en grado moderado y la profundidad efectiva superficial debido a la presencia de sales y sodio.

Su uso debe estar orientado hacia el cultivo de productos de raíz corta en las áreas de menor pendiente; pastoreo controlado ejecutado con arborización de potreros; también

presenta aptitud para programas de reforestación combinadas con la revegetalización natural para el control de erosión y efectuar lavado de sales dependiendo de la disponibilidad de agua.

Este grupo de manejo ocupa el 10,35% del área de intervención y se localiza en las zonas correspondiente al Bloque A sobre la zona de colinas y lomas y en la zona donde se ubicará la línea de evacuación y un 8,14% del área de influencia del proyecto.

- **Subclase y grupo de manejo 4s-1**

Este grupo de manejo se manifiesta en los vallecitos del paisaje de lomerío y en la planicie aluvial en relieve plano a ligeramente inclinado con una pendiente hasta del 7%. Se presenta en clima cálido seco y no se aprecian procesos erosivos considerables. En el área de influencia del componente suelo se identifican las unidades cartográficas LWJa y RWMa.

Presenta limitaciones debido a profundidad efectiva superficial por la presencia de sales, sodio y horizontes compactados o de consistencia dura que impide el desarrollo adecuado de las raíces.

Presenta potencialidad para la agricultura con productos propios de la región; ganadería semi-intensiva con pastos mejorados y arborización de potreros. Para una maximización de la producción se requieren algunas prácticas de manejo como subsolado para evitar compactación y encharcamientos, rotación de cultivos y praderas, aplicación de fertilizantes, riego en época de verano, labranza en condiciones óptimas de humedad y lavado de sales dependiendo de la disponibilidad de agua.

Este grupo de manejo ocupa el 57,51% del área de intervención y se localiza en las zonas correspondientes al Bloque A, Bloque B y una fracción del Bloque C y un 57,96% del área de influencia del proyecto.

- **Subclase y grupo de manejo 6 s-1**

Se incluye dentro de este grupo de manejo la unidad de suelos LWDc, localizadas en relieve plano a moderadamente ondulado con pendientes entre 0 y 12%, en clima cálido seco de los paisajes de lomerío y planicie aluvial lacustre.

Los aspectos restrictivos son las texturas gruesas y la muy baja retención del suelo. En general, estas tierras deben utilizarse en ganadería, mediante pastoreo controlado o actividades silvopastoriles e implementando prácticas de manejo como fertilización, adición de materia orgánica e incorporación de desechos vegetales.

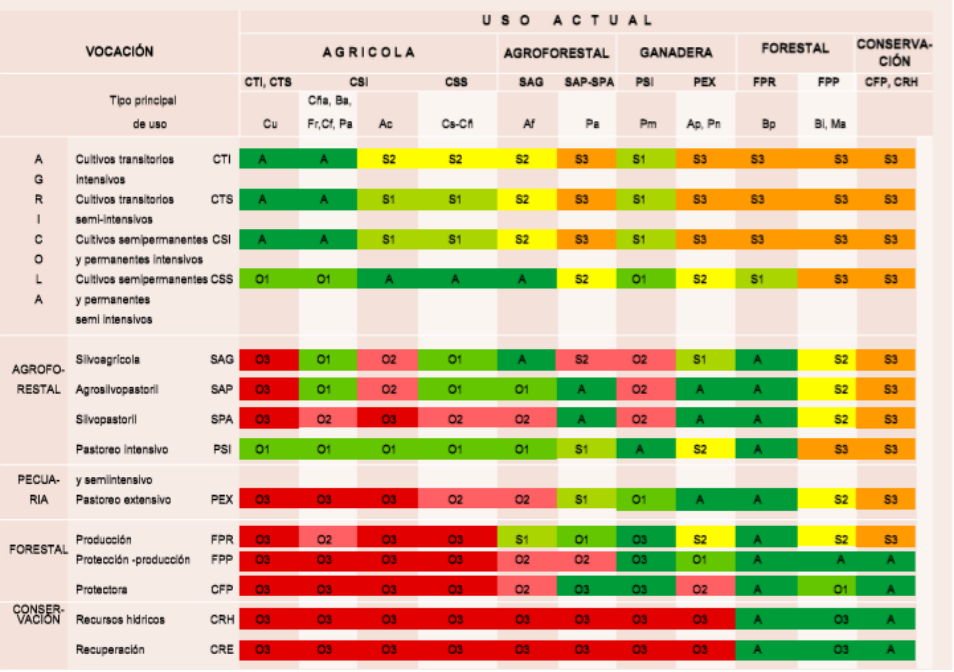
Este grupo de manejo ocupa un 3,54% del área de intervención del proyecto y un 1,49% del área de influencia del proyecto.

5.1.3.4 Conflicto uso del suelo

Para la definición de los conflictos de uso de las tierras se tuvieron en cuenta dos elementos: la oferta biofísica expresada por la capacidad de uso (uso potencial o uso principal) y la demanda actual, expresada como uso y cobertura actual de las tierras (uso actual del suelo). En este sentido, para la calificación de los conflictos se tuvo en cuenta el diagrama

propuesto por el INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC), INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA), (2002) [2]. (Ver **Figura 5.1-13**).

FIGURA 5.1-13 MATRIZ DE DECISIÓN PARA LA INTERPRETACIÓN DEL CONFLICTO DEL USO



VOCACIÓN			USO ACTUAL										
			AGRICOLA				AGROFORESTAL		GANADERA		FORESTAL		CONSERVA-CIÓN
			CTI, CTS	CSI		CSS	SAG	SAP-SPA	PSI	PEX	FPR	FPP	CFP, CRH
	Tipo principal de uso		Cu	Cfa, Ba, Fr,Cf, Pa	Ac	Cs-Cfi	Af	Pa	Pm	Ap, Pn	Bp	Bl, Ma	
AGRICOLA	Cultivos transitorios intensivos	CTI	A	A	S2	S2	S2	S3	S1	S3	S3	S3	S3
	Cultivos transitorios semi-intensivos	CTS	A	A	S1	S1	S2	S3	S1	S3	S3	S3	S3
	Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos	CSI	A	A	S1	S1	S2	S3	S1	S3	S3	S3	S3
	Cultivos semipermanentes y permanentes semi intensivos	CSS	O1	O1	A	A	A	S2	O1	S2	S1	S3	S3
AGROFO-RESTAL	Silvoagrícola	SAG	O3	O1	O2	O1	A	S2	O2	S1	A	S2	S3
	Agrosilvopastoril	SAP	O3	O1	O2	O1	O1	A	O2	A	A	S2	S3
	Silvopastoril	SPA	O3	O2	O3	O2	O2	A	O2	A	A	S2	S3
	Pastoreo intensivo	PSI	O1	O1	O1	O1	O1	S1	A	S2	A	S3	S3
PECUA-RIA	y semintensivo Pastoreo extensivo	PEX	O3	O3	O3	O2	O2	S1	O1	A	A	S2	S3
FORESTAL	Producción	FPR	O3	O2	O3	O3	S1	O1	O3	S2	A	S2	S3
	Protección -producción	FPP	O3	O3	O3	O3	O2	O2	O3	O1	A	A	A
	Protectora	CFP	O3	O3	O3	O3	O2	O3	O3	O2	A	O1	A
CONSER-VACIÓN	Recursos hídricos	CRH	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	O3	A
	Recuperación	CRE	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	O3	A

Fuente: INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC), INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Zonificación de los conflictos de uso de las tierras del país. Capítulo IV. Uso adecuado y conflictos de uso de las tierras en Colombia. Memoria explicativa. Bogotá. 2002. 106 p.

De acuerdo con la matriz de decisión se generaron las nuevas unidades cartográficas de conflicto de uso del suelo, que determinan áreas con uso adecuado y zonas con usos inadecuados por ser insostenibles biofísicamente. En el **Anexo_8_Cartografía/2175_EA P5.7_Conflictos de uso**, se presenta colores verdes para los usos adecuados o usos compatibles, amarillos para los conflictos por subutilización y los rojos para la sobreutilización en diferentes grados de intensidad. La intensidad de los conflictos se refiere al grado de afectación de las tierras debido al uso inadecuado o a la subutilización o sobreutilización de éstas, clasificándose en ligera, moderada o severa.

El mapa de conflictos de usos del suelo se generó de acuerdo con las categorías de uso recomendado y uso actual, para lo cual en la **Tabla 5.1-29** se presenta la evaluación de la oferta biofísica y la demanda actual del suelo, como resultante de la superposición (comparación) de los mapas de: capacidad de uso del suelo (Tipo de uso potencial) y uso actual del suelo (Tipo de uso actual).

[2] INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC), INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Zonificación de los conflictos de uso de las tierras del país. Capítulo IV. Uso adecuado y conflictos de uso de las tierras en Colombia. Memoria explicativa. Bogotá. 2002. 106 p

TABLA 5.1-29 CONFLICTOS DE USO DEL SUELO PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

CLASE / SUBCLASE/ GRUPO DE MANEJO	TIPO DE USO POTENCIAL (CAPACIDAD DE USO)*	TIPO DE USO ACTUAL*		CONFLICTOS DE USO DEL SUELO*	SÍMBOLO DEL CONFLICTO	CLASE / SUBCLASE/ GRUPO DE MANEJO	TIPO DE USO POTENCIAL (CAPACIDAD DE USO)*	TIPO DE USO ACTUAL*		CONFLICTOS DE USO DEL SUELO*	SÍMBOLO DEL CONFLICTO
3 s-1	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) - Pastoreo semi-intensivo (PSI)	Residencial	**ARE**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU	4 es-1	Pastoreo semi-intensivo (PSI) - Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) - Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	Residencial	**ARE**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU
		Industrial	**AIN**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU			Transporte	**ITR**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU
		Comercial	**ACO**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU			Pastoreo semi-intensivo	**PSI**	Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	A
		Industrial	**ILO**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU			Pastoreo extensivo	**PEX**	Por subutilización moderada (S2)	S2
		Transporte	**ITR**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU			Sistema forestal productor	**FPD**	Por subutilización severa (S3)	S3
		Cultivos permanentes semi-intensivos	**CPS**	Conflicto por subutilización ligera (S)	S1			Producción/Protección	**FPP**	Por subutilización severa (S3)	S3
		Pastoreo semi-intensivo	**PSI**	Conflicto por subutilización ligera (S)	S1	4 s-1	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) - Pastoreo semi-intensivo (PSI)	Residencial	**ARE**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU
		Pastoreo extensivo	**PEX**	Por subutilización severa (S3)	S3			Transporte	**ITR**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU
4 e-1	Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS) - Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) - Sistemas agrosilvopastoriles (ASP)	Residencial	**ARE**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU			Cultivos Transitorios semi-intensivos	**CTS**	Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	A
		Industrial	**AIN**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU			Pastoreo semi-intensivo	**PSI**	Conflicto por subutilización ligera (S)	S1
		Comercial	**ACO**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU			Pastoreo extensivo	**PEX**	Por subutilización severa (S3)	S3
		Industrial	**ILO**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU			Sistema forestal productor	**FPD**	Por subutilización severa (S3)	S3
		Transporte	**ITR**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU			Sistemas forestales protectores	**FPR**	Por subutilización severa (S3)	S3
		Cultivos Transitorios semi-intensivos	**CTS**	Por sobreutilización ligera (01)	O1			Producción/Protección	**FPP**	Por subutilización severa (S3)	S3
		Cultivos permanentes semi-intensivos	**CPS**	Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	A			Cuerpos de Agua Naturales	**CAN**	Cuerpos de agua (no suelo)- Conflicto no identificado (CA)	CA

CLASE / SUBCLASE/ GRUPO DE MANEJO	TIPO DE USO POTENCIAL (CAPACIDAD DE USO)*	TIPO DE USO ACTUAL*		CONFLICTOS DE USO DEL SUELO*	SÍMBOLO DEL CONFLICTO	CLASE / SUBCLASE/ GRUPO DE MANEJO	TIPO DE USO POTENCIAL (CAPACIDAD DE USO)*	TIPO DE USO ACTUAL*		CONFLICTOS DE USO DEL SUELO*	SÍMBOLO DEL CONFLICTO
4 e-1	Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS) - Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) - Sistemas agrosilvopastoriles (ASP)	Pastoreo semi-intensivo	**PSI**	Por sobreutilización ligera (01)	O1	6 s-1	Pastoreo semi-intensivo (PSI) - Sistemas silvopastoriles (SPA)	Residencial	**ARE**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU
		Pastoreo extensivo	**PEX**	Por subutilización moderada (S2)	S2			Transporte	**ITR**	Conflicto no identificado (ZU)	ZU
		Sistema forestal productor	**FPD**	Por subutilización severa (S3)	S3			Pastoreo semi-intensivo	**PSI**	Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	A
		Sistemas forestales protectores	**FPR**	Conflicto por subutilización ligera (S)	S1						
		Producción/Protección	**FPP**	Por subutilización severa (S3)	S3						

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Los conflictos de uso presentes en el área de influencia fisicobiotica y en el área de intervención del proyecto se presentan en la **Tabla 5.1-30** y en **Figura 5.1-14.**

TABLA 5.1-30 UNIDADES DE CONFLICTO USO DEL SUELO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIOTICA DEL PROYECTO

SÍMBOLO	CONFLICTOS DE USO DEL SUELO*	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIOTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
		(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
A	**Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado (A):** Tierras en que los usos actuales guardan total concordancia respecto de la capacidad de uso de las tierras, sin presentar el recurso suelo deterioro de significancia, permitiendo mantener las actividades productivas o desarrollar nuevas, sin deteriorar la base natural de los recursos	230,50	8,10	43,70	10,04
S1	**Conflicto por subutilización ligera (S1**): Tierras en las que el uso actual, están próximas a la capacidad de uso de tierras, 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 menor al potencial de los suelos.	1123,66	39,50	175,87	40,41
S2	**Por subutilización moderada (S2):** Tierras cuyo uso actual está por debajo, en dos niveles de la clase de vocación de uso principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras.	74,32	2,61	3,24	0,74
S3	**Por subutilización severa (S3**): Tierras cuyo uso actual está muy por debajo, en tres o más niveles de la clase de vocación de uso principal recomendada.	771,58	27,12	95,33	21,91
O1	**Por sobreutilización ligera (O1)**: Tierras cuyo uso actual está cercano al uso principal, pero que se ha evaluado con un nivel de intensidad mayor al recomendado y por ende al de los usos compatibles.	593,09	20,85	115,29	26,49
CA	**Cuerpos de agua (no suelo)-Conflicto no identificado (CA):** Hace referencia a áreas donde no se registran usos agropecuarios. Dentro de estas categorías se identifican los cuerpos de agua.	0,24	0,01	-	-
ZU	**Modelado Antrópico (no suelo)-Conflicto no identificado (ZU):** Hace referencia a áreas urbanas donde no se registran usos agropecuarios. Dentro de estas categorías se identifican los usos de: Residencial, Recreacional, Industrial , Materiales de construcción, Minerales energéticos, Canales y Transporte,.	51,21	1,80	1,77	0,41
ÁREA TOTAL		**2844,60**	**100,00**	**435,23**	**100,00**

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

De acuerdo con lo anterior, en las áreas de influencia e intervención del proyecto se presentan conflictos por subutilización severa, al encontrarse suelos con capacidad de uso en agrícola y pastoreo semi-intensivo que son utilizados en sistemas forestales protectores, ocupando el 27,12% del área de influencia y el 21,91% del área de intervención del proyecto.

Se presentan conflictos por subutilización moderada, al encontrarse suelos con capacidad de uso agrícola y pastoreo semi-intensivo que son utilizados en cultivos transitorios semi-intensivos, ocupando el 2,61% del área de influencia del proyecto 0,74% en el área de intervención del proyecto.

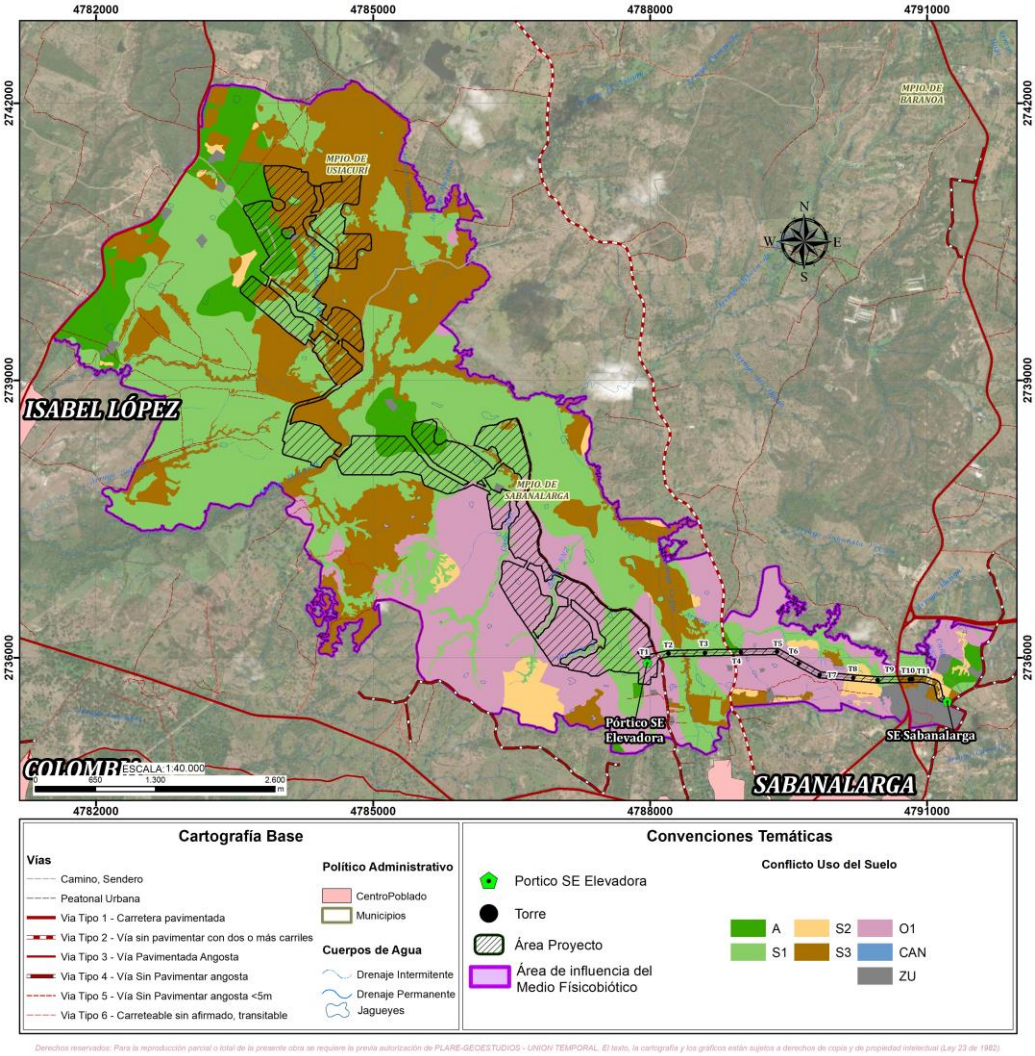
Se presentan conflictos por subutilización ligera, al encontrarse suelos cuyo uso potencial es agrícola y pastoreo semi-intensivo, que actualmente son utilizados en sistemas forestales producción/protección, ocupando el 39, 50% del área de influencia y el 40,41% del área de intervención del proyecto.

En las áreas de influencia e intervención del proyecto se presentan conflictos por sobreutilización ligera, al encontrarse suelos con capacidad de uso agrícola y ganadería semi-intensiva que son utilizados en pastoreo extensivo, ocupando el 20,85% del área de influencia y el 26,49% del área de intervención del proyecto.

Las tierras sin conflicto de uso o uso adecuado se da esta calificación a las tierras donde el agroecosistema dominante guarda correspondencia con la vocación de uso principal o con un uso compatible. El uso actual no causa deterioro ambiental, lo cual permite mantener actividades adecuadas y concordantes con la capacidad productiva natural de las tierras. En el caso del área de influencia del proyecto dado sus características, se presenta un uso adecuado cuando el uso potencial agrícola y de pastoreo semi-intensivo coincide con el uso actual en pastoreo semi-intensivo, ocupando el 8,10% del área de influencia fisicobiotica del proyecto y un 10,04% del área de intervención.

Finalmente, el 1,81% restante del área de influencia se encuentra ocupado por espacios de moldeado antrópico (ZU) (1,80% para el AI fisicobiotica y 0,41% para el área de intervención) y cuerpos de agua (0,01% para el AI fisicobiotica), donde no se registran usos agropecuarios, por tanto, no se identifican conflictos de uso del suelo.

FIGURA 5.1-14 UNIDADES DE CONFLICTO USO DEL SUELO ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.4 Hidrología

5.1.4.1 Aspectos climáticos

Para la Modificación de Licencia Ambiental del proyecto "Atlántico Fotovoltaic", se consideró necesario actualizar la información meteorológica del área de estudio, con base en los datos existentes en el IDEAM (**Anexo_3_Soporte Técnico/3.5_Hidrologìa y Clima**), de estaciones localizadas en los municipios de Sabanalarga y Usiacurí en el departamento del Atlántico. Se seleccionaron las siguientes estaciones, como representativas para el análisis climático del proyecto, ya que se encuentran localizadas a menos de 3 km del área del proyecto.

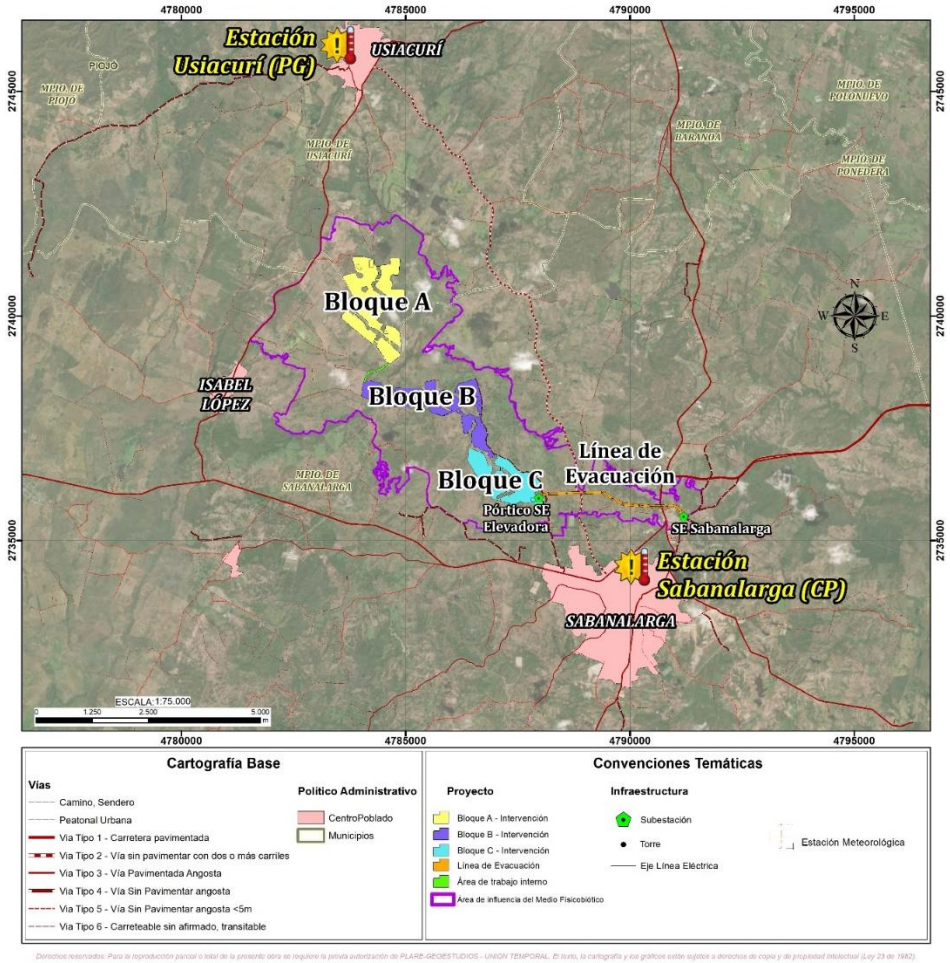
En la **Tabla 5.1-31** se presentan las características generales de estas estaciones y en la **Figura 5.1-15** se observa la localización de cada estación con respecto al área del proyecto.

TABLA 5.1-31 ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS

No	ESTACIÓN	CÓDIGO	TIPO	MUNICIPIO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ALTURA (msnm)
					ESTE	NORTE	
1	Sabanalarga	29045000	CP	Sabanalarga	4.790.053	2.734.410	100
2	Usiacurí	29040240	PG	Usiacurí	4.783.498	2.746.025	100

Fuente: IDEAM-2023, CP: Climática Principal, PG: Pluviográfica

FIGURA 5.1-15 LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.4.1.1 Parámetros Climáticos

Los parámetros climáticos analizados son: Temperatura, con base en la información existente en el EIA de proyecto, precipitación con base en la información existente en

IDEAM, la cual corresponde al período de observación comprendido entre el año 2000 y el año 2019 (información del 2019 a 2023 inexistente). Análisis de vientos con base en información de la estación Sabanalarga. De otro lado, se consultaron valores mensuales de radiación solar correspondientes al área del proyecto Atlántico Fotovoltaico, mediante información obtenida del Manual de Radiación Solar en Colombia[3] , Datos de la NASA [4] y Atlas de radiación Solar en Colombia[5]. Finalmente, se establece la clasificación climática del área de estudio mediante la teoría de Caldas-Lang (Atlas Climatológico de Colombia, 2005), la cual utiliza parámetros como altitud, temperatura y precipitación del lugar de interés.

- **Temperatura**

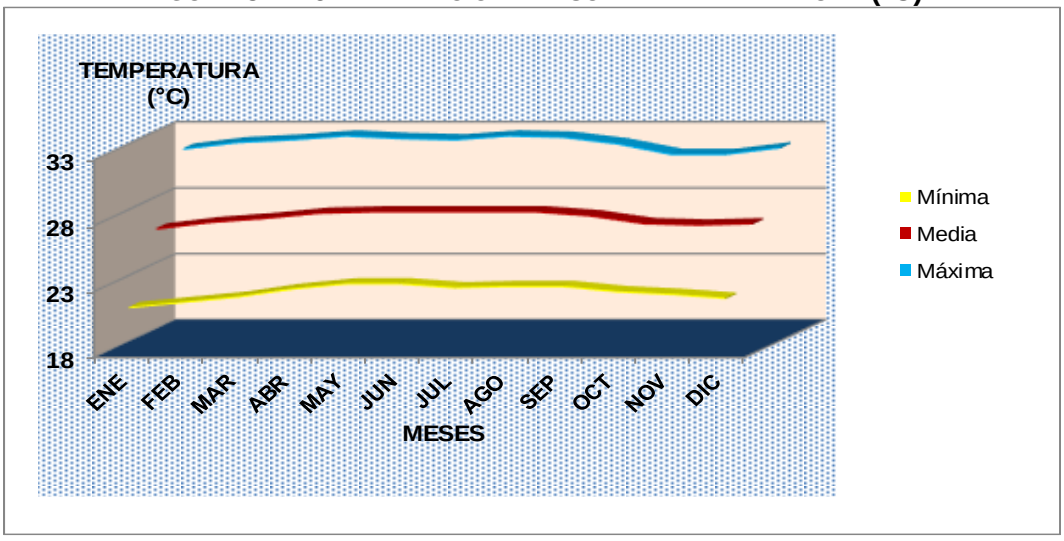
La temperatura promedio anual de la zona del proyecto es de 27,3 °C la cual oscila anualmente entre 26,5°C en el mes de enero y 27,8°C en los meses de mayo, junio, julio y agosto. La temperatura mínima registrada fue de 21,5°C en el mes de enero y la máxima de 32,6°C presentada en los meses de abril y julio. En la **Tabla 5.1-32** y en la **Figura 5.1-16** se presenta la distribución mensual de temperatura a través del año.

TABLA 5.1-32 DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE TEMPERATURA (°C)

PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Temperatura Media	26,5	27,0	27,3	27,7	27,8	27,8	27,8	27,8	27,5	26,9	26,8	26,9	27,3
Temperatura Mínima	21,5	21,9	22,3	22,9	23,3	23,3	23,0	23,1	23,1	22,7	22,5	22,2	21,5
Temperatura Máxima	31,6	32,1	32,3	32,6	32,4	32,3	32,6	32,5	32,0	31,2	31,2	31,7	32,6

Fuente: ENEL EIA, 2021

FIGURA 5.1-16 VARIACIÓN MENSUAL DE TEMPERATURA (°C)



Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

[3] Fabio González y H. Rodríguez. 1992. Manual de Radiación Solar en Colombia. U. Nacional de Colombia. Bogotá.
[4] NASA. https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/, junio 9 de 2023
[5] IDEAM, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y UPME. 2005. Bogotá

- **Precipitación**

La circulación atmosférica en el área de intervención del proyecto, se caracteriza por la influencia de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) y los vientos alisios del noreste, los cuales reflejan la distribución de lluvias durante todo el año. El régimen de precipitación se estableció de acuerdo con la información obtenida en las estaciones de Sabanalarga y Usiacurí, ambas localizadas muy cerca del área del proyecto.

La distribución mensual de las lluvias en el área de ubicación del parque solar Atlántico Fofovoltáic, es de tipo Unimodal, ya que se identifican dos periodos a través del año, un período de lluvias escasas durante los meses de enero, febrero, marzo y diciembre; en el cual la precipitación oscila entre 4.3 mm en el mes de febrero y 44 mm en el mes de diciembre. El segundo período corresponde a la temporada de lluvias de mayor intensidad, durante los meses de abril a noviembre de cada año, en los que se observa que octubre y noviembre son los meses de mayor precipitación en el sector de Sabanalarga (Bloque B y C del proyecto) con precipitaciones mensuales que oscilan entre 203,6 mm y 142,4 mm; y en el sector del municipio de Usiacurí en el Bloque A del proyecto, las precipitaciones más altas del año, se registran en los meses de septiembre y octubre, con valores que oscilan entre 159,5 mm y 147,2 mm.

La precipitación total anual registrada en el municipio de Usiacurí y en el área del Bloque A del proyecto, es de 1124 mm y en el municipio de Sabanalarga donde se ubican los Bloques B y C del proyecto, la precipitación tiene un leve incremento, ya que se registra un total anual de 1203 mm.

En la **Tabla 5.1-33** y en la **Figura 5.1-17** se presenta la distribución mensual de precipitación en el área del proyecto Atlántico Fotovoltaico. La precipitación máxima en 24 horas, registrada durante todo el período de observación, es de 130 mm en la estación de Usiacurí, y de 177 mm en la estación de Sabanalarga. (ver **Tabla 5.1-34**).

TABLA 5.1-33 DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE PRECIPITACIÓN (MM)

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Sabanalarga	7,6	4,3	24,6	101,3	139,8	129,3	138,0	136,9	130,8	203,6	142,4	44,0	1203
Usiacurí	8,21	4,9	22,2	89,3	125,2	113,7	131,8	142,1	159,5	147,2	143,6	36,7	1124

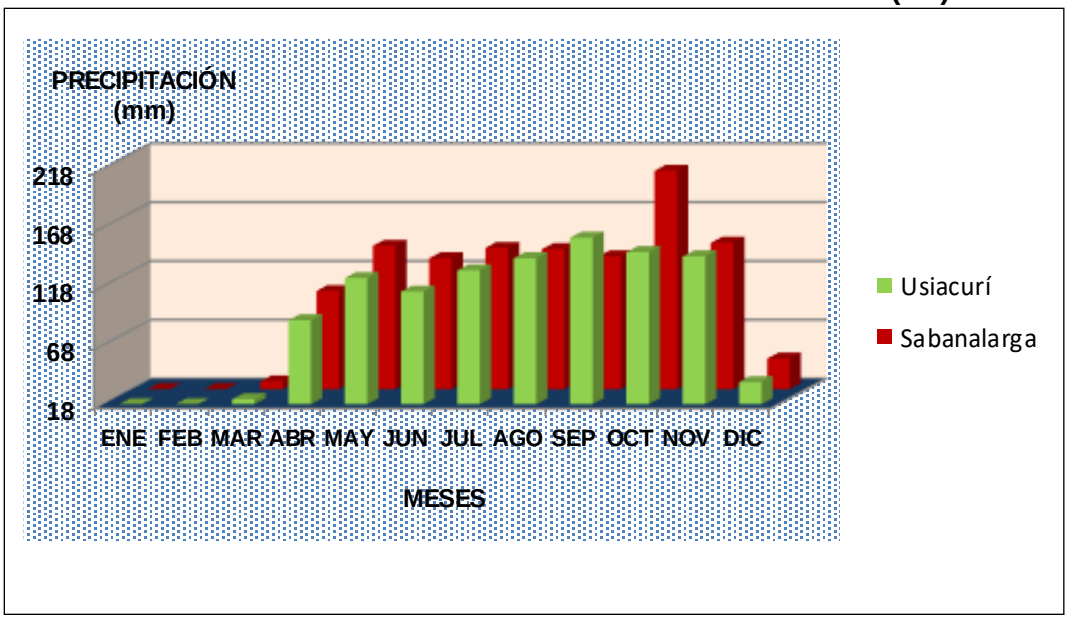
Fuente: IDEAM-2023

TABLA 5.1-34 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Sabanalarga	34	32	44	81	86	73	79	110	80	177	116	65	177
Usiacurí	45	32	61	102	68	79	130	100	110	106	75	67	130

Fuente: IDEAM-2023

FIGURA 5.1-17 DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE PRECIPITACIÓN (MM)



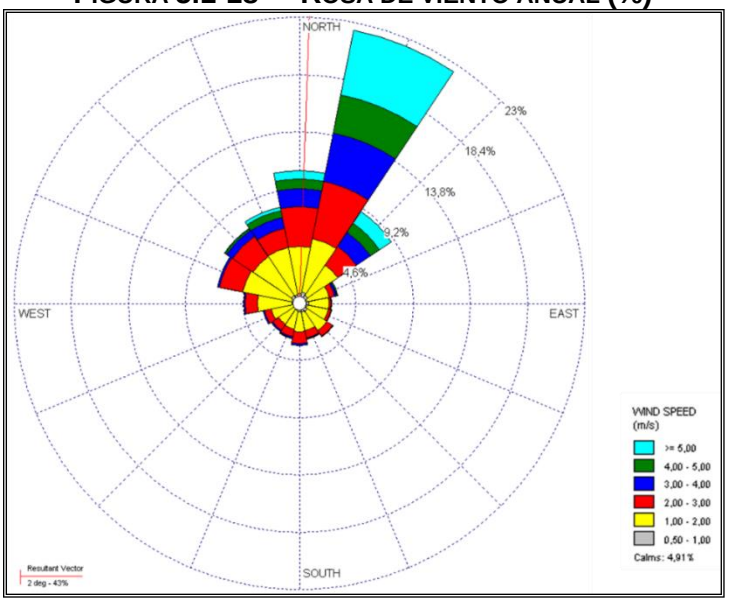
Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

- **Vientos**

El análisis del viento se realiza con base en la información existente en la estación Sabanalarga, con la cual se elabora la rosa de viento anual, la cual se presenta en la **Figura 5.1-18**. De esta Figura, se observa que, la dirección de donde provienen los vientos en la mayor parte del año son los vientos del Nor-noreste (NNE) con un 23 % de frecuencia, le siguen en importancia los vientos provenientes del Norte (N) con 10 % de frecuencia, los vientos del Noreste (NE) con 9,2 % de frecuencia, las demás direcciones se presentan con una frecuencia menor.

La velocidad mensual del viento en el área de intervención del proyecto, oscila entre 1,5 m/s y 5,3 m/s, con un promedio anual de 2,10 m/s, la cual se clasifica de acuerdo a la escala de Beaufort (**Tabla 5.1-35**) como brisa muy débil (0,9 m/s a menores de 2,4 m/s). La velocidad máxima del viento, se presenta por lo general los primeros meses del año y su valor máximo fue de 5,3 m/s, clasificada como brisa moderada (4,4 m/s a menores de 6,7 m/s). La velocidad mínima registrada fue de 1,5 m/s, clasificada también como como brisa muy débil de acuerdo a la escala de Beaufort, y se presenta por lo general durante los meses de mayo a septiembre de cada año. En la **Tabla 5.1-36** y en la **Figura 5.1-19** se presenta la distribución mensual de la velocidad del viento.

FIGURA 5.1-18 ROSA DE VIENTO ANUAL (%)



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-35 ESCALA DE BEAUFORT PARA LA FUERZA DEL VIENTO

Escala Beaufort para la Fuerza del Viento, con Indicación de las Velocidades Equivalentes en Met.ros por Segundo

ESCALA	Velocidad Promedio m/s.	CARACTERÍSTICAS
0	0.1	Calma; el humo sube verticalmente
1	0.9	Ventolina; la dirección se muestra por la dirección del humo. Las veletas no alcanzan a moverse.
2	2.4	Brisa muy débil; se siente el viento en la cara, las hojas de los árboles se mueven; las veletas giran lentamente.
3	4.4	Brisa débil; las hojas y las ramas pequeñas se mueven constantemente; el viento despliega las banderas.
4	6.7	Brisa moderada; se levanta el polvo y los papeles del suelo; se mueven las ramas pequeñas de los árboles.
5	9.4	Brisa fresca: los árboles pequeños se mueven; se forman olas en las aguas quietas.
6	12.3	Brisa fuerte; se mueven las ramas grandes de los árboles; los paraguas se mantienen con dificultad.
7	15.5	Viento fuerte; los árboles grandes se mueven; se camina con dificultad contra el viento.
8	19.0	Viento muy fuerte; se rompen las ramas de los árboles, no se puede caminar en contra del viento.
9	22.6	Viento muy fuerte; el viento arranca tejados y chime , se caen arbustos; ocurren daños fuertes en las plantaciones
10	26.4	Temporal huracanado; raro en los continentes. Arranca los árboles y las viviendas sufren daños muy importantes.
11	30.5	Borrasca
12	32.7 o más	Huracán

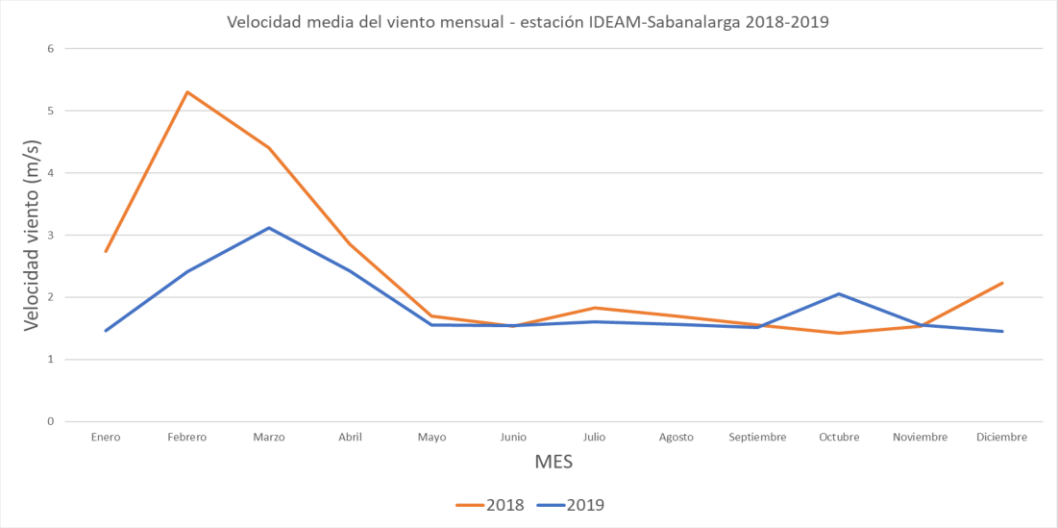
FUENTE: Atlas Climatológico IDEAM

TABLA 5.1-36 VELOCIDAD DEL VIENTO MENSUAL (M/S)

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Velocidad media	2,15	3,9	3,75	2,6	1,6	1,5	1,65	1,6	1,5	1,75	1,5	1,8	2,10

Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-19 VELOCIDAD DEL VIENTO MENSUAL (M/S)



Fuente: ATLANTIC PHOTOVOLTAIC, EIA 2021 adoptado por UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

- **Radiación Solar**

La información de radiación solar en el área del proyecto, se consultó en tres (3) fuentes importantes como son: Manual de Radiación Solar en Colombia, datos de la NASA y mapas de radiación solar consultados en el Atlas de Radiación Solar en Colombia. La información obtenida y procesada, se refleja en la **Tabla 5.1-37**, en la cual se presentan los valores mensuales y anuales de radiación solar, registrados en el área de los municipios de Sabanalarga y Usiacurí.

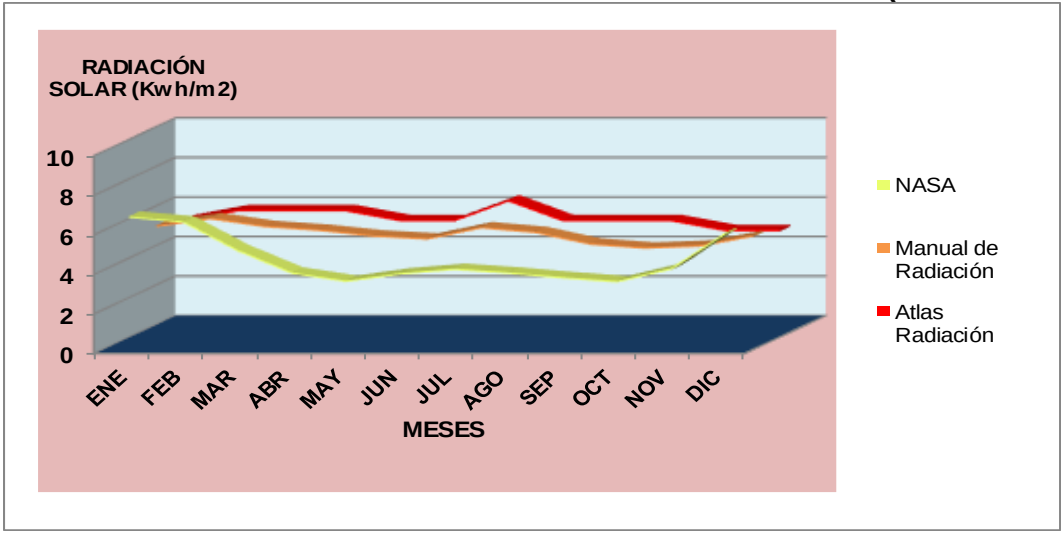
La radiación solar promedio anual, teniendo en cuenta las tres (3) fuentes de información consultadas, oscila entre 4,52 y 5,25 Kwh/m^2/día. El régimen de radiación solar es inversamente proporcional al régimen de lluvias, es decir, que en los meses de mayores lluvias (octubre), la radiación es menor y viceversa en los meses de menores lluvias (febrero), la radiación solar es mayor. En la **Figura 5.1-20**, se presenta la distribución mensual y la variación a lo largo del año de este parámetro climático.

TABLA 5.1-37 RADIACIÓN SOLAR MENSUAL (KWH/M2)

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Estación Normal Manatí (Manual de Radiación Solar)	5,60	5,99	5,59	5,40	5,11	4,96	5,53	5,29	4,70	4,50	4,60	5,10	5,20
Estación Merra-2 (NASA-POWER SERES)	6,71	6,46	5,02	3,88	3,46	3,84	4,07	3,88	3,64	3,44	4,09	5,89	4,52
Atlas de Radiación Solar	5,25	5,75	5,75	5,75	5,25	5,25	6,25	5,25	5,25	5,25	4,75	4,75	5,25

Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-20 DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE RADIACIÓN SOLAR (KWH/M2



Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

- **Clasificación Climática**

La clasificación climática de Caldas fue ideada por Francisco José de Caldas en 1802; esta clasificación considera parámetros como la altitud del lugar y la temperatura. La clasificación de Richard Lang establecida en 1915 utiliza la relación existente entre la precipitación y la temperatura del lugar de interés. En el área del proyecto se estableció la clasificación climática de Caldas-Lang, teniendo en cuenta los valores de temperatura de la estación Sabanalarga y de precipitación de las estaciones Usiacurí y Sabanalarga, cuyos resultados muestran que en área de localización del parque Fotovoltaico Atlántico, se presenta un clima Cálido Semiárico (Csa). (ver **Tabla 5.1-38**).

TABLA 5.1-38 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA SEGÚN CALDAS-LANG

ALTITUD (m.s.n.m.)	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	CALDAS	LANG	CALDAS-LANG
0 a 1000	1124	27,3	Cálido (C)	Semiárido (sa)	Cálido Semiárido (Csa)
0 a 1000	1203	27,3	Cálido (C)	Semiárido (sa)	Cálido Semiárido (Csa)

Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

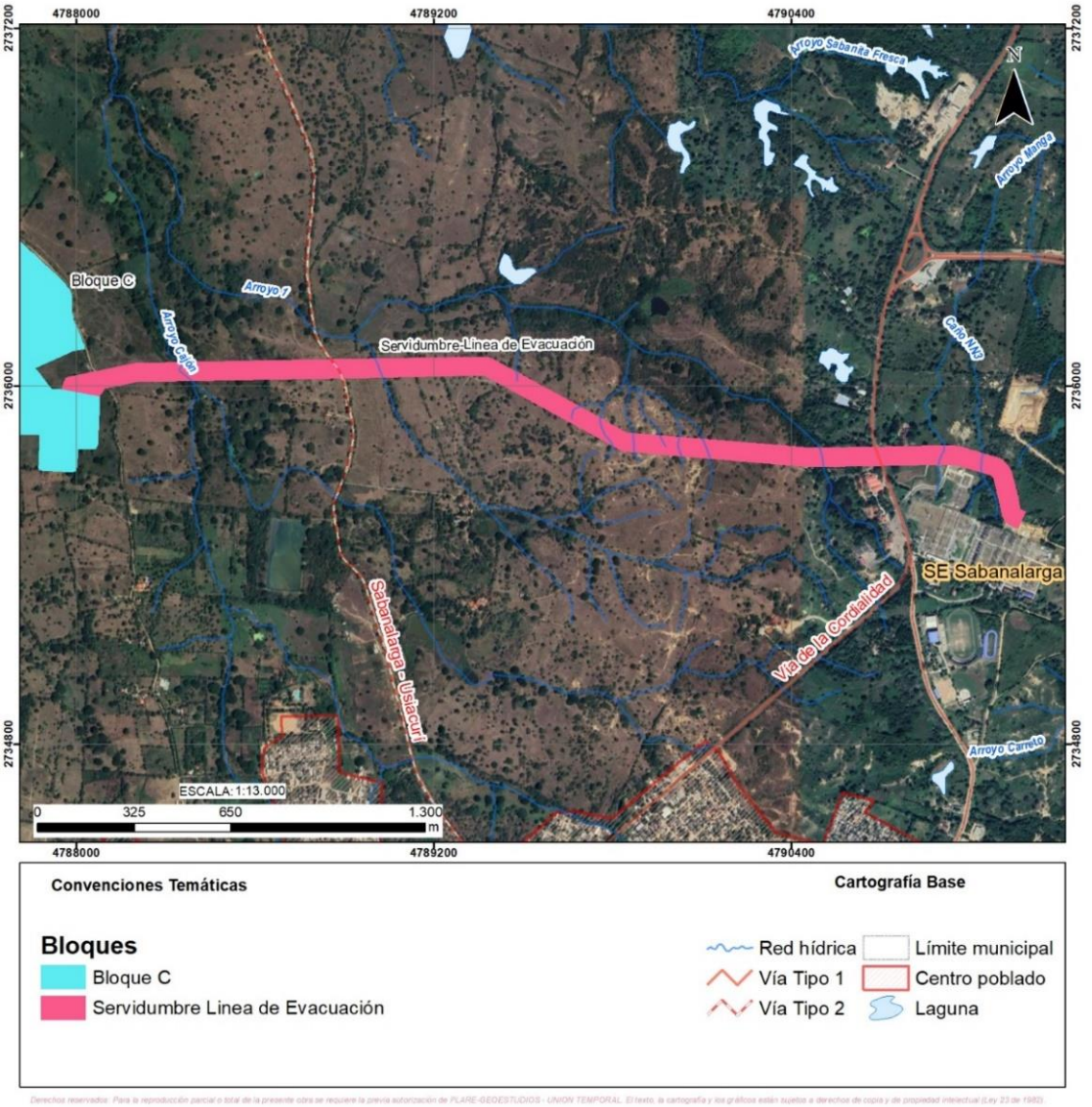
5.1.4.2 Aspectos hidrológicos

En el aspecto hidrológico, se realiza la descripción de la línea base hidrológica, referida principalmente a la red de drenaje, distribución hidrográfica, morfometría, cálculo de caudales de las corrientes e inventario de usos y usuarios del agua. Estas actividades se desarrollan en el área de influencia físicobiótica del proyecto, la cual se encuentra localizada en el sector central del departamento del Atlántico en los municipios de Sabanalarga y Usiacurí.

5.1.4.2.1 Sistema Léntico

El sistema léntico natural identificado en el área influencia, se refiere básicamente, al sistema de lagunas pequeñas asociadas a cauces de agua como las observadas en el sector norte de la vía sur y de la línea de evacuación de energía. Ver **Figura 5.1-21**. Adicionalmente en el sector del bloque A del proyecto, se identifican unas zonas húmedas de bajos inundables, las cuales toman mayor importancia con la temporada de lluvias. Ver **Figura 5.1-22**.

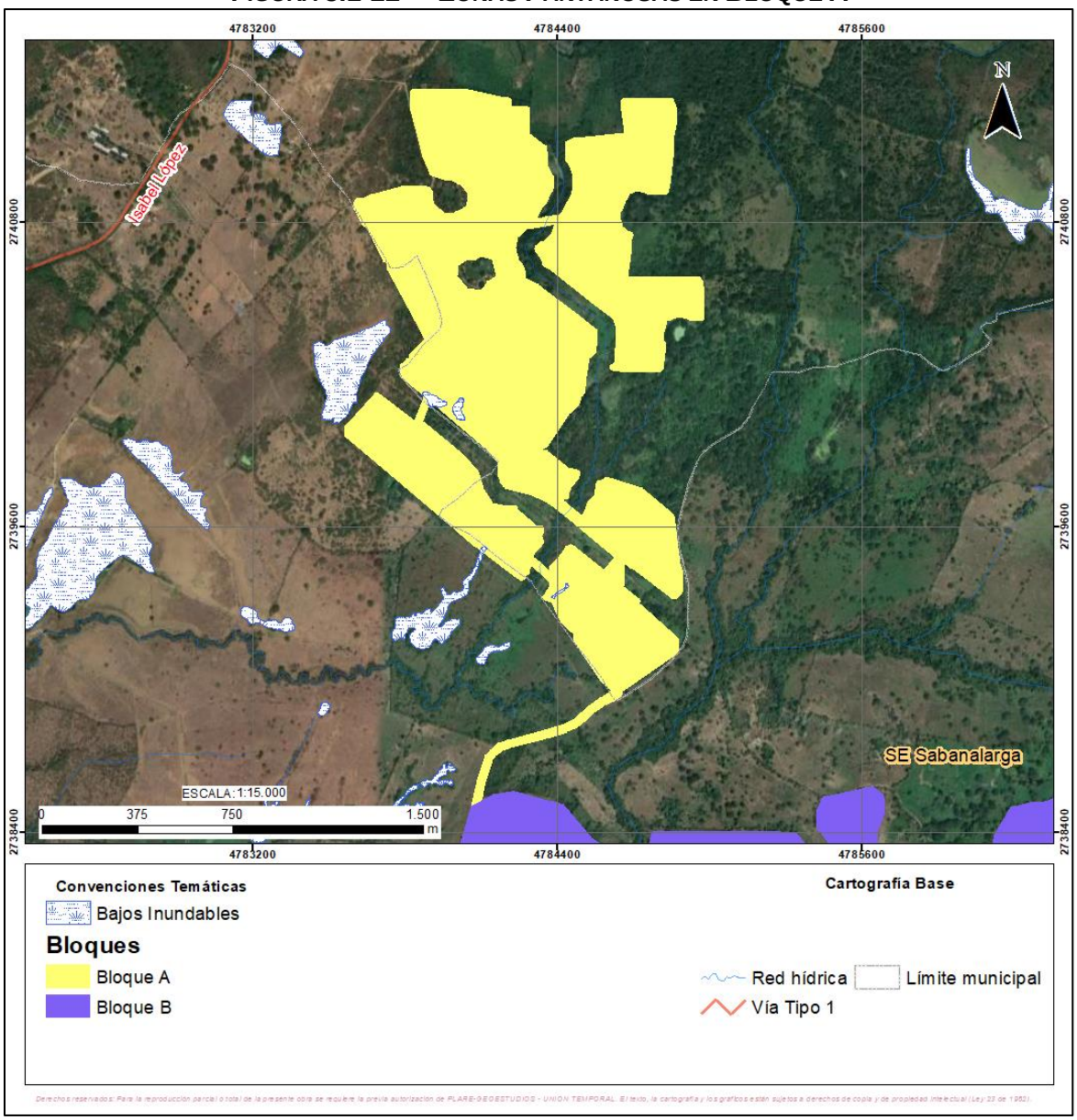
FIGURA 5.1-21 LAGUNAS ASOCIADAS A CAUCES EN SECTOR DE LÍNEA DE EVACUACIÓN



Derechos reservados. Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: Mapa IGAC y UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-22 ZONAS PANTANOSAS EN BLOQUE A



Fuente: Mapa IGAC y UT PLARE-GEOESTUDIOS 2023

En las **Fotografía 5.1-18** y **Fotografía 5.1-19** se presentan las características de estas zonas pantanosas.

FOTOGRAFÍA 5.1-18 BAJO INUNDABLE SECTOR SUR BLOQUE A 4783940 E – 2740106 N



FOTOGRAFÍA 5.1-19 BAJO INUNDABLE SECTOR CENTRAL DEL BLOQUE A 4783946 E – 2740079 N



Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

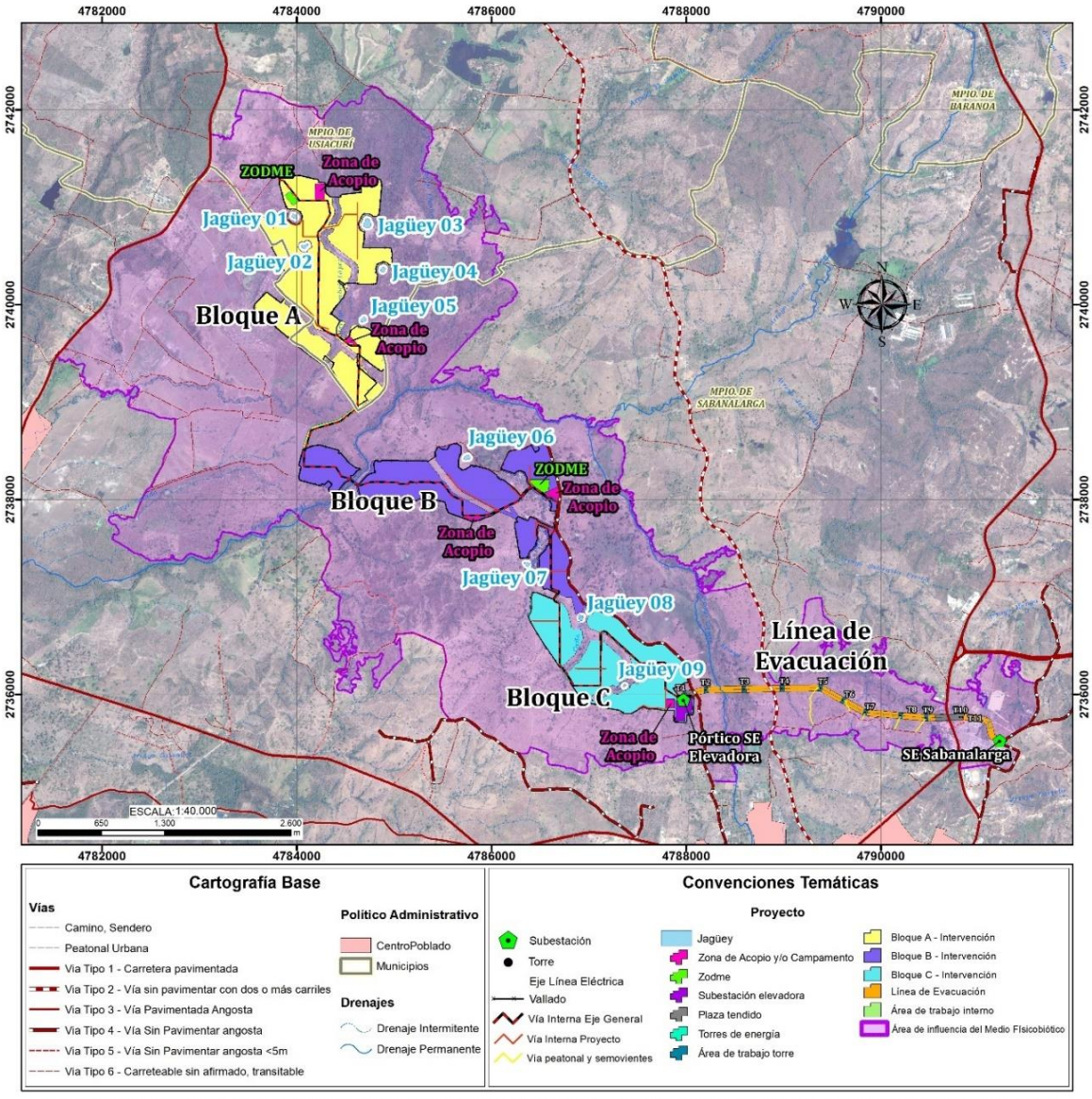
Como sistema léntico de tipo artificial, se identificaron numerosos jagueyes o excavaciones hechas por el hombre con el objetivo de almacenar agua principalmente para el abrevadero del ganado. En el área de influencia del proyecto, se identificaron algunos jagueyes, los cuales se referencian en la **Tabla 5.1-39** y su localización se presenta en la **Figura 5.1-23.** Adicionalmente en las **Fotografía 5.1-20** a **Fotografía 5.1-22**, se presentan las características de algunos de los jagueyes visitados.

TABLA 5.1-39 JAGUEYES IDENTIFICADOS EN EL ÁREA DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO

JAGUEY	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ÁREA (m2)	MUNICIPIO
	ESTE	NORTE		
1	4784724,009	2740834,779	5287,63	Usiacurí
2	4786920,996	2736785,139	1810,36	Sabanalarga
3	4786361,814	2737333,914	1535,69	Sabanalarga
4	4787365,475	2736087,068	574,77	Sabanalarga
5	4785749,57	2738431,945	2420,94	Sabanalarga
6	4784683,943	2739848,056	2188,51	Usiacurí
7	4784886,222	2740360,741	1998,84	Usiacurí
8	4784081,377	2740599,352	2043,26	Usiacurí
9	4783975,186	2740905,541	1746,96	Usiacurí

Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-23 LOCALIZACIÓN DE JAGUEYES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

FOTOGRAFÍA 5.1-20 JAGÜEY EN EL BLOQUE B, CERCANO AL CAÑO NN 1
COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL
4786126 E – 2738221 N



FOTOGRAFÍA 5.1-21 JAGÜEY EN EL BLOQUE C, CERCANO AL CAÑO NN 2
COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL
4786938 E – 2736811 N



FOTOGRAFÍA 5.1-22 JAGÜEY EN EL SECTOR DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN Y EN LOS ALREDEDORES DE LA TORRE-4
COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL
4789053 E 2736001 N

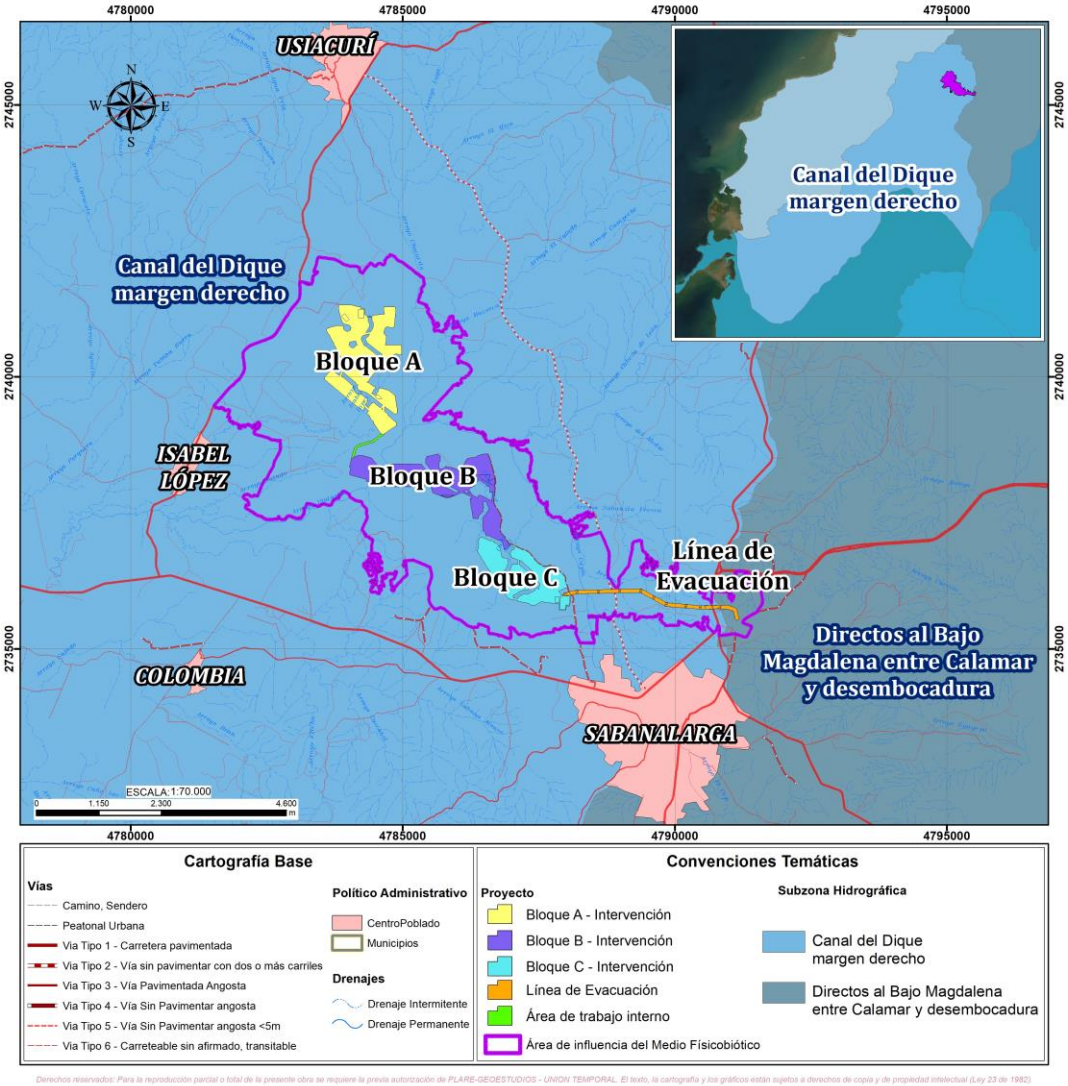


Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

5.1.4.2.2 Sistema Lotico

El sistema hídrico lótico del área de ubicación del proyecto, se localiza en el área hidrográfica Magdalena-Cauca, en la zona hidrográfica Bajo Magdalena y en la sub-zona hidrográfica Bajo Magdalena-Canal del Dique; de acuerdo a la distribución establecida en el decreto 1640 de agosto 2 de 2012, título I Art.4, el cual trata de la estructura para la planificación, ordenación y manejo de cuencas del país, desarrollado por el IDEAM y emitido por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible(hoy MADS). En la **Figura 5.1-24** se observa la localización geográfica de la sub-zona hidrográfica Bajo Magdalena-Canal del Dique.

FIGURA 5.1-24 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE SUBZONA HIDROGRÁFICA BAJO MAGDALENA-CANAL DEL DIQUE



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: IDEAM 2023

En la sub-zona hidrográfica Bajo Magdalena-Canal del Dique, se encuentra la subcuenca del embalse del Guájaro, a la cual confluye la microcuenca del arroyo Molineros, llamada también arroyo Platanal; a esta microcuenca a su vez, fluyen las microcuencas de segundo orden del arroyo Isabel López, Caño NN 1 (arroyo Porvenir según base IGAC 2010), Caño NN 2 y arroyo 1, las cuales son de interés para al proyecto.

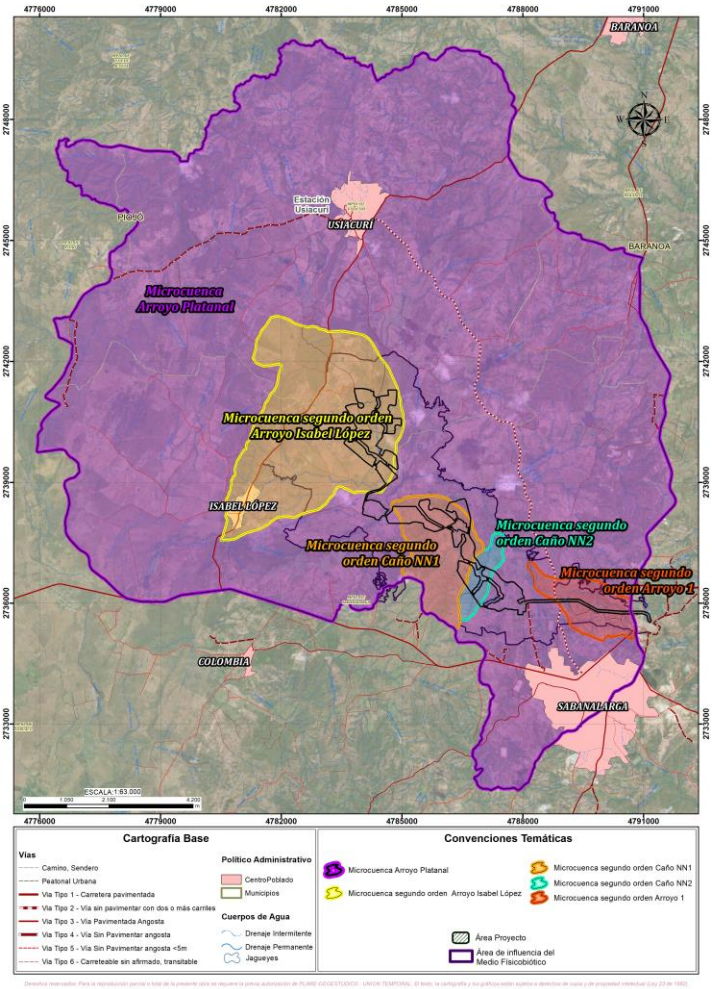
La distribución hidrográfica del proyecto, se presenta en la **Tabla 5.1-40** y en la **Figura 5.1-25**. De igual forma, se presenta el mapa de Hidrología (**ver 2175_EA P5.19_Hidrología).**

TABLA 5.1-40 DISTRIBUCIÓN HIDROGRÁFICA PROYECTO "ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW , JUNTO A SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV"

CÓD AH	ÁREA HIDROGRÁFICA	CÓD ZH	ZONA HIDROGRÁFICA	CÓD SZH	SUB-ZONA HIDROGRÁFICA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	MICROCUENCA SEGUNDO ORDEN
1		2		3		4	5	6
2	Magdalena-Cauca	29	Bajo Magdalena	2903	Bajo Magdalena-Canal del Dique	Embalse del Guájaro	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	Arroyo Isabel López
								Caño NN 1 (Ay. Porvenir)
								Caño NN 2
								Arroyo 1

Fuente: "Atlantic Photovoltaic" EIA 2021, adaptado por UT PLARE GEOSTUDIOS, 2023 con base en decreto 1640 de 2012

FIGURA 5.1-25 DISTRIBUCIÓN HIDROGRÁFICA "ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW , JUNTO A SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV"



Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

- **Subcuenca Embalse del Guájaro**

El embalse del Guájaro se encuentra localizado al sur del departamento del Atlántico entre los municipios de Sabanalarga, Repelón, Manatí y Luruaco. Este cuerpo de agua constituye una de las principales fuentes de agua del sector sur del departamento, ya que abastece a los distritos de riego de Repelón y Manatí, cumpliendo un papel fundamental en la economía agrícola y pesquera de la zona[6]. Es considerado como un sitio turístico de gran importancia y gran fuente de abastecimiento de peces para sus habitantes; en el embalse se encuentran peces como cachama, mojarra amarilla, bocachico y filete plateado, entre los más importantes. Su superficie es de 160 km^2 y su capacidad de almacenamiento es de aproximadamente 400 millones de m^3.

FOTOGRAFÍA 5.1-23 VISTA DEL EMBALSE DEL GUÁJARO DESDE LA PEÑA 4.799.433 E -2.728.203 N



Fuente: https://www.facebook.com/1715333838742873/posts/1933958506880404/mayo 29 de 2023

Es de importancia para el proyecto, ya que, al embalse tributa por el sector norte, el arroyo Molineros o arroyo Platanal, el cual a su vez recoge el caudal de los arroyos y caños que atraviesan el área del proyecto. El embalse entrega parte de su caudal al canal del dique en el Bajo Magdalena.

- **Microcuenca Arroyo Platanal (Ay. Molineros)**

El arroyo Platanal nace al suroccidente del casco urbano del municipio de Sabanalarga en el departamento del Atlántico bajo el nombre de arroyo Cajón aproximadamente a 114 m.s.n.m; fluye en dirección norte los primeros 5 km y posteriormente toma rumbo occidente hasta el sector de la hacienda El Platanal, allí toma el nombre de arroyo Platanal y se dirige hacia el suroccidente, pasando por el sur del corregimiento de Isabel López y continúa hacia el sur, pasando por la Hda. La Esperanza y el corregimiento de Molineros donde toma este nombre hasta desembocar al embalse del Guájaro, recorriendo una longitud aproximada de 20,4 Km. Esta corriente recibe el aporte de numerosos tributarios entre los que se

[6] https://www.elheraldo.co/atlantico/la-importancia-de-el-guajaro-para-las-comunidades-del-atlantico-875927. 25 de mayo de 2023.

destacan Arroyo 1, Caño NN 2, Caño NN 1 o arroyo Porvenir y arroyo Isabel López; los cuales conforman las microcuencas de importancia al proyecto.

El arroyo Cajón, a 4,40 km de su nacimiento es objeto de ocupación de cauce por la construcción de la vía sur del proyecto, donde registra un área parcial de drenaje de 6,38 km^2; hasta este sitio la corriente presenta un canal rectilíneo y registra una pendiente de 1.04%.

FOTOGRAFÍA 5.1-24 ARROYO CAJÓN (A. ARRIBA)
COORD, PLANAS ORIGEN NACIONAL 4.788.350 E -2.736.037 N



Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

La **microcuenca del Arroyo 1**, fluye por todo el sector oriental del proyecto, en sentido oriente a occidente, por donde se instalará la línea de evacuación de energía, desde el bloque C hasta la subestación de Sabanalarga. En esta microcuenca se encuentran los drenajes asociados a las torres 4,6,7 y 9. El arroyo 1 es un drenaje transicional con una longitud total de 3,91 km y registra un área total de drenaje de 2,55 km^2.

El **Caño NN 2**, es una corriente de canal rectilíneo, la cual registra una longitud de 2,60 km y un área de drenaje de 1,12 km^2, hasta el sitio de desembocadura al arroyo Cajón. El Caño NN 2 registra una pendiente de 1,26%.

El **Caño NN 1**, según mapa IGAC del año 2010, es el arroyo Porvenir, denominado así porque cruza muy cerca de la Hda. El Porvenir en la vereda Colombia. El Caño NN 1 registra una longitud de 5.35 km y un área parcial de drenaje de 4.42 km^2 hasta el sitio de desembocadura al arroyo Platanal, donde se observa un drenaje de tipo regular, con una pendiente de 0,84%.

La **microcuenca del Arroyo Isabel López**, se localiza en el sector del bloque A del proyecto, este arroyo nace en la loma Los Quintos, aproximadamente a 133 m.s.n.m. y fluye en dirección sur oriente y posteriormente se desplaza hacia el casco urbano de este corregimiento y finalmente desemboca al arroyo Platanal o arroyo Molineros. En esta microcuenca se identifican sectores de bajos inundables por la margen derecha del cauce. El Arroyo Isabel López registra una longitud de 12,51 km y un área parcial de drenaje de 15,77 km^2 hasta el sitio de desembocadura al arroyo Platanal, en territorio del municipio de

Sabanalarga; hasta allí se observa un cauce con canal tortuoso, con una pendiente de 0.79%.

5.1.4.2.3 Características morfométricas

Para cada una de las corrientes de interés al proyecto, se establecieron características morfométricas, las cuales se refieren principalmente a la longitud del cauce, al área de drenaje, pendiente media del cauce, tiempo de concentración, perímetro, coeficiente de compacidad y coeficiente de sinuosidad. Estas características morfométricas permiten evaluar el tamaño del cauce, el tipo de canal de flujo y la regularidad geométrica de la forma de la cuenca, la cual nos indica las facilidades de drenaje superficial en cada una de las cuencas.

A continuación, se presentan las características morfométricas de las corrientes del proyecto, evaluadas mediante mapa en escala 1:25.000. Estas características se presentan por separado, en la **Tabla 5.1-41**, las corrientes o microcuencas de caracterización del proyecto y en la **Tabla 5.1-42**, la caracterización de las microcuencas en los puntos de ocupación de cauce de interés al proyecto.

TABLA 5.1-41 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS CORRIENTES DEL PROYECTO-CARACTERIZACIÓN

Corriente	Longitud (m)	Área (Km^2)	Pendiente media (%)	Tiempo de Concentración (min)	Perímetro (Km)	Coeficiente de Compacidad (Kc)	Coeficiente de Sinuosidad (Ks)	Densidad de drenaje (Dd)	Densidad de corrientes (Dc)
Ay. Platanal (desembocadura)	20410	183,38	0,416	335,02	71,75	1,48	1,43	4,65	6,08
Ay. Isabel López (desembocadura)	12514	15.77	0.79	179.56	17.96	1.27	2.24	0.69	0.89
Caño NN 1 (Desembocadura)	5351	4.42	0.841	91.18	9.84	1.31	1.64	0.17	2.49
Caño NN 2 (Desembocadura)	2608	1.12	1.26	44.80	5.42	1.43	1.16	0.12	0.89
Arroyo 1 (Desembocadura)	3917	2.55	1.22	62.03	7.74	1.36	1.24	3.20	7.81

Fuente: "Atlantic Photovoltaic" EIA 2021, adaptado por UT PLARE GEOSTUDIOS, 2023 con base en decreto 1640 de 2012

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, las características morfométricas de las corrientes del proyecto en los puntos de caracterización, muestran que la corriente de mayor importancia en el área del proyecto es el arroyo Platanal, el cual registra un área de drenaje de 183,38 km^2 en el sitio de desembocadura, le sigue en importancia el arroyo Isabel López, con un área de 11,77 km^2, en el sitio de desembocadura, y las demás son corrientes de menor tamaño. El coeficiente de compacidad que define la forma de las cuencas, las clasifica como de forma oval redonda a oval oblonga.

El coeficiente de sinuosidad, clasifica como de canal rectilíneo, al caño NN-2; de canal transicional al arroyo Platanal y al arroyo 1; de canal regular al caño NN 1 y de canal tortuoso al arroyo Isabel López.

TABLA 5.1-42 (1) CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS CORRIENTES DEL PROYECTO-PUNTOS DE OCUPACIÓN DE CAUCE

Corriente	Longitud (m)	Área (Km^2)	Pendiente media (%)	Tiempo de Concentración (min)	Perímetro (Km)	Coeficiente de Compacidad (Kc)	Coeficiente de Sinuosidad (Ks)	Densidad de drenaje (Dd)	Densidad de corrientes (Dc)
Ay. Platanal (OCNV-33 y OCNV-34)	11207	91.84	0.607	182.67	49.76	1.45	1.03	3.56	4.80
Ay. Cajón (OCN-20)	4405	6.387	1.04	72.22	12.42	1.38	1.14	2.87	5.48
Ay. Isabel López (OCNV-31)	4299	2.95	1.97	55.43	8.31	1.35	1.33	0.21	0.34
Ay. Isabel López (OCNV-32)	3189	1.94	2.60	39.62	6.43	1.29	1.29	0.32	0.51
Caño Hda. Las Marías (OCNT-21)	1918	0.76	1.82	30.71	4.90	1.57	1.13	3.87	11.74
Caño NN 2 (OCNV-35)	703.8	0.260	1.42	15.63	2.01	1.10	1.20	0.53	3.84
Arroyo 1 (OCNT-25)	669.8	0.143	2.53	12.03	1.64	1.21	1.08	2.51	6.96
Tributario 2 (OCNT-23)	76	0.0051	2.63	2.22	0.26	1.04	1.09	0.00	0.00
Tributario 1 (OCNT-24)	69	0.0040	0.72	3.39	0.22	1.01	1.19	0.00	0.00
Afluente 2 (OCNT-22)	28	0.0031	2.32	1.08	0.23	1.15	1.01	0.00	0.00

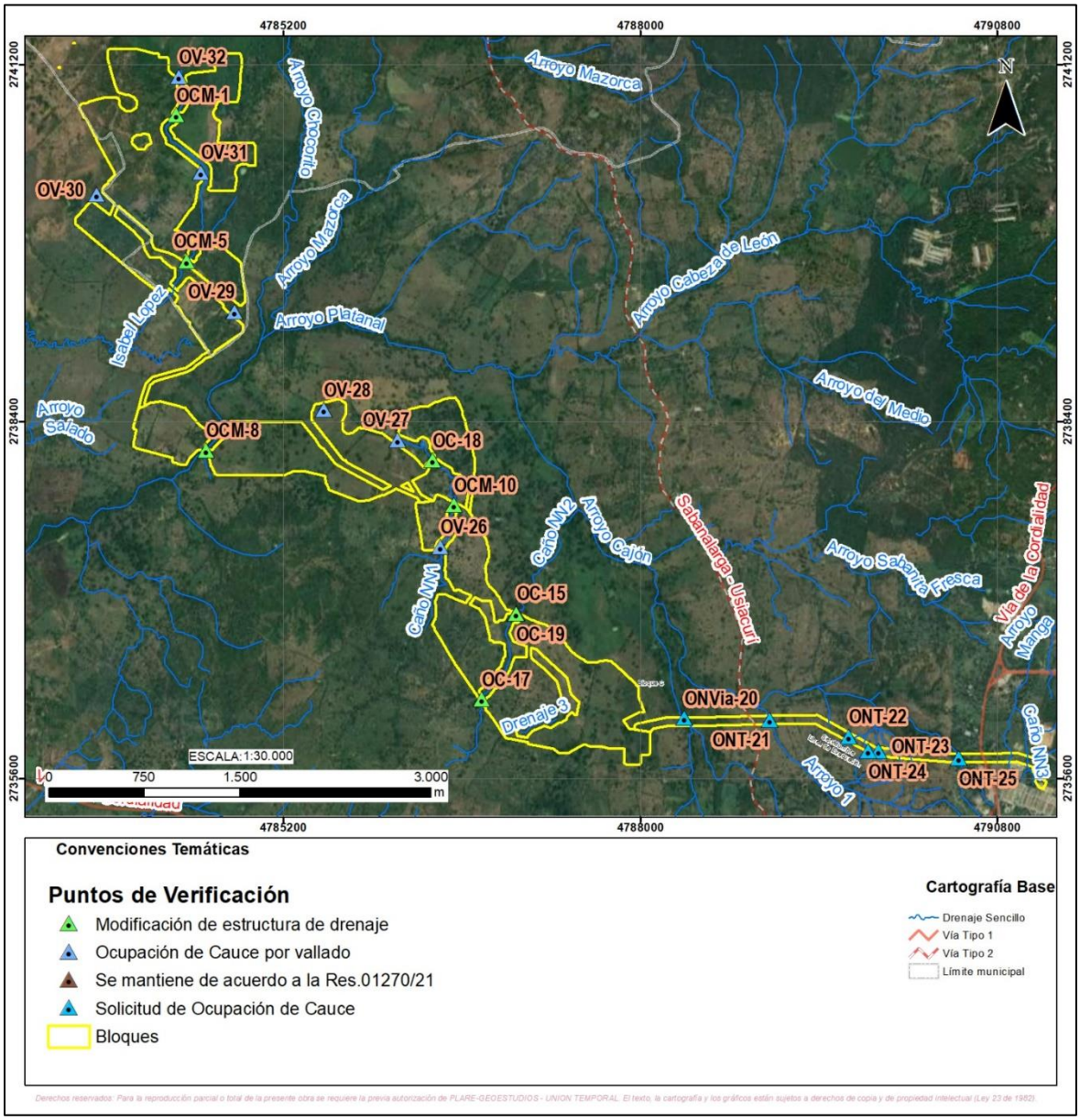
Fuente: "Atlantic Photovoltaic" EIA 2021, adaptado por UT PLARE GEOSTUDIOS, 2023 con base en decreto 1640 de 2012

De otra parte, durante la visita al área de estudio realizada durante los días 3 a 9 de mayo de 2023, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Identificación y reconocimiento de puntos de ocupación de cauce objeto de la modificación de licencia: (ver **Figura 5.1-26)**
   - OCNV: 31, 32, 33, 34, 35,
   - OCN:20
   - OCNT: 21, 22, 23, 24, 25,)
2. Verificación de coordenadas en los sitios de OC aprobadas para solicitud de cambio de estructura. (OC: 1, 5, 8, 10, 17,18 y 19). (ver **Figura 5.1-26**).
3. Toma de datos de coordenadas y fotografías de los cuerpos de agua.
4. Elaboración de aforos en los cuerpos de agua, los cuales consisten en la toma de datos de la sección transversal, tanto de ancho como de profundidad de la corriente, así como efectuar mediciones de velocidad del flujo, en caso de presentarse lámina de agua y también se realiza medición del ancho inundable.

5. Inventario de usos y usuarios del agua 500 m aguas abajo de los puntos de ocupación de cauce, aplicando formato de usos del agua.

FIGURA 5.1-26 SITIOS DE VERIFICACIÓN DE OCUPACIONES DE CAUCE



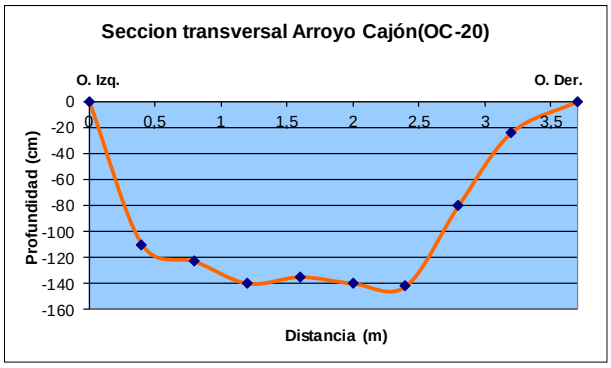
Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

(*) Codificación realizada para el momento del trabajo de campo

Adicionalmente, se realizó otra visita al área del proyecto para verificar otros sitios de ocupación de cauce, durante los días 7 a 9 de julio de 2023, en la cual se tomaron datos de aforos en los cuerpos de agua, que incluye la sección transversal, tanto de ancho como de profundidad de la corriente y también se realizó medición del ancho inundable.

En las **Tabla 5.1-43 a Tabla 5.1-62** se presentan las características de cada uno de los puntos verificados en campo.

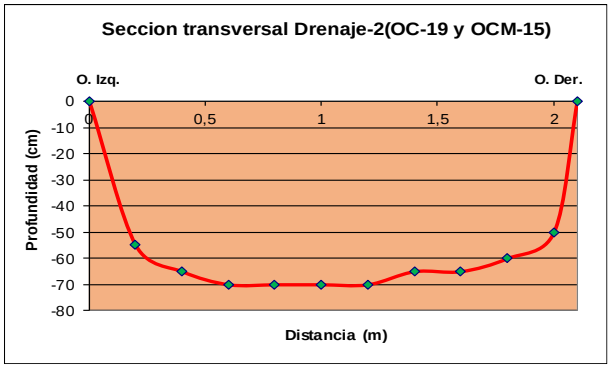
TABLA 5.1-43 ARROYO CAJÓN (OCN-20)

AFORO No: 1	FECHA: mayo 4 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
SUBCUENCA	Embalse del Guájaro	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas, limos y arcillas grises
SITIO DE AFORO	Finca Otero (ON Vía-20)	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Permanente
VEREDA	El Palomito	**ANCHO DE LA LAMINA DE AGUA**	3.70 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.736.037 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	1.11 m
	4.788.350 E	**VELOCIDAD SUPERFICIAL DE LA CORRIENTE**	0,46 m/s
MÉTODO DE AFORO	Medición por vadeo utilizando flotadores	**CAUDAL AFORADO**	1889 L/s
		ANCHO ZONA INUNDABLE	60 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

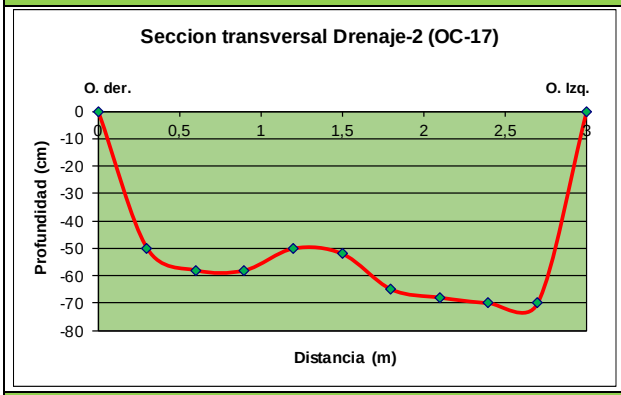
TABLA 5.1-44 CAÑO NN 2 (OC-19)

AFORO No: 2	FECHA: mayo 7 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas y gravas
SITIO DE AFORO	Cruce sobre la vía a Sabanalarga	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA	El Palomito	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	2.10 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.736.890 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.64 m
	4.787.028 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	11.0 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-45 CAÑO NN 2 (OC-17)

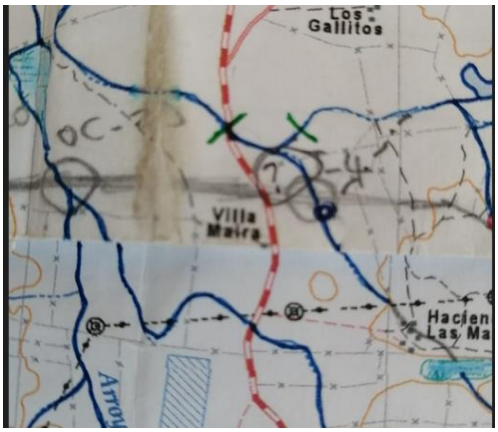
AFORO No: 3	FECHA: mayo 7 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas y gravas
SITIO DE AFORO	550 m aguas arriba de OCM-19	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA	El Palomito	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	3.00 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.736.242 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.55 m
	4.786.739 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	8.50 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

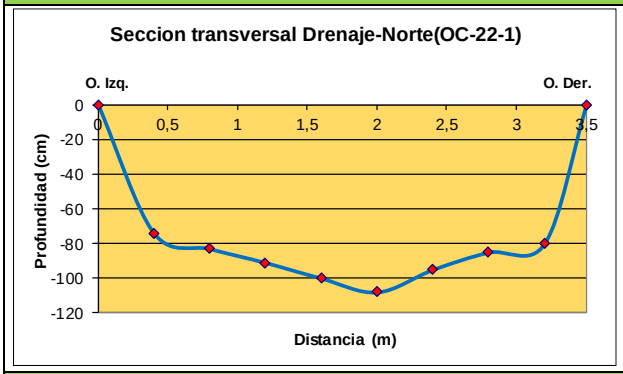
TABLA 5.1-46 TORRE 4 Y DRENAJES ASOCIADOS (OCNT-21)

	FECHA: mayo 5 de 2023
	
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	
1. En el sitio de localización de la torre 4 y en sus alrededores, no se identificó la presencia de drenaje, pero si la ocupación de ronda hídrica 2. Se identificó la presencia de un jagüey, en los alrededores de la torre 4 3. Se identifica también la presencia de un drenaje en condiciones de cauce seco aguas abajo de la torre 4, el cual también cruza la vía de acceso a Sabanalarga	



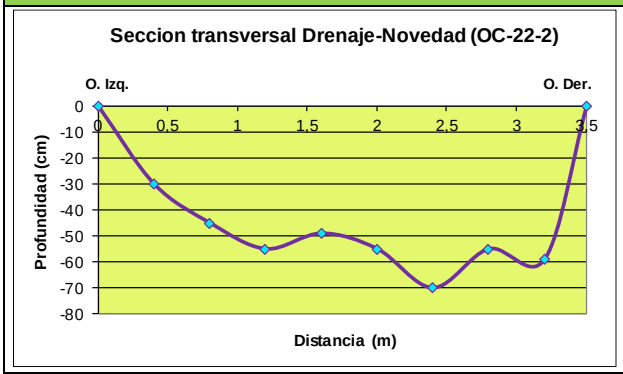
Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-47 AFLUENTE 2 TORRE 6 (OCNT-22)

AFORO No: 4		FECHA: mayo 5 de 2023	
			
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo 1	**MATERIAL DEL LECHO**	Textura arenosa franca con vegetación herbácea conformada principalmente por pastos manejados
SITIO DE AFORO	Afluente 2 (ONT-22)	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	3.50 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.735.918 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.89 m
	4.789.670 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	9.0 m

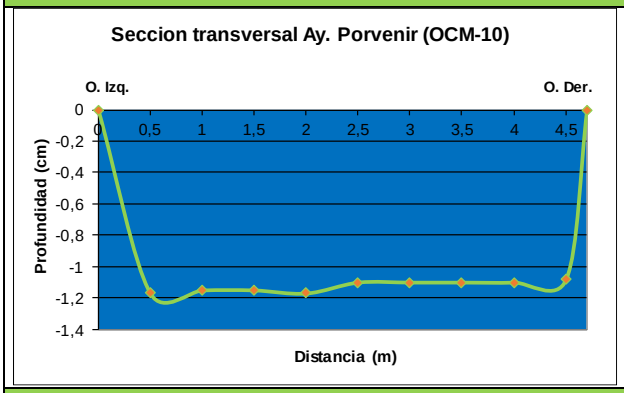
Fuente: UT PLARE GEOESTUDIO, 2023

TABLA 5.1-48 DRENAJE NOVEDAD TORRE 6 (OCNT-22)

AFORO No: 5		FECHA: mayo 5 de 2023	
			
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo 1	**MATERIAL DEL LECHO**	Textura arenosa franca con vegetación herbácea
SITIO DE AFORO	Drenaje Novedad (ONT-22)	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	3.50 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.735.932 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.52 m
	4.789.605 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	8.50 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS. 2023

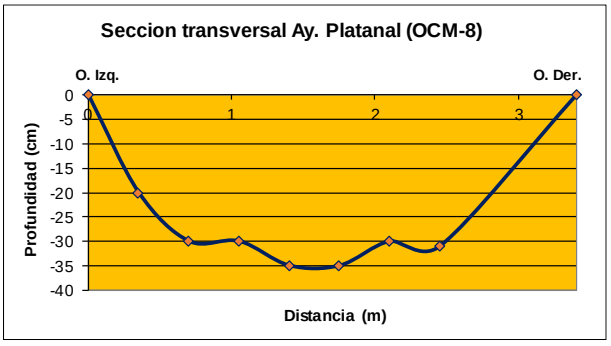
TABLA 5.1-49 CAÑO NN 1 (OC-10)

AFORO No: 6	FECHA: mayo 7 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas y gravas
SITIO DE AFORO	Puente en cemento a la entrada de la Hda. El Porvenir	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	4.70 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.737.745 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	1.12 m
	4.786.540 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	15.5 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

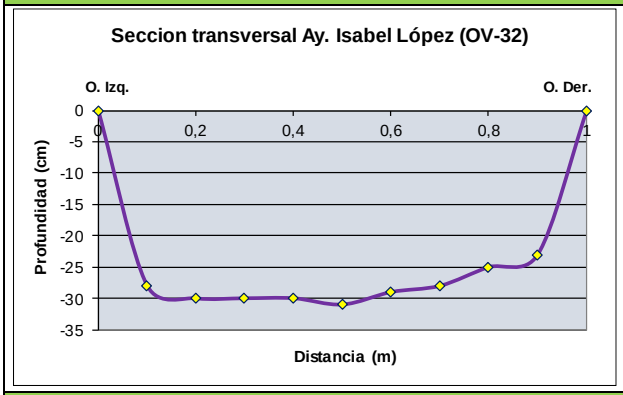
TABLA 5.1-50 ARROYO PLATANAL (OC-8)

AFORO No: 8	FECHA: mayo 7 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
SUBCUENCA	Embalse del Guájaro	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas, arcillas y limos
SITIO DE AFORO	Arroyo Platanal OCM-8	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Permanente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	3.40 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.741.106 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.30 m
	4.784.378 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	10.40 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

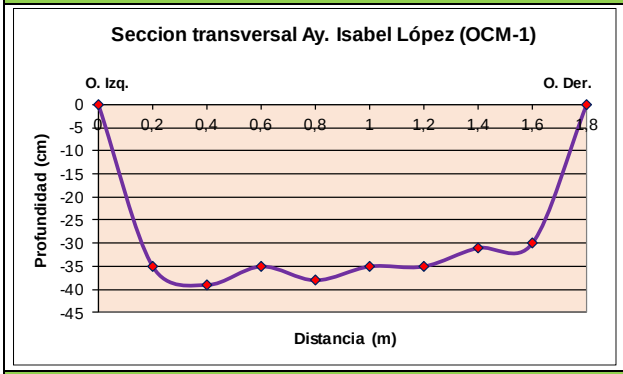
TABLA 5.1-51 ARROYO ISABEL LÓPEZ (OCNV-32)

AFORO No: 9	FECHA: mayo 8 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas y hojarasca
SITIO DE AFORO	Arroyo Isabel López OV-32	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	1.00 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.741.106 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.28 m
	4.784.378 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	8.0 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

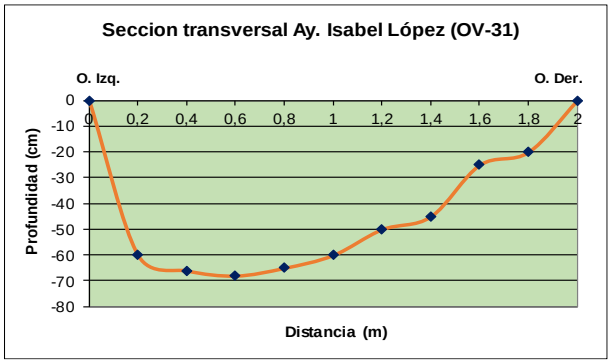
TABLA 5.1-52 ARROYO ISABEL LÓPEZ (OC-1)

AFORO No: 10	FECHA: mayo 8 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas y hojarasca
SITIO DE AFORO	Arroyo Isabel López OCM-1	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	1.80 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.740.793 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.34 m
	4.784.343 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	9.30 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

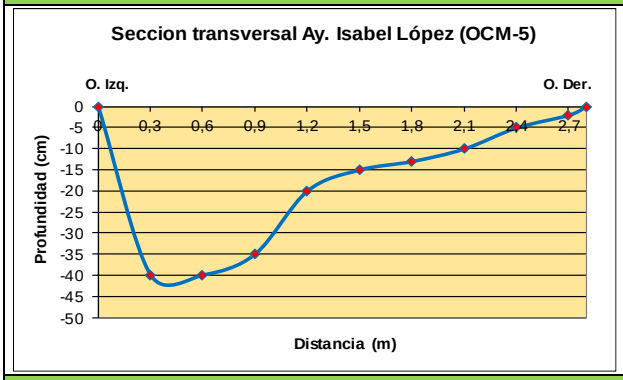
TABLA 5.1-53 ARROYO ISABEL LÓPEZ (OCNV-31) INICIAL

AFORO No: 11	FECHA: mayo 8 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas, limos y arcillas
SITIO DE AFORO	Arroyo Isabel López OV-31 Predio Media Luna	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	2.00 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.740.355 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.51 m
	4.784.549 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	9.50 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

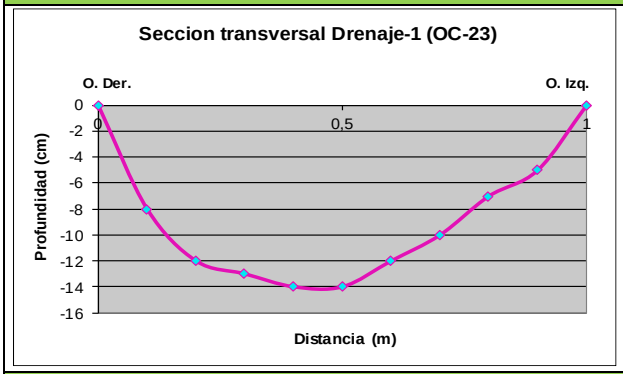
TABLA 5.1-54 ARROYO ISABEL LÓPEZ (OC-5)

AFORO No: 12	FECHA: mayo 8 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas, limos y arcillas
SITIO DE AFORO	Arroyo Isabel López OCM-5	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	2.80 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.739.671 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.20 m
	4.784.447 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	11.0 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

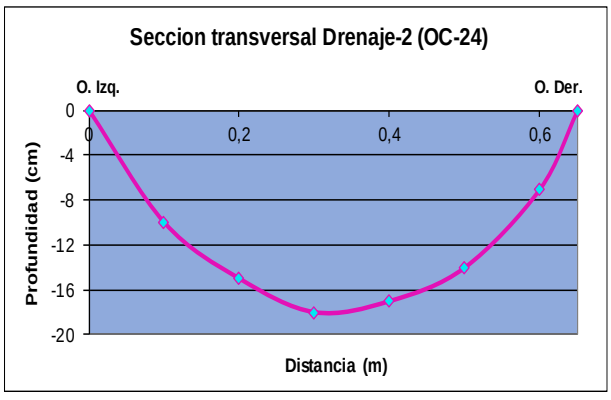
TABLA 5.1-55 TRIBUTARIO 2 (OCNT-23)

AFORO No: 13	FECHA: mayo 6 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo 1	**MATERIAL DEL LECHO**	Textura arenosa franca con vegetación herbácea
SITIO DE AFORO	Tributario 2 (ONT-23)	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	1.00 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.735.842 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.10m
	4.789.870 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	7.40 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIO, 2023

TABLA 5.1-56 TRIBUTARIO 1 (OCNT-24)

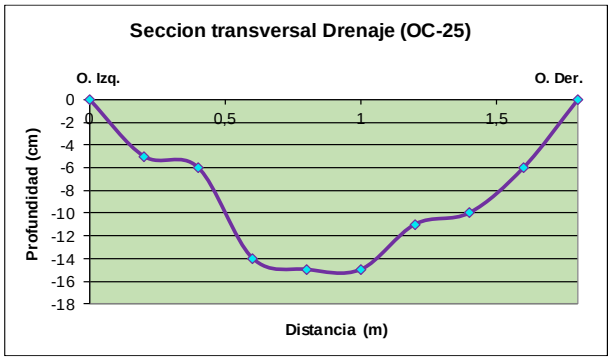
AFORO No: 14	FECHA: mayo 6 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo 1	**MATERIAL DEL LECHO**	Textura arenosa franca con vegetación herbácea
SITIO DE AFORO	Tributario 1 (ONT-24)	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	0.65 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.735.815 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.13 m
	4.789.797 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	7.85 m

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-57 ARROYO 1 (OCNT-25)

AFORO No: 15	FECHA: mayo 6 de 2023





DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas y limos
SITIO DE AFORO	Arroyo 1 (ONT-25)	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	1.80 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.735.763 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.10 m
	4.790.498 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	18.0 m

OBSERVACIONES DEL PUNTO



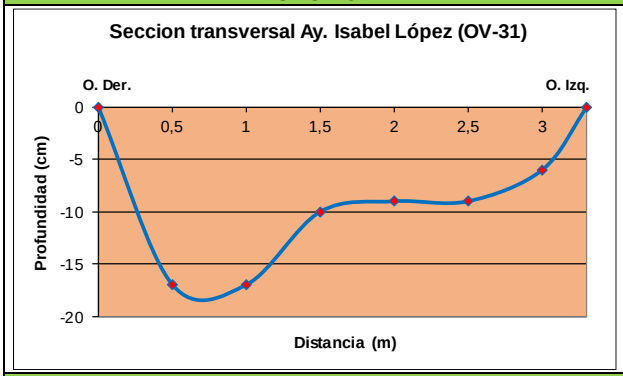


1. En el sitio de localización de la torre 9 y en sus alrededores, se identificó la presencia de un (1) drenaje asociado.
2. El Drenaje se denomina ONT-25, fluye hacia el nor-occidente
3. La torre 9 se encuentra localizada a una distancia aproximada de 50 m por la margen derecha del cauce
4. El drenaje ONT-25, aguas arriba recibe el vertimiento de aguas del Hotel Rancho Bonito, donde se aforó un caudal aproximado de 0.06 lt/s
5. El vertimiento proviene directamente de la laguna de oxidación

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

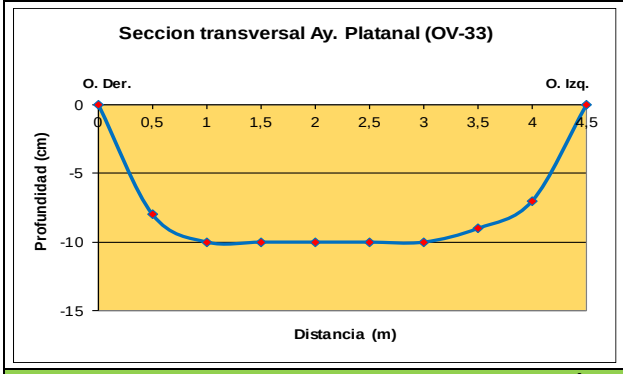
➢ **Visita 7 a 9 de julio de 2023**

TABLA 5.1-58 ARROYO ISABEL LÓPEZ (OCNV-31) FINAL

AFORO No: 1		FECHA: julio 8 de 2023	
			
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas, limos y arcillas
SITIO DE AFORO	Arroyo Isabel López OCNV-31 Predio Media Luna	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	3.30 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.740.220 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.11 m
	4.784.557 E	**CAUDAL**	0.127 m^3/s

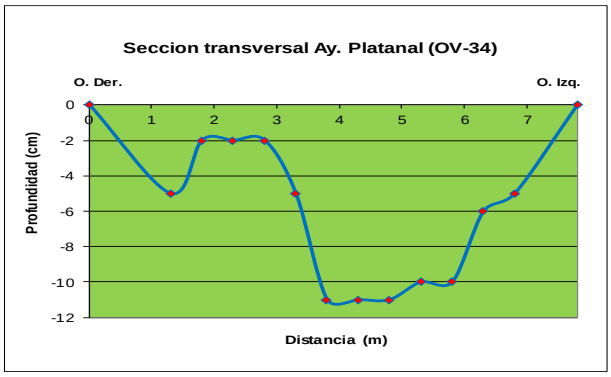
Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

TABLA 5.1-59 ARROYO PLATANAL (OCNV-33)

AFORO No: 2		FECHA: julio 8 de 2023	
			
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
SUBCUENCA	Embalse del Guájaro	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas, arcillas y limos
SITIO DE AFORO	Arroyo Platanal OCNV-33	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	4.50 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.738.176 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.10 m
	4.784.609 E	**CAUDAL**	0.148 m^3/s

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

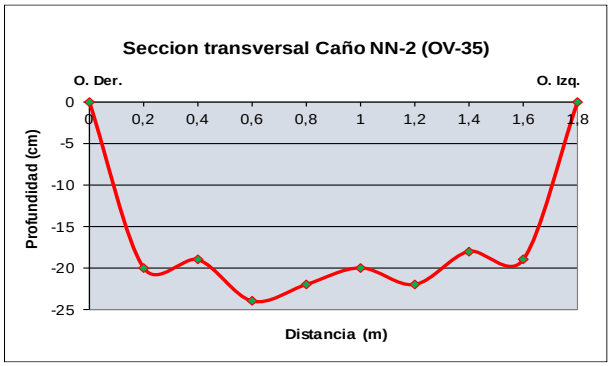
TABLA 5.1-60 ARROYO PLATANAL (OCNV-34)

AFORO No: 3	FECHA: julio 8 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
SUBCUENCA	Embalse del Guájaro	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas, arcillas y limos
SITIO DE AFORO	Arroyo Platanal OCNV-34	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	7.80 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.738.167 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.06 m
	4.784.612 E	**CAUDAL**	0.169 m^3/s

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

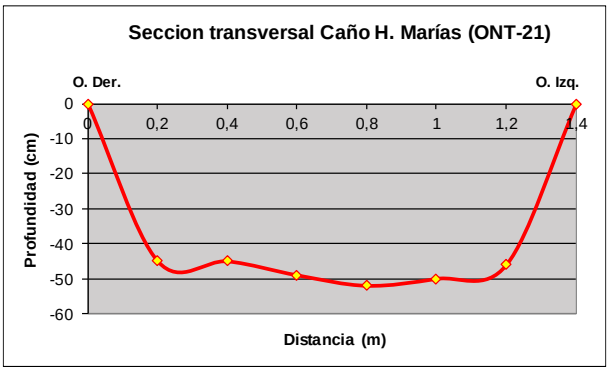
TABLA 5.1-61 CAÑO NN 2 (OCNV-35)

AFORO No: 4	FECHA: julio 9 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo Cajón (Ay. Platanal)	**MATERIAL DEL LECHO**	Arenas y gravas
SITIO DE AFORO	Caño NN-2 (OCNV-35)	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	1.80 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.736.242 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.20 m
	4.786.739 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	14.0 m

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

TABLA 5.1-62 CAÑO HDA. MARÍAS (OCNT-21)

AFORO No: 5	FECHA: julio 9 de 2023
	

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO			
MICROCUENCA	Arroyo 1	**MATERIAL DEL LECHO**	Textura arenosa franca con vegetación herbácea
SITIO DE AFORO	Caño Hda. Marías (ONT-21)	**TIPO DE FLUJO EN EL AÑO**	Intermitente
VEREDA/CORREGIMIENTO	Isabel López	**ANCHO DE LA SECCIÓN**	1.40 m
COORDENADAS (Origen Nacional)	2.736.074 N	**PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE**	0.47 m
	4.789.017 E	**ANCHO ZONA INUNDABLE**	20.0 m

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

5.1.4.2.4 Régimen Hidrológico de Caudales

El régimen hidrológico de caudales de las corrientes localizadas en el área del proyecto, se establece a través de métodos indirectos y con aplicación de metodologías empíricas, a partir de información de lluvias reportadas por el IDEAM, aplicando la metodología del Servicio de Conservación de Suelos (SCS)[7] de los Estados Unidos.

Se utilizó el Modelo Lluvia – Escorrentía del Soil Conservation para la generación de caudales medios mensuales para condiciones hidrológicas promedio, teniendo en cuenta los siguientes factores:

1. Seleccionar estaciones de precipitación representativas
2. Clasificación hidrológica de los suelos (A, B, C, D)
3. Tipo de cobertura vegetal y uso de la tierra
4. Establecimiento del coeficiente de escorrentía

El método se desarrolla con base en la ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0.20S)^2}{P - 0.80S}$$

[7] Mockus, V. Servicio de Conservación de los Suelos de USA. 1964.

Donde,

Q= Escorrentía

P= Precipitación total

S= Infiltración potencial

Donde S corresponde al análisis de hidrógrafos de cuencas homogéneas en función del uso del suelo, condiciones de la superficie del terreno y la humedad inicial. El valor de S para una determinada condición se puede obtener mediante el análisis de hidrogramas de cuencas homogéneas. Este valor se da en función del suelo y el número de curva de escorrentía (CN), mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4$$

El valor de CN se determina en función de las prácticas agrícolas, la humedad antecedente y condición hidrológica promedio (AMC=II). La humedad antecedente corresponde a la suma de los valores totales diarios de los últimos cinco días previos a la estimación del caudal, como se muestra en la **Tabla 5.1-63 y Tabla 5.1-64.**

TABLA 5.1-63 CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTE

CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTE AMC	PRECIPITACIÓN ACUMULADA DE LOS 5 DÍAS PREVIOS AL EVENTO EN CONSIDERACIÓN (mm)
I	0.0 - 33
II	33.0 - 52.5
III	más de 52.5

Fuente: Servicio de Conservación de los suelos

TABLA 5.1-64 CONDICIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA

CONDICIÓN	COBERTURA
Buena	> del 75% del área
Regular	Entre 50% y 75%
Mala	< del 50%

Fuente: Servicio de Conservación de los suelos

La condición hidrológica hace referencia al porcentaje de cobertura vegetal y al nivel de infiltración que se establece para una porción determinada de la cuenca, para la cual se define un CN y puede estimarse con base en los niveles definidos para la condición hidrológica. Los grupos de suelos se reconocieron a partir de la visita de campo y se corroboraron con la información del EIA del proyecto Fotovoltaico Atlántico de 199.5 MW y el mapa de suelos del IGAC.

A continuación, se describen las características de la clasificación hidrológica de los suelos:

A. (Bajo potencial de escorrentía). Son suelos que tienen alta transmisión de infiltración, aun cuando son muy húmedos.

B. (Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con transmisión de infiltración moderada.

C. (Moderadamente alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración lenta, con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; de texturas moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a la presencia de sales o álcali o con mesas de agua moderadas.

D. (Alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración muy lenta cuando son muy húmedos. Son suelos arcillosos con alto potencial de expansión; con nivel freático alto; con "claypan" o estrato arcilloso superficial; con infiltración muy lenta debido a sales o alkali y poco profundos sobre material impermeable.

En la **Tabla 5.1-65,** se presentan los valores de las Curvas de escorrentía (CN) de acuerdo al uso de la tierra, cobertura vegetal, condición hidrológica y clasificación hidrológica de los suelos.

TABLA 5.1-65 CURVAS DE ESCORRENTÍA (CN)

USO DE LA TIERRA	COBERTURA TRATAMIENTO O PRÁCTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	GRUPO DE SUELOS			
			A	B	C	D
			NUMERO DE CURVA			
Rastrojo	Hileras Rectas	----------	77	86	91	94
Cultivos en Hileras	Hileras Rectas	Mala	71	81	88	91
	Hileras Rectas	Buena	67	78	85	89
	Curvas de Nivel	Mala	70	79	84	88
	Curvas de Nivel	Buena	65	75	82	86
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	66	74	80	82
	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	62	71	78	81
	Hileras Rectas	Mala	65	76	84	86
Estrechas	Hileras Rectas	Buena	63	75	83	87
	Curvas de Nivel	Mala	63	74	82	85
	Curvas de Nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	61	72	79	82
	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	59	70	78	81
2. Leguminosas en Hileras Estrechas O Forraje en Rotación1/	Hileras Rectas	Mala	66	77	85	89
	Hileras Rectas	Buena	58	72	81	85
	Curvas de Nivel	Mala	64	75	83	85
	Curvas de Nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	63	73	80	83
	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	51	67	76	80
5. Pastos de Pastoreo		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de Nivel	Mala	47	87	81	88
	Curvas de Nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de Nivel	Buena	6	35	70	79
6. Pastos de Corte		Buena	30	58	71	78
7. Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
8. Patios			59	74	82	86
9. Caminos de Tierra			72	82	87	89
10.Pavimentos		--------	74	84	90	92

Fuente: Servicio de Conservación de los suelos

Las condiciones de humedad antecedente, condición hidrológica y grupo de suelos de las corrientes de interés para el proyecto, se resumen en la **Tabla 5.1-66**.

TABLA 5.1-66 CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE LAS CORRIENTES

CORRIENTE	HUMEDAD ANTECEDENTE	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	SUELOS	CN
Ay. Platanal (OCNV-33 y OCNV-34	II	Regular	Bajo potencial de escorrentía a moderadamente bajo potencial de escorrentía	59
Ay. Cajón (OCN-20)	II	Regular	Bajo potencial de escorrentía a moderadamente bajo potencial de escorrentía	59
Ay. Isabel López (OCNV-31)	I	Buena	Moderadamente bajo potencial de escorrentía	61
Ay. Isabel López (OCNV-32)	I	Buena	Moderadamente bajo potencial de escorrentía	61
Caño Hda Las Marías (OCNT-21)	I	Regular	Moderadamente bajo potencial de escorrentía	69
Caño NN 2 (OCNV-35)	I	Regular	Bajo potencial de escorrentía	49
Arroyo 1 (OCNT-25)	I	Regular	Moderadamente bajo potencial de escorrentía	69
Tributario 2 (OCNT-23)	I	Regular	Moderadamente bajo potencial de escorrentía	69
Tributario 1 (OCNT-24)	I	Regular	Moderadamente bajo potencial de escorrentía	69
Afluente 2 (OCNT-22)	I	Regular	Moderadamente bajo potencial de escorrentía	69

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

Para el cálculo de caudales, se seleccionaron las estaciones meteorológicas de Usiacurí y Sabanalarga, consideradas como representativas ya que se localizan muy cerca del área del proyecto. En la **Tabla 5.1-67** se referencian los datos de estas estaciones.

TABLA 5.1-67 ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS

No	ESTACIÓN	CÓDIGO	TIPO	MUNICIPIO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ALTURA (msnm)
					ESTE	NORTE	
1	Sabanalarga	29045000	CP	Sabanalarga	4.790.053	2.734.410	100
2	Usiacurí	29040240	PG	Usiacurí	4.783.498	2.746.025	100

Fuente: IDEAM-2023, CP: Climática Principal, PG: Pluviográfica

Los caudales medios mensuales, obtenidos para cada una de las corrientes de interés al proyecto, se representan en la **Tabla 5.1-68 (1)** caudales para las corrientes de caracterización y **Tabla 5.1-69 (2)** caudales para las corrientes en los puntos de ocupación de cauce.

De manera general en la **Figura 5.1-27** se observa la distribución mensual de caudales en las corrientes de caracterización, con el objetivo de identificar el régimen hidrológico de caudales representativo para el área del proyecto.

TABLA 5.1-68 CAUDALES MEDIOS MENSUALES-CORRIENTES CARACTERIZACIÓN (L/S)

CORRIENTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Ay. Platanal (desembocadura)	359,6	460,6	47,79	1252,6	2710	2277	2634	2586	2336	5728	2820	28,49	1936,6
Ay. Isabel López (desembocadura)	25,57	33,83	4,165	88,31	202,1	162,37	226,0	264,9	334,3	284,8	270,7	0,641	158,14
Caño NN 1 (Desembocadura)	8,678	11,115	1,153	30,23	65,41	54,94	63,57	62,41	56,37	138,23	68,06	0,687	46,74
Caño NN 2 (Desembocadura)	4,003	4,679	1,445	3,209	9,21	7,330	8,872	8,663	7,583	23,42	9,69	0,132	7,353
Arroyo 1 (Desembocadura)	2,280	3,493	0,028	31,12	57,64	50,00	56,30	55,46	51,05	107,8	59,54	3,226	39,83

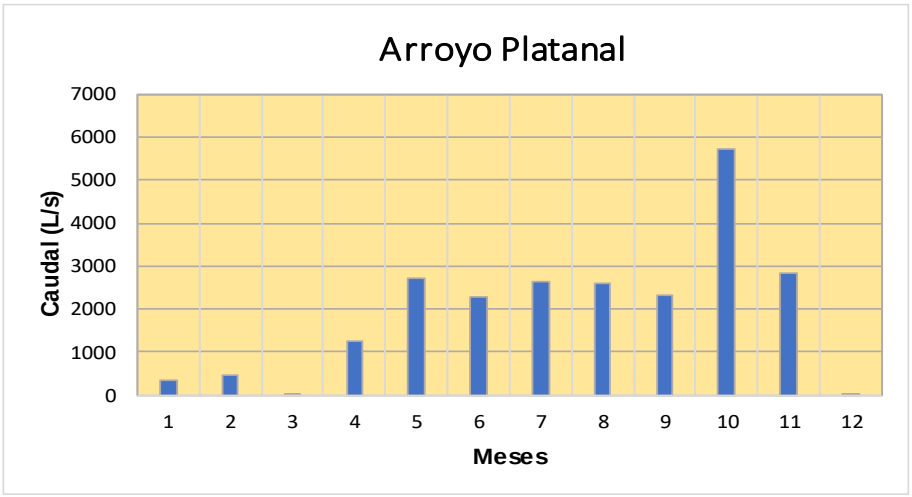
Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

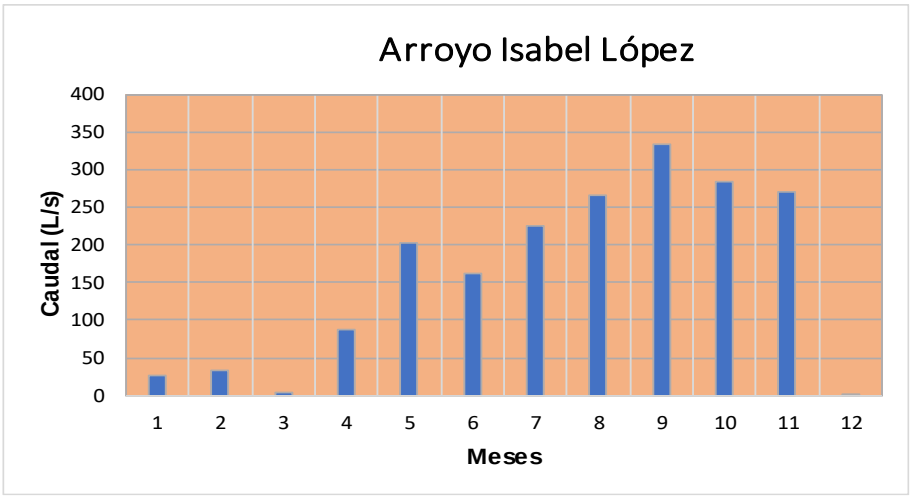
TABLA 5.1-69 CAUDALES MEDIOS MENSUALES-SITIOS DE OCUPACIÓN DE CAUCE (L/S)

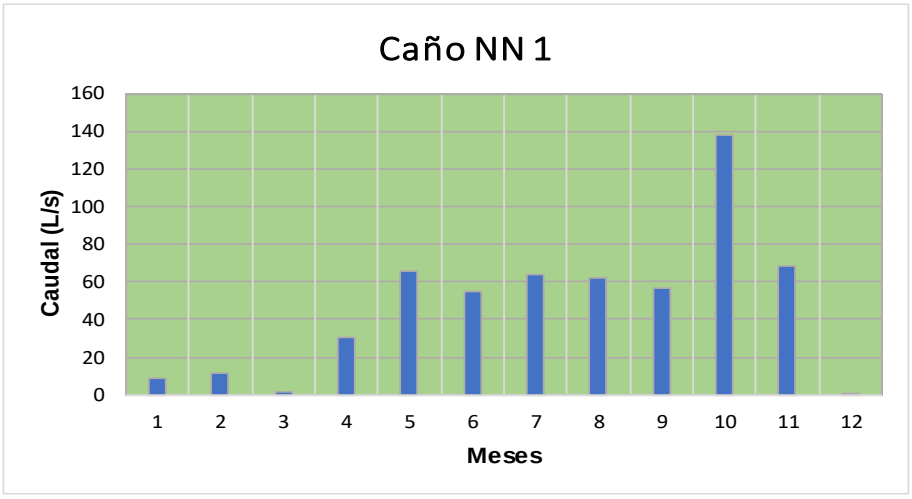
CORRIENTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Ay. Platanal (OCNV-33 y OCNV-34	180,1	230,7	23,94	627,3	1358	1140	1319	1295	1170	2869	1412	14,27	969,9
Ay. Cajón (OCN-20)	12,52	16,04	1,665	43,63	94,40	79,29	91,74	90,06	81,35	199,5	98,2	0,992	67,45
Ay. Isabel López (OCNV-31)	4,796	6,346	0,781	16,57	37,91	30,46	42,40	49,69	62,71	53,42	50,78	0,120	29,67
Ay. Isabel López (OCNV-32)	3,158	4,179	0,514	10,91	24,96	20,06	27,92	32,72	41,29	35,18	33,44	0,079	19,53
Caño Hda Las Marías (OCNT-21)	0,683	1,046	0,008	9,32	17,26	14,97	16,86	16,61	15,29	32,29	17,83	0,966	11,93
Caño NN 2 (OCNV-35)	0,927	1,084	0,335	0,743	2,133	1,698	2,055	2,007	1,757	5,43	2,245	0,031	1,703
Arroyo 1 (OCNT-25)	0,128	0,196	0,002	1,747	3,236	2,807	3,161	3,114	2,866	6,055	3,343	0,181	2,236
Tributario 2 (OCNT-23)	0,005	0,007	0,000	0,063	0,116	0,101	0,113	0,112	0,103	0,217	0,120	0,006	0,080
Tributario 1 (OCNT-24)	0,004	0,005	0,000	0,049	0,090	0,078	0,088	0,087	0,080	0,169	0,093	0,005	0,062
Afluente 2 (OCNT-22)	0,003	0,004	0,000	0,039	0,072	0,062	0,070	0,069	0,064	0,134	0,074	0,004	0,050

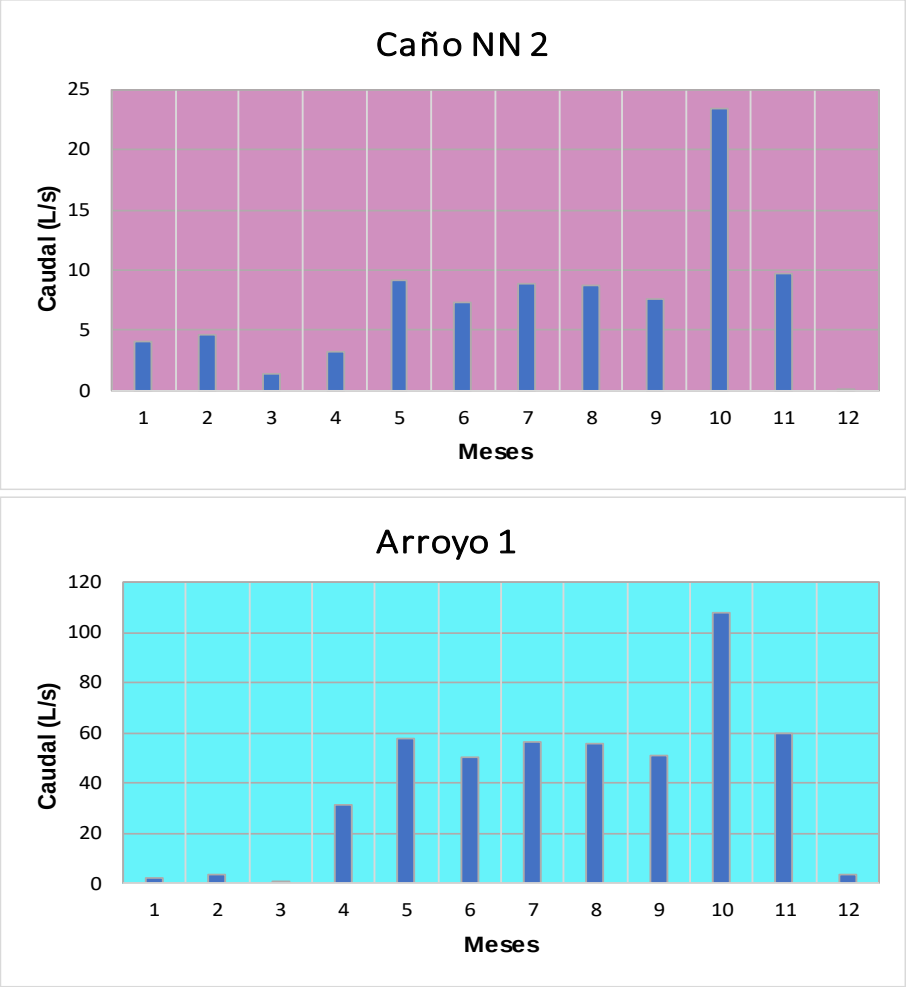
Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

FIGURA 5.1-27 CAUDALES MEDIOS MENSUALES CORRIENTES DEL PROYECTO









Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

En la **Figura 5.1-27** se observa la distribución de caudales medios mensuales de las corrientes de caracterización en el área del proyecto, las cuales muestran que, el régimen hidrológico de caudales, refleja una distribución mensual de tipo unimodal, ya que presenta un período de aguas altas y un período de aguas bajas durante el año. El período de caudales altos, por lo general inicia en el mes de abril y se prolonga hasta el mes de noviembre, registrando los caudales más altos en el mes de octubre en el arroyo Platanal, caño NN 1, Caño NN 2 y Arroyo 1 y caudales más altos en el mes de septiembre, en el Arroyo Isabel López. El período de caudales bajos, por lo general se presenta en los meses de diciembre a marzo, registrando caudales más bajos en los meses de diciembre y marzo de cada año.

5.1.4.2.5 Cálculo de caudales máximos

Los caudales máximos para las corrientes de interés al proyecto, se calcularon por el método de la fórmula Racional, la cual es utilizada para el cálculo de crecientes en

corrientes pequeñas con áreas menores a 5.0 Km^2 y con poca información hidrológica, lo cual aplica para las diferentes áreas de cuenca de las corrientes objeto de análisis. La fórmula racional[8] es un modelo de relación lluvia - caudal o lluvia - escurrimiento para determinar crecientes y se basa en la siguiente ecuación:

$$Q_{\max\%} = C * I_{\max\%} * A$$

Donde:

C – Es el coeficiente de escorrentía que depende de las características fisiográficas de la cuenca y la cobertura del suelo (sin unidades)

I – Es la Intensidad máxima de la lluvia en mm/h, para un período de retorno y duración del evento de lluvia determinado (%)

A – Es el área de la cuenca (Km^2)

La intensidad máxima de la lluvia, se calculó mediante la elaboración de curvas de Intensidad Duración Frecuencia IDF propuesta por el método de Bell[9]. El modelo general de Frederich Bell permite calcular la lluvia máxima asociada a un período de retorno y una duración de tormenta utilizando como valor índice, la lluvia de una hora y se basa en la siguiente ecuación:

$$P_{T,t} = (0.21LnT + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{10.60}$$

Donde:

t - Es la duración en minutos

T – Es el período de retorno en años

P – Precipitación caída en t minutos con período de retorno de T años

Esta relación es válida para duraciones de lluvia (t) comprendidas entre 5 y 120 minutos y períodos de retorno entre 2 y 100 años. Para el presente estudio se siguió la metodología de transformar la lluvia máxima en 24 horas, en lluvias de 1 (una) hora, de acuerdo con la ecuación:

$$P_{horaria} = CP(P_{24horas})$$

en donde:

$P_{horaria}$ - es la precipitación en 1 hora, en mm.

$P_{24horas}$ - es la precipitación en 24 horas, en mm.

[8] Gustavo Silva Medina. Hidrología en cuencas pequeñas con información escasa. [En línea]. Tomado de file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/DialnetHidrologiaEnCuencasPequenasConInformacionEscasa-4902734.pdf, Consultado el 30 de noviembre de 2021.

[9] Instituto de la Construcción y Gerencia (2009). Curvas Intensidad Duración Frecuencia. XVII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Perú.

CP - es un coeficiente adimensional, que relaciona la magnitud de la lluvia en 1 hora con la de la lluvia en 24 horas.

Numerosos estudios en Colombia, según referencias bibliográficas, han demostrado que, para eventos de precipitación de alta intensidad, estos valores son relativamente constantes. Para la lluvia en 1 hora, el valor de CP es en promedio igual a 0,45. Este valor se ha definido para la zona del proyecto.

Por otro lado,

$$I = CR / (t + b)^{n}$$

En donde,

I – es la intensidad promedio del aguacero para un período de retorno T específico, en mm/hr

CR – es un coeficiente que se deduce de la ecuación anterior y se halla para cada período de retorno, de las lluvias máximas en una hora, dado que se puede conocer la intensidad en tal duración, como el resultado de dividir la lluvia respectiva, en mm, por el tiempo, en una hora

t- es el tiempo de duración de la lluvia, en minutos

b- es una constante, que, para estudios en Colombia, según referencias bibliográficas, se ha definido igual a 10 en minutos

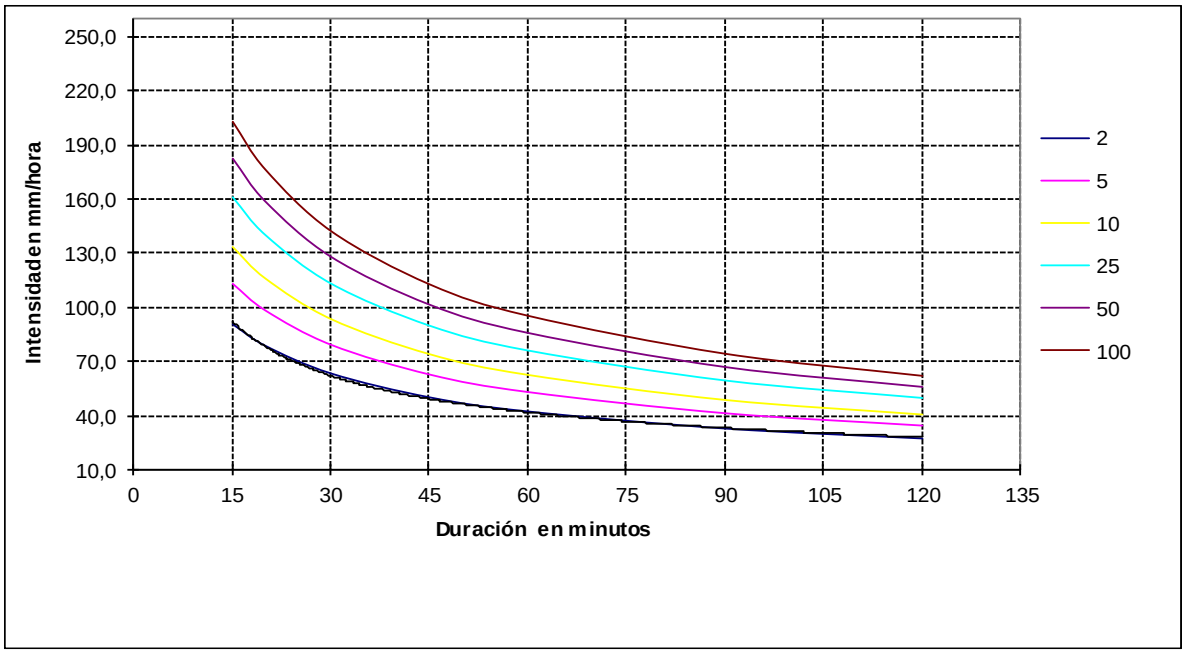
n- es una constante, que, para estudios en Colombia, según referencias bibliográficas, se ha definido igual a 0,51, valor adimensional.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- **Curvas de Intensidad Duración Frecuencia IDF**

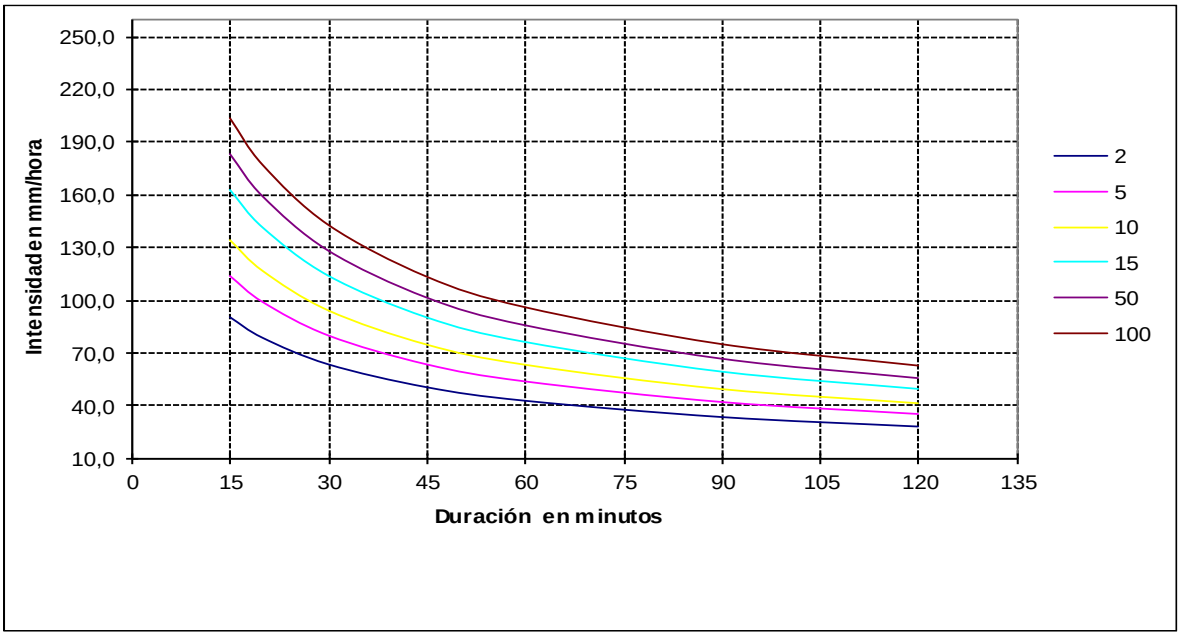
Se establecieron curvas de Intensidad Duración Frecuencia IDF con base en la información pluviométrica y de precipitaciones máximas en 24 horas registradas en las estaciones de Usiacurí y Sabanalarga, localizadas muy cerca del área de estudio. En la **Figura 5.1-28** y **Figura 5.1-29**, se observan las curvas de Intensidad Duración Frecuencia, generadas para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, en cada una de las estaciones analizadas.

FIGURA 5.1-28 CURVAS DE INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA PARA LA ESTACIÓN SABANALARGA



Fuente: "ATLANTIC PHOTOVOLTAIC", EIA, 2021 adaptado por UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-29 CURVAS DE INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA PARA LA ESTACIÓN USIACURÍ



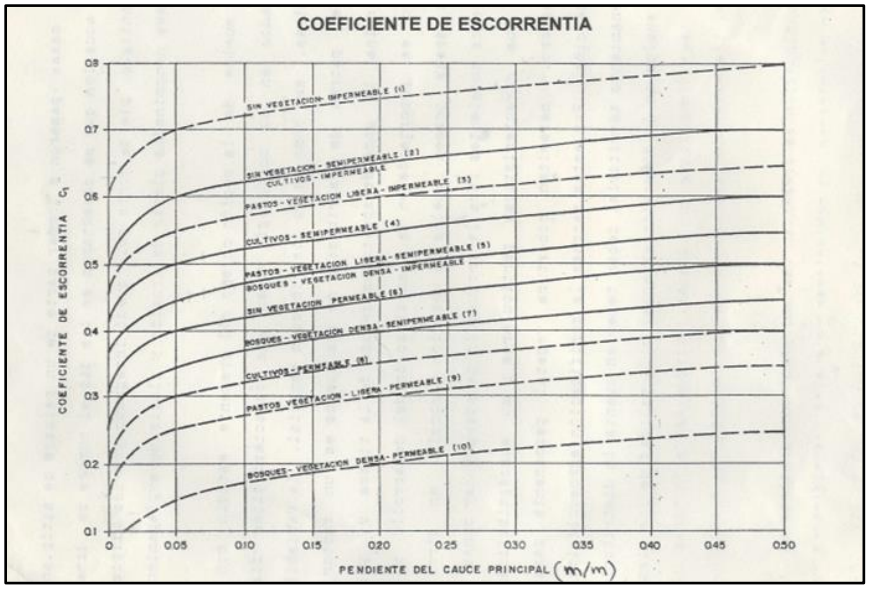
Fuente: "ATLANTIC PHOTOVOLTAIC", EIA, 2021 adaptado por UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

- **Caudales máximos obtenidos**

Los caudales máximos obtenidos para cada una de las corrientes de interés al proyecto en cada uno de los sitios de ocupación de cauce, se establecieron como se mencionó anteriormente con base en el método de la Fórmula racional y teniendo en cuenta las curvas de Intensidad Duración Frecuencia obtenidas mediante el método Bell y utilizando la información de las características morfométricas de cada corriente. . En este sentido, es necesario indicar que, debido a que este método contempla un tiempo de concentración mínimo de 15 minutos, en los puntos de ocupación de cauce OCNT-22,23,24 y 25 donde se registran valores menores de tiempo de concentración, se adopta el valor mínimo de 15 minutos.

El coeficiente de escorrentía utilizado para el cálculo de caudales máximos de las corrientes de interés mencionadas en la **Tabla 5.1-69**, se estimó con base en el diagrama tipo de suelo, tipo de cobertura vegetal y la pendiente del cauce principal, presentado en la **Figura 5.1-30**. De igual manera, los resultados del coeficiente de escorrentía obtenidos, se presentan en la **Tabla 5.1-70**.

FIGURA 5.1-30 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA



Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-70 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA EN CORRIENTES DEL PROYECTO

CORRIENTE	C
Ay. Isabel López (OCNV-31)	0.18
Ay. Isabel López (OCNV-32)	0.21
Caño Hda Las Marías (OCNT-21)	0.18
Caño NN 2 (OCNV-35)	0.18

CORRIENTE	C
Arroyo 1 (OCNT-25)	0.21
Tributario 2 (OCNT-23)	0.21
Tributario 1 (OCNT-24)	0.17
Afluente 2 (OCNT-22)	0.21

Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

La intensidad de la lluvia en cada corriente de análisis, y los caudales máximos obtenidos para diferentes períodos de retorno, se resumen en las **Tabla 5.1-71 y Tabla 5.1-72**.

TABLA 5.1-71 INTENSIDAD DE LA LLUVIA (MM/H)

Corriente /Tr años	2	5	10	25	50	100
Ay. Isabel López (OCNV-31)	44.14	55.31	65.45	78.85	89.00	99.13
Ay. Isabel López (OCNV-32)	53.47	67.00	79.28	95.52	107.8	120.0
Caño Hda Las Marías (OCNT-21)	61.46	77.02	91.14	109.8	123.9	138.0
Caño NN 2 (OCNV-35)	90.39	113.2	134.0	161.4	182.2	203.0
Arroyo 1 (OCNT-25)	92.54	115.9	137.2	165.3	186.5	207.8
Tributario 2 (OCNT-23)	92.54	115.9	137.2	165.3	186.5	207.8
Tributario 1 (OCNT-24)	92.54	115.9	137.2	165.3	186.5	207.8
Afluente 2 (OCNT-22)	92.54	115.9	137.2	165.3	186.5	207.8

Fuente: "ATLANTIC PHOTOVOLTAIC", EIA, 2021 adaptado por UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-72 CAUDALES MÁXIMOS (M3/S)

Corriente /Tr años	2	5	10	25	50	100
Ay. Isabel López (OCNV-31)	6.49	8.14	9.63	11.60	13.09	14.59
Ay. Isabel López (OCNV-32)	6.04	7.57	8.96	10.80	12.18	13.57
Caño Hda Las Marías (OCNT-21)	2.36	2.95	3.50	4.21	4.75	5.29
Caño NN 2 (OCNV-35)	1.18	1.48	1.75	2.11	2.38	2.65
Arroyo 1 (OCNT-25)	0.78	0.97	1.15	1.39	1.57	1.74
Tributario 2 (OCNT-23)	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06
Tributario 1 (OCNT-24)	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04

Corriente /Tr años	2	5	10	25	50	100
Afluente 2 (OCNT-22)	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04

Fuente: "ATLANTIC PHOTOVOLTAIC", EIA, 2021 adaptado por UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

Los caudales máximos para el arroyo Cajón en el punto de ocupación OCN-20 y arroyo Platanal en el OCNV 33 y 34, se calcularon utilizando el método de cuenca análoga, dicho método se utiliza para generar información hidrológica desde una cuenca con información a otra cuenca vecina sin información. La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$Qd = Qc*(Ad /Ac) *(Pd / Pc)$$

Donde:

Qd – Es el caudal desconocido en m^3/s.

Qc – Es el caudal conocido en m^3/s.

Ad – Es el área de la cuenca sin información.

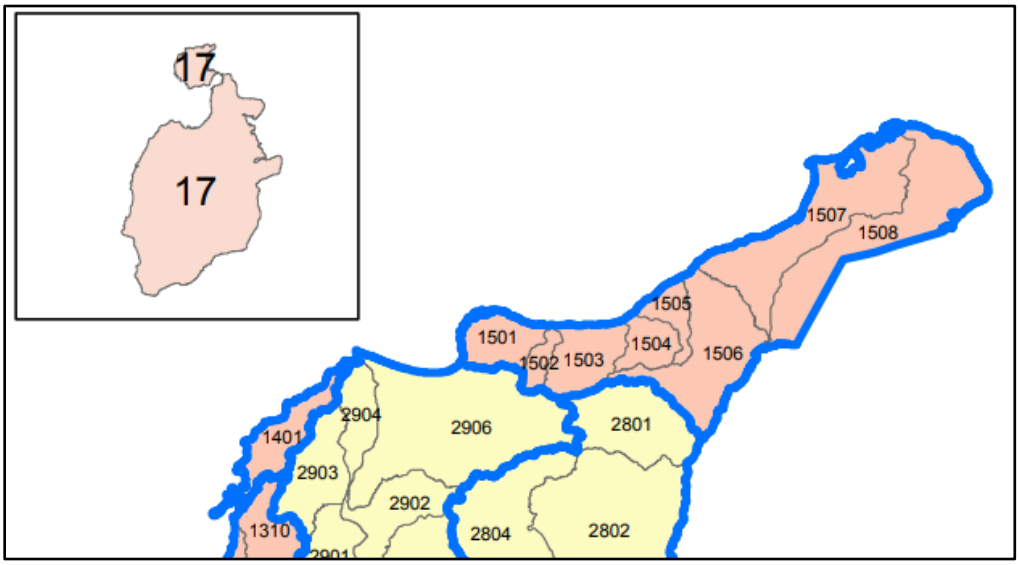
Ac – Es el área de la cuenca con información.

Pd – Es la precipitación total anual de la cuenca sin información

Pc – Es la precipitación total anual de la cuenca con información.

La cuenca vecina utilizada como referencia para el cálculo de caudales, se encuentra localizada en el área hidrográfica Caribe en la subzona hidrográfica Río Piedras. Ver **Figura 5.1-31** en la cual se observa que la subzona de referencia es la número 1501 y la subzona de ubicación del proyecto es la número 2904.

FIGURA 5.1-31 CUENCA DE REFERENCIA UTILIZADA



Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

Esta cuenca de referencia, presenta un régimen de precipitación unimodal caracterizado por un período de lluvias altas durante los meses de abril a noviembre y un período de lluvias bajas en los meses restantes de diciembre a marzo de cada año, condición que es similar a las presentadas en el área del proyecto; la precipitación total anual es de 2330 mm en la cuenca de referencia y de 1203 mm en el área del proyecto; la cuenca de referencia registra un área de 35 Km2 y registra información hidrológica confiable.

Para realizar el cálculo de caudales máximos, se utilizó información de las siguientes estaciones:

TABLA 5.1-73 ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS UTILIZADAS

No	ESTACIÓN	CÓDIGO	TIPO	MUNICIPIO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ALTURA (msnm)
					ESTE	NORTE	
1	Sabanalarga	29045000	CP	Sabanalarga	4.790.053	2.734.410	100
2	Minca	1501703	LG	Santa Marta	4.878.107	2.788.508	650
3	Minca	1501001	PM	Santa Marta	4.878.107	2.788.508	640

Fuente: IDEAM-2023, CP: Climática Principal, LG: Limnigráfica, PM: Pluviométrica

Para el análisis de frecuencia de caudales máximos correspondientes a periodos de retorno de 2, 5,10,25, 50 y 100 años en el arroyo Platanal, se realizaron pruebas de bondad de Kolmogorof – Smirnof para definir las distribuciones de probabilidad que mejor se ajustan a los datos de caudal, lo anterior con apoyo de la herramienta Hidroesta 2, desarrollada por el ingeniero agrícola Máximo Villón Bejar del Instituto Tecnológico de Costa Rica[10].

Las pruebas de bondad permiten comprobar, gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidad teórica seleccionada, con los parámetros de los valores muestrales establecidos. Por otro lado, las pruebas estadísticas tienen por objeto medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre una población; es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria se distribuya según una cierta función de probabilidades. (Villón Bejar, 2013).

En la **Tabla 5.1-74** se presentan los caudales máximos para diferentes períodos de retorno calculados para el arroyo Platanal en el punto de ocupación OCNV-33 y 34 y arroyo Cajón en el punto de ocupación OCN-20.

TABLA 5.1-74 CAUDALES MÁXIMOS ARROYO PLATANAL (M3/S)

Período de Retorno Tr (años)	Arroyo Platanal OCNV-33 y OCNV-34	Arroyo Cajón OCN-20
2	11.08	0.91
5	30.08	3.17
10	56.38	4.67

[10] Villón Béjar Máximo. 2004. HidroEsta, software para cálculos hidrológicos y estadísticos aplicados a la Hidrología. Revista digital matemática, Educación e internet (http://www.tecdigital.itcr.ac.cr/revista matematica/) Vol. 12 No. 2 Marzo a agosto de 2012.

Período de Retorno Tr (años)	Arroyo Platanal OCNV-33 y OCNV-34	Arroyo Cajón OCN-20
25	119.9	6.55
50	204.8	7.95
100	342.4	9.34

Fuente: "ATLANTIC PHOTOVOLTAIC", EIA, 2021 adaptado por UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

5.1.5 Calidad de Agua

Para el desarrollo de este numeral se referencian los resultados de los monitoreos de agua superficial de 3 campañas realizadas, así y cuyos informes se encuentran en el **Anexo_3.1 Calidad de agua**:

- Campaña de monitoreo realizada en diciembre de 2020 en 2 puntos de muestreo (arroyo Platanal y arroyo Isabel López) para caracterización de estos cuerpos de agua, cuyos resultados fueron incluidos en el EIA.
- Campaña de monitoreo realizada en abril de 2023 en 17 puntos de muestreo correspondientes a ocupaciones de cauce, y cuyos resultados se presentan en esta modificación del EIA.
- Campaña de monitoreo realizada en julio de 2023 a 6 puntos de muestreo para caracterización de los cuerpos de agua, y cuyos resultados se presentan en esta modificación del EIA.

El informe de resultados de la campaña de monitoreo del año 2020, contiene las actividades de campo y laboratorio encaminadas a evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas de los cuerpos de agua. Las muestras fueron tomadas por SERAMBIENTE S.A.S. y analizadas por el laboratorio SERAMBIENTE S.A.S., en conjunto con los laboratorios SGS COLOMBIA S.A.S. AGQ PRODYCON S.A.S., y LIMA S.A.S., dichos laboratorios se encuentran acreditados por el IDEAM para la toma de muestras y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Los informes de resultados de las campañas de monitoreo del año 2023, contiene las actividades de campo y laboratorio ejecutadas por la empresa MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S, debidamente acreditado ante el IDEAM, para el desarrollo de estas. (ver **Anexo_3_ Soporte Técnico/3.1_Calidad de agua.**

Los puntos de monitoreo se ubicaron de acuerdo con el sistema de coordenadas Origen Nacional. La ubicación geográfica de estos puntos de monitoreo se muestra en la Figura **5.1-32**.

Adicionalmente, en la **Tabla 5.1-75** se presenta una relación de coordenadas de los puntos de monitoreos en las 3 campañas mencionadas anteriormente, acerca de esto valga mencionar las siguientes aclaraciones:

- De los 17 puntos de monitoreo en cuerpos de agua de la campaña de abril de 2023, sólo 3 cuerpos de agua no se encontraban secos.
- De los 6 puntos de monitoreo en cuerpos de agua de la campaña de julio de 2023, sólo 3 cuerpos de agua no se encontraban secos.

- Los resultados de los monitoreos de los puntos de calidad del agua de la campaña del año 2020: PM_ArrIL y PM_ArrPl, sobre los arroyos Isabel López y Platanal, pueden ser homologables con los puntos OVP-34 y OCM-43 (ID con el que están identificados en los informes de laboratorio), de la campaña de julio de 2023, los cuales están ubicados en estos mismos arroyos. Con fines de clarificar su manejo, han sido renombrados para este documento y la GDB como PM_ArrIL_2023 y PM_ArrPl_2023, respectivamente.

TABLA 5.1-75 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE CALIDAD DE AGUA EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MONITOREO

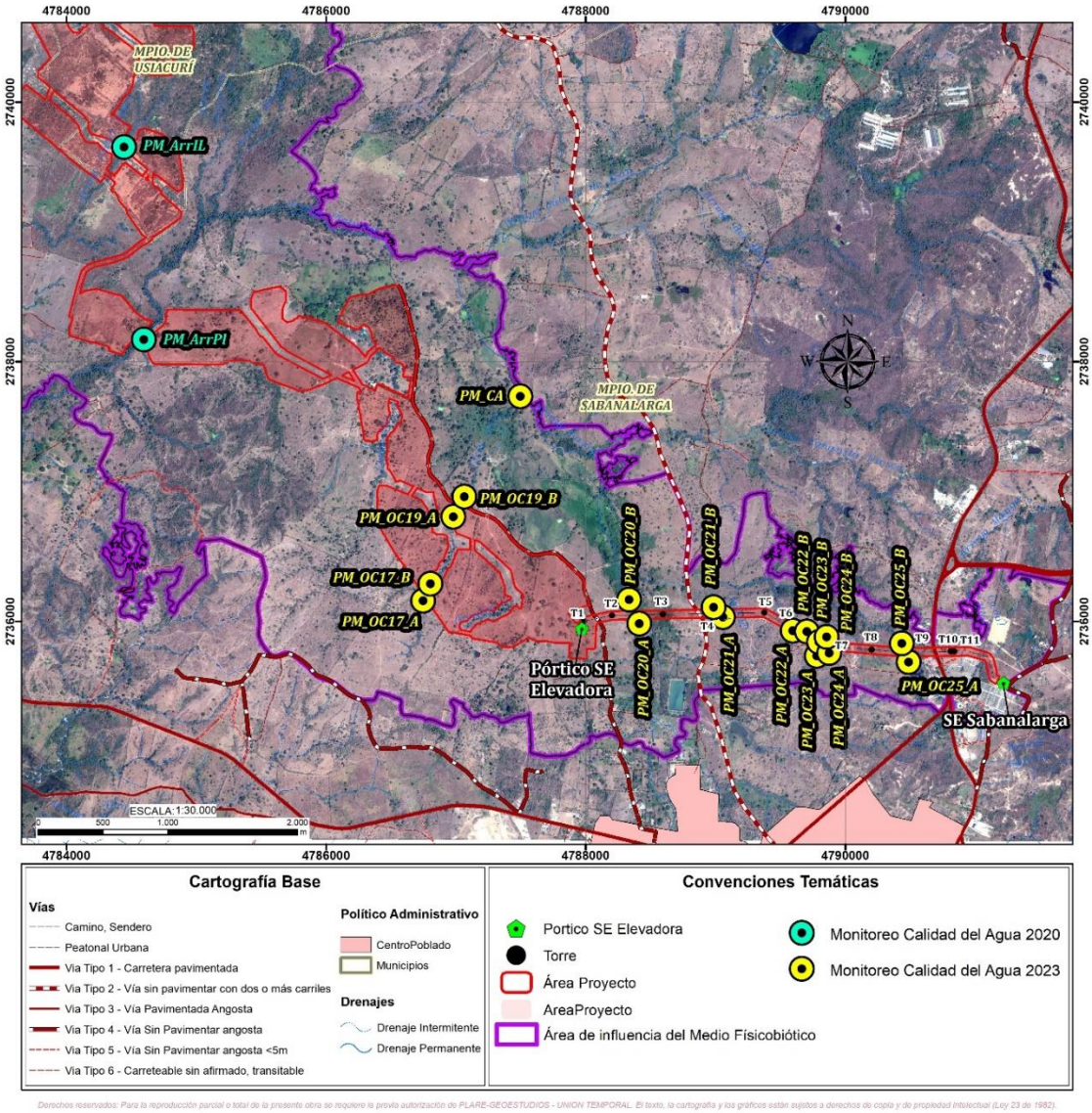
Campaña 2020 (16 diciembre 2020)				Campaña 2023 - I (22 a 27 abril 2023)				Campaña 2023 - II (12 al 13 julio 2023)				
ID PUNTO MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID PUNTO MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID PUNTO MONITOREO	ID RENOMBRE HOMOLOGACIÓN CAMPAÑA 2020	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE	PUNTO DE OCUPACIÓN DE CAUCE		ESTE	NORTE	PUNTO DE OCUPACIÓN DE CAUCE			ESTE	NORTE
PM_ArrIL	Arroyo Isabel López	4784442	2739654					OVP-34 OC 1 OC-5 OCNV-31, OCNV-32	PM_ArrIL_2023	Arroyo Isabel López	4784282	2739364
PM_ArrPl	Arroyo Platanal	4784596	2738170					OCM-43 OC-8 OCNV- 33, OCNV-34	PM_ArrPl_2023	Arroyo Platanal	4784594	2738176
								OVP-37 Sin OC asociada		Drenaje tributario al Arroyo Platanal	4784601	2738032
								OV-27* OC-10 OC-18		Drenaje 1	4786101	2738255
								OVP-32* OC 1 OC-5 OCNV-31, OCNV-32		Arroyo Isabel López	4784395	2741116
								OVP-40* OC-10 OC-18		Drenaje 1	4786390	2737073
				P14 OC-17 OCNV-35	OC-17 AGUAS ARRIBA*	4786746	2736159					
				P15 OC-17 OCNV-35	OC-17 AGUAS ABAJO*	4786804	2736290					

Campaña 2020 (16 diciembre 2020)				Campaña 2023 - I (22 a 27 abril 2023)				Campaña 2023 - II (12 al 13 julio 2023)				
ID PUNTO MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID PUNTO MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID PUNTO MONITOREO	ID RENOMBRE HOMOLOGACIÓN CAMPAÑA 2020	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE	PUNTO DE OCUPACIÓN DE CAUCE		ESTE	NORTE	PUNTO DE OCUPACIÓN DE CAUCE			ESTE	NORTE
				P1	OC-20 AGUAS ARRIBA	4788413	2735983					
				OCN-20								
				P2	OC-20 AGUAS ABAJO	4788335	2736167					
				OCN-20								
				P16	P16-DRENAJE TORRE 4-AGUAS ARRIBA*	4789058	2736032					
				OCNT-21								
				P17	P17-DRENAJE TORRE 4-AGUAS ABAJO*	4788986	2736108					
				OCNT-21								
				P3	P-3-PUNTO DE CALIDAD DE AGUA	4787496	2737732					
				Sin OC asociada								
				P4	P4-DRENAJE TORRE 6-AGUAS ARRIBA*	4789596	2735927					
				OCNT-22								
				P5	P5-DRENAJE TORRE 6-AGUAS ABAJO*	4789705	2735921					
				OCNT-22								
				P6	DRENAJE IZQUIERDO TORRE 7 AGUAS ARRIBA*	4789781	2735734					
				OCNT-23								
				P7	DRENAJE IZQUIERDO TORRE 7 AGUAS ABAJO*	4789798	2735841					
				OCNT-23								
				P8	DRENAJE DERECHO TORRE 7 AGUAS ARRIBA*	4789876	2735756					
				OCNT-24								
				P9	DRENAJE DERECHO TORRE 7 AGUAS ABAJO*	4789856	2735880					
				OCN4-24								

Campaña 2020 (16 diciembre 2020)				Campaña 2023 - I (22 a 27 abril 2023)				Campaña 2023 - II (12 al 13 julio 2023)				
ID PUNTO MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID PUNTO MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID PUNTO MONITOREO	ID RENOMBRE HOMOLOGACIÓN CAMPAÑA 2020	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE	PUNTO DE OCUPACIÓN DE CAUCE		ESTE	NORTE	PUNTO DE OCUPACIÓN DE CAUCE			ESTE	NORTE
				P10	DRENAJE A TORRE 9 AGUAS ARRIBA*	4790488	2735685					
				OCNT-25								
				P11	DRENAJE A TORRE 9 AGUAS ABAJO*	4790435	2735830					
				OCNT-25								
				P12	OC-19 AGUAS ARRIBA*	4786980	2736806					
				OC-19								
				P13	OC-19 AGUAS ABAJO*	4787065	2736959					
				OC-19								

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021,. MCS, 2023, Adaptado por UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-32 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

5.1.5.1 Metodología

5.1.5.1.1 Características del muestreo

Para las mediciones in situ de las muestras de agua, se realizó la verificación de la calibración de los equipos utilizados, de lo cual se dejó registro en los formatos de campo. Posteriormente, se adelantó la determinación de pH, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura (ambiental y de la muestra) y sólidos sedimentables; las lecturas en este mismo orden y a la mayor brevedad posible, con el fin de minimizar la oxigenación natural de la muestra.

5.1.5.1.2 Descripción de los puntos de monitoreo

A continuación, se presenta la descripción de los dos puntos de monitoreo de la campaña de diciembre de 2020.

1. Arroyo Isabel López: el punto de monitoreo se encuentra en cercanía a zonas ganaderas y a una distancia aproximada de 3 km de la población Isabel López. Se caracteriza por ser un sistema lótico. Durante el monitoreo el agua tuvo una apariencia semi turbia y se percibió un fuerte olor a químicos.

FOTOGRAFÍA 5.1-25 ARROYO ISABEL LÓPEZ



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

2. Arroyo Platanal: el punto de monitoreo se encuentra en una zona de ganadería. Se caracteriza por ser un sistema lótico. Durante el monitoreo el agua tuvo una apariencia semi turbia. Previo al paso por los predios donde se realizó el muestreo, este arroyo recibe las aguas residuales domésticas de algunas viviendas del municipio de Sabanalarga, así como el vertimiento de las ARD tratadas en la laguna de oxidación que se localiza al Norte de la cabecera urbana, hacia un costado de la vía Sabanalarga-Usiacurí.

FOTOGRAFÍA 5.1-26 ARROYO PLATANAL



A continuación, se presenta la descripción de los 17 puntos de monitoreo de la campaña de abril de 2023.

TABLA 5.1-76 DESCRIPCIÓN PUNTOS DE MONITOREO CAMPAÑA 22 A 27 DE ABRIL DE 2023

NOMBRE	**OC-17 AGUAS ARRIBA**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4786746 E**	**2736159 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-27 OC-17 – AGUAS ARRIBA**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			
NOMBRE	**OC-17 AGUAS ABAJO**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4786804 E**	**2736290 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-28 OC-17 – AGUAS ABAJO**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			

NOMBRE	**OC-20 AGUAS ARRIBA**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4788413 E**	**2735983 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo de agua lótico con corriente que fluye por un canal recto y nivel de agua medio, el agua se presenta turbia, se evidencian olores y material flotante, sin embargo, no se aprecian películas de grasas o aceites. El lecho presenta deposición moderada y se encuentra compuesto principalmente por limos y arcilla. La vegetación presenta un grado de perturbación alto, conformada por gramíneas (80%), hierba (10%), árboles (5%) y arbustos (5%). Dentro de los impactos sobre la corriente se evidencian descargas en el cuerpo de agua. Se resalta que el agua proviene de la piscina de oxidación de las aguas negras del municipio de Sabanalarga.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-29 OC-20 - AGUAS ARRIBA**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			
NOMBRE	**OC-20 AGUAS ABAJO**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4788335 E**	**2736167 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo de agua lótico con corriente que fluye por un canal recto y nivel de agua medio, el agua se presenta turbia, se evidencian olores y material flotante, sin embargo, no se aprecian películas de grasas o aceites. El lecho presenta deposición moderada y se encuentra compuesto principalmente por limos y arcilla. La vegetación presenta un grado de perturbación alto, conformada por gramíneas (80%), hierba (10%), árboles (5%) y arbustos (5%). Dentro de los impactos sobre la corriente se evidencian descargas en el cuerpo de agua. Se resalta que el agua proviene de la piscina de oxidación de las aguas negras del municipio de Sabanalarga.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-30 OC-20 - AGUAS ABAJO**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			

<table>
<tr><td rowspan="2">NOMBRE</td><td rowspan="2">P16-DRENAJE TORRE 4-AGUAS ARRIBA</td><td>COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)</td><td>4789058 E</td><td>2736032 N</td></tr>
<tr><td colspan="2">ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO</td><td>SOLEADO</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="4">Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.</td></tr>
<tr><td>Registro Fotográfico</td><td colspan="4">FOTOGRAFÍA 5.1-31 P16-DRENAJE TORRE 4 - AGUAS ARRIBA
 
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">NOMBRE</td><td rowspan="2">P17-DRENAJE TORRE 4-AGUAS ABAJO</td><td>COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)</td><td>4788986 E</td><td>2736108 N</td></tr>
<tr><td colspan="2">ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO</td><td>SOLEADO</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="4">Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.</td></tr>
<tr><td>Registro Fotográfico</td><td colspan="4">FOTOGRAFÍA 5.1-32 P16-DRENAJE TORRE 4 – AGUAS ABAJO
 
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">NOMBRE</td><td rowspan="2">P-3-PUNTO DE CALIDAD DE AGUA</td><td>COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)</td><td>4787496 E</td><td>2737732 N</td></tr>
<tr><td colspan="2">ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO</td><td>NUBLADO</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="4">Cuerpo de agua lótico tipo arroyo con corriente que fluye por un canal recto y nivel de agua bajo, el agua se presenta turbidez leve, no se evidencian olores, material flotante, ni se aprecian películas de grasas o aceites. El lecho presenta deposición moderada y se encuentra compuesto principalmente por limos y arcilla. La vegetación presenta un grado de perturbación alto, conformada por gramíneas (60%), hierbas (30%) y arbustos (10%). Dentro de los impactos sobre la corriente se evidencia pastoreo. Uso local del suelo para ganadería.</td></tr>
<tr><td>Registro Fotográfico</td><td colspan="4">FOTOGRAFÍA 5.1-33 P-3-PUNTO DE CALIDAD DE AGUA
 
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">NOMBRE</td><td rowspan="2">P4-DRENAJE TORRE 6-AGUAS ARRIBA</td><td>COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)</td><td>4789596 E</td><td>2735927 N</td></tr>
<tr><td colspan="2">ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO</td><td>SOLEADO</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="4">Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.</td></tr>
<tr><td>Registro Fotográfico</td><td colspan="4">FOTOGRAFÍA 5.1-34 P4-DRENAJE TORRE 6 - AGUAS ARRIBA
 
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.</td></tr>
</table>

NOMBRE	**P5-DRENAJE TORRE 6-AGUAS ABAJO**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4789705 E**	**2735921 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-35 P5-DRENAJE TORRE 6 - AGUAS ABAJO**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			
NOMBRE	**DRENAJE IZQUIERDO TORRE 7 AGUAS ARRIBA**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4789781 E**	**2735734 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-36 DRENAJE IZQUIERDO TORRE 7 - AGUAS ARRIBA**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			

<table>
<tr><td rowspan="2">NOMBRE</td><td rowspan="2">DRENAJE IZQUIERDO TORRE 7 AGUAS ABAJO</td><td>COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)</td><td>4789798 E</td><td>2735841 N</td></tr>
<tr><td colspan="2">ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO</td><td>SOLEADO</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="4">Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.</td></tr>
<tr><td>Registro Fotográfico</td><td colspan="4">FOTOGRAFÍA 5.1-37 DRENAJE IZQUIERDO TORRE 7 – AGUAS ABAJO
 
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">NOMBRE</td><td rowspan="2">DRENAJE DERECHO TORRE 7 AGUAS ARRIBA</td><td>COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)</td><td>4789876 E</td><td>2735756 N</td></tr>
<tr><td colspan="2">ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO</td><td>SOLEADO</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="4">Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.</td></tr>
<tr><td>Registro Fotográfico</td><td colspan="4">FOTOGRAFÍA 5.1-38 DRENAJE DERECHO TORRE 7 - AGUAS ARRIBA
 
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.</td></tr>
</table>

NOMBRE	**DRENAJE DERECHO TORRE 7 AGUAS ABAJO**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4789856 E**	**2735880 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-39 DRENAJE DERECHO TORRE 7 – AGUAS ABAJO**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			
NOMBRE	**DRENAJE A TORRE 9 AGUAS ARRIBA**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4790488 E**	**2735685 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-40 DRENAJE A TORRE 9 - AGUAS ARRIBA**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			

NOMBRE	**DRENAJE A TORRE 9 AGUAS ABAJO**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4790435 E**	**2735830 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-41 DRENAJE A TORRE 9 – AGUAS ABAJO**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			
NOMBRE	**OC-19 AGUAS ARRIBA**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4786980 E**	**2736806 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-42 OC-19 – AGUAS ARRIBA**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			

NOMBRE	**OC-19 AGUAS ABAJO**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4787065 E**	**2736959 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**SOLEADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-43 OC-19 – AGUAS ABAJO**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

A continuación, se presenta la descripción de los 6 puntos de monitoreo de la campaña de julio de 2023.

TABLA 5.1-77 DESCRIPCIÓN PUNTOS DE MONITOREO CAMPAÑA DEL 12 AL 13 DE JULIO DE 2023

NOMBRE	**OV-27**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4786101 E**	**2738255 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**NUBLADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-44 OV-27**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			

NOMBRE	**OVP-32**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4784395 E**	**2741116 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**NUBLADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-45 OVP-32**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			

NOMBRE	**OVP-40**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4786390 E**	**2737073 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**NUBLADO**
Descripción	Cuerpo hídrico lótico que se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-46 OVP-40**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			

<table>
<tr><td rowspan="2">NOMBRE</td><td rowspan="2">OVP-34</td><td>COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)</td><td>4784282 E</td><td>2739364 N</td></tr>
<tr><td colspan="2">ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO</td><td>NUBLADO</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="4">Cuerpo de agua lótico con corriente moderada que fluye por un canal recto y nivel de agua bajo, no se evidencian olores y material flotante, ni se aprecian películas de grasas o aceites. Se evidencia agua aparentemente clara, lecho estable arcilloso con presencia de hojarasca en las riberas, vegetación aledaña en la zona se evidencia gramíneas (30%), hierbas (20%), árboles (10%) y arbustos (10%), con grado de perturbación moderado. Uso local del suelo para ganadería.</td></tr>
<tr><td>Registro Fotográfico</td><td colspan="4">FOTOGRAFÍA 5.1-47 OVP-34
 
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">NOMBRE</td><td rowspan="2">OCM-43</td><td>COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)</td><td>4784594 E</td><td>2738176 N</td></tr>
<tr><td colspan="2">ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO</td><td>NUBLADO</td></tr>
<tr><td>Descripción</td><td colspan="4">Punto de monitoreo con cuerpo de agua lótico definido, con canal recto, nivel de agua bajo y corriente moderada, lecho estable compuesto por arena y arcilla, se evidencia vegetación compuesta por gramíneas (10%), hierba (10%), arbustos (10%) y arboles (10%), con grado de perturbación moderado. Uso local de suelo es por ganadería, se observa agua aparentemente clara.</td></tr>
<tr><td>Registro Fotográfico</td><td colspan="4">FOTOGRAFÍA 5.1-48 OCM-43
 
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.</td></tr>
</table>

NOMBRE	**OVP-37**	**COORDENADAS (ORIGEN NACIONAL)**	**4784601 E**	**2738032 N**
		ESTADO DEL CLIMA AL MOMENTO DEL MUESTREO		**NUBLADO**
Descripción	Punto de monitoreo se observa topografía de terreno inclinada, con poco flujo de caudal, uso local del suelo para ganadería, se evidencia nivel del agua bajo y corriente moderada, lecho estable constituido por limo y arcilla, grado de perturbación en cuerpo de agua es moderado, vegetación en zona predominan gramíneas (10%), hierbas (10%), árboles (20%) y arbustos (20%).			
Registro Fotográfico	**FOTOGRAFÍA 5.1-49 OVP-37**  ***Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.***			

5.1.5.1.3 Proceso metodológico

Los métodos empleados siguen los lineamientos y técnicas recomendados en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos – US EPA en su *Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories*, y por la Asociación Americana de Trabajos del Agua -AWWA- en el *American Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* Edición 23 (2017), además de la norma técnica Colombiana NTC-ISO 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorio de Ensayo y calibración" (ICONTEC, 2005).

5.1.5.2 Normas de calidad del agua

- **Decreto 1076 del 2015 y Decreto 703 de 2018**

Artículo 2.2.3.3.9.3: Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan en la siguiente tabla, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional.

TABLA 5.1-78 ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3 – DECRETO 1076/2015 - ARTÍCULO 17/DECRETO 703 DE 2018

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	VALOR
Color	Color real	75 unidades, escala Platino – cobalto
pH	Unidades	5.0 – 9.0 unidades

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015 y 2018.

Parágrafo 1°. La condición de valor "no detectable" se entenderá que es la establecida por el método aprobado por el Ministerio de Salud.

Parágrafo 2°. No se aceptará película visible de grasas y aceites flotantes, materiales flotantes, radioisótopos y otros no removibles por tratamiento convencional que puedan afectar la salud humana.

Artículo 2.2.3.3.9.4: Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico, Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan en la siguiente tabla, e indican que para su potabilización se requiere sólo desinfección.

TABLA 5.1-79 ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4 – DECRETO 1076/2015 Y ARTÍCULO 25/DECRETO 703 DE 2018

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR
Color	Color real	20 unidades, escala Platino – cobalto
pH	Unidades	6.5 – 8.5 unidades
Turbiedad	UJT	10 unidades Jackson de Turbiedad, UJT

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015 y 2018.

Es importante tener en cuenta la definición establecida en el artículo 2.2.3.3.2.2. Uso para consumo humano y doméstico.

Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su utilización en actividades tales como:

- Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato.
- Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
- Preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración.

Artículo 2.2.3.3.9.5. Transitorio. Criterios de calidad para uso agrícola. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 5.1-80 ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5 – DECRETO 1076/2015 Y DECRETO 703/2018, ART. 19

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR
pH	Unidades	4.5 – 9.0 unidades

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015 y 2018.

Artículo 2.2.3.3.9.6 Transitorio. Criterios de calidad para uso pecuario. Los criterios de **calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario se presentan en la siguiente tabla.**

TABLA 5.1-81 ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6 DEL DECRETO 1076/2015

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR
Aluminio	Al	5.0
Arsénico	As	0.2
Boro	B	5.0
Cadmio	Cd	0.05
Cinc	Zn	25.0
Cobre	Cu	0.5
Cromo	Cr+6	1.0
Mercurio	Hg	0.01
Nitratos + Nitritos	N	100.0
Nitritos	N	10.0
Plomo	Pb	0.1
Contenido de sales	Peso total	3.000

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015

5.1.5.3 Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica y microbiológica en agua superficial, tomados en campo y los reportados por los laboratorios en los puntos de monitoreo de la campaña de 2020, abril de 2023 y julio de 2023.

5.1.5.3.1 Resultados campaña de monitoreo diciembre 2020

TABLA 5.1-82 RESULTADOS IN SITU CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020

Punto de monitoreo	Fecha	Hora	Parámetros de monitoreo						
			pH (Unidades)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Sólidos Sedimentables mL/L	Caudal (L/s)
Arroyo Isabel López	16/12/2020	14:00	7.16	5.8	2940*	29.0	31.0	0.30	523.2
Arroyo Platanal		16:00	7.76	2.2	1358	30.2	31.0	0.45	976.0

****: Resultado convertido de ms/cm a µS/cm***

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

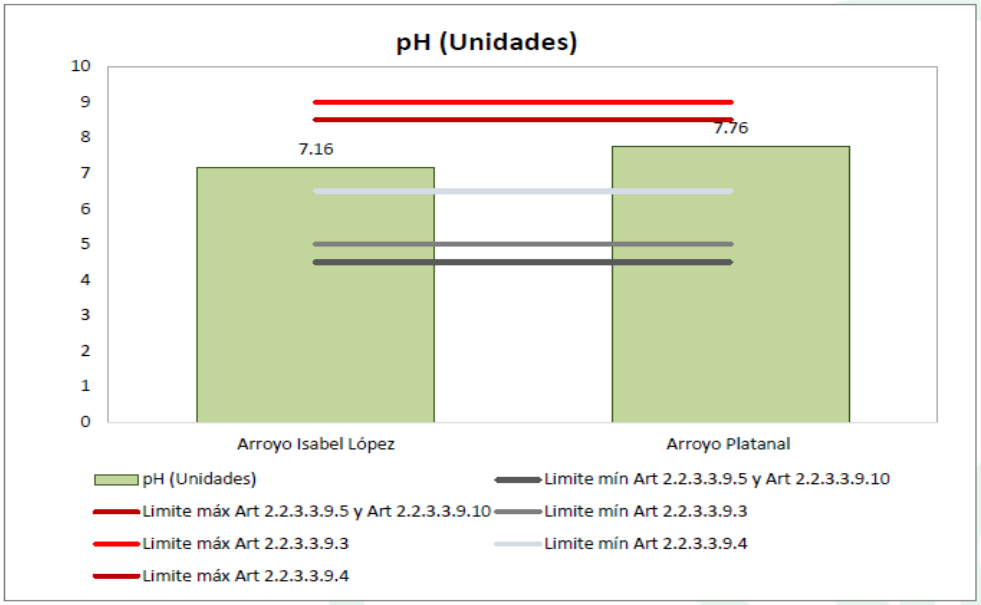
TABLA 5.1-83 COMPARACIÓN RESULTADOS IN SITU CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020

Parámetros	Arroyo Isabel López	Arroyo Platanal	Decreto 1076 de 2015						Cumplimiento
			Limite mín. Art 2.2.3.3.9.5 y Art 2.2.3.3.9.10	Limite máx. Art 2.2.3.3.9.5 y Art 2.2.3.3.9.10	Limite mín. Art 2.2.3.3.9.3	Limite máx. Art 2.2.3.3.9.3	Limite mín. Art 2.2.3.3.9.4	Limite máx. Art 2.2.3.3.9.4	
pH (Unidades)	7.16	7.76	4.5	9.0	5.0	9.0	6.5	8.5	Cumple

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Los puntos de monitoreo cuentan con valores de pH entre 7,16 y 7,76 unidades, presentando un comportamiento neutro, evidenciando cumplimiento, con lo establecido por el Decreto 1076 de 2015, en sus artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.10.

FIGURA 5.1-33 COMPORTAMIENTO DE PH CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

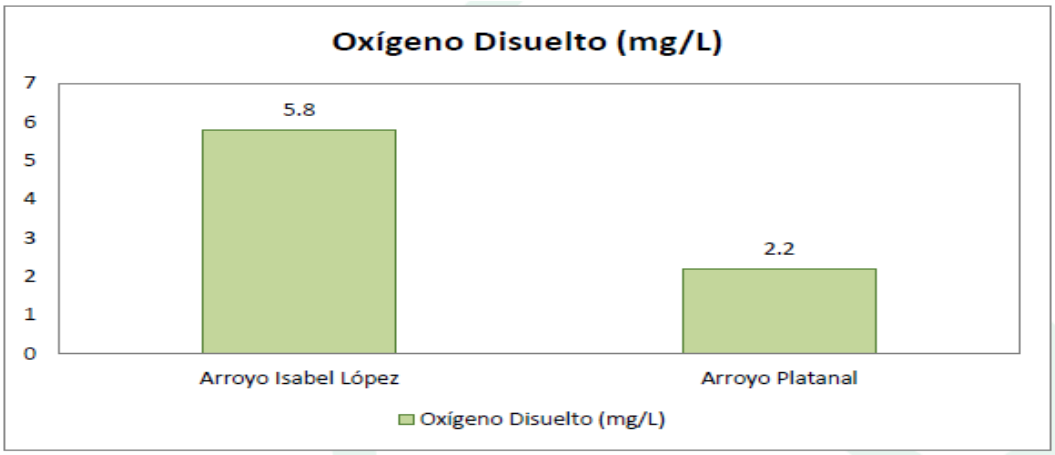
En la **Figura 5.1-34** se presentan las concentraciones de oxígeno disuelto reportando un rango de valores entre 2,2 mg O_2/L y 5,8 mg O_2/L; evidenciando hipoxia en el Punto Arroyo Platanal, mientras que en el Punto Arroyo Isabel López se evidencia una condición aceptable, según lo establecido en la siguiente tabla, lo que trae como consecuencia desaparición de organismos y especies sensibles en el Arroyo Platanal, mientras que en el Arroyo Isabel López se tiene condiciones adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.

TABLA 5.1-84 CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO CON LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO

mg/L	Condición	Consecuencia
0	Anoxia	Muerte masiva organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	Adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos
8-12	Buena	
≥12	Sobresaturada	Sistemas de plena producción fotosintética.

Fuente: Asociación Civil "Investigación y Desarrollo", 2007.

FIGURA 5.1-34 COMPORTAMIENTO DE OXÍGENO DISUELTO CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

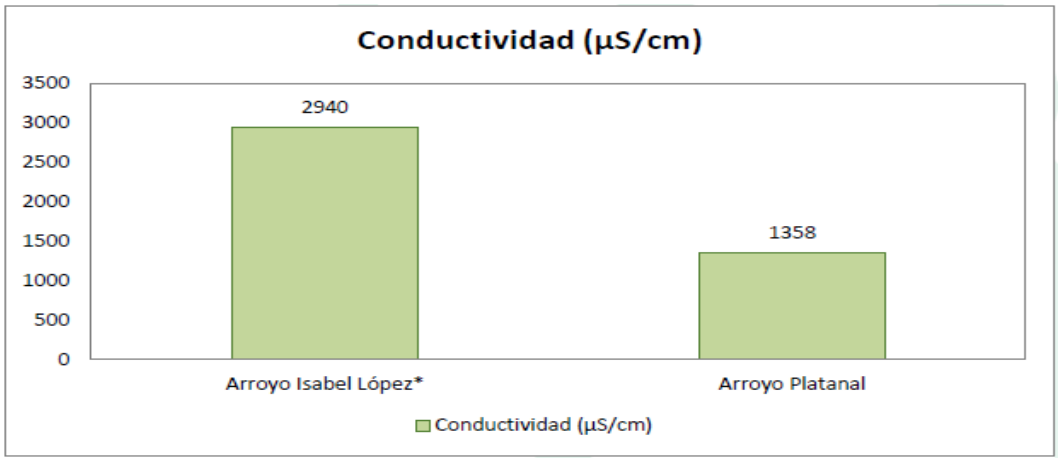
La conductividad registró concentraciones que van de 1358 µS/cm a 2940 µS/cm, estableciendo un grado de mineralización "Excesiva" en los puntos Arroyo Isabel López y Arroyo Platanal, según lo establecido en la siguiente tabla.

TABLA 5.1-85 MINERALIZACIÓN DEL AGUA A PARTIR DE LA CONDUCTIVIDAD

Conductividad eléctrica (µS/cm)	Mineralización
Menor de 100	Muy débil
100 – 200	Débil
200 – 700	Media
700 a 1000	Importante
Más de 1000	Excesiva

Fuente: M. Espigares García, M. Fernández – Creuhet Navajas. Estudio sanitario del Agua, 1995

FIGURA 5.1-35 COMPORTAMIENTO DE CONDUCTIVIDAD CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020

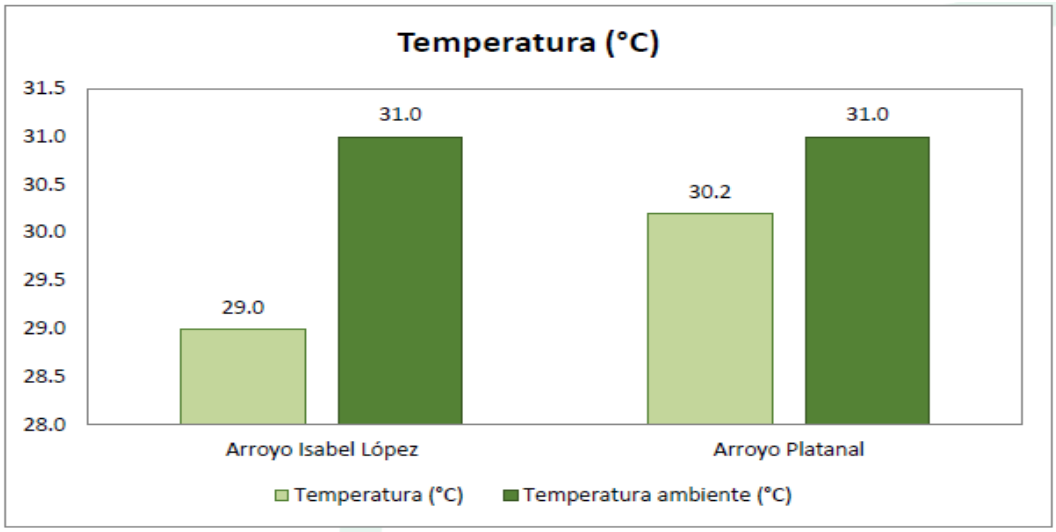


****: Resultado convertido de ms/cm a µS/cm***

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Por otro lado, el valor de sólidos sedimentables se reportó entre 0,30 mL/L y 0,45 mL/L. Finalmente, los valores de temperatura en la muestra reportados presentan valores entre 29,0°C y 30,2°C, para temperatura ambiente el valor reportado fue de 31,0°C en los dos (2) puntos de monitoreo, por lo cual se evidencia que el recurso hídrico evaluado no cuenta con factores térmicos externos que estén afectando sus condiciones naturales.

FIGURA 5.1-36 COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020



Fuente: serambiente S.A.S., 2021.

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos para cada una de las variables fisicoquímicas y microbiológicas analizadas y su comparación con el Decreto 1076 de 2015, artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10. (ver el **Anexo 3.1_. Laboratorio de Agua Superficial).**

TABLA 5.1-86 RESULTADOS DE LABORATORIO CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020

Parámetro	Unidades	Arroyo Isabel López	Arroyo Platanal	Decreto 1076 de 2015					Cumplimiento
		16/12/2020		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.10	
		123523	123524						
Acidez	mg $CaCO_3$/L	<20.00	<20.00	NE	NE	NE	NE	NE	-
Alcalinidad	mg $CaCO_3$/L	398.07	350.47	NE	NE	NE	NE	NE	-
Cloruros	mg Cl^-/L	482.8	195.1	250.0	250.0	NE	NE	NE	No cumple ID 123523
Color a tres longitudes de onda	1/m	436nm:1.32 525nm:<0.50 620nm:<0.25	436nm:2.06 525nm:1.08 620nm:0.28	NE NE NE	NE NE NE	NE NE NE	NE NE NE	NE NE NE	-
Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO_5)	mg O_2/L	<2.0	48.0	NE	NE	NE	NE	NE	-
Demanda Química De Oxígeno (DQO)	mg O_2/L	18	117	NE	NE	NE	NE	NE	-
Detergentes (SAAM)	mg SAAM/L	1.20	1.33	0.5	0.5	NE	NE	0.143 CL	No cumplen
Dureza cálcica	mg $CaCO_3$/L	685.9	121.8	NE	NE	NE	NE	NE	-
Dureza total	mg $CaCO_3$/L	1045.1	308.9	NE	NE	NE	NE	NE	-
Fósforo reactivo total (Ortofosfatos)	mg P-PO_4/L	0.13	1.47	NE	NE	NE	NE	NE	-

Parámetro	Unidades	Arroyo Isabel López	Arroyo Platanal	Decreto 1076 de 2015					Cumplimiento
		16/12/2020		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.10	
		123523	123524						
Fósforo total	mg P/L	0.15	4.29	NE	NE	NE	NE	NE	-
Grasas y Aceites	mg/L	<10	<10	NE	NE	NE	NE	0.01 CL	-
Hidrocarburos totales	mg HT/L	<10	<10	NE	NE	NE	NE	NE	-
Nitratos por ISE	mg $N\text{-}NO_3$/L	<1.0000	<1.0000	10.0	10.0	NE	100.0	NE	Cumplen
Nitritos	mg $N\text{-}NO_2$-/L	<0.0050	0.0141	1.0	1.0	NE	10.0	NE	Cumplen
Sólidos disueltos totales (SDT)	mg/L	380.0	681.0	NE	NE	NE	NE	NE	-
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	9.9	41.5	NE	NE	NE	NE	NE	-
Sulfatos	mg SO_4/L	124	78	400.0	400.0	NE	NE	NE	Cumple
Sulfuros	mg S^{2-}/L	<1.00	<1.00	NE	NE	NE	NE	NE	-
Turbiedad	NTU	13.26	30.1	NE	10	NE	NE	NE	No cumplen
Nitrógeno total	mg/L	0.995	29.8	NE	NE	NE	NE	NE	-
AOX	µg/L	240	103	NE	NE	NE	NE	NE	-
Cianuro total	mg CN/L	<0.010	<0.010	NE	NE	NE	NE	NE	-
Fenoles totales	mg Fenol/L	<0.100	<0.100	NE	NE	NE	NE	NE	-
Nitrógeno amoniacal	mg $N\text{-}NH_3$/L	<1.000	24.076	NE	NE	NE	NE	NE	-

Parámetro	Unidades	Arroyo Isabel López	Arroyo Platanal	Decreto 1076 de 2015					Cumplimiento
		16/12/2020		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.10	
		123523	123524						
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	<5.00	31.00	NE	NE	NE	NE	NE	-
BTEX									
Benceno	mg Compuesto/L	<0.01000	<0.01000	NE	NE	NE	NE	NE	-
Etilbenceno	mg Compuesto/L	<0.01000	<0.01000	NE	NE	NE	NE	NE	-
o-Xileno	mg Compuesto/L	<0.01000	<0.01000	NE	NE	NE	NE	NE	-
p,m-Xileno	mg Compuesto/L	<0.01000	<0.01000	NE	NE	NE	NE	NE	-
Tolueno	mg Compuesto/L	<0.01000	<0.01000	NE	NE	NE	NE	NE	-
Totales BTEX	mg Compuesto/L	<0.01000	<0.01000	NE	NE	NE	NE	NE	-
Hidrocarburos aromáticos policíclicos									
1-Metilnaftaleno	mg Compuesto/L	<0.00037	<0.00037	NE	NE	NE	NE	NE	-
2-Metilnaftaleno	mg Compuesto/L	<0.00033	<0.00033	NE	NE	NE	NE	NE	-
Acenafteno	mg Compuesto/L	<0.000313	<0.000313	NE	NE	NE	NE	NE	-

Parámetro	Unidades	Arroyo Isabel López	Arroyo Platanal	Decreto 1076 de 2015					Cumplimiento
		16/12/2020		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.10	
		123523	123524						
Acenaftileno	mg Compuesto/L	<0.000293	<0.000293	NE	NE	NE	NE	NE	-
Antraceno	mg Compuesto/L	<0.000298	<0.000298	NE	NE	NE	NE	NE	-
Benzo(a)antraceno	mg Compuesto/L	<0.000304	<0.000304	NE	NE	NE	NE	NE	-
Benzo(a)pireno	mg Compuesto/L	<0.000287	<0.000287	NE	NE	NE	NE	NE	-
Benzo(b)fluoranteno	mg Compuesto/L	<0.000290	<0.000290	NE	NE	NE	NE	NE	-
Benzo(g,h,i)perileno	mg Compuesto/L	<0.000307	<0.000307	NE	NE	NE	NE	NE	-
Benzo(k)fluoranteno	mg Compuesto/L	<0.000296	<0.000296	NE	NE	NE	NE	NE	-
Criseno	mg Compuesto/L	<0.000291	<0.000291	NE	NE	NE	NE	NE	-
Decafluobifenilo	mg Compuesto/L	0.41969	0.52103	NE	NE	NE	NE	NE	-
Dibenzo(a,h)antraseno	mg Compuesto/L	<0.000296	<0.000296	NE	NE	NE	NE	NE	-
Fenantreno	mg Compuesto/L	<0.000299	<0.000299	NE	NE	NE	NE	NE	-
Fluoranteno	mg Compuesto/L	<0.000290	<0.000290	NE	NE	NE	NE	NE	-

Parámetro	Unidades	Arroyo Isabel López	Arroyo Platanal	Decreto 1076 de 2015					Cumplimiento
		16/12/2020		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.10	
		123523	123524						
Fluoreno	mg Compuesto/L	<0.000298	<0.000298	NE	NE	NE	NE	NE	-
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos Totales	mg Compuesto/L	<0.000287	<0.000287	NE	NE	NE	NE	NE	-
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg Compuesto/L	<0.000307	<0.000307	NE	NE	NE	NE	NE	-
Naftaleno	mg Compuesto/L	<0.000297	<0.000297	NE	NE	NE	NE	NE	-
Pireno	mg Compuesto/L	<0.00030	<0.00030	NE	NE	NE	NE	NE	-
Metales									
Aluminio Total	mg Metal/L	<0.090	0.218	NE	NE	5	5.0	NE	-
Arsénico Total	mg Metal/L	0.0130	0.2180	0.05	0.05	0.1	0.2	0.1 CL	No cumple ID 123524
Bario Total	mg Metal/L	<0.090	<0.090	1.0	1.0	NE	NE	0.1 CL	Cumplen
Cadmio Total	mg Metal/L	<0.0030	<0.0030	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01 CL	Cumplen
Cobre Total	mg Metal/L	0.0100	0.0150	1.0	1.0	0.2	0.5	0.1 CL	Cumplen
Cromo Total	mg Metal/L	0.0030	0.0060	0.05	0.05	0.1	1.0	NE	Cumplen
Hierro Total	mg Metal/L	0.100	3.124	NE	NE	5.0	NE	0.1 CL	Cumplen
Manganeso Total	mg Metal/L	0.3030	<0.0030	NE	NE	0.2	NE	0.1 CL	No cumple ID 123523
Mercurio Total	mg Metal/L	0.0020	0.0010	0.002	0.002	NE	0.01	0.01 CL	Cumplen

Parámetro	Unidades	Arroyo Isabel López	Arroyo Platanal	Decreto 1076 de 2015					Cumplimiento
		16/12/2020		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.10	
		123523	123524						
Molibdeno Total	mg Metal/L	<0.0030	<0.0030	NE	NE	0.01	NE	NE	Cumplen
Níquel Total	mg Metal/L	<0.0030	<0.0030	NE	NE	0.2	NE	0.01 CL	Cumplen
Plata Total	mg Metal/L	0.003	<0.003	0.05	0.05	NE	NE	0.01 CL	Cumplen
Plomo Total	mg Metal/L	<0.0030	<0.0030	NE	0.05	5.0	0.1	0.01 CL	Cumplen
Potasio total	mg Metal/L	31.8020	40.8710	NE	NE	NE	NE	NE	-
Selenio Total	mg Metal/L	<0.0030	<0.0030	0.01	0.01	0.02	NE	0.01 CL	Cumplen
Zinc Total	mg Metal/L	<0.0900	0.0980	15.0	15.00	2.0	NE	0.01 CL	Cumplen
Microbiológicos									
Coliformes Totales	NMP/100 mL	3.500	9.200	20.000	1.000	5.000	NE	NE	No cumple ID 123524 Art 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 No cumple ID 123523 Art 2.2.3.3.9.4.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	2.400	2.400	2.000	NE	1.000	NE	NE	No cumplen

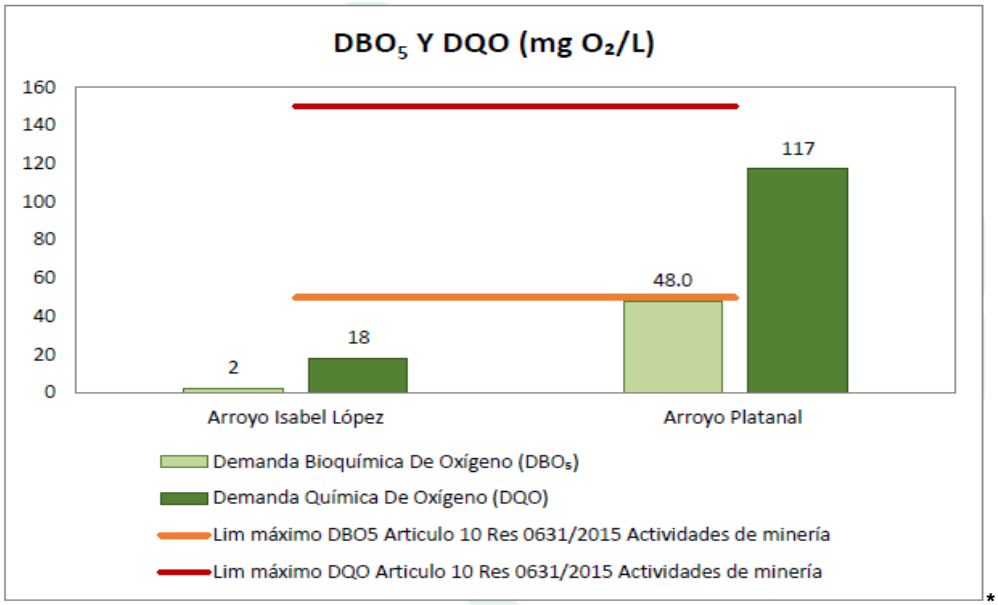
NE: No específica en la normativa

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., LIMA S.A.S., SGS COLOMBIA S.A.S. y AGQ PRODYCON S.A.S., 2021.

Es importante mencionar que los parámetros analizados (a excepción del pH) no tienen valor máximo permisible definido dentro del Decreto 1076 de 2015 en el Art. 2.2.3.3.9.10 preservación de flora y fauna – agua cálida dulce, por lo que no es posible realizar la comparación de estos parámetros. Adicionalmente, se resalta que los parámetros enlistados en el Decreto y articulo 2.2.3.3.9.10 (ver **Tabla 5.1-86**) están expresados en unidades de concentración letal (CL), los cuales no son comparables con las unidades reportadas por nuestro laboratorio.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) es la medida de oxígeno requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica presente; mientras que la Demanda Química de Oxígeno (DQO), es una estimación del total de materia oxidable, biodegradable o no, presente en un cuerpo de agua. Ambas variables se encuentran estrechamente relacionadas y se utilizan como indicadores de la calidad del agua. Los valores obtenidos de DBO_5 y DQO en los dos (2) puntos de monitoreo se presentan en la siguiente figura. Es importante mencionar que los resultados para dichos parámetros no se encuentran establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6, y 2.2.3.3.9.10, del Decreto 1076 de 2015. El valor obtenido de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) para el Arroyo Isabel López, estuvo por debajo del límite de cuantificación.

FIGURA 5.1-37 COMPORTAMIENTO DE DBO5 Y DQO CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020



*

Valor DBO5 en el Arroyo Isabel López se encuentra por debajo del límite de cuantificación.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

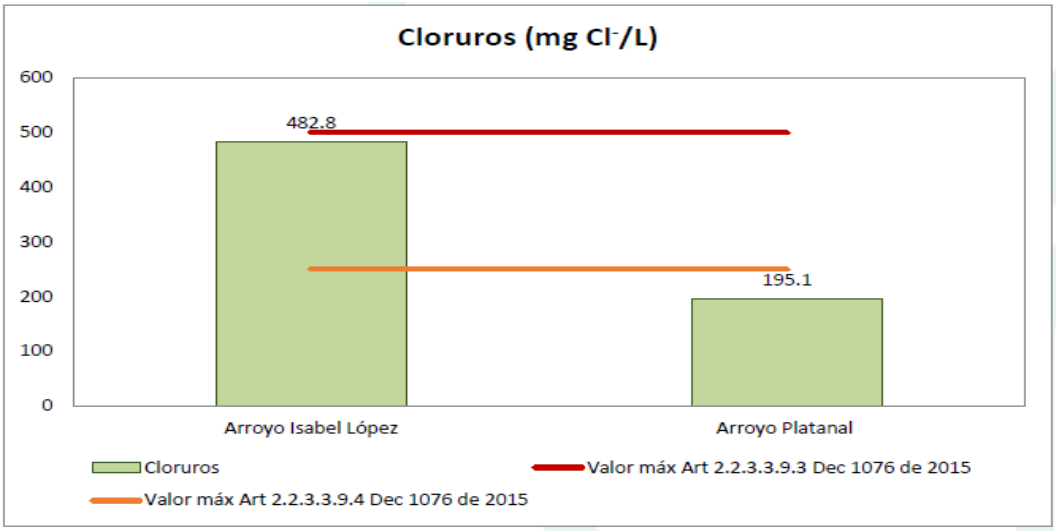
Las concentraciones reportadas de Grasas y aceites e Hidrocarburos totales en los dos (2) puntos de monitoreo reportaron por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado por el laboratorio, siendo esta de <10 mg/L.

Por su parte, los hidrocarburos aromáticos policíclicos y los BTEX, presentan concentraciones por debajo del límite de cuantificación, infiriendo la poca presencia de estos en el cuerpo de agua.

El valor reportado de cloruros para el Arroyo Platanal se encuentra por debajo de los límites máximos establecidos por los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, sin embargo, para el Arroyo Isabel López el valor obtenido fue 482,8 mg Cl-/L, el cual se encuentra en cumplimiento con los valores máximos permitidos por la normativa anteriormente mencionada.

Los valores de sulfuros, cianuro total y fenoles totales, reportan concentraciones por debajo del límite de cuantificación en los puntos de monitoreo, por lo que se infiere poca presencia de estos compuestos en los cuerpos de agua monitoreados.

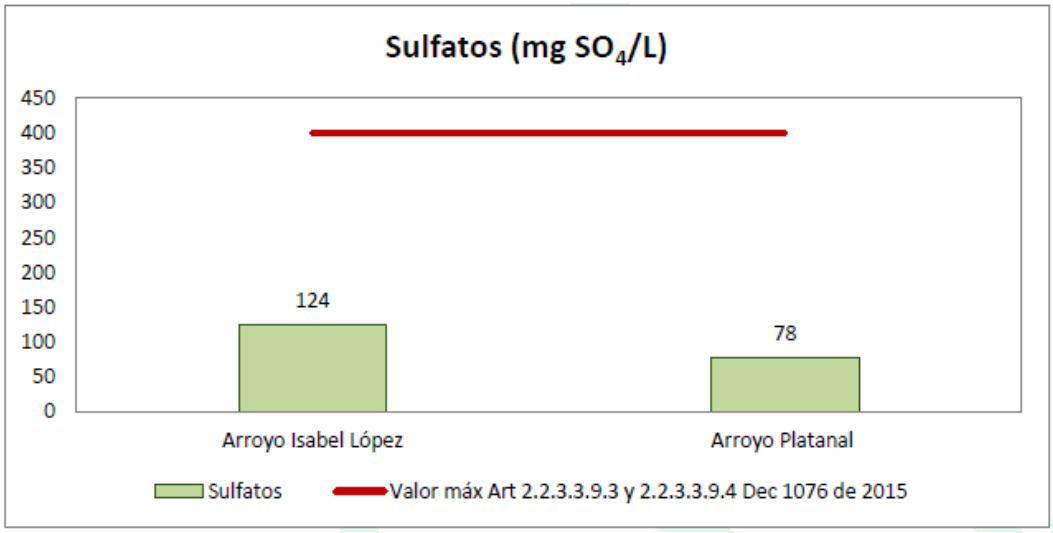
FIGURA 5.1-38 COMPORTAMIENTO DE CLORUROS CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Para el parámetro Sulfatos se reportan concentraciones entre 78 mg/L y 124 mg/L; dichos valores se encuentran en cumplimiento normativo con respecto a lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1075 de 2015.

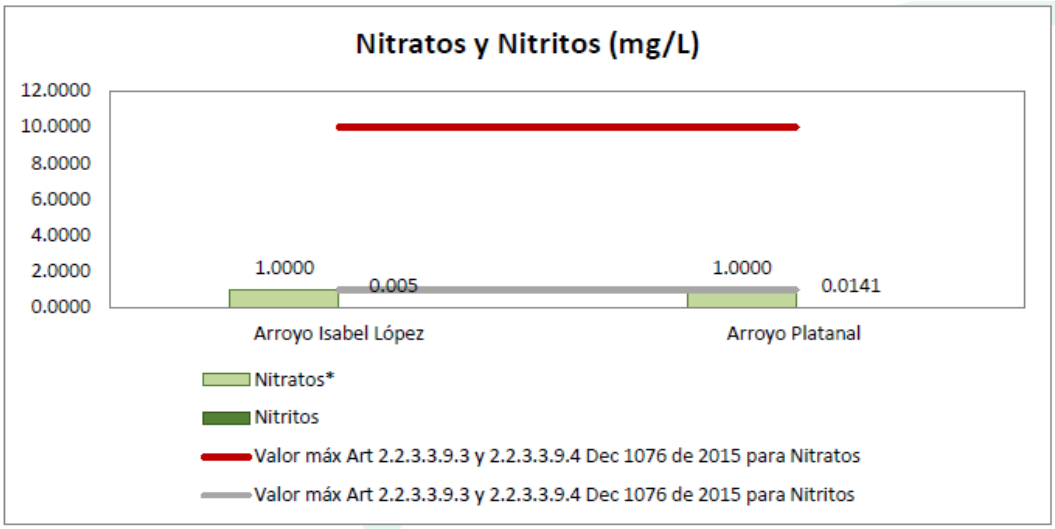
FIGURA 5.1-39 COMPORTAMIENTO DE SULFATOS CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Los Nitratos presentes en el recurso hídrico se encontraron por debajo del límite de cuantificación, siendo estos de <1.0000 mg $N\text{-}NO_3$/L para los dos puntos evaluados. Con respecto a los nitritos, el punto Arroyo Isabel López obtuvo un valor por debajo del límite de cuantificación, mientras que, el punto Arroyo Platanal arrojo un valor de 0.0141 mg $N\text{-}NO_2$-/L. lo anterior se evidencia en la siguiente figura.

FIGURA 5.1-40 COMPORTAMIENTO DE NITRATOS Y NITRITOS CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020



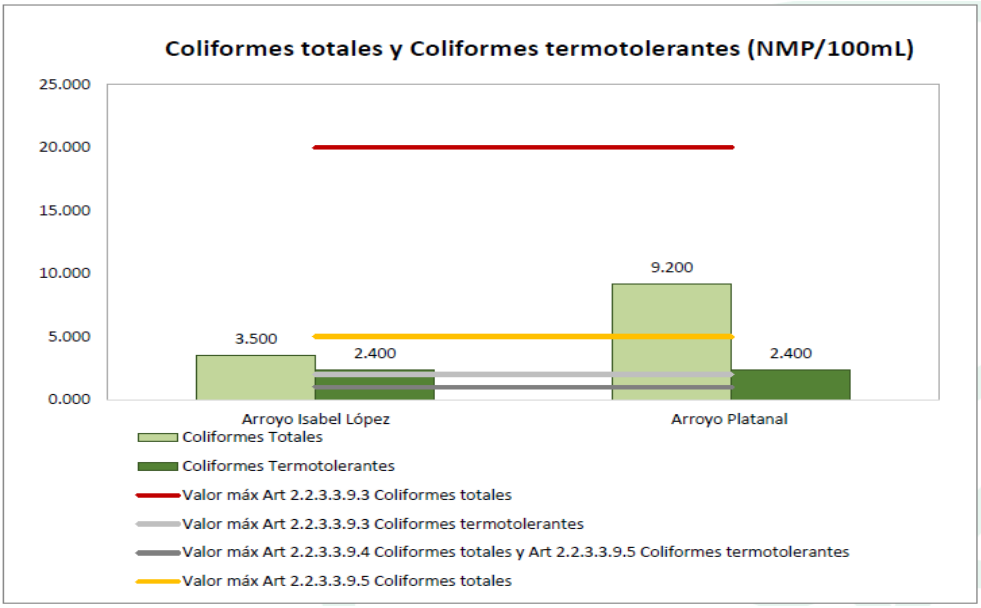
Concentraciones de nitratos y nitritos del Arroyo Platanal por debajo del límite de cuantificación

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Los metales analizados, Bario total, cadmio total, molibdeno total, níquel total, plomo total, zinc total y selenio total obtuvieron valores que se encuentran por debajo del límite de cuantificación o cercanas al mismo; además se evidencia el cumplimiento del Bario total, cadmio total, cobre total, cromo total, Hierro total, mercurio total, Molibdeno total, níquel total, plata total, plomo total, Selenio y zinc total, con respecto a lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6., del Decreto 1076 de 2015. En el caso del arsénico total y Manganeso total, el punto Arroyo Isabel López presenta una desviación respecto al límite establecido para el Manganeso total en el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015. Mientras que, el punto Arroyo platanal se encuentra en desviación respecto al límite establecido para el Arsénico total en el artículo 2.2.3.3.9.4. de la antes mencionada norma.

Las concentraciones reportadas de coliformes termotolerantes y coliformes totales, se pueden observar en la siguiente figura.

FIGURA 5.1-41 COMPORTAMIENTO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y COLIFORMES TOTALES CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Respecto a los coliformes totales, el punto Arroyo platanal presenta una desviación con lo establecido por los artículos 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015. Mientras que, el punto Arroyo Isabel López presenta desviación con el artículo 2.2.3.3.9.4. Finalmente, para los coliformes termotolerantes, los resultados obtenidos para los dos puntos se encuentran en desviación respecto a lo dictado por los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5.

5.1.5.3.2 Resultados campaña de monitoreo abril 2023

Se resalta que únicamente los puntos P-3 Punto de Calidad de Agua, OC-20 Aguas Arriba y OC-20 Aguas Abajo fueron efectivos, los demás puntos se encontraron secos al momento de realizar el monitoreo (**Tabla 5.1-87**). Los caudales en estos puntos se encuentran acordes con las condiciones climáticas en la zona, momento del monitoreo, además de la forma del canal por el que fluye el recurso hídrico.

TABLA 5.1-87 REGISTRO DE CAUDALES CAMPAÑA MONITOREO ABRIL 2023

PUNTO DE MONITOREO	CAUDAL	
	m^3/s	L/s
OC-20 AGUAS ARRIBA	0,0140	13,9896
OC-20 AGUAS ABAJO	0,0143	14,2669
P-3-PUNTO DE CALIDAD DE AGUA	0,0081	8,1308

Fuente: *Reporte de Resultados MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S.* 2023.

En la **Tabla 5.1-88**, se presentan los valores y concentraciones obtenidas para cada una de las variables fisicoquímicas y microbiológicas analizadas, incluyendo su comparación con los límites máximos permisibles estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015. Para declarar la conformidad de los resultados frente a la norma establecida, se utiliza la regla de decisión Binaria con zona de seguridad, en la cual se toma en cuenta la incertidumbre de medición para definir la zona de seguridad; con esto se reduce la probabilidad de tomar una decisión de conformidad incorrecta.

Cabe mencionar que únicamente los puntos P-3 Punto de Calidad de Agua, OC-20 Aguas Arriba y OC-20 Aguas Abajo fueron efectivos, los demás puntos se encontraron secos al momento de realizar el monitoreo, por lo tanto, estos puntos no se van a tener en cuenta en el siguiente análisis.

TABLA 5.1-88 RESULTADOS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS ANALIZADOS Y COMPARACIÓN CON LOS CRITERIOS DE CALIDAD PERMISIBLES CAMPAÑA MONITOREO ABRIL 2023

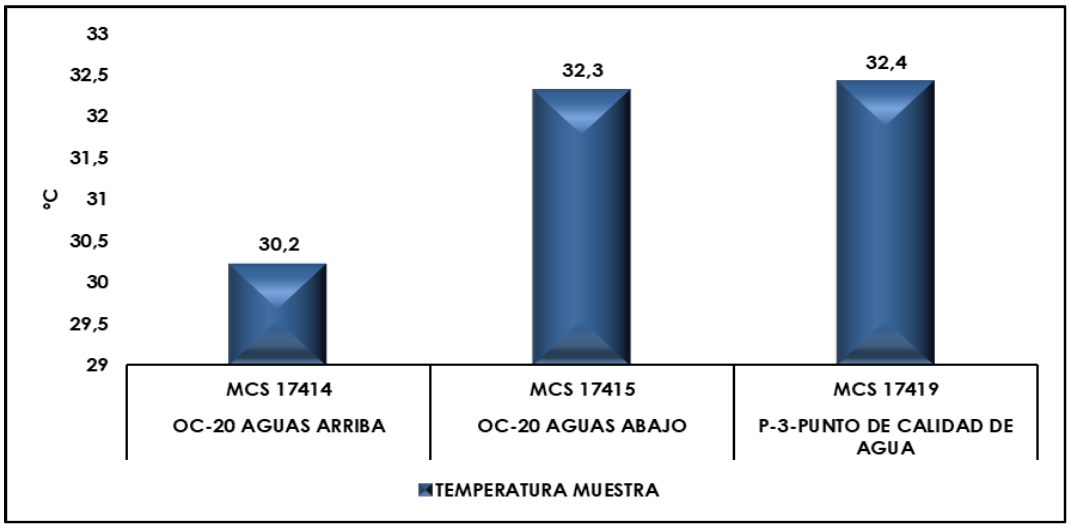
PARÁMETROS	UNIDADES	OC-20 AGUAS ARRIBA	OC-20 AGUAS ABAJO	P-3- PUNTO DE CALIDAD DE AGUA	LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
		MCS 17414	MCS 17415	MCS 17419	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.
HORA	h.	13:15	16:00	11:43			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	30,2	32,3	32,4	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,3	7,3	7,2	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µS/cm	610	590	590	N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO	mg O_2/L	4,1	4,2	4	N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL	m^3/s	0,014	0,0143	0,0081			
TURBIEDAD	NTU	132	119		N.E.	N. E	N.E.
	UJT	6,95	6,26	11,8	N.E.	10	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg $CaCO_3$/L	195	198	0,62	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	193	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	158	131	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,40	<1,40	<10	S.P.V.	S.P.V.	N.E.

N.E: No Establecido- S.P.V: Sin película visible

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Para el monitoreo realizado reportaron valores de **temperatura** de 30,2 °C en el OC-20 Aguas Arriba, 32,3 °C en OC-20 Aguas Abajo y 32,4 °C para el punto P-3 Punto de Calidad de Agua. Las temperaturas reportadas pueden ser respuesta a las condiciones climáticas de la zona de estudio, descartando algún cambio por actividades antrópicas, lo cual permite inferir que, con relación a esta variable, la hidrobiota presente en los cuerpos de agua indican condiciones favorables para su sobrevivencia (Allan y Castillo, 2007). Es importante tener en cuenta que la norma de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5) no define límites permisibles para la variable en mención.

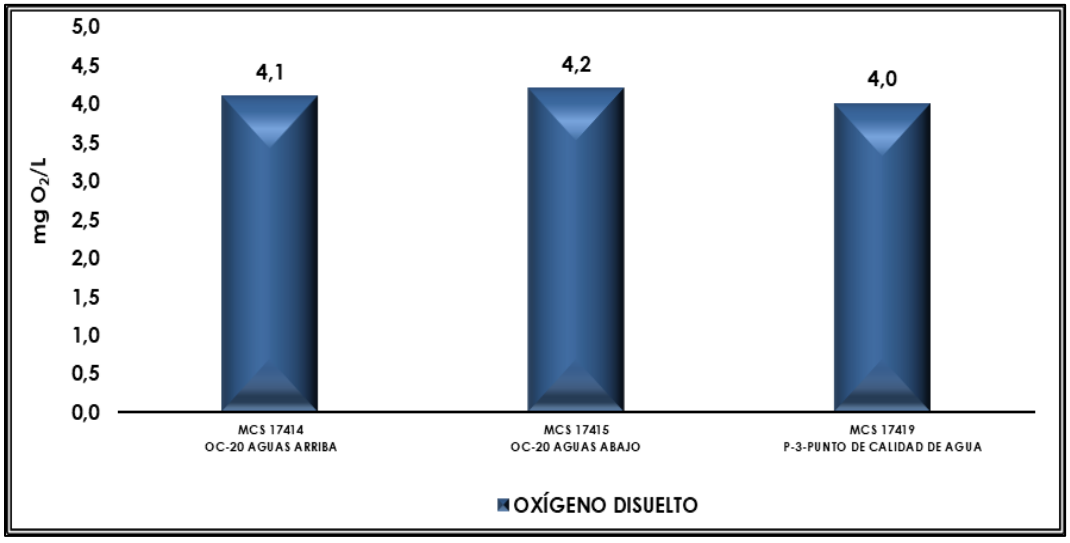
FIGURA 5.1-42 RESULTADOS DE TEMPERATURA MONITOREO ABRIL 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

El oxígeno disuelto presentó un valor de 4,0 mg O_2/L en el punto de P-3 Punto de Calidad de Agua, 4,1 mg O_2/L en OC-20 Aguas Arriba y 4,2 mg O_2/L en OC-20 Aguas. Con el resultado se puede observar la relación entre la temperatura del agua y la disolución de oxígeno, en la que se espera que a menores temperaturas la concentración de oxígeno en la columna de agua aumente. En general los valores reportados para el oxígeno en los puntos evaluados indican un reducido intercambio de oxígeno, entre la masa de aire y el cuerpo de agua, se reconoce que la temperatura en el cuerpo de agua es un factor clave en la capacidad de disolución. Cabe resaltar que dicho parámetro no presenta límites de referencia en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, por lo que no se emite juicio normativo.

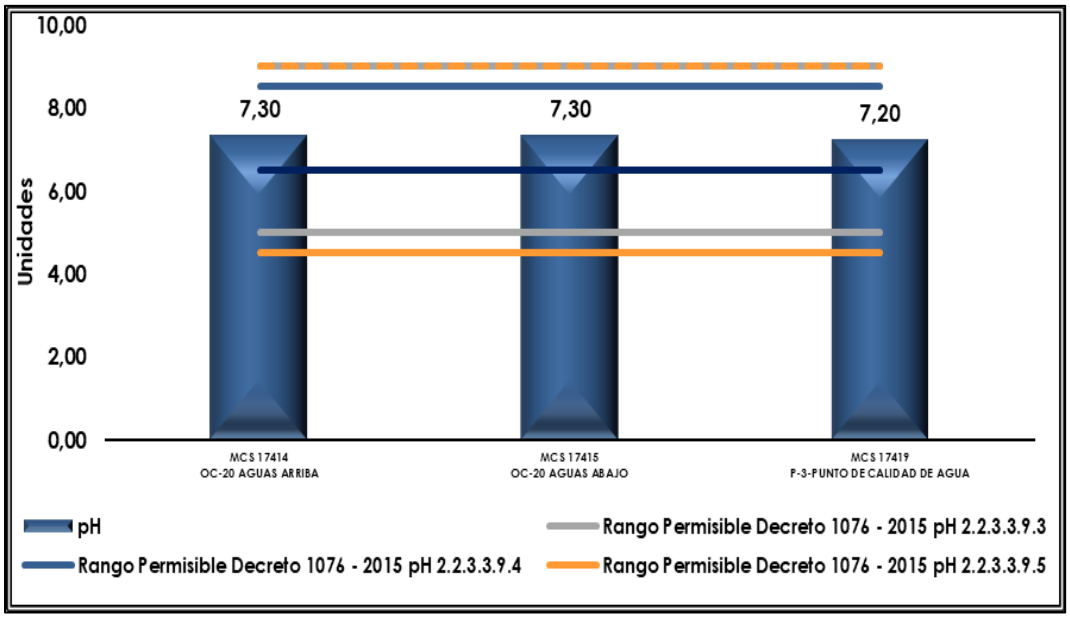
FIGURA 5.1-43 RESULTADOS DE OXÍGENO DISUELTO MONITOREO ABRIL 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

El **pH** presentó un comportamiento con tendencia alcalina en los puntos efectivos del monitoreo, obteniéndose valores de 7,20 Unidades (P-3 Punto de Calidad de Agua) y 7,30 Unidades (OC-20 Aguas Arriba y Abajo)**,** comportamiento que se encuentra relacionado principalmente con la composición del lecho de los cuerpos de agua, la actividad biológica y la naturaleza fisicoquímica y mineral de los suelos por donde discurren dichas aguas (Sierra, 2011). Es de aclarar que en general, los valores de pH registrados en los puntos de monitoreo efectivos se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, permitiendo el uso del recurso con fines domésticos y agrícolas.

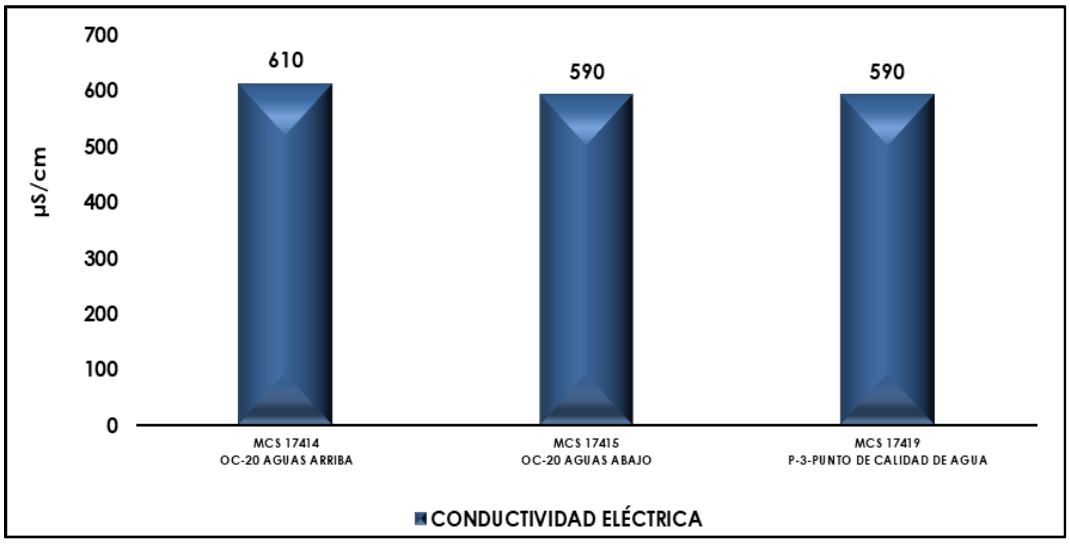
FIGURA 5.1-44 RESULTADOS DE PH DISUELTO MONITOREO ABRIL 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

En cuanto a la **conductividad**, esta registró un valor de 590 µS/cm en el punto P-3 Punto de Calidad de Agua y en el punto OC-20 Aguas Abajo, 610 µS/cm en OC-20 Aguas Arriba, señalando presencia de sales electrolíticas y sólidos disueltos; además, este resultado denota un grado de mineralización del agua "media acentuada" (333-666 µS/cm; Rodier et al., 2009). Estas concentraciones pueden considerarse elevadas, teniendo en cuenta la afirmación de Behita y Barahona (2010) en donde indica que las conductividades de la mayoría de las aguas dulces se encuentran entre los 10 y 350 µS/cm.

FIGURA 5.1-45 RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD MONITOREO ABRIL 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

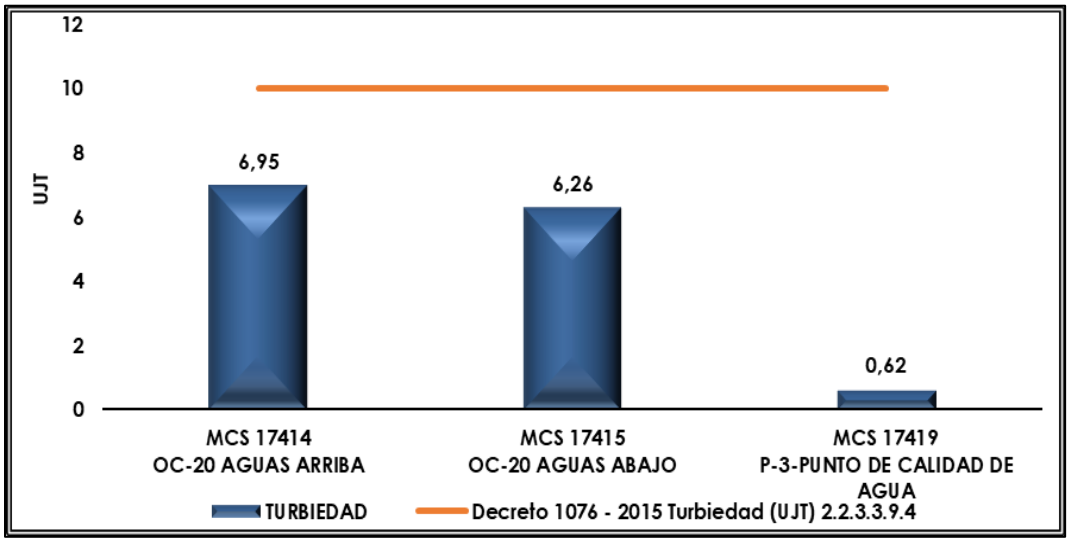
La **alcalinidad total** en las aguas mide directamente la reserva alcalina, es decir, la suma de aniones procedentes directa o indirectamente (a través de la disolución de la sal correspondiente) de un ácido débil y cuya propiedad normalmente es impartida por la presencia de sales como bicarbonatos; esta reportó para el presente monitoreo concentraciones de 193 mg $CaCO_3$ (P-3 Punto de Calidad de Agua), 195 mg $CaCO_3$/L (OC-20 Aguas Arriba) y 198 mg $CaCO_3$/L (OC-20 Aguas Abajo), corroborando la carga mineral que presenta el recurso hídrico de sales cálcicas y magnésicas (**Tabla 5.1-88**).

Los **sólidos suspendidos totales,** son todos aquellos solutos, cuyo tamaño es mayor a 0,20 µm y que se encuentran suspendidos en el agua. Los sólidos suspendidos totales registraron concentraciones de <10 mg/L (límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio) en P-3 Punto de Calidad de Agua, 158 mg/L en el punto OC-20 Aguas Arriba y 131 mg/L en OC-20 Aguas Abajo (**Tabla 5.1-88**); este valor puede ser atribuido al bajo ingreso de material alóctono a los cauces (Roldan y Ramírez, 2008). Los resultados evidencian poca influencia de materia orgánica e inorgánica particulada en la muestra de agua analizada, lo cual también se refleja en la turbidez (IDEAM, 2007). Además, permiten inferir baja presencia de arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, sedimentos procedentes de la erosión, organismos planctónicos y microorganismos que constituyen los lechos del sistema hídrico. Es de resaltar que, para dicha variable, la normativa ambiental aplicable (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5) no dispone límites permisibles que permitan emitir un juicio de cumplimiento normativo.

La **turbidez**, presenta una relación directa con los sólidos suspendidos, siendo determinantes en la transparencia del agua y por consiguiente en actividades fotosintéticas realizadas por microalgas (Roldan, 2003). Este parámetro registró un valor de 11,8 NTU (0,62 UJT) en el punto P-3 Punto de Calidad de Agua, 132 NTU (6,95 UJT) en OC-20 Aguas Arriba y 119 NTU (6,26 UJT) en OC-20 Aguas Abajo. Este valor presenta una tendencia similar a lo observado en las variables asociadas a solidos suspendidos totales en el cuerpo

de agua. En cuanto a la normatividad, los puntos efectivos se encuentran dentro del límite permisible en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (10 UJT).

FIGURA 5.1-46 RESULTADOS DE TURBIDEZ MONITOREO ABRIL 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Por otra parte, los **sólidos sedimentables**, son sólidos gruesos y con gravedad específica, mayor que la del agua, producto de posibles materiales arrastrados por la escorrentía (Roldán & Ramírez, 2008). Los tres (3) puntos de monitoreo efectivos presentaron una concentración equivalente al límite de cuantificación de la técnica analítica implementada en el laboratorio (<0,1 mL/L-h; **Tabla 5.1-88**). Se resalta que para este parámetro no se establecen límites máximos permisibles en la normatividad aplicada, por lo tanto, no se emite juicio normativo.

Por otra parte, compuestos tales como las **Grasas y Aceites**, son un conjunto de sustancias tipo lipídico, pobremente solubles en agua, que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes, que dificultan el intercambio de gases entre la superficie del agua y la atmósfera (Romero, 2009). Estos pueden aparecer en las aguas por causas naturales o por la actividad antrópica, generando olores fuertes y deterioro estético de los sistemas hídricos (Romero, 2009). En el presente monitoreo, el parámetro en mención registró una concentración del límite de cuantificación correspondiente a la técnica analítica empleada en el laboratorio para la determinación (<1,40 mg/L; **Tabla 5.1-88**) en los tres (3) puntos de monitoreo efectivos, encontrándose dentro del criterio de calidad estipulado en el artículo 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (sin película visible).

5.1.5.3.3 Resultados campaña de monitoreo julio 2023

Se resalta que únicamente los puntos OVP-34 (PM_ArrIL_2023), OCM-43 (PM_ArrPl_2023) y OVP-37 fueron efectivos, los demás puntos se encontraron secos al momento de realizar el monitoreo.

TABLA 5.1-89 REGISTRO DE CAUDALES CAMPAÑA MONITOREO JULIO 2023

PUNTO DE MONITOREO	CAUDAL	
	m^3/s	L/s
OVP-34 PM_ArrIL_2023	0,0119	11,92
OCM-43 PM_ArrPl_2023	0,0480	47,97
OVP-37	0,00090	0,0902

Fuente: Reporte de Resultados MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2023.

Los caudales en estos puntos se encuentran acordes con las condiciones climáticas en la zona que corresponde a zona seca en el momento del monitoreo, además de la forma del canal por el que fluye el recurso hídrico.

En la siguiente tabla, se presentan los valores y concentraciones obtenidas para cada una de las variables fisicoquímicas y microbiológicas analizadas, incluyendo su comparación con los límites máximos permisibles estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015. Cabe mencionar que únicamente los puntos OVP-34 (PM_ArrIL_2023), OCM-43 (PM_ArrPl_2023) y OVP-37 fueron efectivos, los demás puntos se encontraron secos al momento de realizar el monitoreo, por lo tanto, estos puntos no se van a tener en cuenta en el siguiente análisis.

TABLA 5.1-90 RESULTADOS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS ANALIZADOS Y COMPARACIÓN CON LOS CRITERIOS DE CALIDAD PERMISIBLES CAMPAÑA MONITOREO JULIO 2023

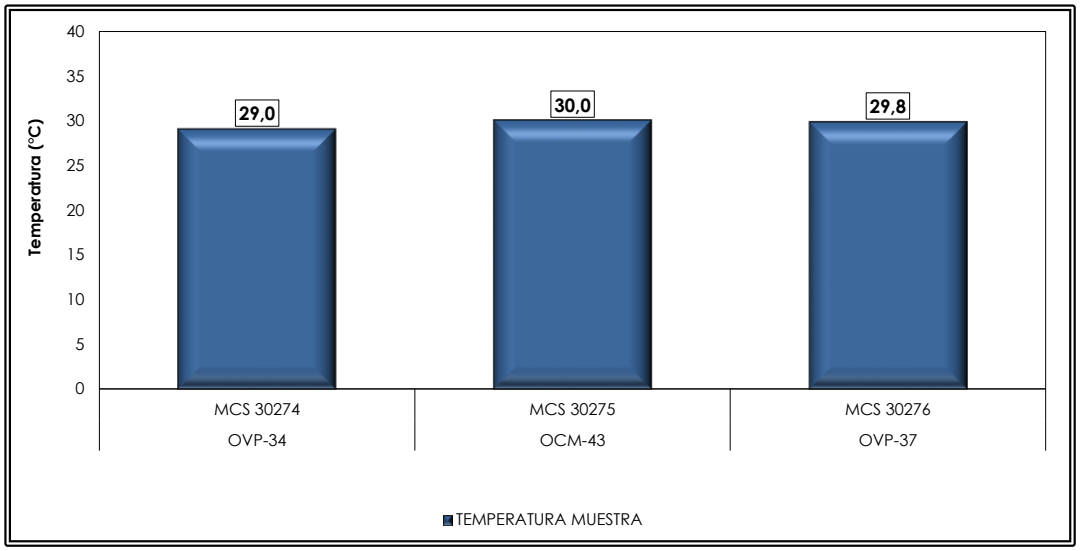
PARAMETROS	UNIDADES	OV-27	OVP-32	OVP-40	OVP-34 PM_ArrIL_2023	OCM-43 PM_ArrPl_2023	OVP-37	LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE y desarrollo sostenible		
		MCS 30261	MCS 30262	MCS 30263	MCS 30274	MCS 30275	MCS 30276	Art. 2.2.3.3.9.3	Art. 2.2.3.3.9.4	Art. 2.2.3.3.9.5.
HORA	h.	08:30	11:15	14:50	09:10	12:40	15:10			
TEMPERATURA MUESTRA	°C	*	*	*	29,0	30,0	29,8	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES				7,20	7,00	7,30	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µS/cm				1910	603	1440	N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO	mg O_2/L				5,22	3,2	3,6	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	NTU				17,7	115	24,5	N.E.	N. E	N.E.
	UJT				0,93	6,05	1,29	N.E.	10	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg $CaCO_3$/L				268	108	411	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h				<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L				15	93	21	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L				<1,40	<1,40	<1,40	S.P.V.	S.P.V.	N.E.

N.E: No Establecido- S.P.V: Sin película visible; NOTA: * Punto seco al momento de realizar el monitoreo

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023

Para el monitoreo realizado reportaron valores de 29,0 °C en OVP-34 (PM_ArrIL_2023), 30,0 °C en OCM-43 (PM_ArrPl_2023) y 29,8 °C para el punto OVP-37. Las **temperaturas** reportadas pueden ser respuesta a las condiciones climáticas de la zona de estudio, descartando algún cambio por actividades antrópicas, lo cual permite inferir que, con relación a esta variable, la hidrobiota presente en los cuerpos de agua indican condiciones favorables para su sobrevivencia (Allan y Castillo, 2007). Es importante tener en cuenta que la norma de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5) no define límites permisibles para la variable en mención.

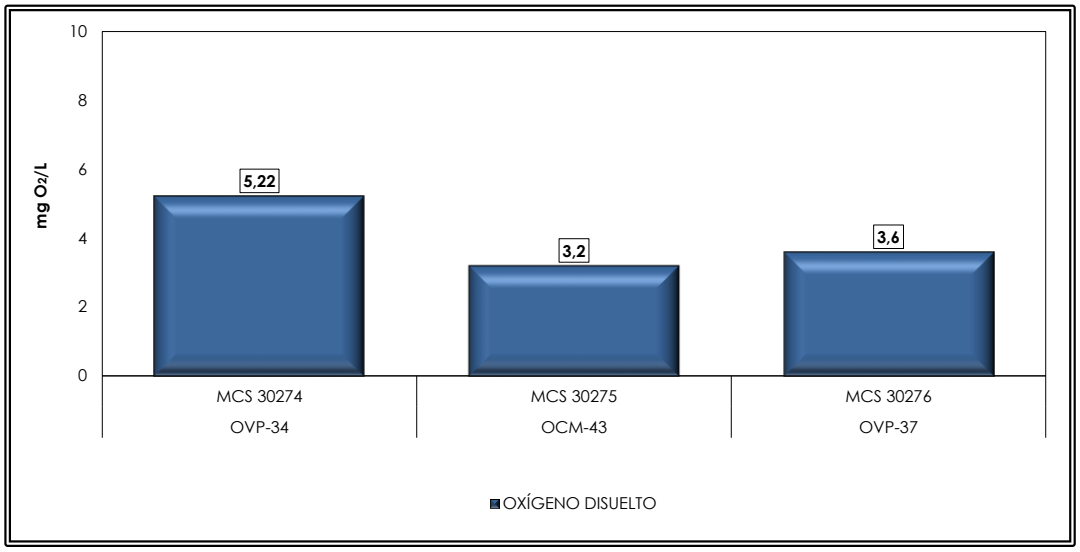
FIGURA 5.1-47 RESULTADOS DE TEMPERATURA MONITOREO JULIO 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

El **oxígeno disuelto** presentó un valor de 5,22 mg O_2/L en el punto OVP-34 (PM_ArrIL_2023), 3,2 mg O_2/L en OCM-43 (PM_ArrPl_2023) y 3,6 mg O_2/L en OVP-37. Con el resultado se puede observar la relación entre la temperatura del agua y la disolución de oxígeno, en la que se espera que a menores temperaturas la concentración de oxígeno en la columna de agua aumente. En general los valores reportados para el oxígeno en los puntos evaluados indican un reducido intercambio de oxígeno, entre la masa de aire y el cuerpo de agua, se reconoce que la temperatura en el cuerpo de agua es un factor clave en la capacidad de disolución. Cabe resaltar que dicho parámetro no presenta límites de referencia en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, por lo que no se emite juicio normativo.

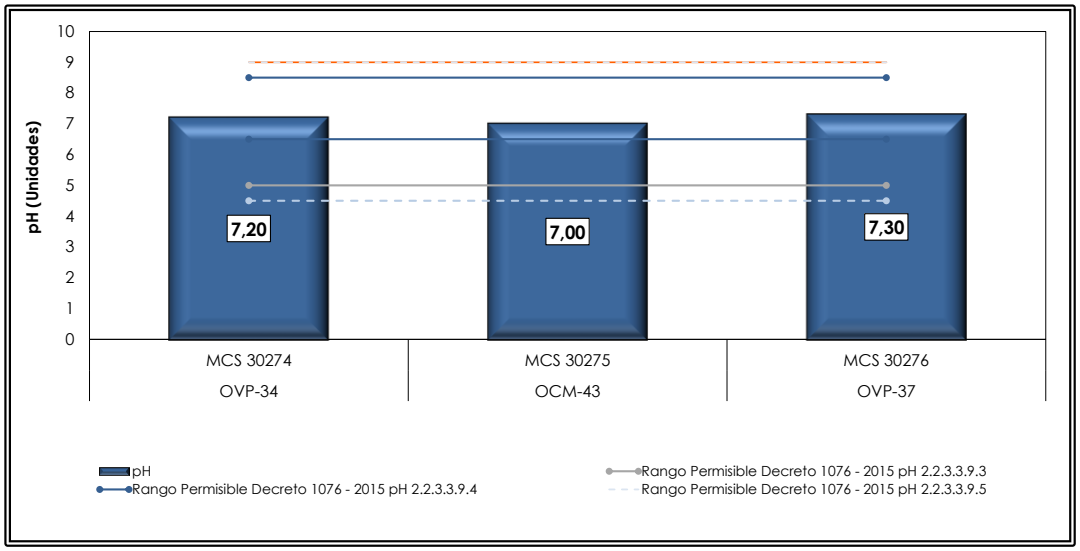
FIGURA 5.1-48 RESULTADOS DE OXÍGENO DISUELTO MONITOREO JULIO 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

El **pH** presentó un comportamiento con tendencia neutra a alcalina en los puntos efectivos del monitoreo, obteniéndose valores de 7,00 Unidades (OCM-43 PM_ArrPl_2023), 7,20 Unidades (OVP-34 - PM_ArrIL_2023) y 7,30 Unidades (OVP-37; **Figura 5.1-49**), comportamiento que se encuentra relacionado principalmente con la composición del lecho de los cuerpos de agua, la actividad biológica y la naturaleza fisicoquímica y mineral de los suelos por donde discurren dichas aguas (Sierra, 2011). Es de aclarar que en general, los valores de pH registrados en los puntos de monitoreo efectivos se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, permitiendo el uso del recurso con fines domésticos y agrícolas.

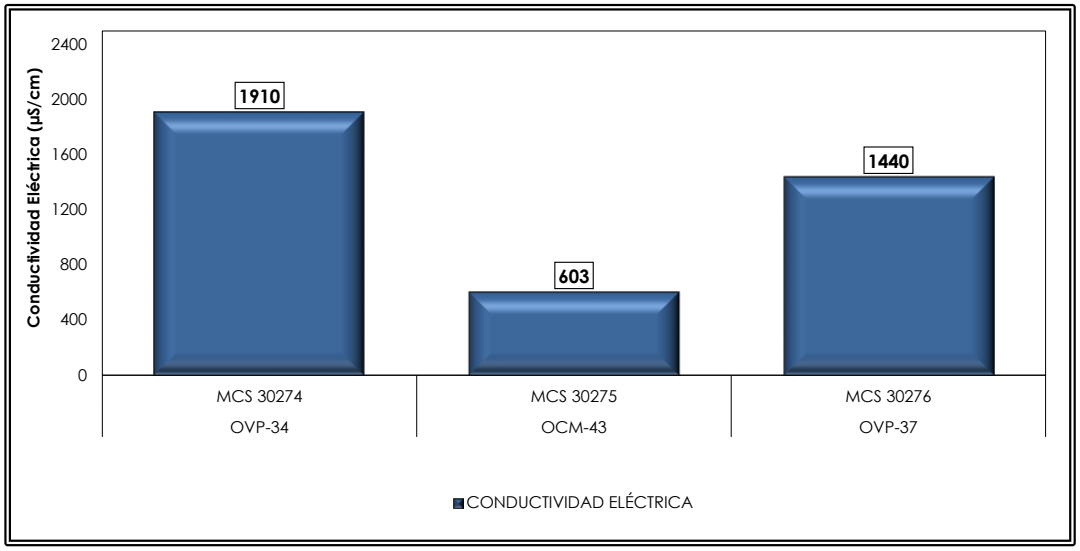
FIGURA 5.1-49 RESULTADOS DE PH MONITOREO JULIO 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

En cuanto a la **conductividad**, esta registró un valor de 1910 µS/cm en el punto OVP-34 (PM_ArrIL_2023), 603 µS/cm en OCM-43 (PM_ArrPl_2023) y 1440 µS/cm en el punto OVP-37, señalando presencia de sales electrolíticas y sólidos disueltos; además, este resultado denota un grado de mineralización del agua "media acentuada" (333-666 µS/cm) en el punto OCM-43 y "elevada" (> 1000 µs/cm; Rodier et al., 2009) en los puntos OVP-34 y OVP-37. Estas concentraciones pueden considerarse elevadas, teniendo en cuenta la afirmación de Behita y Barahona (2010) en donde indica que las conductividades de la mayoría de las aguas dulces se encuentran entre los 10 y 350 µS/cm. En cuanto a los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, en ellos no se definen límites permisibles para este parámetro, por lo que no se emite juicio normativo.

FIGURA 5.1-50 RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD MONITOREO JULIO 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

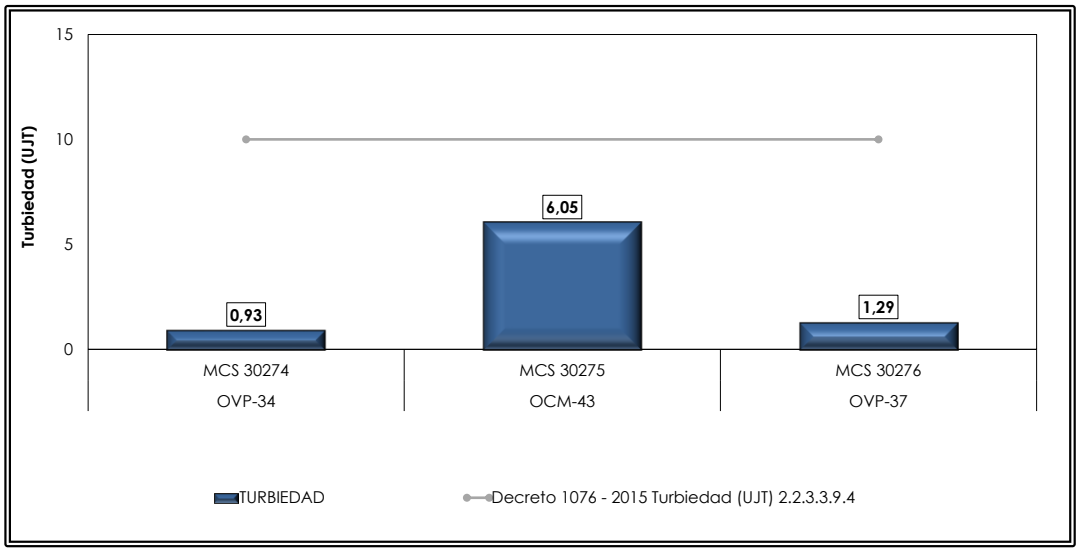
La **alcalinidad** reportó para el presente monitoreo concentraciones de 268 mg $CaCO_3$ (OVP-34 - PM_ArrIL_2023), 108 mg $CaCO_3$/L (OCM-43 - PM_ArrPl_2023) y 411 mg $CaCO_3$/L (OVP-37), corroborando la carga mineral que presenta el recurso hídrico de sales cálcicas y magnésicas (**Tabla 5.1-90**). Cabe resaltar que dicho parámetro no presenta límites de referencia en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, por lo que no se emite juicio normativo.

Los **sólidos suspendidos totales,** son todos aquellos solutos, cuyo tamaño es mayor a 0,20 µm y que se encuentran suspendidos en el agua. Los sólidos suspendidos totales registraron concentraciones de 15 mg/L en OVP-34 (PM_ArrIL_2023), 93 mg/L en el punto OCM-43 (PM_ArrPl_2023) y 21 mg/L en OVP-37 (**Tabla 5.1-90**); estos valores pueden ser atribuidos al bajo ingreso de material alóctono a los cauces (Roldan y Ramírez, 2008). Los resultados evidencian poca influencia de materia orgánica e inorgánica particulada en la muestra de agua analizada, lo cual también se refleja en la turbidez (IDEAM, 2007). Además, permiten inferir baja presencia de arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, sedimentos procedentes de la erosión, organismos planctónicos y microorganismos que constituyen los lechos del sistema hídrico. Es de resaltar que, para dicha variable, la normativa ambiental

aplicable (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5) no dispone límites permisibles que permitan emitir un juicio de cumplimiento normativo.

La **turbidez**, presenta una relación directa con los sólidos suspendidos, siendo determinantes en la transparencia del agua y por consiguiente en actividades fotosintéticas realizadas por microalgas (Roldán, 2003). Este parámetro registró un valor de 17,7 NTU (0,93 UJT) en el punto OVP-34 (PM_ArrIL_2023), 115 NTU (6,05 UJT) en OCM-43 (PM_ArrPl_2023) y 24,5 NTU (1,29 UJT) en OVP-37. Este valor presenta una tendencia similar a lo observado en las variables asociadas a solidos suspendidos totales en los cuerpos de agua. En cuanto a la normatividad, los puntos efectivos se encuentran dentro del límite permisible en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (10 UJT).

FIGURA 5.1-51 RESULTADOS DE TURBIDEZ MONITOREO JULIO 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Por otra parte, los **sólidos sedimentables**, son sólidos gruesos y con gravedad específica, mayor que la del agua, producto de posibles materiales arrastrados por la escorrentía (Roldán & Ramírez, 2008). Los tres (3) puntos de monitoreo efectivos presentaron una concentración equivalente al límite de cuantificación de la técnica analítica implementada en el laboratorio (<0,1 mL/L-h; **Tabla 5.1-90**). Se resalta que para este parámetro no se establecen límites máximos permisibles en la normatividad aplicada, por lo tanto, no se emite juicio normativo.

En el presente monitoreo, el parámetro de **grasas y aceites** registró una concentración del límite de cuantificación correspondiente a la técnica analítica empleada en el laboratorio para la determinación (<1,40 mg/L; **Tabla 5.1-90**) en los tres (3) puntos de monitoreo efectivos, encontrándose dentro del criterio de calidad estipulado en el artículo 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (sin película visible).

5.1.5.3.4 Índices de contaminación

➢ **Índice de calidad de agua en corrientes superficiales (ICA)**

El Índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo ***j*** en el tiempo ***t.***

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt}=(\Sigma Wi*I_{ikjt})_{ni=1}$$

Donde:

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.

Wi, es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad *i.*

I_{ikjt}, es el valor calculado de la variable *i*.

n, es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador.

A continuación, se muestran las ecuaciones de referencia, para el cálculo del valor de cada variable.

- Oxígeno disuelto (OD)

Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas.

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

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%:

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

- Solidos suspendidos totales

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tiene una relación directa con la turbiedad.

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula como sigue:

I_{SST} *= 1- (-0,02 + 0,003 Sólidos suspendidos (mg/L))*

Si SST ≤ 4,5. entonces $ISST$ = 1

Si SST ≥ 320 entonces $ISST$ = 0

- Demanda química de oxígeno (DQO)

Refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o

no, y la materia inorgánica, Mediante adaptación de la propuesta de la Universidad Politécnica de Catalunya se calcula con la fórmula:

Si DQO ≤ 20, entonces, $IDQO$ = 0, 91

Si 20 < DQO ≤25, entonces, $IDQO$ = 0, 71

Si 25 < DQO ≤40, entonces, $IDQO$= 0, 51

Si 40 < DQO ≤80, entonces, $IDQO$= 0, 26

Si DQO >80 entonces $IDQO$ =0,125

- Conductividad eléctrica (C.E.)

Está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinada en forma química, refleja la mineralización, Se calcula con la fórmula:

$$IC,E=1-10(-3,26+1,34\ lOG\ 10\ C,E)$$

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

- pH

Mide la acidez, valores extremos pueden afectar la flora y fauna acuáticas.

Si pH < 4, entonces IpH = 0, 1

Si 4 ≤ pH ≤ 7, entonces $IpH=0{,}02628419*e^{(pH*0{,}520025)}$

Si 7 <pH ≤8, entonces IpH = 1

Si 8 < pH ≤11, entonces IpH = 1 * $e^{[(pH-8)-0{,}5187742]}$

Si pH ≥ 11, entonces IpH = 0, 1

- Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT)

Mide la degradación por intervención antrópica, es una forma de aplicar el concepto de saprobiedad empleado para cuerpos de agua lénticos (ciénagas, lagos, etc.) como la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica; es una relación que indica el balance de nutrientes para la productividad acuícola de las zonas inundables en los ríos neotropicales (desde el norte de Argentina hasta el centro de México).

La fórmula para calcular el subíndice de calidad para NT/PT es:

Si 15 ≤ NT/PT ≤20, entonces $I_{NT/PT}=0{,}8$

Si 10 < NT/PT <15, entonces $I_{NT/PT}=0{,}6$

Si 5 < NT/PT ≤10, entonces $I_{NT/PT}=0{,}35$

Si NT/PT ≤ 5, O NT/PT > 20, entonces $I_{NT/PT}=0{,}15$

TABLA 5.1-91 VARIABLES Y PONDERACIONES PARA EL CASO DE 6 VARIABLES

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	PONDERACIÓN
Oxígeno disuelto, OD	% Saturación	0.17
Solidos Suspendidos Totales, SST	mg/L	0.17

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	PONDERACIÓN
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	0.17
NT/PT	-	0.17
Conductividad Eléctrica	µS/cm	0.17
pH	Unidades de pH	0.15

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2011.

TABLA 5.1-92 CLASIFICACIÓN DEL ICA

CATEGORÍAS DE VALORES QUE PUEDE TOMAR EL INDICADOR	CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	SEÑAL 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

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2022.

TABLA 5.1-93 VALOR OBTENIDO (ÍNDICE) – ICA CAMPAÑA DE MONITOREO DICIEMBRE 2020

PUNTO DE MUESTREO	$ICAnjt=(\Sigma Wi*Iikjt)ni=1$
Punto 1. Arroyo Isabel López	0.66
Punto 2. Arroyo Platanal	0.43

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

A partir del cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA), se puede evidenciar que en el punto Arroyo Isabel López la calidad del agua es regular, mientras que, para el punto Arroyo Platanal la calidad es mala. A partir de lo anterior, se emite una señal de alerta amarilla y naranja.

- **Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)**

El índice realizado fue propuesto por Ramírez, Restrepo y Viña en 1997 en su documento de referencia titulado: Cuatro Índices de Contaminación para Caracterización de aguas continentales.

Conformado por Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Coliformes Totales y porcentaje de saturación de Oxígeno.

Se define entre un rango de 0 a 1 donde el aumento desde el valor más bajo se relaciona con el aumento de contaminación en el cuerpo del agua.

$$ICOMO = 1/3\ (I.DBO + I.Coliformes\ totales + I.Oxígeno\%)$$

$Donde,$

$I.DBO = -0.05 + 0.70\ Log10DBO(mg/L)$

$DBO > 30(mg/L) = 1$

$DBO < 2\ (mg/L) = 0$

$I.Coliformes\ totales$ =−1.44+0.56 $Log10.Col.Tot.(NMP/100mL)$ $Coliformes\ Totales$>20.000$(NMP/100mL)$=1

$Coliformes\ Totales$<500$(NMP/100mL)$=0

$I.Oxígeno\%$=1−0.01 $Oxígeno\%$

$Oxígenos$ (%)$mayores\ a$ 100% $tienen\ un\ índice\ de\ oxígeno\ de$ 0

$Para\ sistemas\ lénticos\ con\ eutrofización\ y\ porcentajes\ de\ saturación\ mayores\ al$ 100%, $se\ sugiere\ reemplazar\ la\ ecuación\ por$: $I.Oxígeno\%$=0.01 $Oxígeno\%$−1

- **Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)**

Integra Conductividad, Dureza y Alcalinidad.

$$ICOMI = 1/3\ (IConductividad + IDureza + IAlcalinidad)$$

Donde:

$IConductividad$= log10$IConductividad$=3,26+1,34log10$Conductividad$ $(mScm^{-1})$

$$IConductividad = 10^{Log.I.Conductividad}$$

Conductividades mayores a 270 mS/cm, tienen un índice de conductividad = 1 $IDureza$=log10$IDureza$=−9,09+4,40log10$Dureza(mglt^{-1})$

$IDureza$=10$Log.I.Dureza$

Durezas mayores a 110 mg/lt tienen un índice = 1

Durezas menores a 30 mg/lt tienen un índice = 0 $I_{Alcalinidad}$=−0,25+0,005$Alcalinidad$ $(mglt^{-1})$

Alcalinidades mayores a 250 mg/lt tienen un índice de 1

Alcalinidades menores a 250 mg/lt tienen un índice de 0

- **Índice de Contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)**

$ICOSUS$=−0,2+ 0,003 $Sólidos\ suspendidos\ (mg/L)$

$Sólidos\ Suspendidos > a$ 340 $mg/L\ tienen\ un\ ICOSUS$ =1

$Sólidos\ Suspendidos < a$ 10 $mg/L\ tienen\ un\ ICOSUS$ =0

- **Índice de Contaminación por Trofia – ICOTRO**

Se calcula sobre la base de la concentración de Fósforo total en mg/L

Oligotrofia: < 0,01

Mesotrofia: 0,01 – 0,02

Eutrofia: 0,02 – 1,00

Hipertrofia: > 1,00

- **Índice de Contaminación por pH (ICOpH)**

$$ICOpH = e^{-31,08+3,45\ pH} / 1 + e^{-31,08+3,45\ pH}$$

TABLA 5.1-94 SIGNIFICANCIA DE LOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN (ICOS)

VALOR DEL ICO	GRADO DE CONTAMINACIÓN
0 . 0.2	Ninguna
>02 - 0.4	Bajo
>0.4 - 0.6	Medio
>0.6 - 0.8	Alto
>0.8 - 1	Muy Alto

Fuente: Ramírez et al., (1997)

A continuación, se reportan los resultados para los índices calculados:

TABLA 5.1-95 RESULTADO FINAL DE LA DETERMINACIÓN DE ICOMO/ICOMI/ICOSUS/ICOPH/ICOTRO CAMPAÑA MONITOREO DICIEMBRE 2020

Fecha	Estación	Índice de contaminación				
		ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO
16/12/2020	Punto 1. Arroyo Isabel López	0.141	1.000	0.000	0.002	Eutrófico
	Punto 2. Arroyo Platanal	0.573	1.000	0.105	0.013	Hipereutrofico
Indicación		Baja contaminación (cercano a 0)				
		Alta contaminación (cercano a 1)				

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

No se presenta contaminación por sólidos suspendidos totales (ICOSUS) ni por pH (ICOpH) en ninguno de los puntos de monitoreo. Respecto al índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), El punto Arroyo Isabel López no presenta grado de contaminación, mientras que, el punto Arroyo Platanal, presenta grado medio. Para los dos (2) puntos evaluados se presenta un grado muy alto de contaminación por mineralización. Finalmente, el punto Arroyo Isabel López se encuentra eutrófico y el punto Arroyo Platanal Hipereutrófico con respecto a la concentración de fósforo total.

TABLA 5.1-96 RESULTADOS ICOSUS COMPARATIVO CAMPAÑAS DE MONITOREO

RESULTADOS ICOSUS	PM_ArrIL CAMPAÑA DIC 2020	OVP-34 CAMPAÑA JUL 2023 PM_ArrIL_2023	PM_ArrPl CAMPAÑA DIC 2020	OCM-43 CAMPAÑA JUL 2023 PM_ArrPl_2023	OVP-37 CAMPAÑA JUL 2023	OC-20 AGUAS ARRIBA	OC-20 AGUAS ABAJO	P-3- PUNTO DE CALIDAD DE AGUA
	0	0,03	0,105	0,26	0,04	0,45	0,37	0
INTERPRETACIÓN ICO's								
0-0,2	CONTAMINACIÓN MUY BAJA							
0,21-0,4	CONTAMINACIÓN BAJA							
0,41-0,6	CONTAMINACIÓN MEDIA							
0,61-0,8	CONTAMINACIÓN ALTA							
0,81-1,0	CONTAMINACIÓN MUY ALTA							

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Con respecto al Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS, que hace referencia a compuestos y partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión. Como se aprecia en la **Tabla 5.1-96,** se obtuvo una clasificación de contaminación "Muy baja" para casi todos los puntos monitoreados, lo cual se relaciona con la baja presencia de este tipo de sólidos en el agua; "Baja" en el punto OCM-43 (PM_ArrPl_2023), evidenciando un empeoramiento ligero en este indicador, entre la

campaña 2020 y 2023, relacionado con el moderado ingreso de material alóctono al sistema hídrico.

Por otra parte, se obtuvo calificación "Baja" en el punto OC-20 Aguas Abajo y "Media" en el punto OC-20 Aguas Arriba, lo cual se encuentra atribuido con el bajo y moderado ingreso de material alóctono al sistema hídrico, respectivamente.

5.1.5.3.5 Conclusiones

Para el desarrollo de este numeral se referencian los resultados de los monitoreos de agua superficial de 3 campañas realizadas, con el fin de comparar dichos resultados, y cuyos informes se encuentran en el **Anexo 3_SoporteTécnico/3.9 Laboratorios Agua Superficial**:

- Campaña de monitoreo realizada en diciembre de 2020 en 2 puntos de muestreo (arroyo Platanal y arroyo Isabel López) para caracterización de estos cuerpos de agua, cuyos resultados fueron incluidos en el EIA.
- Campaña de monitoreo realizada en abril de 2023 en 17 puntos de muestreo correspondientes a ocupaciones de cauce, y cuyos resultados se presentan en esta modificación del EIA.
- Campaña de monitoreo realizada en julio de 2023 a 6 puntos de muestreo para caracterización de los cuerpos de agua, y cuyos resultados se presentan en esta modificación del EIA.

Con respecto a esto las conclusiones son las siguientes:

- Las muestras de agua superficial analizadas reportaron temperaturas acordes con las condiciones climatológicas presentes en el área de estudio; a partir de este comportamiento se logra establecer que los únicos factores de modificación de la temperatura son la radiación solar y los cambios de energía que son producidos a partir de las interacciones que se generan dentro del ecosistema acuático.
- De acuerdo con las mediciones in situ para los puntos en el arroyo Isabel López y Platanal en la campaña del año 2020, los valores de pH obtenidos presentan un comportamiento neutro; mientras que, en la campaña 2023, en los puntos sobre estos mismos cuerpos de agua, el valor de pH registrado en los tres puntos de monitoreo efectivos indica agua con tendencia neutra en el punto OCM-43 y alcalina en los puntos OVP-34 y OVP-37, posiblemente producto de las características fisicoquímicas del lecho y a la presencia de bicarbonatos en los lugares de muestreo. Todos los 8 puntos evidencian el cumplimiento con lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015.
- En los dos (2) puntos de monitoreo de la campaña 2020, se evidencia cumplimiento de los parámetros de Nitratos por ISE, Nitritos, Sulfatos, Bario total, Cadmio total, cobre total, cromo total, Hierro total, mercurio total, molibdeno total, níquel total, plata total, plomo total y zinc total respecto a lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6, y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015.

- En la campaña 2023, la conductividad eléctrica reportada en los puntos efectivos permite determinar un grado de mineralización "Media acentuada" en el punto OCM-43 y "Elevada" en los puntos OVP-34 y OVP-37, la cual refleja un moderado contenido de sales disueltas en los puntos evaluados.
- En la campaña 2019, el punto Arroyo Isabel López, presentó una desviación respecto a los límites máximos correspondientes a los parámetros de cloruros (Art 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4), Detergentes (SAAM) (Art 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4), Turbiedad (Art 2.2.3.3.9.4), Manganeso total (2.2.3.3.9.5), coliformes totales (Art 2.2.3.3.9.4) y Coliformes termotolerantes (Art 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5), mientras que, el punto Arroyo Platanal, presentó una desviación respecto a los límites máximos correspondientes a los parámetros de Detergentes (SAAM) (Art 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4), Turbiedad (Art 2.2.3.3.9.4), Arsénico total (Art 2.2.3.3.9.3; 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5), coliformes totales (Art 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.4.5) y coliformes termotolerantes (Art 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5), del Decreto 1076 de 2015.
- En contraste, en la campaña 2023, en general los parámetros analizados en el agua superficial, se caracterizaron por presentar concentraciones normales y acordes al tipo de matriz de agua evaluada, sin evidencia de afectación antrópica, ya que la mayoría de los resultados se encuentran en pleno cumplimiento con los criterios y límites permisibles establecidos en los artículos de referencia del Decreto 1076 de 2015.
- Partiendo del Índice de Calidad de Agua (ICA) se obtiene que la calidad del agua en el punto Arroyo Isabel López es regular, mientras que, para el punto Arroyo Platanal es mala, por lo tanto, se emite una señal de alerta amarilla y alerta naranja. En cuanto a los índices (ICOSUS) e (ICOpH), no se presenta contaminación. Respecto al índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), El punto Arroyo Isabel López no presenta grado de contaminación, mientras que, el punto Arroyo Platanal, presenta grado medio. Para los dos (2) puntos evaluados se presenta un grado muy alto de contaminación por mineralización. Finalmente, el punto Arroyo Isabel López se encuentra eutrófico y el punto Arroyo Platanal Hipereutrófico con respecto a la concentración de fósforo total.

5.1.6 Usos del agua

El inventario y cuantificación de usos y usuarios, se realizó a través de recorridos en campo durante el período comprendido entre el 3 al 9 de mayo de 2023, mediante encuestas a la población localizada aguas abajo de cada uno de los puntos de ocupación de cauce establecidos para desarrollo del proyecto, la información consignada en las encuestas corresponde a la que los propietarios, administradores o poseedores suministraron al momento del desarrollo de la misma. Los principales usos del agua identificados en el área del parque Photovoltaic Atlántico, corresponden básicamente a los requerimientos de agua para consumo humano y uso pecuario, que se mantienen de acuerdo con lo caracterizado en el EIA, 2021, sin embargo, se resalta que para la presente Modificación se actualizó la información de usos y usuarios y se describen específicamente para el área de intervención del proyecto. Adicionalmente se consultó información secundaria del EIA Atlántico del año 2021 y del PBOT de Sabanalarga.

De manera general se describen a continuación cada uno de los usos identificados en el área del proyecto. La información detallada de las encuestas realizadas se presenta en el **Anexo_3_Soporte Técnico/ 3-5_ Hidrología y Clima/ Encuestas Uso del agua.**

5.1.6.1 Consumo Humano

A nivel general, y de acuerdo con la información consultada en el PBOT de Sabanalarga[11], el sistema de acueducto de Sabanalarga se abastece de agua subterránea explotada a través de 13 pozos (de los cuales funcionan 8 en la actualidad) localizados en su mayoría hacía el suroccidente del municipio, con profundidades que oscilan entre 100 y 200 metros. El caudal total de los pozos es de 180 litros/s. Sabanalarga está localizada sobre el manto acuífero más grande del departamento del Atlántico. La cobertura actual del servicio de acueducto del municipio es del 63% y una cobertura física de redes del 77%.

El sistema de acueducto rural, donde se localiza el área del proyecto, registra en el corregimiento de Isabel López, en el sector de ubicación del Bloque A del parque, la existencia de un pozo de 100 m de profundidad, con tanques de almacenamiento de 40.000 y 50.000 litros, de donde se distribuye el agua a 450 usuarios que habita este corregimiento. En el sector de la vereda Colombia, donde se localiza el Bloque B del proyecto, existe un pozo profundo de 30 m, del cual se extraen 7 l/s a tanques de almacenamiento de 25.000 litros y de allí se distribuye aproximadamente a 180 usuarios.

Adicionalmente, se registra también que los habitantes de Sabanalarga y del centro poblado de Isabel López hacen compra de agua potable a carrotanques y compra de agua en bolsas a distribuidores de Barranquilla y Malambo, principalmente para el consumo humano, ya que el agua del acueducto no cuenta con potabilización y su contenido de silicio es alto.

A nivel local, en los predios del área del proyecto, los cuales se encuentran en zona rural de los municipios de Usiacurí y Sabanalarga, se registra un número bajo de viviendas dispersas, ya que son predios extensos. En la mayoría de estos predios, no se identifica conexión a acueducto de agua potable, debido a la escasez del recurso y a la dispersión de las viviendas; por lo tanto, deben recurrir a fuentes alternativas como pozos subterráneos, jagüeyes y también al almacenamiento de aguas lluvias en tanques y recipientes, que permitan utilizar el agua posteriormente, en actividades domésticas para el abastecimiento de algunos animales.

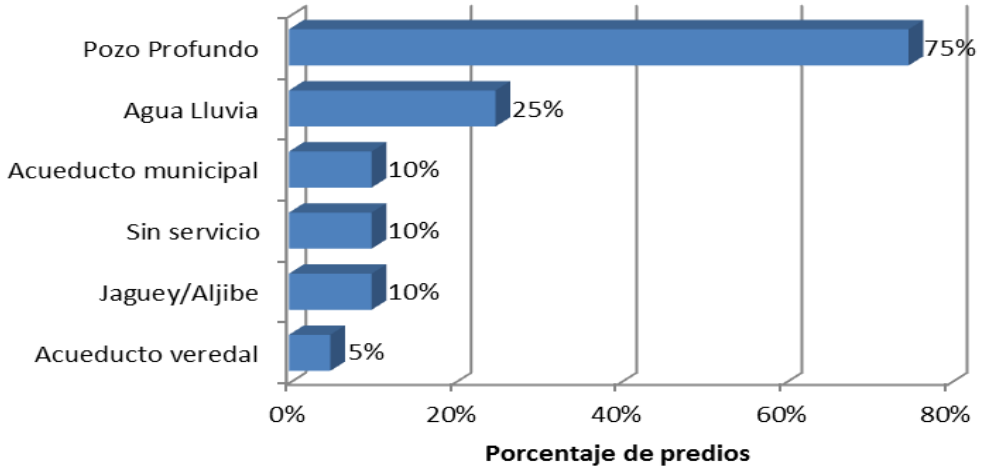
En la información presentada en el EIA del proyecto Atlántico[12], se registra que el suministro de agua en las unidades prediales, se hace mediante diferentes fuentes, distribuidas así: El 75% poseen pozos al interior de las fincas, lo cual en algunos casos se complementa con la recolección de agua lluvia y el sistema de aljibes; el 25% se abastece solamente de agua lluvia y únicamente, el 15% se abastece del acueducto[13], ver **Figura 5.1-52**.

[11] Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Sabanalarga 2001-2009

[12] Estudio de Impacto Ambiental EIA. Atlántico Fhotovoltaic de 199.5 MW. Diverxia, 2021

[13] La Finca La Perla B (ID5) se abastece del acueducto comunitario por un acuerdo que realizó el propietario de esta tierra, ya que cuando donó el terreno para el pozo del acueducto, solicitó que realizaran la instalación para proveer el recurso a la finca. Las demás fincas que informan abastecerse del acueducto acceden al suministro de la cabecera urbana de Sabanalarga.

FIGURA 5.1-52 SUMINISTRO DE AGUA EN UNIDADES PREDIALES



Fuente: Atlántic Photovoltaic EIA, 2021

En las siguientes Tablas, se presentan las características de algunas viviendas y pozos profundos verificados durante la visita al área del proyecto. Ver **Tabla 5.1-97**, **Tabla 5.1-98** y **Tabla 5.1-99** y **Fotografía 5.1-50** a **Fotografía 5.1-58.**

Comparando la información del EIA 2021 con la presentada en esta Modificación, la información de usos y usuarios de describe de manera detallada, identificando los predios que tienen usos domésticos, específicamente para consumo humano mediante captación por pozos de agua subterránea, de manera general se mantiene la condición de demanda del recurso.

TABLA 5.1-97 USO DEL AGUA EN PREDIO LOS PATOS

FOTOGRAFÍA 5.1-50 VIVIENDA A BORDE DE CARRETERA
COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL
4790567 E – 2735823 N



FOTOGRAFÍA 5.1-51 POZO CALICANTO A 24 M DE PROFUNDIDAD
COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL
4790547 E – 2735829 N



FOTOGRAFÍA 5.1-52 VIVIENDA CON TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA
COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL
4790598 E – 2735920 N



FUENTE: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-98 USO DEL AGUA EN HDA. EL PORVENIR

FOTOGRAFÍA 5.1-53 VIVIENDA EN HDA. EL PORVENIR COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL 4786373 E – 2737822 N	FOTOGRAFÍA 5.1-54 POZO PROFUNDO EN LADRILLO COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL 4786368 E – 2737797 N	FOTOGRAFÍA 5.1-55 VIVIENDA CON TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL 4786368 E – 2737796 N
		

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-99 USO DEL AGUA EN HDA. PLATANAL

FOTOGRAFÍA 5.1-56 VIVIENDA EN HDA. PLATANAL COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL 4785193 E – 2738732 N	FOTOGRAFÍA 5.1-57 POZO SUBTERRÁNEO A 15 M DE PROFUNDIDAD COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL 4785211 E – 2738722 N	FOTOGRAFÍA 5.1-58 VIVIENDA CON CANECA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL 4785193 E – 2738729 N
		

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.6.2 Uso Pecuario

En los predios localizados en el área del parque Photovoltaic Atlántico, se identifica la presencia de ganado bovino y ganado caballar, los cuales se abastecen con el agua de los arroyos en temporada de invierno y mediante el sistema de jagüeyes, en temporada de bajas precipitaciones. Los jagüeyes, son excavaciones hechas por sus habitantes, a propósito, para recoger el agua en temporada invernal y utilizarla en épocas de sequía.

En el área de influencia del proyecto, se identificaron cerca de 9 jagueyes, los cuales se encuentran referenciados en la **Tabla 5.1-39** y en la **Figura 5.1-23**, relacionadas en el numeral 5.1.4.1 (sistema léntico) de este Capítulo de Hidrología. A continuación, se presentan las **Tabla 5.1-100**, **Tabla 5.1-101** y **Tabla 5.1-102** con las **Fotografía 5.1-59** a **Fotografía 5.1-64,** las cuales ilustran el sistema de jagueyes identificados en el área del parque, las captaciones de agua para uso pecuario y otros reservorios utilizados por sus

habitantes para el almacenamiento de agua que abastece al ganado de la zona del proyecto.

TABLA 5.1-100 USO PECUARIO DEL AGUA DEL ARROYO CAJÓN

FOTOGRAFÍA 5.1-59 MANGUERA DE CAPTACIÓN DE AGUA PARA EL GANADO, LOCALIZADA SOBRE EL ARROYO CAJÓN
COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL
4788319 E – 2736082 N



FOTOGRAFÍA 5.1-60 TIPO DE ALBERCAS QUE ABASTECEN AL GANADO
COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL
4788595 E 2736192 N



FOTOGRAFÍA 5.1-61 GANADO A LA ENTRADA DE LA HDA. EL PORVENIR, EL CUAL SE ABASTECEN DEL AGUA DE LAS ALBERCAS
COORD. PLANAS ORIGEN NACIONAL
4786567 E – 2737746 N



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-101 RESERVORIOS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA EL GANADO







Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-102 TIPOS DE JAGUEYES EN LA ZONA DEL PROYECTO

FOTOGRAFÍA 5.1-62 JAGÜEY EN PREDIO TOLEDO
COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL
4784429 E 2740969 N



FOTOGRAFÍA 5.1-63 JAGÜEY EN HDA. PLATANAL
COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL
4786126 E 2738221 N



FOTOGRAFÍA 5.1-64 JAGÜEY EN HDA. LAS MARÍAS
COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL
4789053 E – 2736001 N

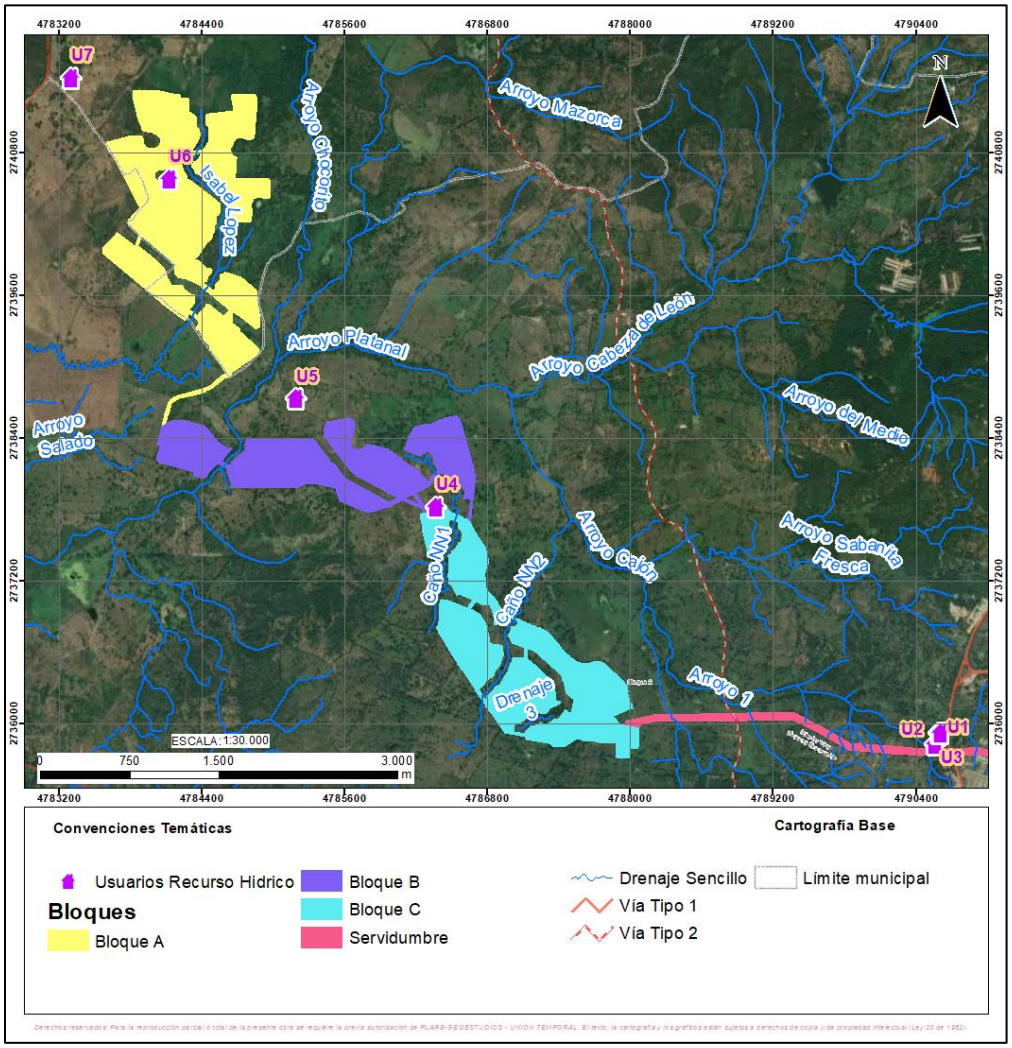


Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

De acuerdo con la información presentada en el PBOT de Sabanalarga, la zona del proyecto, no enfrenta situaciones de conflictos por el uso del agua, ya que el número de jagueyes existentes es suficiente para el abastecimiento del ganado en temporada de sequía, y durante las lluvias, el ganado se abastece de los arroyos de la zona y sus habitantes recogen agua en reservorios como tanques y albercas; mientras que para el consumo humano, sus habitantes se abastecen principalmente de pozos subterráneos.

En la **Figura 5.1-53**, se observa la localización de las viviendas encuestadas.

FIGURA 5.1-53 VIVIENDAS ENCUESTADAS



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.7 Hidrogeología

El principal objetivo de la caracterización hidrogeológica es establecer el potencial de las rocas y sedimentos para almacenar y transmitir agua subterránea, la sensibilidad de los acuíferos a ser adversamente contaminados, y en general describir el funcionamiento del

sistema hidrogeológico de la zona de evaluación, para valorar la posible afectación del recurso hídrico subterráneo, frente a las actividades que se deriven de la Modificación de Licencia No. 1" del Proyecto "Atlántico Photovoltaic junto a su línea de Evacuación de 500 kV".

Para la elaboración del componente hidrogeológico se realizaron actividades de recopilación y análisis de información hidrogeológica existente como el "Atlas hidrogeológico de Colombia. Escala 1:500.000 – Plancha 5-04 Cartografía y Memoria técnica. Ingeominas, 2003" y el "Estudio Nacional de Aguas –2022, IDEAM – Anexo 7, respectivamente"; además de la información obtenida en el "Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019", donde se realizaron 30 ensayos de resistividad eléctrica (SEV) distribuidos en el área de intervención del proyecto.

5.1.7.1 Síntesis Geológica

El área de intervención del proyecto hace parte de una provincia tectónica conocida como Anticlinorio de Luruaco, ubicada en el Cinturón de San Jacinto. Esta provincia evolucionó independientemente de las provincias adyacentes (Anticlinorio de San Jacinto y Anticlinorio de Turbaco), especialmente a partir del Eoceno superior, dando lugar al depósito de unidades litológicas con características faciales propias.

Durante el Paleoceno al Eoceno Medio el área estuvo sumergida y se originó sedimentación pelágica y de turbiditas constituidas por arenas, lodos y gravas, al final del intervalo se al final del intervalo se depositó un nivel de chert o lodolitas silíceas Toda esta secuencia pertenece a la Formación San Cayetano.

Durante el Eoceno Medio se origina la Orogenia Pre-Andina, como producto de esfuerzos compresionales, generándose algunos levantamientos importantes en el Cinturón de San Jacinto. Como consecuencia de este levantamiento, se ocasiona una sedimentación clástica en abanicos submarinos, representada por los conglomerados de la Formación Péndales; al mismo tiempo, en la parte distal del abanico, se formaron las calizas de la Formación Arroyo de Piedra, que junto con la Formación Péndales, yacen discordantes sobre la Formación San Cayetano.

Entre el Oligoceno al Mioceno tuvo lugar una fase tectónica llamada Diastrofismo correspondiente a la fase Proto- Andina, donde se produjeron levantamientos en el Cinturón de San Jacinto y basculamiento hacia el oeste, generándose una profundización marina, condiciones que permitieron la depositación de la Formación Las Perdices.

Entre el Mioceno y el Plioceno, la sedimentación se desarrolló en ambientes de alta energía favorecida por los continuos levantamientos tectónicos (Duque-Caro, 1980) que generaron abanicos. Como registro sedimentario aparece la Formación Hibácharo y la Formación Tubará, depositadas en medios marinos.

En el intervalo entre Plioceno y Pleistoceno Inferior se presenta la Orogenia Andina. Por efecto de esfuerzos compresivos NW-SE, se produce levantamiento importante en los cinturones de Sinú y San Jacinto, quedando muchas áreas emergidas, plegadas y falladas; también se presenta el diapirismo de lodo, deformando aún más los sedimentos del Cinturón del Sinú.

En el Pleistoceno Inferior a causa del levantamiento generado por la Orogenia Andina, se desarrolla una sedimentación fluvial-litoral y de playa, correspondiente a las Gravas de Rotinet, y en áreas sumergidas, se desarrollaron arrecifes de la Formación La Popa en el área de Cartagena.

El periodo entre Pleistoceno Medio - Holoceno se ha caracterizado por tranquilidad tectónica y la sedimentación ha sido fluvial y lacustre.

5.1.7.2 Modelo Hidrogeológico Conceptual

Regionalmente, el área de influencia fisicobiótica del proyecto de la Modificación de Licencia No. 1" del Proyecto "Atlántico Photovoltaic junto a su línea de Evacuación de 500 kV" se encuentra en la provincia hidrogeológica Sinú – San Jacinto (PC1), el área de intervención presenta influencias de los sistemas acuíferos de Tubará (SAC 1.8) y Sabanalarga (SAC 1.5), según la clasificación de sistemas acuíferos de Colombia realizada por el IDEAM en el Estudio Nacional de Aguas, 2022.

A partir de la información geológica del presente estudio y de la información hidrogeológica analizada para el área de intervención puntual, se concluye que en la zona se presentan principalmente dos sistemas acuíferos que corresponden a: Acuíferos Cuaternarios y Acuíferos Terciario Superior, en los cuales se enmarcan las diferentes unidades geológicas presentes en el área.

Los Acuíferos Cuaternarios se encuentran representados por depósitos no consolidados de gravas, limos y arcillas intercaladas, de poco espesor, de edad Cuaternario reciente (Holoceno) y por depósitos inconsolidados a semiconsolidados de gran espesor del Pleistoceno. De esta manera, los Acuíferos Cuaternarios están divididos en Acuíferos Cuaternarios Someros, representados por los depósitos Coluvio – aluviales (Q2cal) y en Acuíferos Profundos, representados en el área por las Gravas de Rotinet (Q1pr). Los Acuíferos Terciario Superior, generalmente son acuíferos multicapa de tipo confinado compuestos por intercalaciones de areniscas, conglomerados, limolitas y arcillolitas depositados en ambientes marino y continental; en el área de intervención se encuentra el Acuífero de Tubará en el cual se encuentran conformado por rocas de la Formación Tubará en el área de estudio.

5.1.7.3 Unidades Hidrogeológicas

Las unidades geológicas en el área de intervención puntual corresponden a depósitos cuaternarios no consolidados, compuestos por gravas, limos y arcillas intercaladas, de poco espesor, de edad Holoceno; y semiconsolidados, compuestos por capas de gravas finas a gruesas y arenas conglomeráticas de edad Pleistoceno. Y finalmente, las rocas de edad Terciario superior de la Formación Tubará compuesta por areniscas de grano fino a grueso, cuarzosas y algunas calcáreas, con intercalaciones de lodolitas grises a negras.

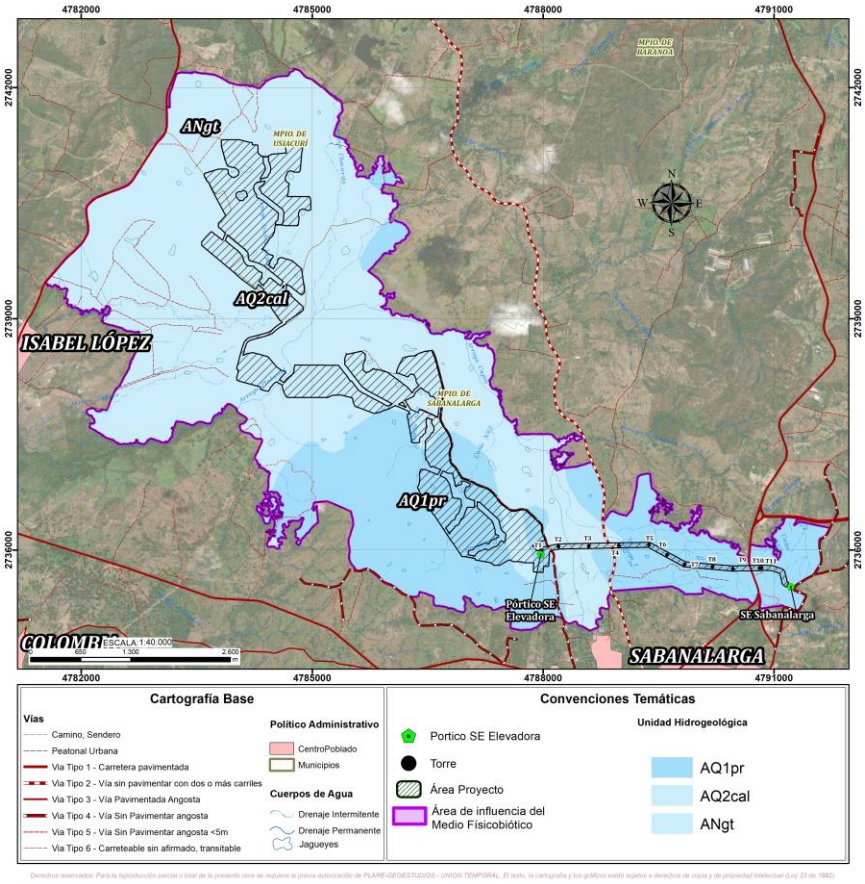
Las unidades hidrogeológicas fueron denominadas manteniendo el nombre de la unidad geológica y se valoraron desde el punto de vista de su capacidad para almacenar y permitir el flujo de agua subterránea, siguiendo los lineamientos de la "Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos" (1983), como se muestra en la **Tabla 5.1-103** y la **Figura 5.1-54**.

TABLA 5.1-103 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

SISTEMA ACUÍFERO	CARACTERÍSTICAS ACUÍFEROS	UNIDAD GEOLÓGICA	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	NOMEN	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
A. SEDIMENTOS CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR					(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Acuíferos de alta productividad, capacidad especifica entre 2.0 y 5.0 l/s/m	Sistema acuífero continúo de extensión regional, depositados en ambiente fluvial, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados que desarrollan acuíferos de tipo libre a semiconfinados Aguas recomendadas para cualquier uso.	Gravas de Rotinet	Acuífero Cuaternario Profundo	AQ1pr	881,01	30,97	117,34	26,96
Acuíferos de baja productividad, capacidad especifica entre 0.05 y 1 l/s/m	Sistemas acuíferos de extensión local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial y litoral, generalmente de tipo libre y por rocas sedimentarias Terciarias poco consolidadas de ambiente marino con acuíferos confinados. Almacenan aguas que requieren tratamientos previos para algunos usos.	Depósitos Cuaternarios Superficiales (Dep. Coluvio-aluviales)	Acuífero Cuaternario Somero	AQ2cal	1694,61	59,57	281,88	64,77
		Fm Tubará	Acuífero Tubará	ANgt	268,99	9,46	36,01	8,27
ÁREA TOTAL					2844,60	100	435,23	100

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-54 MAPA UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.7.3.1 Acuífero Cuaternario Someros – Depósitos Coluvio - aluviales (AQ2cal)

Con este nombre se agrupan los acuíferos conformados por sedimentos no consolidados del Holoceno, en el área este acuífero se encuentra distribuido en las zonas de topografía plana a semiplana, asociado a pequeños drenajes.

Estos acuíferos someros por lo general no están conectados hidráulicamente con los acuíferos infrayacientes, son de extensión local, discontinuos, son acuíferos libres, con espesores pequeños, que en el área de estudio es menor de 20 m aproximadamente y de baja productividad, con capacidad especifica entre 0.05 y 1 l/s/m; presenta niveles estáticos entre 3,5 y 4,5 m de profundidad.

Litológicamente, están compuestos por limos y arcillas con algunos niveles de arenas y gravas que cubren discordantemente a rocas Terciarias que conforman el Acuífero Tubará.

Sus zonas de recarga se consideran de baja capacidad de infiltración, la cual proviene en primera instancia de la precipitación que cae sobre sus afloramientos y otra posible recarga se efectúa a través de las corrientes superficiales únicamente durante las épocas de lluvia, por cuanto la mayoría de ellas son intermitentes.

5.1.7.3.2 Acuíferos Cuaternarios Profundos – Gravas de Rotinet (AQ1pr)

Aflora en forma de parches aislados de extensión reducida; en general, las capas se encuentran en posición horizontal, constituidas por clastos de tamaño grava fina a gruesa subredondeadas de rocas volcánicas, chert, areniscas de grano grueso, cuarzo lechoso dentro de una matriz de arena gruesa no consolidada, depositadas sobre un basamento arcilloso.

A partir de la construcción de pozos profundos cercanos al área de intervención puntual del proyecto, se halló el nivel estático para este acuífero a los 11 m de profundidad, con una capacidad específica de 0,4 l/s/m, una transmisividad de 950 m^2/día y un coeficiente de almacenamiento de 0,01 y se concluyó que corresponde a un acuífero de tipo libre.

5.1.7.3.3 Acuífero Tubará (ANgt)

Acuífero compuesto por una serie de unidades Terciarias de ambiente transicional a continental, litológicamente representadas por intercalaciones de areniscas, conglomerados y arcillolitas con un espesor no mayor a 200 m, su área de recarga lo constituyen sus afloramientos en pequeñas serranías con alturas no mayores a 300 msnm.

El acuífero Tubará es de tipo confinado, multicapa, con valores de transmisividad que varían desde 20 hasta 85 m^2/día y coeficientes de almacenamiento de $1,0E^{-04}$ a $8,0E^{-05}$. Los caudales de los pozos que lo captan van desde 5 has 12 l/s.

5.1.7.4 Prospección geoeléctrica

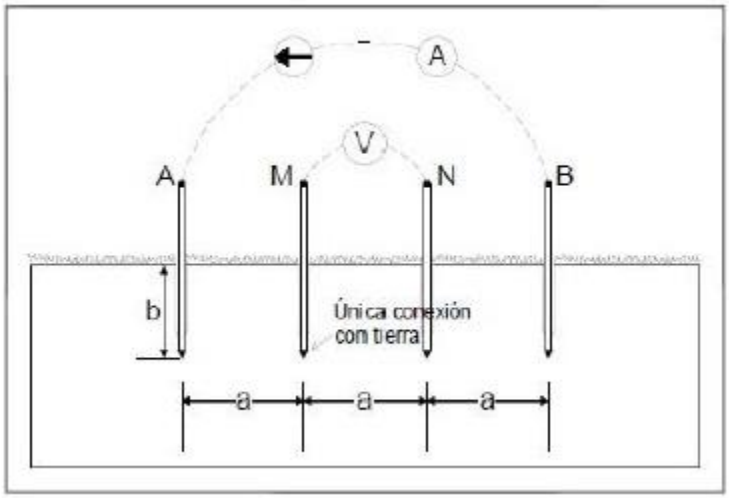
La aplicación de los métodos de prospección geoeléctrica, ayudan a conocer la distribución de los materiales en el subsuelo (geometría y extensión) así como su naturaleza, relacionada especialmente con la litología, analizando la variación de la resistividad de las rocas al paso de la corriente. Por tanto, la resistividad eléctrica de las rocas depende del volumen de los poros, de su distribución y de la resistividad del fluido contenido en ellos, es decir que también dan una aproximación de la calidad del agua.

El método se basa en el principio físico, donde la distribución de potencial eléctrico en el subsuelo a partir de un punto (electrodo) de inducción de corriente eléctrica, depende de las resistividades eléctricas y las características litológicas de los suelos y rocas que hay alrededor de dicho electrodo (Ley de Ohm).

Se realiza la medición, desde la superficie de la resistividad eléctrica aparente de las distintas capas geológicas del subsuelo por debajo del punto sondeado (punto central de dispositivo), llamado "sondeo" por su similitud a la información que se obtendría mediante una perforación o sondeo mecánico.

La evaluación de la resistividad en este caso se realizó a partir de la utilización del método de Wenner, el cual es un arreglo tetraelectródico que se usa para medir la resistividad del suelo por medio de la ubicación de electrodos espaciados en línea recta, con una distancia ***a*** entre cada par de electrodos, y enterrados a una profundidad tal que satisfaga la relación ***a > 20 b***, donde ***b*** es la profundidad de enterramiento. En la **Figura 5.1-55** se muestra el arreglo del método de Wenner para la medición de la resistividad del suelo.

FIGURA 5.1-55 ESQUEMA DE LA CONFIGURACIÓN ELECTRÓNICA TIPO WENNER



Fuente: IEEE, 2012[14] - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Mediante un telurómetro se hace circular una corriente I entre los dos electrodos externos (electrodos de corriente) y se mide la caída de potencial ***V*** con los dos electrodos internos (electrodos de potencial). El telurómetro realiza la relación V/I dando un valor de resistencia aparente R en ohmios. La resistividad aparente (pa) correspondiente a la resistividad medida aproximadamente a una profundidad a, se calcula considerando la resistencia entregada por el instrumento de medida mediante la siguiente ecuación.

$$\rho_a = 2\pi \cdot a \cdot R$$

[14] IEEE Std 81, Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System, 1-86, Nueva York, Estados Unidos (2012)

La resistencia que ofrecen los materiales al paso de la corriente eléctrica se define como resistividad y se mide en Ohmnios por metro. Se trata de la inversa a la conductividad, es decir, los materiales muy conductivos son poco resistivos, tales como los minerales metálicos, las arcillas, formaciones saturadas en agua, etc. En cambio, los materiales poco conductivos son muy resistivo, tales como las arenas y gravas no saturadas en agua, las rocas calcáreas, rocas ígneas, metamórficas, presentando valores de resistividad elevados.

La resistividad es una de las propiedades que poseen las formaciones geológicas y esta depende fundamentalmente de tres variables: la porosidad, el nivel de saturación del agua y su composición.

En la **Tabla 5.1-104** se presentan los valores de resistividad típicos para algunas de las rocas, sedimentos y fluidos que se encuentran más frecuentemente dentro de la corteza terrestre.

TABLA 5.1-104 RESISTIVIDADES REALES TÍPICAS DE LOS DIFERENTES SEDIMENTOS Y ROCAS

ROCAS O SEDIMENTOS	RESISTIVIDAD (Ohm/m)
Arcilla	2 – 15
Arena seca	>1000
Arena saturada con agua dulce	20-150
Arena saturada con agua salobre	5 - 15
Arena saturada con agua salada	< 5
Grava saturada con agua dulce	50-300
Arenisca con agua dulce	30 - 50
Caliza porosa con agua dulce	< 500
Caliza compacta	> 500
Roca ígnea o metamórfica fracturada saturada con agua dulce	200 - 1000
Roca ígnea o metamórfica maciza	> 1000

Fuente: Modificado de Astier, 1975 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Como todas las ciencias físicas, la geoeléctrica, tiene una serie de leyes que, en un momento determinado, pueden ser contraproducentes al resultado final de interpretación si no se tienen en cuenta.; estas leyes grosso modo dicen lo siguiente:

- **Ley de la Equivalencia:** Una capa de espesor pequeño y alta resistividad, puede ser equivalente a una capa de espesor y resistividad moderada. Estos efectos se minimizan, teniendo datos de litología, que permitan conocer el espesor real de las capas.
- **Ley de la Supresión de Capas:** Se presentan dos (2) clases de supresiones, la más importante dice: si la resistividad inicial es muy alta y de espesor importante, muchas capas delgadas pueden quedar suprimidas mientras la resistividad baja. Así mismo dice que a ciertas profundidades, cuando los espaciamientos aumentan, capas delgadas pueden quedar suprimidas o promediadas.
- **Efectos de la Inclinación del Basamento:** En capas inclinadas, si la dirección del sondeo eléctrico, no coincide con la dirección de los estratos, se pueden presentar errores en los parámetros geofísicos obtenidos.

5.1.7.4.1 Ejecución de los SEV

A partir de la información del "Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 (ver **Anexo 3.4 Estudios Básicos),** se determinó que en el área de intervención puntual del proyecto se realizaron 29 SEV con el fin de obtener valores de resistividad a lo largo de dos direcciones, usando la configuración del cuatripolo de tipo Wernner con un espaciado entre electrodos de 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m, 8 m, 9 m, hasta 10 m. En la **Tabla 5.1-105** se presenta las coordenadas de ubicación de los SEV realizados en el área de intervención puntual del proyecto.

TABLA 5.1-105 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS SEV REALIZADOS EN EL ÁREA DE INTERVENCIÓN

ID_SEV	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID_SEV	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
SEV-1	4784557,12	2740818,09	SEV-16	4787191,93	2736693,27
SEV-2	4784178,81	2740164,41	SEV-17	4786956,62	2736032,67
SEV-3	4783918,70	2739859,28	SEV-18	4787468,81	2736357,42
SEV-4	4787066,74	2736357,02	SEV-19	4787843,12	2736239,98
SEV-5	4784600,21	2739284,17	SEV-20	4787686,23	2735951,94
SEV-7	4784940,04	2738236,95	SEV-21	4783937,35	2740644,43
SEV-8	4785544,19	2738347,26	SEV-23	4783991,18	2741147,92
SEV-9	4785779,14	2737948,22	SEV-24	4786262,74	2737619,44
SEV-10	4786315,58	2738432,91	SEV-25	4784189,50	2738416,00
SEV-11	4786156,37	2738029,21	SEV-26	4786618,88	2737940,20
SEV-12	4786630,34	2737546,05	SEV-27	4787386,32	2735973,88
SEV-13	4786638,57	2737175,24	SEV-28	4786547,02	2736725,44
SEV-14	4786855,36	2736923,48	SEV-29	4787949,97	2735828,72
SEV-15	4786711,20	2736438,33	SEV30	4787949,97	2735828,72

Fuente: Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

En la **Tabla 5.1-106** se presentan los resultados SEV realizados en el área de intervención puntual del proyecto.

TABLA 5.1-106 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS SEV REALIZADOS EN EL ÁREA DE INTERVENCIÓN

PV ATLÁNTICO	RESISTIVIDAD APARENTE (OHM.M) PARA DIFERENTES ESPACIADOS DE CUATRIPOLOS WENNER									
	a= 1m	a= 2 m	a= 3 m	a= 4 m	a= 5 m	a= 6 m	a= 7 m	a= 8 m	a= 9 m	a= 10 m
SEV - 1	5,76	3,96	2,66	2,54	2,81	2,69	2,94	3,12	3,334	-
SEV - 2	4,54	3,15	2,74	3,70	2,56	2,56	3,33	3,97	2,84	2,95
SEV - 3	4,47	7,84	6,70	9,06	7,06	6,79	6,51	6,21	6,05	5,89
SEV - 4	67,70	64,10	67,10	67,10	67,50	62,40	59,60	55,40	52,10	51,10
SEV - 5	5,40	5,15	4,99	4,51	4,69	9,37	5,65	6,02	6,02	6,02
SEV - 6	7,09	13,77	11,32	9,89	9,00	8,24	8,04	7,86	7,86	8,31
SEV - 7	11,78	8,34	5,37	3,90	3,33	3,35	3,13	3,30	3,62	4,46
SEV - 8	9,34	5,86	3,81	3,79	3,58	3,64	3,72	3,82	3,97	4,04
SEV - 9	36,00	31,00	31,30	30,60	24,60	19,66	15,07	11,98	9,96	8,40

PV ATLÁNTICO	RESISTIVIDAD APARENTE (OHM.M) PARA DIFERENTES ESPACIADOS DE CUATRIPOLOS WENNER									
	a= 1m	a= 2 m	a= 3 m	a= 4 m	a= 5 m	a= 6 m	a= 7 m	a= 8 m	a= 9 m	a= 10 m
SEV - 10	53,10	66,00	64,50	64,00	59,60	42,80	30,20	21,10	16,03	14,32
SEV - 11	3,02	3,03	3,13	3,31	3,59	4,32	4,24	4,51	4,71	5,09
SEV - 12	124,70	154,70	168,70	155,30	105,55	81,40	65,90	52,90	50,60	44,90
SEV - 13	7,34	12,84	17,01	21,00	24,90	27,40	30,80	33,50	36,60	38,50
SEV - 14	92,70	96,60	99,10	101,30	94,70	84,90	74,70	62,50	55,10	49,20
SEV - 15	34,90	46,70	54,20	63,40	89,60	71,00	74,80	75,50	73,80	72,30
SEV - 16	20,30	19,36	20,90	21,80	21,50	21,20	22,20	23,10	22,60	23,30
SEV - 17	46,20	65,40	67,50	66,40	68,80	69,00	66,20	60,50	58,30	57,10
SEV - 18	16,64	16,76	18,70	20,90	23,60	25,20	27,80	28,80	29,60	29,80
SEV - 19	20,10	22,40	22,50	22,70	22,50	23,10	22,80	22,30	21,50	24,50
SEV - 20	15,83	16,19	18,29	18,58	19,43	21,10	21,10	22,70	23,30	24,10
SEV - 21	2,72	2,14	2,21	2,42	2,79	2,99	3,04	3,40	16,81	3,77
SEV - 22	7,97	8,44	6,34	5,36	4,26	3,93	3,95	4,04	4,17	4,43
SEV – 23	25,00	41,20	28,50	20,90	16,01	13,03	12,09	11,03	9,68	9,26
SEV - 24	235,00	107,80	78,60	83,60	85,80	90,30	107,80	108,40	94,10	90,20
SEV - 25	3,52	7,78	14,16	4,42	4,56	4,78	4,54	7,79	8,01	8,24
SEV - 26	4,15	41,20	42,60	45,90	46,60	44,60	43,00	38,10	33,70	29,30
SEV - 27	123,90	122,50	88,60	70,50	62,80	59,10	61,20	60,90	61,40	59,60
SEV - 28	70,70	66,10	68,10	64,90	60,00	52,10	48,60	45,10	40,10	34,60
SEV - 29	5,91	5,57	5,49	5,32	5,90	6,47	7,13	7,65	7,75	8,86
SEV - 30	4,67	3,70	2,75	2,65	2,69	2,85	2,93	3,04	3,25	3,48

Fuente: Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Además, se desarrolló un ensayo para la determinación de la curva de resistividad eléctrica en laboratorio (TP-14 a 1,80 m), obteniéndose los resultados contenidos en la **Tabla 5.1-107** y un ensayo de la determinación de la curva de resistividad eléctrica en laboratorio (TP-56 a 0,90 m) en la **Tabla 5.1-108**.

TABLA 5.1-107 RESULTADOS OBTENIDOS EN CURVA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA EN LABORATORIO (TP-14 A 1,80 M)

HUMEDAD (%)	RESISTENCIA (OHM)	RESISTIVIDAD (OHM-M)
13,4	9960	118,39
15,6	4620	54,91
17,3	2720	32,33
22,5	765	9,09
25,9	525	6,24
35,7	235	2,79

Fuente: Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-108 RESULTADOS OBTENIDOS EN CURVA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA EN LABORATORIO (TP-56 A 0,90 M)

HUMEDAD (%)	RESISTENCIA (OHM)	RESISTIVIDAD (OHM-M)
8,5	13990	166,29
10,7	5950	70,72
13,5	2930	34,82
15,9	1697	20,17
18,8	1494	17,75
36,2	549	6,53

Fuente: Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

A partir de estos ensayos de laboratorio se tiene que para los valores de humedad del terreno, los valores de la resistividad eléctrica coinciden y se obtiene la **Tabla 5.1-109** de rangos de resistividad eléctrica.

TABLA 5.1-109 RANGOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

RANGO DE RESISTIVIDAD	VALORACIÓN DE LA RESISTIVIDAD	VALORACIÓN DE LA HUMEDAD DEL TERRENO
<10	Muy baja	Muy alta
10 - 23	Baja	Alta
23 - 50	Baja – media	Alta - media
50 - 100	Media	Media
100 - 1000	Media - alta	Media - baja
1000 - 10000	Alta	Baja
>10000	Muy alta	Muy baja

Fuente: Tomado de Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 - Modificado por UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Analizando la información tanto de los SEV realizados en campo, como las pruebas de resistividad eléctrica en laboratorio, donde se compara la humedad del material con respecto a la medida de resistividad y comparados estos datos de laboratorio con los obtenidos en las mediciones de campo, se concluye que la mayor parte de los SEV presentan valores muy bajos a bajos de resistividad, lo cual se traduce en una humedad muy alta a media de los materiales y por tanto se podría pensar que corresponde a flujos subsuperficiales de acuíferos cuaternarios someros (AQ2cal) compuestos de arcillas y arenas saturadas con salobre. Los valores de resistividad medios a medio - alto se correlacionan con gravas saturadas con agua dulce, que corresponden al acuífero de las Gravas de Rotinet (AQ1pr).

5.1.7.5 Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación

Foster (1987), en CEPIS, 1991[15] establece el término vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, para representar las características intrínsecas que determinan la susceptibilidad de un acuífero a ser adversamente afectado por una carga contaminante;

[15] FOSTER, S. e HIRATA, R. Determinación de los Riesgos de Contaminación de las Aguas Subterráneas, Una Metodología basada en datos existentes. CEPIS-OPS, 1991.

ésta establece la facilidad con la cual ingresan las sustancias que puedan degradar la calidad del agua subterránea, mediante infiltración a través del suelo y la zona no saturada.

La evaluación de la vulnerabilidad intrínseca se enfoca hacia los acuíferos más someros, en su parte más superficial, ya que se considera que las características de la zona no saturada, son las que finalmente determinan el grado de protección, porque son los más susceptibles a ser afectados adversamente por una carga contaminante, puesta en la superficie del terreno y una vez contaminados, este fenómeno se puede inducir fácilmente hacia los horizontes inferiores.

5.1.7.5.1 Metodología para la determinación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación por el método GOD

Para la determinación y mapeo de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación en el área de influencia y de acuerdo con la información disponible se seleccionó el método GOD, propuesto por Foster (1991)[16], que permite evaluar áreas con escasa información, con regular distribución de datos y con incertidumbre; corresponde a un método de índice y superposición, que ofrece claridad conceptual, simplicidad de aplicación y es el único que contempla tangencialmente el tipo de acuífero en lo referente a su comportamiento hidráulico y grado de consolidación.

Esta metodología sugiere que la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación debe ser medida según: 1) El grado de inaccesibilidad de los contaminantes a través de la zona no saturada de un acuífero y 2) El grado de atenuación a la contaminación que posean los estratos de la zona no saturada (retención o reacción fisicoquímica), considerando los siguientes parámetros de evaluación:

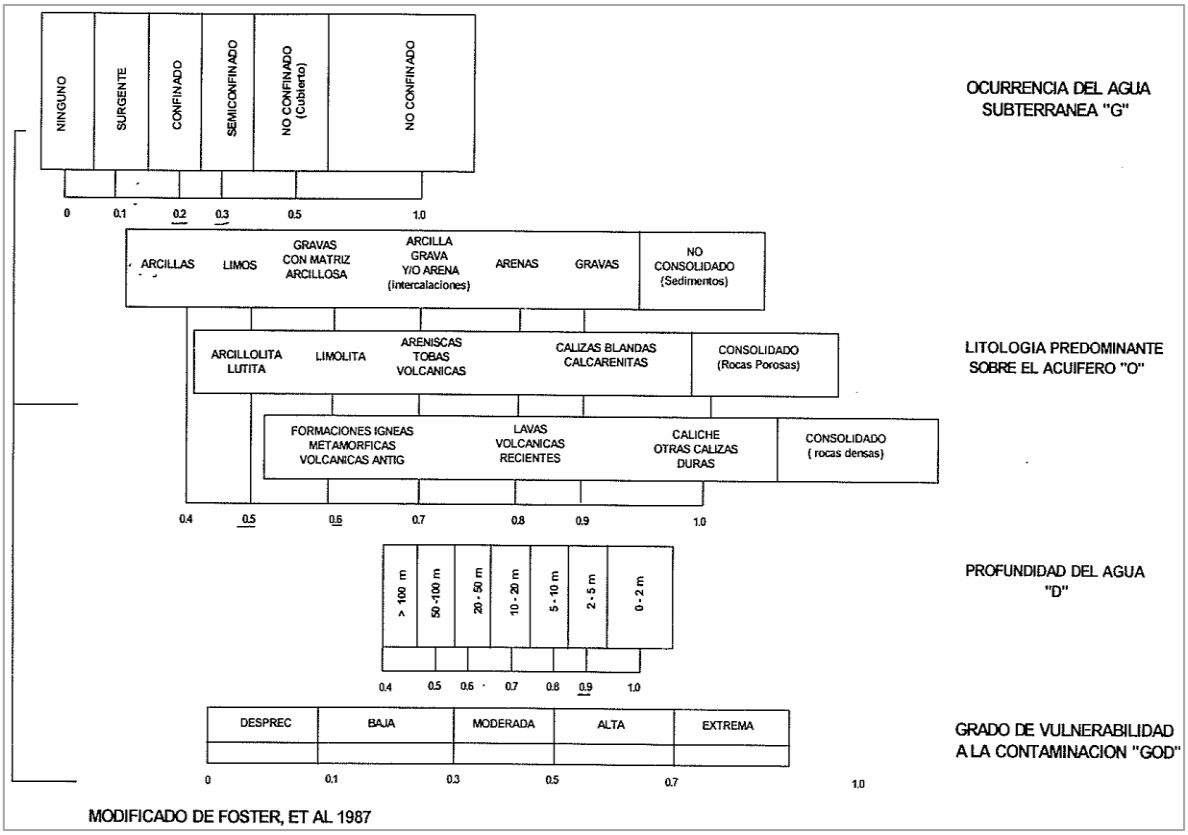
- **Groundwater – G:** Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero y establece las siguientes categorías: no confinado, no confinado-cubierto, semiconfinado, confinado y sin presencia de acuífero.
- **Overall - O:** Este parámetro incluye una caracterización global de la zona que suprayace al acuífero, en cuanto a la naturaleza litológica, el grado de consolidación y el fracturamiento de la roca.
- **Depth - D:** Profundidad del nivel freático en acuíferos libres o profundidad del estrato litológico confinante en acuíferos confinados.

Cada característica se sintetiza en coberturas cuya indexación final genera el mapa de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación. En esta metodología se han establecido escalas numéricas para valorar cada parámetro de acuerdo con su capacidad de atenuación de contaminantes.

El grado de vulnerabilidad total se determina multiplicando los valores asignados a cada parámetro, obteniéndose valores de 0 a 1, donde el cero "0" indica una vulnerabilidad despreciable y el "1" una vulnerabilidad extrema a la contaminación. Los valores de los parámetros propuestos por este método se muestran en la **Tabla 5.1-109**.

[16] FOSTER, 1991. Op. cit.

FIGURA 5.1-56 SISTEMA GOD PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN



Fuente: Tomado de Foster (1991) - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Las categorías de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación se definen como se presenta en la **Tabla 5.1-110**.

TABLA 5.1-110 CATEGORÍAS DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN

CLASE DE VULNERABILIDAD	ÍNDICE	DEFINICIÓN
Acuíferos con Vulnerabilidad extrema	0,7 - 1,0	Acuíferos vulnerables a la mayoría de los contaminantes y con impacto relativamente rápido a casi todos los escenarios de contaminación.
Acuíferos con Vulnerabilidad Alta	0,5 - 0,7	Acuíferos vulnerables a muchos contaminantes, excepto a aquellos que son rápida y fácilmente degradables.
Acuíferos con Vulnerabilidad Moderada	0,3 - 0,5	Acuíferos vulnerables a contaminantes relativamente móviles y/o persistentes o bien, a eventos de contaminación continuos, causados durante largos periodos de tiempo.
Acuíferos con Vulnerabilidad Baja	0,1 - 0,3	Acuíferos vulnerables a contaminantes muy móviles y persistentes y a eventos de contaminación continuos durante largos periodos de tiempo. El impacto causado en el acuífero se caracteriza por ser de efecto a largo plazo y sus manifestaciones sobre la calidad del agua son tan débiles que suelen pasar inadvertidos durante mucho tiempo.

CLASE DE VULNERABILIDAD	ÍNDICE	DEFINICIÓN
Acuíferos con Vulnerabilidad Despreciable	0 - 0,1	En estos acuíferos las capas confinantes representan un obstáculo que dificulta en alto grado (sin que esto signifique imposible) un flujo significativo de los contaminantes hacia el acuífero.

Fuente: MAVDT, Viceministerio de ambiente, grupo de recurso hídrico. 2010. Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la Contaminación.

5.1.7.5.2 Calificación de parámetros

La información que genera el mapa de vulnerabilidad del presente proyecto se toma del "Atlas hidrogeológico de Colombia. Escala 1:500.000 – Plancha 5-04 Cartografía y Memoria técnica. INGEOMINAS, 2003". En la **Tabla 5.1-111** se presenta el resumen de los parámetros G.O.D. e indexación y grado de vulnerabilidad para las unidades hidrogeológicas identificadas en el presente proyecto

TABLA 5.1-111 RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DEL MÉTODO G.O.D.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICA	TIPO ACUÍFERO	ÍNDICE " G"	PREDOMINIO LITOLÓGICO ZONA SATURADA	SED. INCONS	ROCA	ÍNDICE " O"	NIVEL ESTÁTICO	ÍNDICE " D"	ÍNDICE VULNERABILIDAD	GRADO VULNERABILIDAD
AQ2cal	Libre	1	Intercalaciones limos, gravas, arenas y arcillas	X		0.70	Aprox hasta 20 m	0.7	0.40	**MODERADA**
AQ1pr	Libre	1	Gravas finas a gruesas en matriz arenosa	X		0.90	De 10 m a 20 m	0.7	0.63	**ALTA**
ANgt	Libre	1	Intercalaciones de gravas, arenas y arcillas	x		0.70	De hasta 2m a 10 m	0.9	0.63	**ALTA**

Fuente: Atlas hidrogeológico de Colombia. Escala 1:500.000 – Plancha 5-04. Ingeominas, 2003" - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Mediante la superposición de las capas de información y la multiplicación de los parámetros "G", "O" y "D", usando Sistemas de Información Geográfica - SIG, se obtiene la zonificación de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.

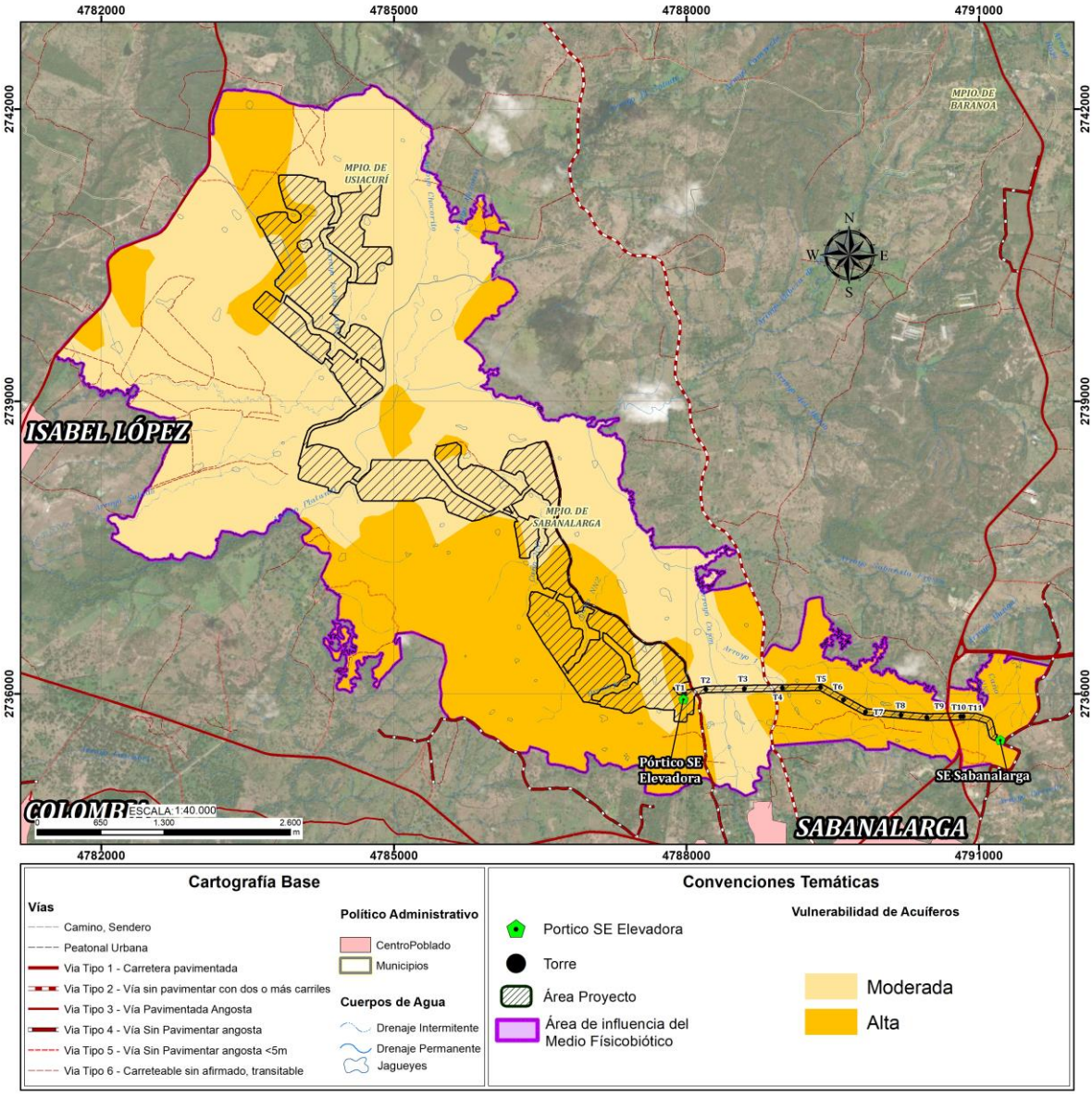
La vulnerabilidad se categorizó principalmente como Alta y en menor proporción Moderada, en la **Tabla 5.1-112** se muestran las áreas y porcentajes de extensión de cada grado de vulnerabilidad en las áreas de influencia; en la **Figura 5.1-57** se presenta su distribución.

TABLA 5.1-112 CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO"

CATEGORÍA VULNERABILIDAD		DESCRIPCIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
			(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Moderada	**Depósitos Cuaternarios Superficiales (Dep. Coluvio-aluviales) AQ2cal**	En general son de carácter libre, aunque localmente confinados por niveles arcillosos, la zona no saturada está compuesta en su mayoría por sedimentos no consolidados, permeables, constituidos por gravas, arenas y arcillas. Los niveles estáticos son muy someros, generalmente cerca del nivel base de los ríos hasta casi 20 m de profundidad. por sus características intrínsecas, estos acuíferos son moderadamente vulnerables a la contaminación, dado que reciben cierto grado de protección por presentar material limoso en la zona vadosa.	268,99	9,46	281,88	64,77
Alta	**Gravas de Rotinet - AQ1pr**	Acuífero multicapa de extensión local, de buena productividad, que se presenta como parches aislados. Acuífero de tipo libre, con un predominio de gravas permeables en la zona no saturada y niveles estáticos mayores a 10 m. Estos acuíferos son altamente vulnerables a la contaminación por sus características intrínseca y por qué su zona de recarga es su misma zona de afloramiento.	2575,62	90,54	153,35	35,24
	Fm Tubará - ANgt	Acuífero libre, aunque localmente se encuentra confinado debido a las intercalaciones arcillosas. Regionalmente, la zona no saturada es predominantemente arenosa y el nivel freático varía entre 2 m y 10 m. Este acuífero es altamente vulnerable a la contaminación, teniendo en cuenta que el material que yace al acuífero es no consolidado.				
AREA TOTAL			**2844,60**	**100**	**435,23**	**100**

Fuente: Atlas hidrogeológico de Colombia. Escala 1:500.000 – Plancha 5-04. Ingeominas, 2003" - UT PLARE GEOESTUDIOS 2023

FIGURA 5.1-57 MAPA VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA



Derechos reservados. Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS 2023.

5.1.8 Geotecnia

Los trabajos geotécnicos elaborados para el proyecto de Modificación de Licencia No. 1" del Proyecto "Atlántico Photovoltaic junto a su línea de Evacuación de 500 kV" se toman a partir del "Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019" y del "Informe geotécnico – Geotecnia instalaciones proyecto solar fotovoltaico Atlántico – Ingetec S.A., 2022" (ver Anexo 3.4 – Estudios Básicos/ Geotécnico), con los cuales se buscan generar dos productos para este numeral; el primero corresponde a la zonificación

geotécnica del área de influencia fisicobiotica del proyecto, donde se reúnen tanto criterios físicos, como los criterios geotécnicos en los suelos identificados en las exploraciones y extrapolados a toda el área de influencia fisicobiotica, el segundo corresponden al análisis del estudio geotécnico del suelo enfocados en determinar el comportamiento de suelo frente a las infraestructuras proyectadas.

5.1.8.1 Estudios geotécnicos y del suelo

Este numeral contiene la descripción de los trabajos adelantados para llevar a cabo la investigación del subsuelo y la caracterización geotécnica del área de intervención puntual del proyecto de Modificación de Licencia No. 1" del Proyecto "Atlántico Photovoltaic junto a su línea de Evacuación de 500 kV", la caracterización físico – mecánica de los niveles de suelo encontrados y los análisis de estabilidad ajustados a las condiciones de trabajo esperadas.

5.1.8.2 Exploraciones geotécnicas

Con el objeto de establecer las características del perfil del subsuelo en las áreas de interés, se adelantó un programa de exploración directa del subsuelo, donde se definió la ejecución de 7 calicatas de 1,0 m de profundidad, 14 de 2,0 m y 3 de 3,0 m distribuidas en la zona de la línea de transmisión, subestación y parque, y dos perforaciones mecánicas de 30 m en el área de las subestaciones, dentro de las cuales se ejecutaron 25 ensayos de penetración estándar, SPT, y se extrajeron muestras de suelo para la ejecución de ensayos de laboratorio.

Adicionalmente, dentro de los ensayos in situ en las calicatas se ejecutaron pruebas de densidad de cono y arena a 0,40 m y 2,00 m, resistividad térmica a 0,70, 1,00 y 1,30 m, permeabilidad mediante el método Porchet entre 1,50 m y 2,00 m de profundidad y granulometría integral. Así mismo, se ejecutaron pruebas de resistividad eléctrica y se extrajeron muestras para la ejecución de ensayos de resistividad térmica en el laboratorio.

En total se ejecutaron veinticuatro (24) resistividades eléctricas, cinco (5) resistividades térmicas In-situ, cuatro (4) líneas sísmicas MASW, veintiocho (28) permeabilidades de Porchet, siete (7) granulometrías integrales, adicionalmente en las perforaciones se ejecutaron SPT continuos cada metro y se instalaron 2 piezómetros de Casagrande en cada una de las perforaciones.

En la **Tabla 5.1-113** se presentan las coordenadas de ubicación de las exploraciones geotécnicas y los ensayos in- situ realizados en el área de intervención puntual del proyecto.

TABLA 5.1-113 EXPLORACIONES Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS IN-SITU

ID - EXPLORACIÓN	SITIO	NIVEL FREÁTICO (m)	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
			ESTE	NORTE
C-ATL-01	Parque	Seco	4787275,331	2736133,628
C-ATL-02	Parque	Seco	4787585,013	2736230,647
C-ATL-03	Parque	Seco	4786705,407	2736316,341
C-ATL-04	Parque	Seco	4786503,05	2737195,81
C-ATL-05	Parque	Seco	4786023,589	2738221,1
C-ATL-06	Parque	Seco	4786285,309	2738479,456
C-ATL-07	Parque	Seco	4784791,071	2738332,093

ID - EXPLORACIÓN	SITIO	NIVEL FREÁTICO (m)	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
			ESTE	NORTE
C-ATL-08	Parque	Seco	4784257,018	2739421,761
C-ATL-09	Parque	Seco	4784737,409	2740239,811
C-ATL-10	Parque	Seco	4784342,984	2740803,476
C-ATL-11	Parque	Seco	4784430,534	2739650,683
C-ATL-12	Parque	Seco	4784579,933	2738162,425
C-ATL-13	Parque	Seco	4786029,721	2737932,007
C-ATL-14	Parque	Seco	4786465,426	2737719,15
C-ATL-15	Parque	Seco	4786865,133	2736269,301
C-ATL-16	Parque	Seco	4787126,904	2736071,575
CL-ATL-01	Subestación elevada	Seco	4787882,968	2735750,638
CL-ATL-02	Subestación elevada	Seco	4787898,216	2735943,574
CL-ATL-03	Línea de transmisión	Seco	4788962,132	2736056,726
CL-ATL-04	Línea de transmisión	Seco	4789835,681	2735809,046
CL-ATL-05	Línea de transmisión	Seco	4790833,571	2735766,598
CL-ATL-06	Línea de transmisión	Seco	4791123,715	2735626,703
CL-ATL-07	Subestación de interconexión	Seco	4791168,145	2735537,402
CL-ATL-08	Subestación de interconexión	Seco	4791240,031	2735517,936
SL-ATL-01	Subestación elevadora	10,3	4787970,142	2735930,107
SL-ATL-02	Subestación de interconexión	9,5	4791189,116	2735532,266

Fuente: Tomado de Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.8.3 Ensayos de laboratorio

Con base en las exploraciones indicadas anteriormente se obtuvieron muestras alteradas de los apiques mediante lonas y en las perforaciones por medio del muestreador de cuchara partida o split spoon como parte del ensayo SPT. Sobre estas muestras alteradas se realizaron los ensayos de laboratorio de granulometría por lavado, límites de Atterberg, humedad natural, gravedad específica, proctor modificado, CBR, determinación del pH, análisis químico (contenido de sales) y resistividad térmica en laboratorio.

En la **Tabla 5.1-114** se presentan algunos resultados obtenidos a partir de estos ensayos.

TABLA 5.1-114 RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO

ID	Geo	Profundidad (m)			Hum. Nat.	PU natural	Gravas, arenas y finos			Límites de Atterberg			Clasificación		
		Inicial	Final	Prom	W nat (%)	ɣT (kN/m3)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	AASHTO	IG
C-ATL-02	Qcal	0,00	0,40	0,20	5		1	91	8	NL	NP	NP	SP SM	A-3	0
	Qcal	0,40	1,00	0,70	11		0	74	26	NL	NP	NP	SM	A-2-4	0
	Qcal	2,00	2,20	2,10		18,1									

ID	Geo	Profundidad (m)			Hum. Nat.	PU natural	Gravas, arenas y finos			Límites de Atterberg			Clasificación		
		Inicial	Final	Prom	W nat (%)	ɣT (kN/m3)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS	AASHTO	IG
C-ATL-03	Qpr	0,40	1,00	0,70	16		2	58	40	35	16	19	SC	A-6	3
	Qpr	2,00	2,40	2,20	10		1	84	15	NL	NP	NP	SM	A-2-4	0
	Qpr	0,40	0,60	0,50	14	20,4									
C-ATL-04	Qpr	0,40	1,00	0,70	8		0	75	25	NL	NP	NP	SM	A-2-4	0
	Qpr	1,00	1,50	1,25	9		0	71	29	NL	NP	NP	SM	A-2-4	0
C-ATL-05	Qcal	0,00	0,40	0,20	25		0	12	88	49	19	30	CL	A-7-6	20
	Qcal	0,40	0,60	0,50	23	12,9									
	Qcal	2,00	2,50	2,25	18		0	26	74	39	17	22	CL	A-6	15
	Qcal	2,00	2,20	2,10	24	17									
C-ATL-06	Qcal	0,40	1,00	0,70	13		0	80	20	NL	NP	NP	SM	A-2-4	0
	Qcal	2,00	2,50	2,25	22		0	16	84	47	19	28	CL	A-7-6	20
	Qcal	2,00	2,20	2,10		19,9									
C-ATL-07	Qcal	0,40	1,00	0,70	32		0	1	99	82	23	59	CH	A-7-6	20
	Qcal	0,40	0,60	0,50	34	11,8									
	Qcal	2,00	2,50	2,25	33		0	0	100	90	24	66	CH	A-7-6	20
	Qcal	2,00	2,20	2,10	47	13,9									

Fuente: Tomado de Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019 - UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.8.4 Zonificación Geotécnica para el área de intervención

A partir de los registros de campo obtenidos durante la ejecución de los sondeos y ensayos in-situ, registro fotográfico de las perforaciones y del sector, así como las descripciones de las unidades geológicas y resultados de ensayos clasificación de los materiales, en el sector de estudio se proponen dos zonas homogéneas (ZH), correspondientes a las dos unidades geológicas presentes en el área del proyecto: Gravas de Rotinet (Qpr), Depósito Coluvioaluvial (Qcal) y Formación Tubará (Ngt).

La zonificación geotécnica se realizó asignando una mayor ponderación a los comportamientos geotécnicos hallados a partir de los resultados de ensayos de laboratorio, con base en los criterios indicados por la NSR-10 en el Título H, según la cual se agrupan en granulares y cohesivos; los primeros se asociaron con la zona homogénea 1 (ZH1) y los segundos con la zona homogénea 2 (ZH2).

El detalle descriptivo del estudio geotécnico se podrá encontrar en el Anexo 3.4 – Estudios Básicos/ Geotécnico - Informe geotécnico – Geotecnia instalaciones proyecto solar fotovoltaico Atlántico – Ingetec S.A., 2022.

5.1.8.4.1 Zona Homogénea 1

La zona homogénea 1 (ZH1) presenta suelos predominantemente granulares; sin embargo, en algunas calicatas y en el sondeo se presentan lentes con materiales finos los cuales presentan plasticidad.

La variación de la composición granulométrica en profundidad se muestra en la **Figura 5.1-58**, de igual forma, se ilustra por profundidad los suelos cohesivos. Los materiales encontrados cuentan con bajos contenidos de gravas, entre 0% y 12%, un alto contenido de arenas, entre 25% y 91%, y un contenido de finos variable, entre 8% y 75%.

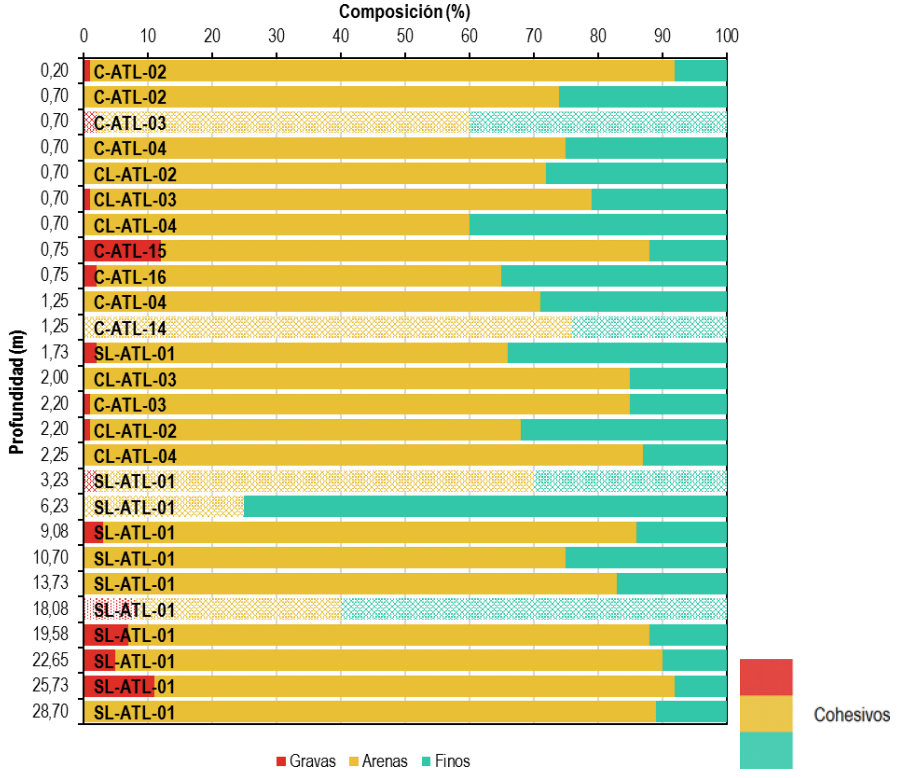
Es importante mencionar que las barras más claras indican que el material presenta un comportamiento cohesivo.

Para los materiales de la ZH1 la Carta de Casagrande muestra que los índices de plasticidad varían entre 9% y 43% lo que indica que son de plasticidad media a alta, mientras que los límites líquidos se ubican entre 23% y 38%.

Para condiciones especiales del subsuelo de la ZH1 se realizaron los siguientes análisis de colapsabilidad, expansibilidad, movilidad cíclica y licuación.

- **Colapsabilidad:** El análisis de colapsabilidad se realizó únicamente para los materiales que presentan un comportamiento cohesivo, calculando el peso unitario seco crítico según la NSR-10. Según los resultados de laboratorio del índice de colapso realizados para las muestras, el potencial de colapso se puede clasificar como ligero, siendo este resultado concordante con los resultados obtenidos por el método de la NSR-10.

FIGURA 5.1-58 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA ZH1



Fuente: Tomado de Informe geotécnico – Geotecnia instalaciones proyecto solar fotovoltaico Atlántico – Ingetec S.A., 2022- UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

- **Expansividad:** Teniendo en cuenta que la textura de la mayoría de los materiales es arenosa y son no plásticos, no presentan susceptibilidad a expansividad. No obstante, en las calicatas y perforaciones donde se identificaron materiales cohesivos, se realizó la evaluación de expansividad mediante las metodologías indicadas por la NSR-10, y por Reese & O'Neill (1988). Se observa que el 94% de las muestras evaluadas tienen un potencial expansivo bajo y el 6% restante cuentan con un potencial medio.

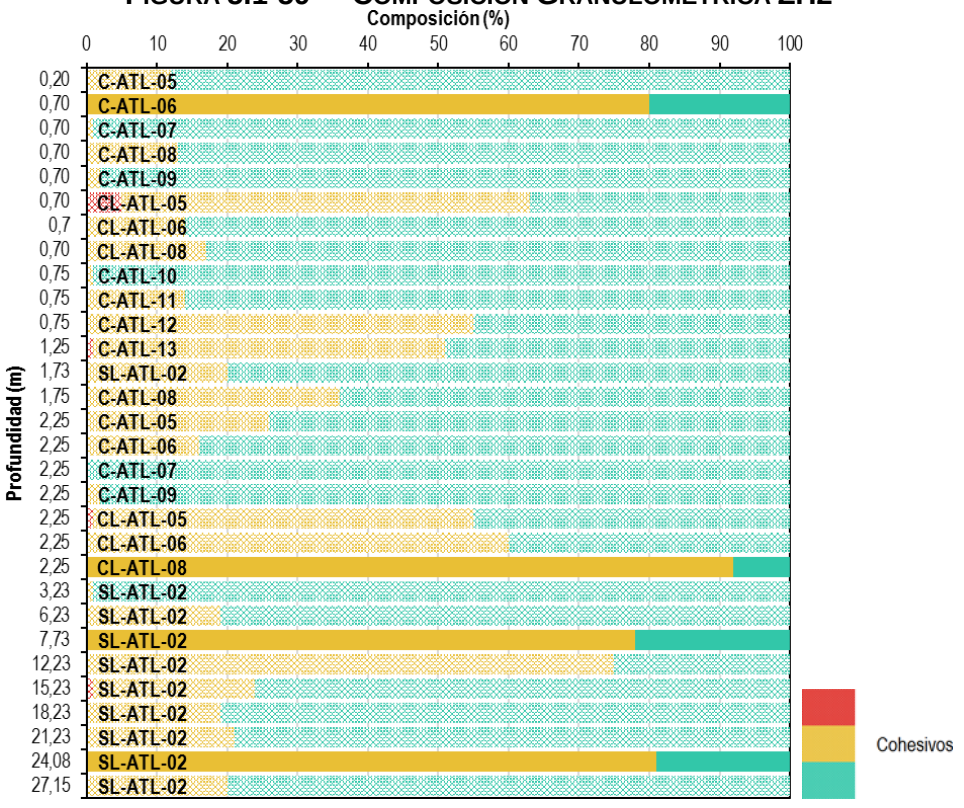
- **Movilidad Cíclica:** La susceptibilidad a la movilidad cíclica se evaluó teniendo en cuenta el criterio de Bray y Sancio (2006) únicamente para los materiales que presentan un comportamiento cohesivo. Se observa que los suelos de fundación se encuentran en el rango no susceptible a movilidad cíclica.
- **Licuación:** De acuerdo con los registros de niveles freáticos, en la zona el nivel de aguas se encuentra a profundidades mayores que 9,0 m, profundidad a la que se identificaron materiales arenosos muy densos con valores de SPT mayores que 60 golpes/pie. Por lo anterior, se estima que este tipo de comportamiento es poco probable que se desarrolle en la zona de estudio.

5.1.8.4.2 Zona Homogénea 2.

La zona homogénea 2 (ZH2), presenta suelos cohesivos y granulares a lo largo de la profundidad explorada (30 m), dentro de los cuales predominan los cohesivos.

La variación de la composición granulométrica en profundidad se muestra en la **Figura 5.1-59**, así como, su clasificación como suelos cohesivos. Los materiales encontrados cuentan con un alto contenido de finos desde el 8% al 100% y de arenas entre 0% y 92%. Es importante mencionar que las barras más claras indican que el material presenta un comportamiento cohesivo.

FIGURA 5.1-59 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA ZH2



Fuente: Tomado de Informe geotécnico – Geotecnia instalaciones proyecto solar fotovoltaico Atlántico – Ingetec S.A., 2022- UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Se observa que los índices de plasticidad varían entre 2% y 66% y los límites líquidos entre 16% y 90%, con lo que se evidencia que los materiales de esta zona presentan altas plasticidades.

Para condiciones especiales del subsuelo de la ZH2 se realizaron los siguientes análisis de colapsabilidad, expansibilidad, movilidad cíclica y licuación.

- Colapsabilidad: A partir de la metodología de la NSR-10 para determinar suelos colapsables, se concluye que en la ZH2 el suelo no tiene potencial de colapso. De igual manera, a partir del índice de colapso obtenido en laboratorio se clasifica que el grado de colapsabilidad en la zona homogénea 2 es de ligero a moderado.
- Expansibilidad: el volumen de expansión máximo es menor a 5%, por lo tanto, la clasificación es según este parámetro es baja de acuerdo con la NSR-10. Respecto a las presiones de expansión se tiene que la máxima es igual a 335 kPa, cuya calificación corresponde a Muy alta según el criterio propuesto por González de Vallejo y otros (2004); no obstante, dado que el volumen de expansión máximo asociado sólo alcanza 5% se considera que la evaluación integral del potencial de expansión continúa siendo baja. En todo caso, resulta necesario que durante las etapas posteriores de diseño se realicen ensayos de expansión controlada adicionales en toda la zona, atendiendo los resultados a los que apunta la evaluación indirecta.
- Movilidad Cíclica: La susceptibilidad a la movilidad cíclica se evaluó teniendo en cuenta el criterio de Bray y Sancio (2006). Se concluye que los suelos de fundación se encuentran en el rango no susceptible a movilidad cíclica.
- Licuación: Teniendo en cuenta el comportamiento cohesivo de los materiales presentes en la ZH2, se concluye que el material no es susceptible a procesos de licuación.

5.1.8.4.3 Parámetros de Diseño Geotécnico

Teniendo en cuenta la zonificación y caracterización geotécnica desarrollada anteriormente, se definieron los parámetros geomecánicos para cada zona homogénea.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los parámetros geomecánicos en cada zona homogénea para el diseño de la cimentación. Para obtener cada uno de los parámetros se realizó un análisis estadístico a través de medidas de posición que consistía en seleccionar el dato que mejor representara la muestra estadística y compararlo con rangos de parámetros esperados para cada tipo de material.

TABLA 5.1-115 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE SUELO DE FUNDACIÓN

Zona homogénea	Inicio (m)	Fin (m)	Comportamiento geotécnico	N70 (golpes/pie)	ɣT (kN/m3)	c' (kPa)	Φ' (°)	Su (kPa)	E (MPa)
ZH1	0,00	30,00	Granular	44	17,7	5	33	-	11,3
ZH2	0,00	30,00	Cohesivo	55	17,4	20	21	76	11,7

Fuente: Tomado de Informe geotécnico – Geotecnia instalaciones proyecto solar fotovoltaico Atlántico –Ingetec S.A., 2022- UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Siendo:

- N70: Número de golpes SPT con una eficiencia del 70%.
- ɣT : Peso unitario húmedo del suelo. c': Cohesión efectiva.

- Φ': Ángulo de fricción efectivo.
- Su: Resistencia al corte no drenada. E: Módulo de elasticidad.

5.1.8.5 Zonificación geotécnica del área de influencia fisicobiotica del proyecto.

La zonificación geotécnica fue orientada primordialmente a la delimitación de áreas de similar comportamiento del suelo frente a los agentes externos (clima y otros) como a la infraestructura proyectada.

La zonificación para el área de influencia fisicobiotica se realiza a partir de la correlación de los diferentes datos de ensayos in situ y de laboratorio, así como las características de los materiales encontrados en las exploraciones geotécnicas realizadas para el área de intervención puntual del proyecto, además se define a partir de la información antes mencionada el comportamiento de las diferentes unidades geológicas - geotecnicas ante la acción de los principales factores internos y externos que generan sobre dichos materiales fenómenos de inestabilidad que predisponen los materiales a procesos erosivos y de remoción en masa.

En general, la poca cantidad de unidades temáticas (homogeneidad) y la mínima variabilidad de las mismas permiten la aplicación del criterio de experto. La aplicación de otros métodos como el cruce de mapas o análisis numéricos resultaría en un mapa equivalente.

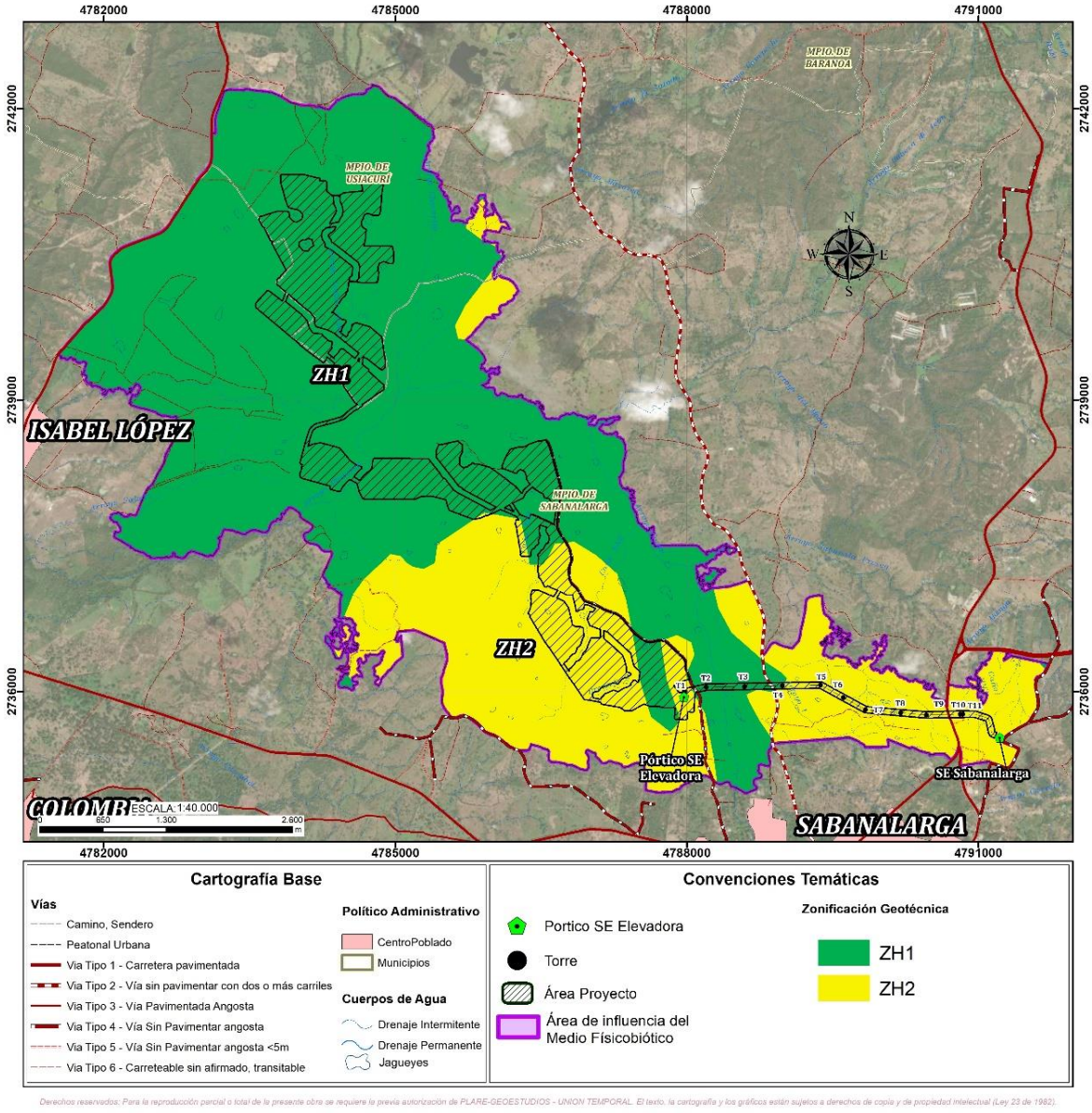
En la **Tabla 5.1-116** se presentan las características de cada zona homogénea desde el punto de vista geotécnico y en la **Figura 5.1-60** se presenta su distribución en el área de intervención puntual del proyecto.

TABLA 5.1-116 ZONAS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIOTICA DEL PROYECTO

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	NOMENC.	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE INTERVENCIÓN	
					(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Zona Homogénea 1	ZH1	Estabilidad Moderada - Alta	Ngt / Q2cal	Corresponde a las áreas que presentan un suelos producto de la meteorización de las rocas de la Fm Tubará y de depósitos coluvio aluviales, los cuales se presentan una consistencia firme y están compuestos por Arena – arcillosa de grano medio a grueso de color café claro más litificadas o con mayor presencia de gravas. En estas areas se pueden presentan procesos erosivos como cárcavas y surcos especialmente en los niveles de mayor porcentaje de gravas y de pendientes del terreno más altas.	1963,60	69,03	153,35	35,24
Zona Homogénea 2	ZH2	Estabilidad Moderada - Baja	Q1pr	Corresponde a las areas que presentan suelos producto de la meteorización de depósitos aluviales profundos como las Gravas de Rotinet, los cuales presentan una consistencia blanda y en general están compuestos por arena a arena arcillosa de granos gruesos y conglomerados color naranja o café claro. En estas areas se pueden presentan procesos erosivos de escurrimiento difuso, erosión laminar y algo de carcavamiento en la medida que aumente la pendiente del terreno.	881,01	30,97	281,81	64,76
ÁREA TOTAL					**2844,60**	**100**	**435,23**	**100**

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

FIGURA 5.1-60 MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA PARA GEOTÉCNICA PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA DEL PROYECTO



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.9 Atmósfera

5.1.9.1 Identificación de fuentes de emisiones atmosféricas

A continuación, se describen los diferentes tipos de fuentes de emisión de partículas y gases a la atmósfera (según el Decreto 948 de 1995 expedido por el MADS, la Resolución 610 de 2010, la Resolución 2254 de 2017 y el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, octubre 2010 expedidos por el MAVDT hoy MADS) observadas en el

área de estudio durante el monitoreo realizado entre 26 de junio al 14 de julio del 2023, referenciándose a continuación cada tipo de fuente.

TABLA 5.1-117 FUENTES DE EMISIÓN

TIPO DE FUENTE	FUENTE	DESCRIPCIÓN
Fuentes de emisiones fijas dispersas o difusas	Vías	Son aquellas en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión. Las vías, se incluyen dentro de esta clasificación, puesto que en el área del proyecto las vías de la zona se encuentran sin pavimentar y cuando un vehículo viaja en una carretera sin pavimentar la fuerza de las llantas contra la superficie del camino causa pulverización del material en la superficie. Las partículas son levantadas y lanzadas de las ruedas y la superficie del camino es expuesta a fuertes corrientes de aire. La turbulencia levantada detrás del vehículo continúa en la superficie del camino después de que el vehículo ha pasado.
Fuentes móviles	Vehículos	Las fuentes móviles como su nombre lo indica, son todos aquellos instrumentos, equipos u organismos que generan algún tipo de emisión y que trasladan su posición de un lugar a otro. En la zona se observó un flujo vehicular asociado al tráfico en la zona en vías principales y secundarias correspondiente a vehículos de todo tipo.

Fuente: Trabajo de campo, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

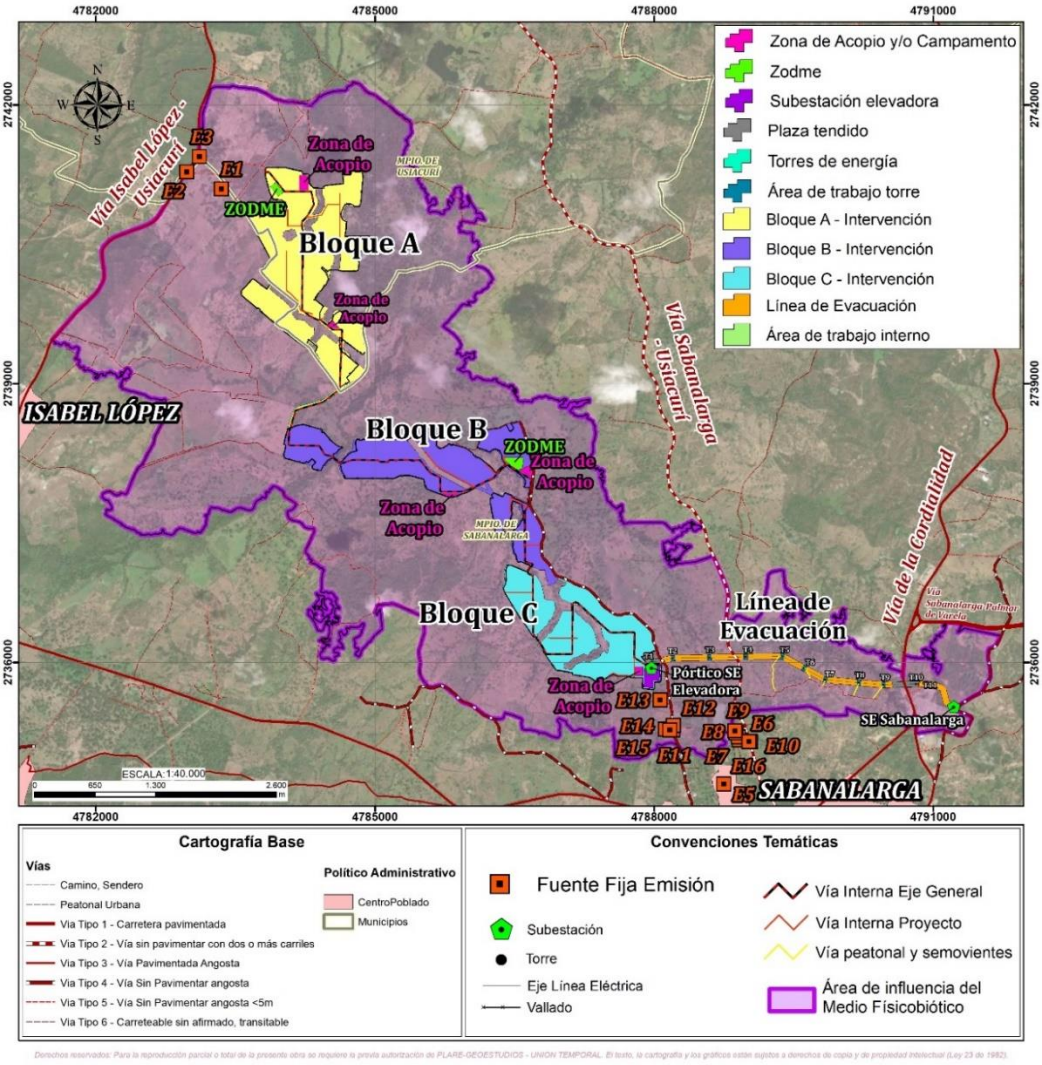
En la **Tabla 5.1-118**, se logran evidenciar las principales fuentes de emisión identificadas en el monitoreo.

TABLA 5.1-118 FUENTES DE EMISIÓN DE IDENTIFICADAS

FUENTE IDENTIFICADA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		OBSERVACIONES
	ESTE	NORTE	
Finca Chorro	4783348	2741094	Cocina gas propano y leña
Finca NN	4782977	2741279	Cocina gas propano
Hacienda Toledo	4783115	2741442	Cocina gas propano
Corregimiento Isabel López	4781095	2738513	Cocinas gas natural
Sabanalarga parte norte	4788750	2734691	Cocinas gas natural
Casa 1	4788914	2735167	Cocina gas propano y leña
Casa 2	4788906	2735197	Cocina gas propano y leña
Casa 3	4788879	2735243	Cocina gas propano y leña
Vivienda en general	4788867	2735262	Cocina gas propano y leña
Finca Oasis	4789036	2735147	Cocina gas propano
Finca Tierra Santa	4788122	2735282	Cocina leña
Finca San Jerónimo	4788200	2735270	Cocina gas propano
Balneario	4788206	2735320	Cocina gas propano
Finca Bajo Cuna	4788063	2735597	Cocina leña
Vía veredal El Palomito	4788170	2735275	Vía en cercanías a la Estación 3
Vía Sabanalarga - Isiacurí	4789020	2735148	Vía en cercanías a la Estación 1 y 2

Fuente: Trabajo de campo, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-61 FUENTES DE EMISIÓN IDENTIFICADAS



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.9.2 Receptores identificados en el área de estudio

Para efectos de calidad de aire se consideran receptores a los seres humanos que pueden verse afectados por las sustancias contaminantes que son emitidas a la atmósfera por una actividad. En el área cercana al Proyecto de Modificación de Licencia Ambiental Parque Fotovoltaico Atlántico 199.5 MW se identificaron los siguientes receptores:

TABLA 5.1-119 PRINCIPALES RECEPTORES IDENTIFICADAS DURANTE EL MONITOREO

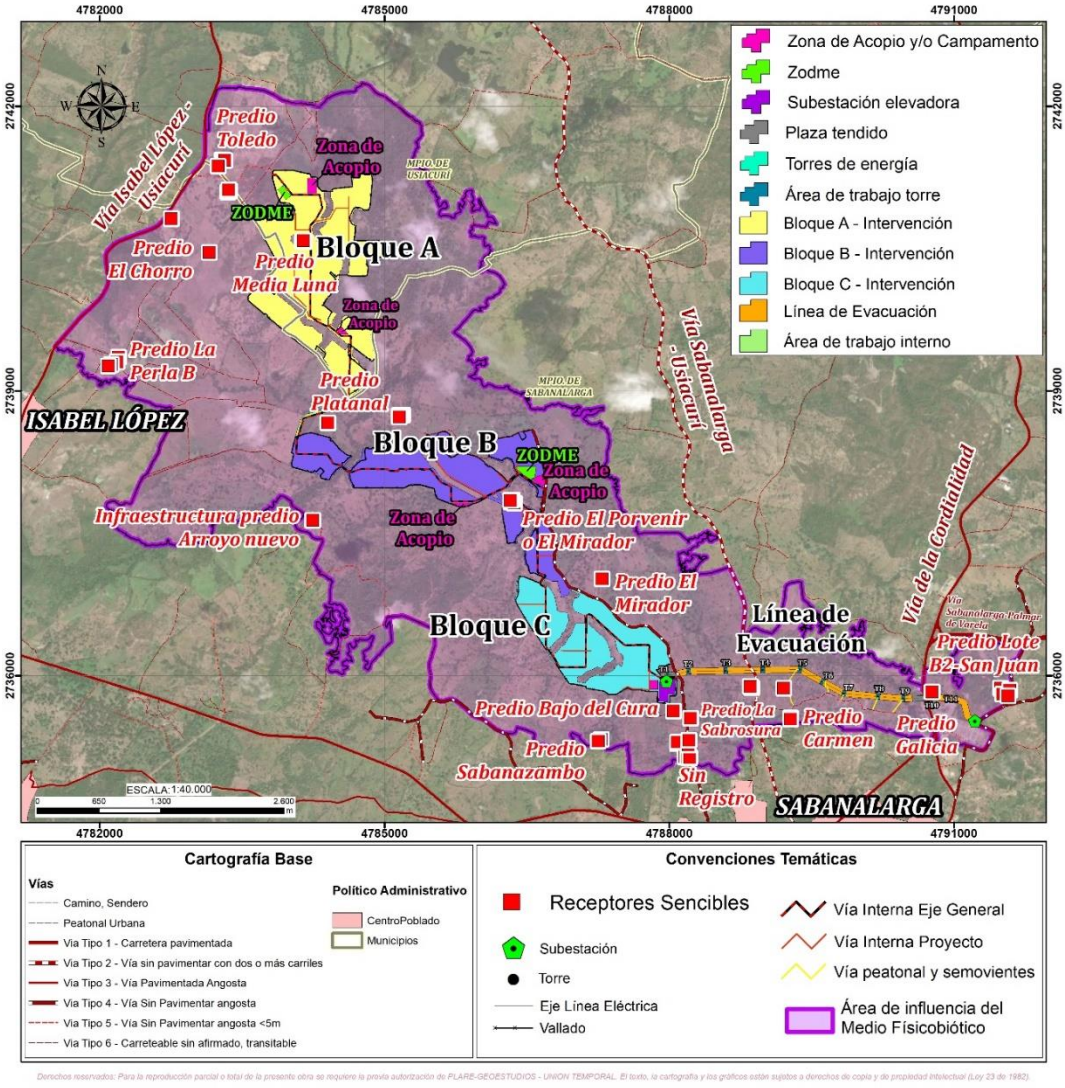
No	NOMBRE	OBSERV	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
1	Infraestructura predio Arroyo nuevo	Infraestructura predio Arroyo nuevo	4784242,35	2737640,137
2	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788044,042	2735629,266

No	NOMBRE	OBSERV	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
3	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788083,267	2735285,622
4	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788119,251	2735287,738
5	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788087,262	2735303,769
6	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788166,864	2735145,418
7	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788191,417	2735140,973
8	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788215,759	2735136,316
9	Predio Carmen (María Fernanda)	Infraestructura Predio Carmen (María Fernanda)	4789205,041	2735869,285
10	Predio Carmen (María Fernanda)	Infraestructura Predio Carmen (María Fernanda)	4789278,834	2735557,169
11	Predio Carmen (María Fernanda)	Infraestructura Predio Carmen (María Fernanda)	4789278,682	2735542,807
12	Predio El Chorro	Infraestructura Predio El Chorro	4783348,689	2741099,024
13	Predio El Chorro	Infraestructura Predio El Chorro	4783370,488	2741109,202
14	Predio El Chorro	Infraestructura Predio El Chorro	4783356,73	2741122,538
15	Predio El Chorro	Infraestructura Predio El Chorro	4783153,162	2740461,984
16	Predio El Chorro	Infraestructura Predio El Chorro	4782752,491	2740814,873
17	Predio El Mirador	Infraestructura Predio El Mirador	4788868,802	2735873,626
18	Predio El Mirador	Infraestructura Predio El Mirador	4788853,647	2735886,377
19	Predio El Mirador	Infraestructura Predio El Mirador	4787292,49	2737022,907
20	Predio El Porvenir o El Mirador	Infraestructura Predio El Porvenir o El Mirador	4786335,084	2737831,68
21	Predio El Porvenir o El Mirador	Infraestructura Predio El Porvenir o El Mirador	4786364,47	2737820,347
22	Predio El Porvenir o El Mirador	Infraestructura Predio El Porvenir o El Mirador	4786343,938	2737855,695
23	Predio El Porvenir o El Mirador	Infraestructura Predio El Porvenir o El Mirador	4786326,434	2737849,738
24	Predio Galicia	Infraestructura Predio Galicia	4790765,83	2735829,8
25	Predio La Perla B	Infraestructura Predio La Perla B	4782198,194	2739358,487
26	Predio La Perla B	Infraestructura Predio La Perla B	4782182,981	2739309,539
27	Predio La Perla B	Infraestructura Predio La Perla B	4782120,142	2739283,742
28	Predio La Perla B	Infraestructura Predio La Perla B	4782092,027	2739265,908
29	Predio La Sabrosura	Infraestructura Predio La Sabrosura	4788223,677	2735551,325
30	Predio Lote B2-San Juan	Infraestructura Predio Lote B2-San Juan	4791512,33	2735832,977
31	Predio Lote B2-San Juan	Infraestructura Predio Lote B2-San Juan	4791491,049	2735867,825
32	Predio Lote B2-San Juan	Infraestructura Predio Lote B2-San Juan	4791512,428	2735807,837
33	Predio Lote B2-San Juan	Infraestructura Predio Lote B2-San Juan	4791585,44	2735848,186
34	Predio Lote B2-San Juan	Infraestructura Predio Lote B2-San Juan	4791568,242	2735791,632
35	Predio Media Luna	Infraestructura Predio Media Luna	4784152,677	2740574,944
36	Predio Media Luna	Infraestructura Predio Media Luna	4784131,885	2740577,433
37	Predio Media Luna	Infraestructura Predio Media Luna	4784145,263	2740588,163
38	Predio Platanal	Infraestructura Predio Platanal	4784402,511	2738663,812
39	Predio Platanal	Infraestructura Predio Platanal	4785189,529	2738749,562
40	Predio Platanal	Infraestructura Predio Platanal	4785175,36	2738750,436
41	Predio Platanal	Infraestructura Predio Platanal	4785154,423	2738746,823
42	Predio Platanal	Infraestructura Predio Platanal	4785154,264	2738729,201

No	NOMBRE	OBSERV	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
43	Predio Sabanazambo	Infraestructura Predio Sabanazambo	4787282,013	2735329,826
44	Predio Sabanazambo	Infraestructura Predio Sabanazambo	4787250,739	2735310,776
45	Predio Toledo	Infraestructura Predio Toledo	4783287,58	2741440,671
46	Predio Toledo	Infraestructura Predio Toledo	4783301,973	2741434,532
47	Predio Toledo	Infraestructura Predio Toledo	4783318,06	2741431,146
48	Predio Toledo	Infraestructura Predio Toledo	4783248,06	2741369,639
49	Sin Registro	En visita a campo lo identifica la comunidad como Finca Tierra Santa	4788200	2735270
50	Sin Registro	En visita a campo lo identifica la comunidad como Finca Tierra Santa	4788206	2735320

Fuente: Trabajo de campo, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-62 RECEPTORES SENSIBLES IDENTIFICADOS



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNIÓN TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.9.3 Información meteorológica

En la campaña 2019 los datos fueron reportados por la estación meteorológica Marca Davis Vantage PRO 2 propiedad de la empresa Control de Contaminación Ltda., la cual fue ubicada en el área de influencia del proyecto, ubicado en jurisdicción de los municipios de Sabanalarga y Usiacurí, en el departamento del Atlántico durante el periodo de monitoreo. Ver **Tabla 5.1-120**).

TABLA 5.1-120 CONDICIONES METEOROLÓGICAS REGISTRADAS DURANTE EL PERIODO MONITOREADO CAMPAÑA 2019

Fecha 2019	Temperatura Media °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Humedad %	Presión Atmosférica mmHg	Precipitación mm	Velocidad del viento m/s	Dirección del Viento
2019-11-09	26,4	26,9	26,0	90,3	751,0	0,0	1,8	NNW
2019-11-10	27,4	27,7	26,9	90,8	751,8	0,0	1,9	WNW
2019-11-11	27,5	27,8	26,9	90,7	752,1	0,0	2,1	NNW
2019-11-12	27,4	27,6	26,6	89,3	751,0	0,0	1,8	WNW
2019-11-13	26,4	26,8	25,7	92,0	752,2	0,0	1,9	WNW
2019-11-14	26,7	27,1	26,2	93,5	753,2	0,0	2,0	SE
2019-11-15	27,1	27,8	26,5	89,5	753,8	0,0	1,9	NW
2019-11-16	26,3	26,7	25,9	88,6	753,8	0,0	2,3	NNW
2019-11-17	26,4	27,0	26,0	88,7	754,8	0,0	1,9	NNE
2019-11-18	26,7	27,1	26,2	86,9	754,6	0,0	1,9	NNW
2019-11-19	26,8	27,3	26,4	86,0	755,2	0,0	2,1	N
2019-11-20	27,0	27,5	26,6	85,8	755,2	0,0	1,9	N
2019-11-21	27,2	27,7	26,4	85,1	753,8	0,0	2,4	N
2019-11-22	27,0	27,6	26,2	87,1	752,7	0,0	2,7	N
2019-11-23	27,6	28,2	27,2	88,1	753,8	0,0	2,9	NNW
2019-11-24	27,3	27,8	26,9	91,0	753,9	0,0	2,8	SSE
2019-11-25	27,6	28,2	27,2	90,3	754,1	0,0	2,4	WNW
2019-11-26	28,4	28,8	27,9	91,6	753,8	0,0	2,8	NNW
2019-11-27	28,0	28,7	27,6	90,6	753,2	0,0	2,9	SE
2019-11-28	28,8	29,3	28,5	89,1	752,9	0,0	3,3	NNE

Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

En la **Tabla 5.1-121** se presenta la información de la estación utilizada para el análisis del comportamiento meteorológico en la zona de estudio durante la realización del monitoreo de la campaña 2023.

TABLA 5.1-121 INFORMACIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA EMPLEADA PARA CAMPAÑA 2023

Modelo	Vantage Pro 2		
Sensor	RANGO	PRECISIÓN	RESOLUCIÓN
Sensor Temperatura	-40ºC - 65ºC	± 0,5 ºC	0,1 ºC
Sensor Precipitación	0 – 6553 mm	± 4%	0,2 mm
Sensor Velocidad Dirección Viento	1 – 80 m/s 0° - 360°	± 5% 3°	0,1 m/s 1°
Sensor de Humedad Relativa	1% - 100%	± 5%	0,01
Sensor de Presión Barométrica	410 – 820 mmHg	0,8 mmHg	0,1 mmHg

Fuente: Manual de Operación estación Davis Instrument.

En la **Tabla 5.1-122,** se presentan los datos con una escala de color de rojo a verde que representa la variación de cada parámetro de la campaña de monitoreo 2023, señalando en verde los menores valores y en rojo los mayores valores. De acuerdo con esto se evidencia que los valores de precipitación y temperatura presentaron un comportamiento opuesto. Se observa también que la humedad obtuvo un comportamiento opuesto a la temperatura y similar a la precipitación, puesto que el contenido de humedad en la atmósfera se relaciona directamente con la precipitación. La presión barométrica presentó ligeras variaciones diarias, manteniéndose en un valor similar durante los días del monitoreo.

TABLA 5.1-122 RESUMEN INFORMACIÓN METEOROLÓGICA CAMPAÑA DE MONITOREO 2023

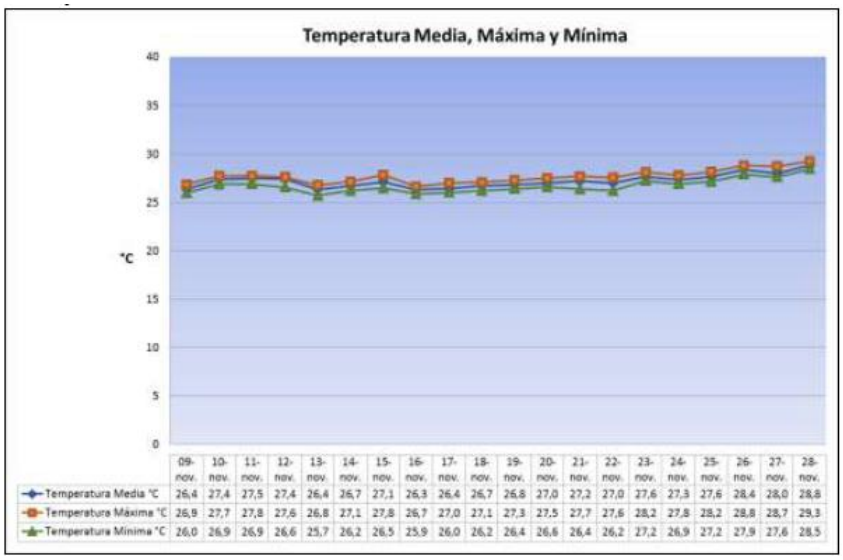
Día	Fecha	Temperatura Ambiente °C	Humedad Relativa %	Velocidad del Viento m/s	Precipitacion mm	Presion Barometrica mmHg
1	2023-06-26	26,1	82,4	1,3	7,2	752,5
2	2023-06-27	26,2	84,6	1,5	9,6	753,0
3	2023-06-28	27,8	82,2	1,1	4,3	752,9
4	2023-06-29	27,9	84,1	1,0	0,0	753,6
5	2023-06-30	27,6	83,3	1,5	0,0	753,6
6	2023-07-01	26,6	89,8	1,7	0,0	752,3
7	2023-07-02	28,7	82,2	1,9	2,2	750,5
8	2023-07-03	28,2	87,3	2,0	3,1	750,1
9	2023-07-04	26,5	93,8	1,9	2,5	750,7
10	2023-07-05	27,0	91,3	1,2	8,7	751,8
11	2023-07-06	27,3	91,1	1,4	11,0	751,7
12	2023-07-07	29,4	81,1	1,5	6,1	751,3
13	2023-07-08	26,8	89,4	1,3	0,0	751,8
14	2023-07-09	26,3	92,4	1,8	4,9	752,4
15	2023-07-10	28,7	81,9	1,6	10,3	751,5
16	2023-07-11	29,0	82,7	1,7	0,0	751,3
17	2023-07-12	27,8	88,0	1,6	0,0	751,4
18	2023-07-13	25,9	92,2	2,2	0,0	751,6

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

- **Temperatura**

A continuación, en la **Figura 5.1-63** se presenta la temperatura registrada durante el periodo monitoreado para la campaña 2019.

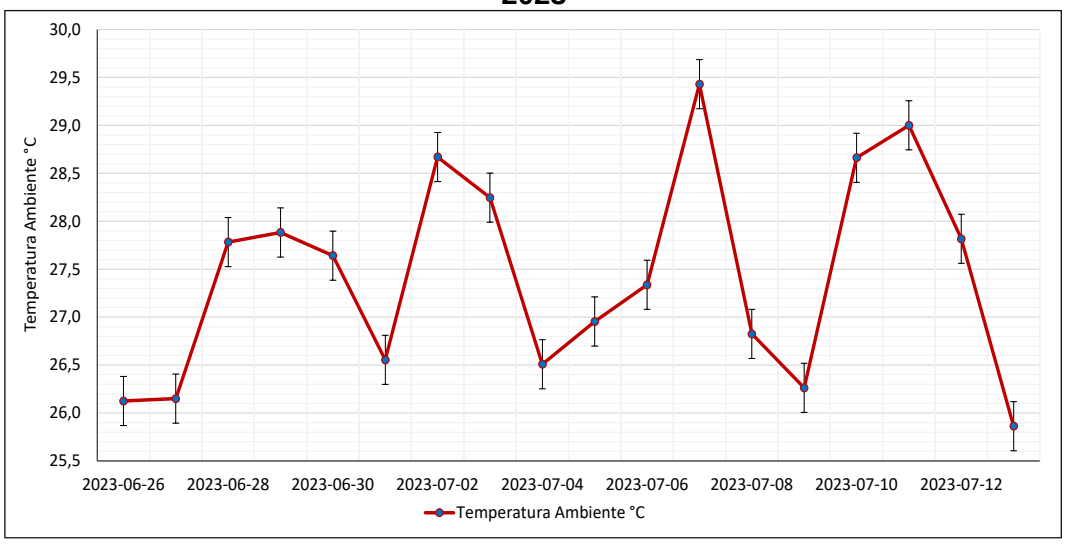
FIGURA 5.1-63 TEMPERATURA REGISTRADA DURANTE EL PERIODO MONITOREADO CAMPAÑA 2019



Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

De acuerdo con la información presentada en la **Figura 5.1-64,** para la campaña 2023 se evidencia que la temperatura durante el monitoreo osciló entre 25,9°C y 29,4°C. La menor temperatura se presentó el día 13 de julio y la mayor temperatura se presentó el día 07 de julio de 2023. En general se evidenció un comportamiento variable sin observar datos atípicos.

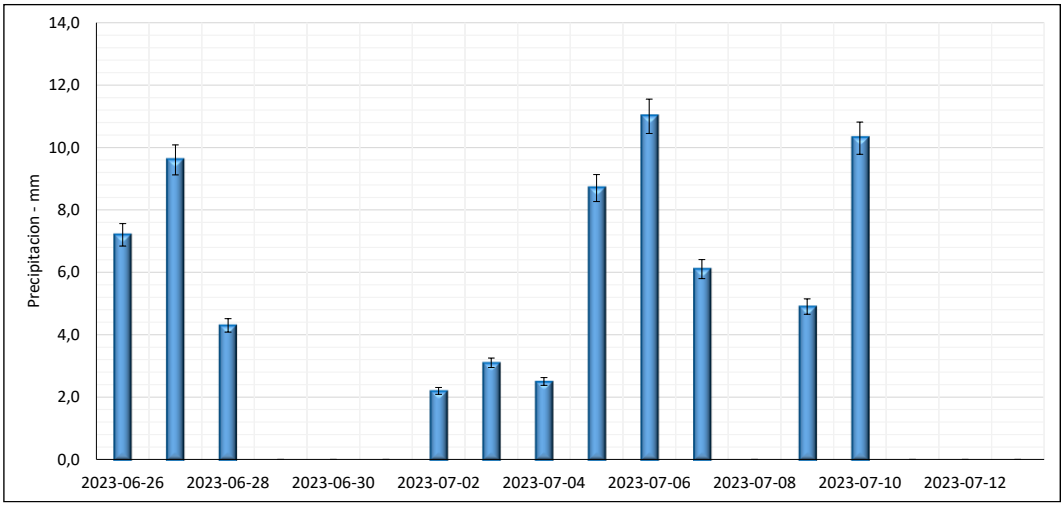
FIGURA 5.1-64 TEMPERATURA REGISTRADA DURANTE EL PERIODO MONITOREADO CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

- **Precipitación**

FIGURA 5.1-65 PRECIPITACIÓN DIARIA REGISTRADA DURANTE EL PERIODO MONITOREADO CAMPAÑA 2023



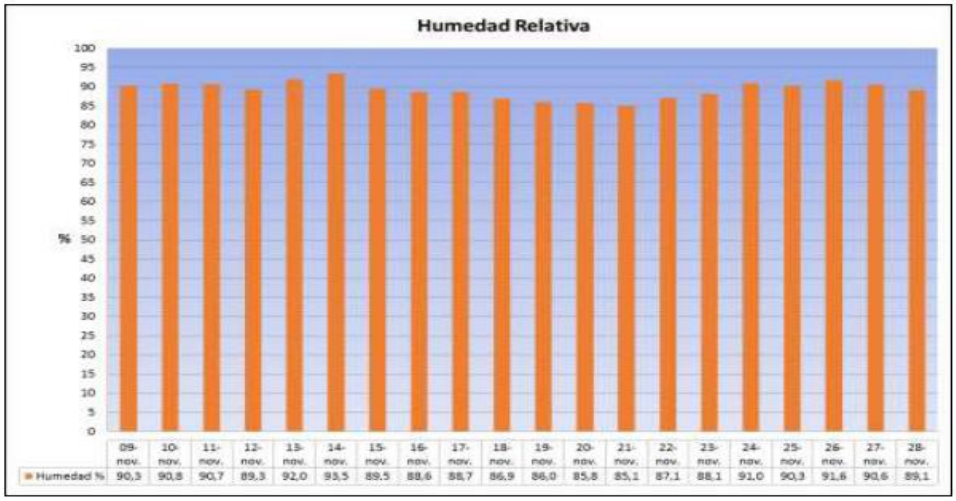
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Durante el monitoreo se presentaron precipitaciones entre 2,2 mm y 11,0 mm, presentándose el menor valor el día 02 de julio y la mayor precipitación el día 06 de julio de 2023, además ausencia de precipitación los días 29 y 30 de junio, así como el 01, 11, 12 y 13 de julio.

- **Humedad Relativa**

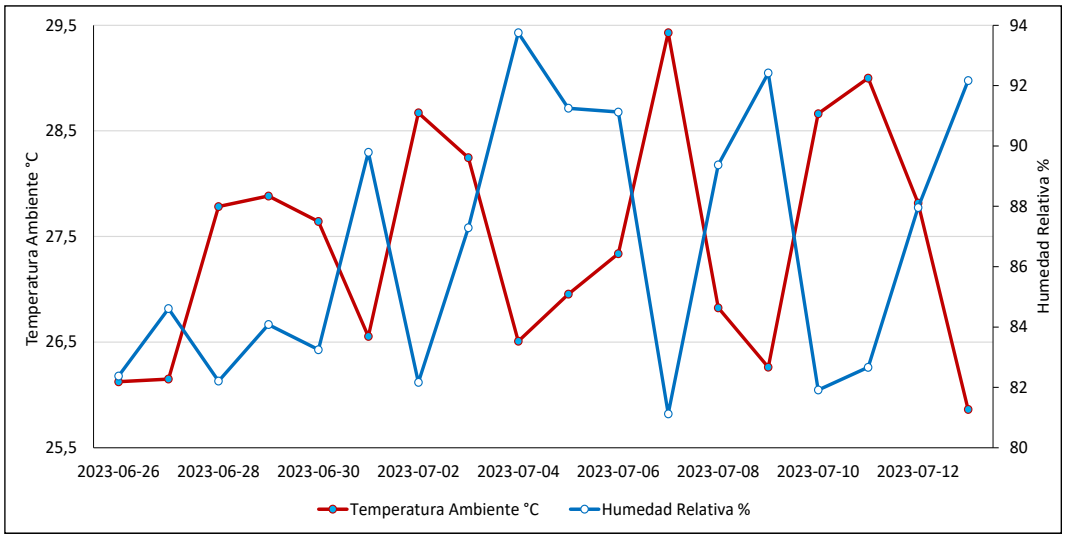
A continuación, en la **Figura 5.1-66** se presenta la humedad registrada durante el periodo monitoreado campaña 2019.

FIGURA 5.1-66 HUMEDAD REGISTRADA DURANTE EL PERIODO MONITOREADO CAMPAÑA 2019



Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

FIGURA 5.1-67 HUMEDAD RELATIVA REGISTRADA DURANTE EL PERIODO MONITOREADO CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Los valores de humedad relativa durante el monitoreo realizado en el año 2023, oscilaron entre 81,1% y 93,8%, presentándose el mínimo valor el día 07 de julio y el máximo valor el día 04 de julio de 2023. Se evidencia una relación opuesta entre la humedad y la temperatura, puesto que cuando incrementa la humedad la temperatura disminuye, como se observa en la **Figura 5.1-67**.

- **Velocidad del Viento y rosa de los vientos**

A continuación, en la **Figura 5.1-68** se presenta la velocidad del viento registrada durante el periodo monitoreado para la campaña 2019.

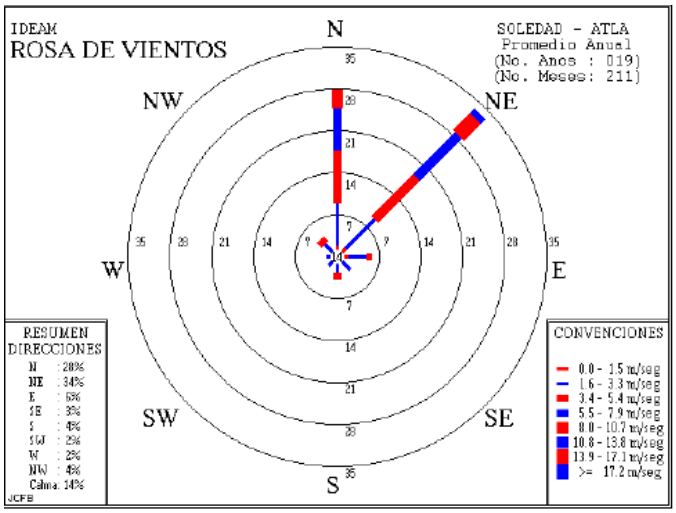
FIGURA 5.1-68 VELOCIDAD DEL VIENTO CAMPAÑA MONITOREO 2019



Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

A continuación, en la **Figura 5.1-69** se presenta la rosa de vientos histórica de la zona del estudio para la campaña 2019.

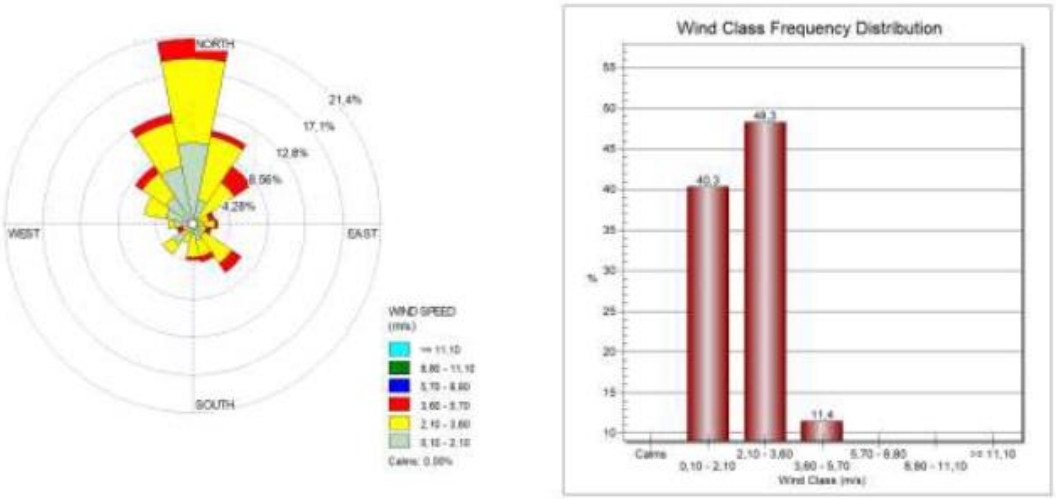
FIGURA 5.1-69 ROSA DE VIENTOS HISTÓRICA DE LA ZONA DEL ESTUDIO CAMPAÑA MONITOREO 2019



Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

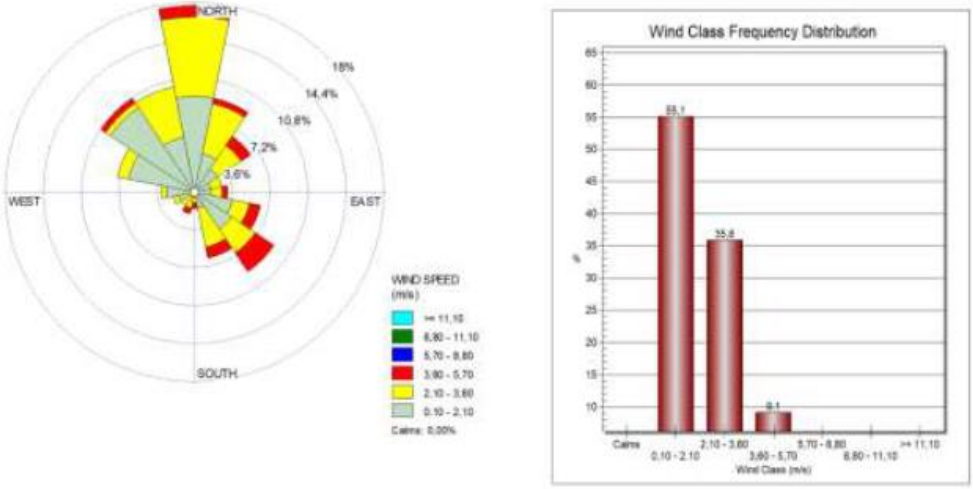
Según la rosa de los vientos histórica del municipio de Soledad, tomada de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz, la mayor parte del año se presentan flujos predominantes en dirección Noreste (34%) con velocidades que oscilan entre 0,0 m/s y 17,1 m/s y al Norte (28%) con velocidades que oscilan entre 0,0 m/s y 17,1 m/s. De igual forma, se observan flujos con dirección variable y frecuencias menores al 6%. El periodo de calma es del 14%.

FIGURA 5.1-70 ROSA DE VIENTOS DEL PERIODO MONITOREADO – JORNADA DIURNA CAMPAÑA MONITOREO 2019



Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

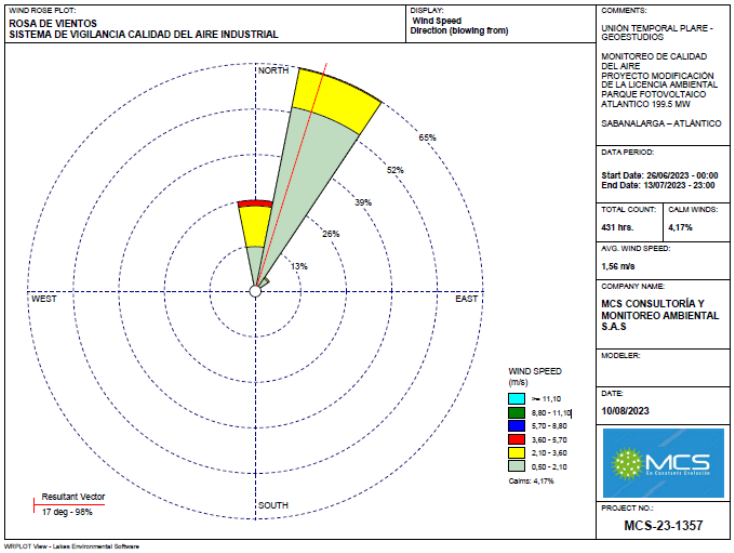
FIGURA 5.1-71 ROSA DE VIENTOS DEL PERIODO MONITOREADO – JORNADA NOCTURNA CAMPAÑA MONITOREO 2019



Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

Según la rosa de vientos elaborada con la información recolectada por la estación meteorológica ubicada en el área de influencia del proyecto, durante el periodo de monitoreo diurno, la **Figura 5.1-70** demuestra que la mayor predominancia de los vientos fue del norte (N) con un 21.4% aproximadamente y una velocidad entre 0.10 m/s a 5.70 m/s; adicionalmente, se presentaron vientos variables con frecuencias menores al 13%. El periodo de calma fue del 0.0%. En el periodo nocturno, la **Figura 5.1-71** indica que al igual que la jornada diurna, los vientos fueron predominantes del norte (N) con un 18% aproximadamente y velocidades que no superaron los 5.70 m/s; asimismo, hubo incidencia de otras direcciones con frecuencias menores al 11%. El periodo de calma fue del 0.0%.

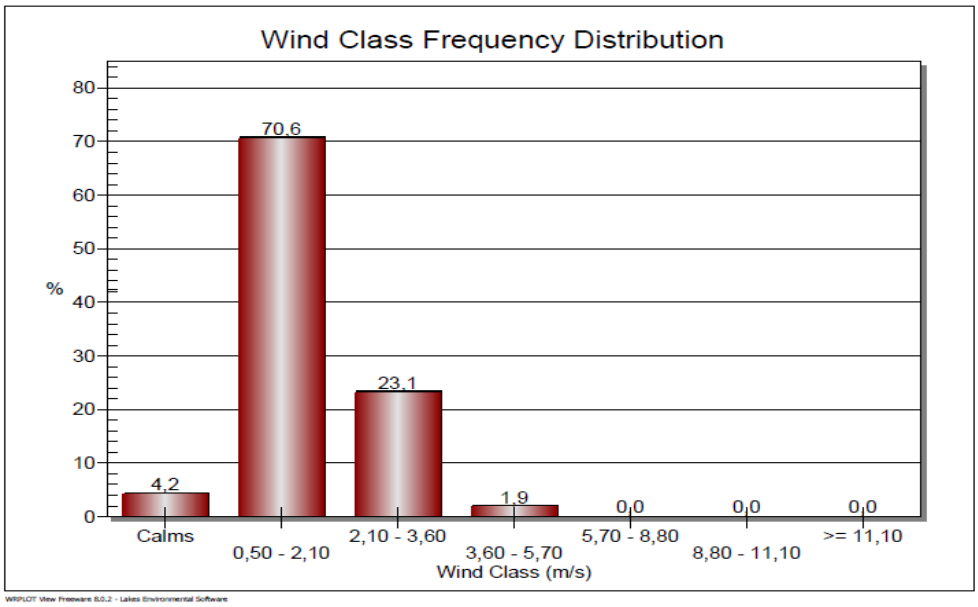
FIGURA 5.1-72 ROSA DE VIENTOS CAMPAÑA MONITOREO 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Para la campaña de monitoreo 2023, en la **Figura 5.1-72** se puede observar un comportamiento en el que predominan los vientos provenientes de la dirección nor-noreste (NNE) con el 64,81% de los vientos, seguidas por vientos en la dirección norte (N) con el 25,95% y vientos en la dirección noreste (NE) con el 4,86% de los datos; obteniendo así un vector resultante en la dirección nor-noreste (NNE) con el 98% de los datos y velocidades de hasta 5,70 m/s. Por otra parte, como se puede observar en la **Figura 5.1-73** la velocidad del viento presentó un comportamiento variable, registrándose el mayor valor promedio el día 13 de julio de 2023 (2,2 m/s) y el menor valor el día 29 de junio (1,0 m/s), con una velocidad promedio de 1,56 m/s.

FIGURA 5.1-73 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE VIENTO CAMPAÑA MONITOREO 2023



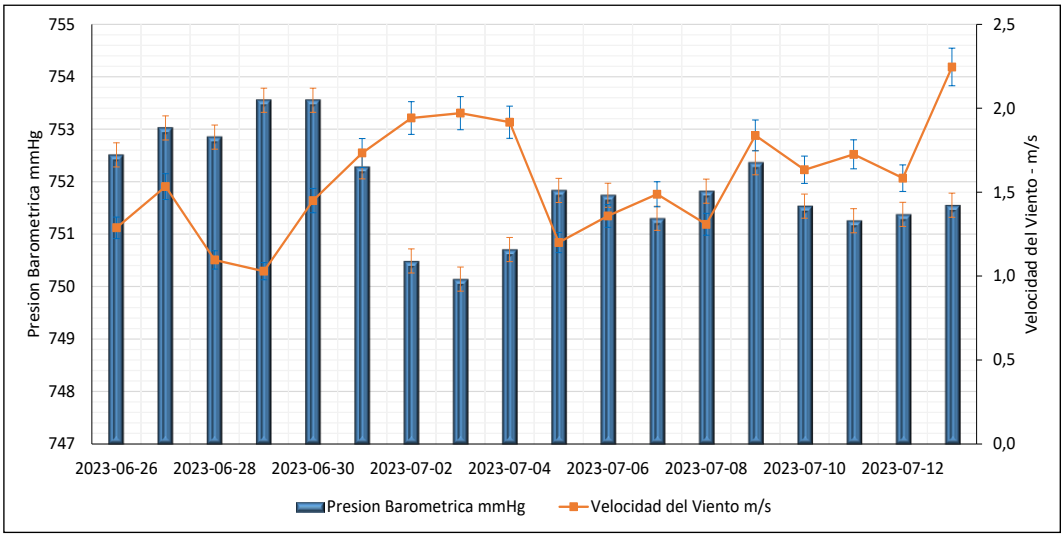
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

De acuerdo con la **Figura 5.1-73** el mayor porcentaje de datos (70,6%) presentó velocidades promedio horarias que oscilan entre 0,50 m/s y 2,10 m/s, seguido por el 23,1% de los datos con velocidades de 2,10 m/s a 3,60 m/s, además el 1,9% de las velocidades corresponde a vientos entre 3,60 m/s y 5,70 m/s y finalmente el 4,2% de los vientos permanecieron en calma.

- **Presión atmosférica**

Los valores de presión atmosférica oscilaron entre 750,1 mmHg y 753,6 mmHg durante el monitoreo del año 2023. El menor valor se presentó el día 03 de julio y el mayor valor los días 29 y 30 de junio de 2023. La presión presentó un comportamiento opuesto a la velocidad del viento, observándose que al incrementar la presión los valores de velocidad del viento disminuyeron.

FIGURA 5.1-74 VALORES DIARIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA CAMPAÑA MONITOREO 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

5.1.9.4 Monitoreo calidad del aire

Para el desarrollo de este numeral se referencian los resultados de los monitoreos de calidad del aire de 2 campañas realizadas como se describe a continuación, y cuyos informes se encuentran en el **Anexo_3.9_ Calidad de aire y ruido**:

- Campaña de monitoreo realizada en noviembre de 2019 de en 3 puntos de muestreo, cuyos resultados fueron incluidos en el EIA. Estos monitoreos fueron realizados por la empresa Control de Contaminación Ltda. La toma de muestra de SO_2 y los análisis de PM2.5 y NO_2 que no se encuentran incluidos en el alcance en la resolución de acreditación de Control de Contaminación Ltda., se realizaron con los siguientes laboratorios (ver **Tabla 5.1-123**).

TABLA 5.1-123 ANÁLISIS EN LABORATORIOS EXTERNOS

Análisis/Toma de Muestra	Laboratorio	Resolución
Análisis - Filtros PM2.5, Low-Vol.	CONHINTEC S.A.S.	Resolución de extensión No. 0019 del 10 de enero de 2017
Toma de Muestra – NO_2	ECOQUIMSA S.A.S.	Resolución 2333 del 04 de octubre de 2017. Art. 1, ítem 6 "Toma de muestras para determinación de Dióxido de Nitrógeno (NO_2).
Análisis de Muestra – NO_2	QUIMICONTROL LTDA	Resolución No. 0226 del 06 de marzo de 2019. Art. 1, ítem 4 "Análisis de laboratorio
		para la determinación de Dióxido de Nitrógeno (NO_2).
Toma de Muestra – SO_2	ECOQUIMSA S.A.S.	Resolución 2333 del 04 de octubre de 2017. Art. 1, ítem 5 "Toma de muestras para determinación de Dióxido de Azufre (SO_2).

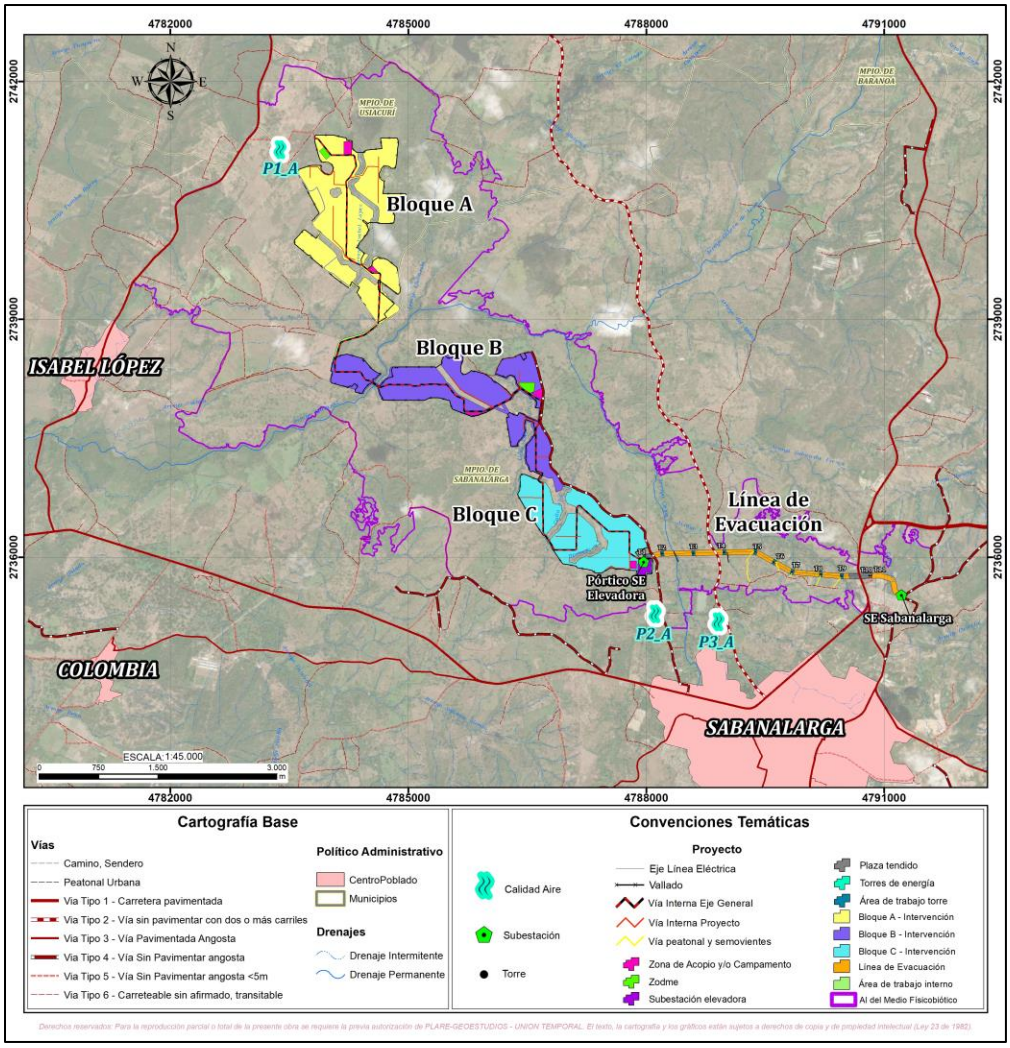
Fuente: "Atlàntiic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019.

- Campaña de monitoreo realizada en del 26 de junio al 13 de julio de 2023 en 3 puntos de muestreo, y cuyos resultados se presentan en esta modificación del EIA. Este monitoreo fue realizado por MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S.

5.1.9.4.1 Localización de los sitios de muestreo

Para realizar dicho monitoreo, se ubicaron los equipos muestreadores teniendo en cuenta la rosa de los vientos de la zona y la dirección de los mismos durante diecinueve (19) días continuos, tomando dieciocho (18) muestras por punto de los cuales se localizaron 3 puntos de monitoreo y una estación meteorológica distribuidos estratégicamente en el área de influencia del proyecto, midiendo los parámetros PM10, PM2.5, NO2, SO2 y CO en los puntos 1 y 3, Monóxido de Carbono (CO) en el punto 2 y en la estación meteorológica se evaluó temperatura, humedad, precipitación, presión, dirección y velocidad del viento (ver **Figura 5.1-75** y **Tabla 5.1-124**).

FIGURA 5.1-75 LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO CALIDAD DE AIRE



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023.

TABLA 5.1-124 PUNTOS MONITOREADOS Y HOMOLOGACIÓN CAMPAÑA 2019 Y CAMPAÑA 2023

ID Y NOMBRE PUNTO CAMPAÑA 2019	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		ID Y NOMBRE PUNTO CAMPAÑA 2023	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		PARÁMETROS EVALUADOS
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE	
P1_A. Finca El Chorro	4783383,14	2741141,56	E1 Finca El Chorro	4783287	2741009	PM10, PM2.5, NO2, SO2, CO
P2_A. Finca Tierra Santa	4788111,18	2735287,56	E2 Finca Tierra Santa	4788111	2735287	PM10, PM2.5, NO2, SO2, CO
P3_A. Solar Fondo Vivienda Manzana 2	4788906,66	2735184,6	E3 Solar Fondo de Vivienda	4788906	2735185	

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023.

5.1.9.4.2 Normatividad vigente

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), según Resolución número 2254 del 01 de noviembre de 2017 en el Capítulo I, articulo 2, establece los niveles máximos Permisibles para contaminantes criterios (ver **Tabla 5.1-125**) y los procedimientos, frecuencias y metodologías para las mediciones de calidad del aire establecidas en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y ajustado por la Resolución 2154 de noviembre de 2010.

TABLA 5.1-125 NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES CRITERIOS

Contaminante	Nivel Máximo Permisible ($\mu g/m^3$)	Tiempo de Exposición
PM10	50	Anual
	100	24 horas
PM2.5	25	Anual
	50	24 horas
SO_2	50	24 horas
	100	1 hora
NO_2	60	Anual
	200	1 hora
CO	35.000	1 hora

Nota: A partir del 1 de julio de 2018, los niveles máximos permisible de PM10 y PM2.5 para tiempos de exposición 24 horas serán de 75 µg/m3 y 37 µg/m3 respectivamente.

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019 y MCS, 2023

5.1.9.4.3 Mediciones de calidad de aire

Las mediciones realizadas para el monitoreo de calidad de aire, se desarrollaron con base en los criterios del Ministerio de Ambiente y en particular al Decreto 948 de 1995 y las Resoluciones del MAVDT, actual MADS, número 2254 del 01 de noviembre de 2017 y 650 del 29 de marzo del 2010.

El área del proyecto se encuentra ubicada en el departamento de Atlántico, en jurisdicción del municipio de Sabanalarga y con el fin de dar cubrimiento al área de influencia se definieron 3 puntos de monitoreo dispuestos según los criterios mencionados en la **Tabla 5.1-126**. Adicionalmente en la **Tabla 5.1-127**, se presenta la lista de chequeo para cada una de las estaciones verificando el cumplimiento de los criterios de macro y micro localización.

TABLA 5.1-126 RESUMEN DE LOS CRITERIOS DE MICRO LOCALIZACIÓN

CRITERIO	ÍTEM	OBSERVACIÓN
Técnico	Condiciones de seguridad	Se debe velar por la seguridad de los equipos de monitoreo, para dar continuidad y garantía a la medición.
	Exposición de los toma-muestras y sensores	Los muestreadores y sensores se ubicarán teniendo en cuenta la dirección del viento y la ubicación de las fuentes estudiadas, debido a que el viento debe dirigir los contaminantes al muestreador dando representatividad a la medición.
Técnico	Condiciones de logística	Los puntos de monitoreo deben poseer fluido eléctrico regulado y suficiente además de poder acceder fácilmente a ellas, para asegurar el mantenimiento, limpieza y operación de los equipos.
Físicos	Cobertura	Se deberá abarcar la mayor área de estudio posible con el fin de realizar un muestreo representativo.
Sociales	Fuentes receptoras	Se localizarán las respectivas estaciones de monitoreo teniendo en cuenta la ubicación de caseríos, cascos urbanos y demás centros poblados.

Fuente: Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. MAVDT. 2010.

TABLA 5.1-127 CHECK LIST. MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE

ÍTEM EVALUADO	ESTACIONES			OBSERVACIÓN
	1	2	3	
Macro localización				
Verificar dirección predominante del viento en la zona de estudio	C	C	C	Se realiza rosa de vientos con información de años anteriores verificando la predominancia del viento
MICRO LOCALIZACIÓN				
Altura de la toma de muestra sobre el piso: 2m a 15 m, para PM_{10} y $PM_{2.5}$, para los demás parámetros de 3m a 15m.	C	C	C	El analizador se ubica a 4 metros
Deberá tener un flujo de aire sin restricciones 270º alrededor de la toma de muestra y/o un ángulo de 120º libre por encima del equipo.	C	C	C	El analizador presenta 360° libre de Restricciones para la entrada del aire muestreado
No podrá haber flujos de hornos o de incineración cercanos. Se recomienda 20m de distancia del sitio de muestreo.	C	C	C	La estación está a campo abierto con lo cual no se presentan en las fuentes fijas en las inmediaciones que puedan inferir en el resultado
La distancia a las carreteras /caminos deberá ser de mínimo de 10 metros del borde de la línea de tráfico más cercana	C	C	C	La estación se ubica a una distancia lineal de la vía de más de 50 metros
La ubicación de estas dependerá de la rosa de vientos, vientos en dirección a los sitios escogidos.	C	C	C	Se tomó como referencia la rosa de vientos con la meteorología de la zona.

C: Cumple

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023

Como se evidencia en la tabla anterior, se realiza la verificación en campo, donde se muestra que las estaciones de monitoreo están a más de 10 metros de distancia de obstáculos como árboles; en caso de encontrarse viviendas cercanas, la distancia de la

estación a dichas viviendas debe ser el doble de la altura de la misma, es decir que si la vivienda tiene 4 m de altura la distancia a la estación deberá ser de 8 m, para esto se empleó un registro fotográfico que se presenta en la siguiente tabla.

TABLA 5.1-128 REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MONITOREO

PUNTO DE MONITOREO	PRIMERA CAMPAÑA MONITOREO NOVIEMBRE 2019	SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO JUNIO A JULIO 2023
E1 Finca El Chorro		
E2 Finca Tierra Santa		
E3 Solar Fondo de Vivienda		

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019 y MCS, 2023.

5.1.9.4.4 Resultados obtenidos

➢ **Material Particulado PM10**

Los resultados obtenidos de material particulado menor a 10 micras (PM10) a condiciones de referencia (25°C y 760 mmHg) se puede observar en la **Tabla 5.1-129** para la campaña de monitoreo del año 2019 entre el 10 al 28 de noviembre, y en la **Tabla 5.1-130** para la campaña del año 2023 entre el 26 de junio al 13 de julio, la cual incluye además el valor máximo y mínimo obtenido y el promedio aritmético de todos los resultados para su posterior interpretación con respecto a la norma de calidad del aire.

TABLA 5.1-129 RESULTADOS MATERIAL PARTICULADO PM10 CAMPAÑA 2019

FECHA	PUNTO 1. FINCA EL CHORRO			PUNTO 3. SOLAR FONDO DE VIVIENDA MANZANA 2		
	PM10	Norma 24 horas	Cumple	PM10	Norma 24 horas	Cumple
2019-11-10	-	-	-	34,62	75	SI
2019-11-11	42,83	75	SI	44,26	75	SI
2019-11-12	39,30	75	SI	42,61	75	SI
2019-11-13	43,06	75	SI	39,87	75	SI
2019-11-14	40,22	75	SI	39,96	75	SI
2019-11-15	39,62	75	SI	43,67	75	SI
2019-11-16	33,64	75	SI	35,24	75	SI
2019-11-17	38,58	75	SI	43,40	75	SI
2019-11-18	39,22	75	SI	40,00	75	SI
2019-11-19	32,92	75	SI	32,87	75	SI
2019-11-20	37,22	75	SI	41,07	75	SI
2019-11-21	39,81	75	SI	35,29	75	SI
2019-11-22	41,04	75	SI	34,26	75	SI
2019-11-23	35,72	75	SI	34,90	75	SI
2019-11-24	35,23	75	SI	36,86	75	SI
2019-11-25	38,66	75	SI	39,40	75	SI
2019-11-26	39,25	75	SI	42,22	75	SI
2019-11-27	33,50	75	SI	34,40	75	SI
2019-11-28	40,72	75	SI	-	-	-
Valor mínimo	39,92	-	-	32,87	-	-
Valor máximo	43,06	-	-	44,26	-	-

Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

TABLA 5.1-130 RESULTADOS MATERIAL PARTICULADO PM10, PM2.5 Y SO2 CAMPAÑA 2023

Estacion #1			FINCA EL CHORRO				
#	Código MCS	Hora de inicio	Fecha		Concentración µg/m3		
			Inicial	Final	PM_{10}	$PM_{2,5}$	SO_2
1	29205	6:20	2023-06-26	2023-06-27	10,66	3,63	< 18,92
2	29206	6:35	2023-06-27	2023-06-28	6,75	2,60	< 18,92
3	29207	6:45	2023-06-28	2023-06-29	10,39	4,03	< 18,92
4	29208	7:00	2023-06-29	2023-06-30	18,63	3,89	< 18,92
5	29209	7:05	2023-06-30	2023-07-01	16,34	5,55	< 18,92
6	29210	7:15	2023-07-01	2023-07-02	22,77	8,26	< 18,92
7	29211	7:15	2023-07-02	2023-07-03	11,70	2,44	< 18,92
8	29212	7:15	2023-07-03	2023-07-04	14,34	5,28	< 18,92
9	29213	7:15	2023-07-04	2023-07-05	11,01	2,30	< 18,92
10	30304	7:05	2023-07-05	2023-07-06	5,06	1,94	< 18,92
11	30305	7:10	2023-07-06	2023-07-07	6,15	1,74	< 18,92
12	30306	6:55	2023-07-07	2023-07-08	11,61	3,34	< 18,92
13	30307	6:45	2023-07-08	2023-07-09	16,17	6,17	< 18,92
14	30308	7:00	2023-07-09	2023-07-10	8,53	1,79	< 18,92
15	30309	7:20	2023-07-10	2023-07-11	9,67	2,90	< 18,92
16	30310	7:15	2023-07-11	2023-07-12	16,47	4,08	< 18,92
17	30311	7:05	2023-07-12	2023-07-13	13,63	2,70	< 18,92
18	30312	6:55	2023-07-13	2023-07-14	15,86	5,12	< 18,92
Dias de Monitoreo					18	18	18
Muestras Validas					18	18	18
% Datos Validos					100%	100%	100%
[] Max					22,77	8,26	18,92
[] Min					5,06	1,74	18,92
Numero de Excedencias / LD*					0	0	0
Media					12,54	3,76	18,92
Varianza					21,58	3,07	0,00
Desviacion Estándar					4,65	1,75	0,00
Desviación Estándar de la Media:					8,35	13,60	-
Coeficiente de Variacion					37,04%	46,58%	-
Intervalos de Confianza del 95%					10,23	2,89	-
					14,85	4,63	-
*Limite Diario						Muestra Invalida	

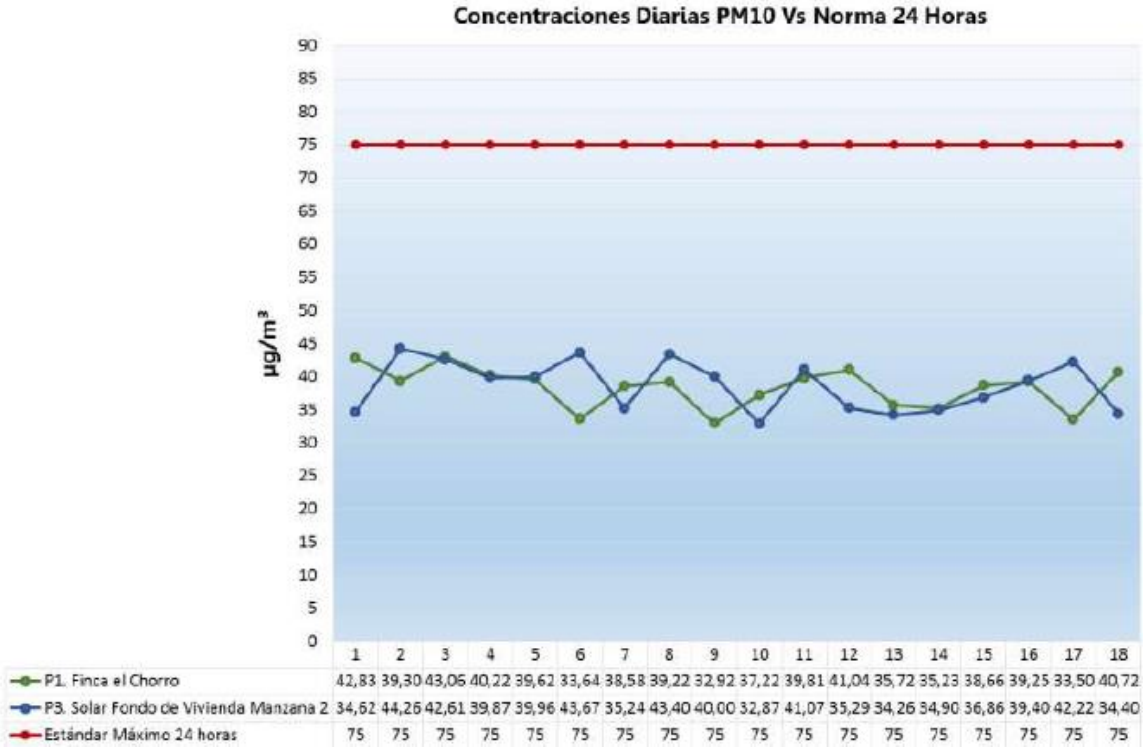
Estacion #2			FINCA TIERRA SANTA				
#	Código MCS	Hora de inicio	Fecha		Concentración µg/m3		
			Inicial	Final	PM_{10}	$PM_{2,5}$	SO_2
1	29217	9:05	2023-06-26	2023-06-27	10,22	3,41	< 18,92
2	29218	9:20	2023-06-27	2023-06-28	5,90	2,33	< 18,92
3	29219	9:15	2023-06-28	2023-06-29	11,64	4,20	< 18,92
4	29220	9:15	2023-06-29	2023-06-30	15,17	4,57	< 18,92
5	29221	9:10	2023-06-30	2023-07-01	28,39	5,69	< 18,92
6	29222	9:10	2023-07-01	2023-07-02	21,84	5,96	< 18,92
7	29223	9:15	2023-07-02	2023-07-03	15,56	4,27	< 18,92
8	29224	9:05	2023-07-03	2023-07-04	15,55	6,20	< 18,92
9	29225	9:15	2023-07-04	2023-07-05	17,91	4,30	< 18,92
10	30313	9:20	2023-07-05	2023-07-06	12,55	3,04	< 18,92
11	30314	9:15	2023-07-06	2023-07-07	11,12	3,24	< 18,92
12	30315	9:05	2023-07-07	2023-07-08	15,60	4,77	< 18,92
13	30316	9:15	2023-07-08	2023-07-09	26,73	8,04	< 18,92
14	30317	9:10	2023-07-09	2023-07-10	17,77	5,76	< 18,92
15	30318	8:15	2023-07-10	2023-07-11	13,99	3,62	< 18,92
16	30319	8:55	2023-07-11	2023-07-12	28,75	9,35	< 18,92
17	30320	8:45	2023-07-12	2023-07-13	22,29	4,70	< 18,92
18	30321	8:50	2023-07-13	2023-07-14	26,38	8,07	< 18,92

Dias de Monitoreo	18	18	18
Muestras Validas	18	18	18
% Datos Validos	100%	100%	100%
[] Max	28,75	9,35	18,92
[] Min	5,90	2,33	18,92
Numero de Excedencias / LD*	0	0	0
Media	17,63	5,08	18,92
Varianza	45,12	3,61	0,00
Desviacion Estándar	6,72	1,90	0,00
Desviación Estándar de la Media:	6,95	13,06	-
Coeficiente de Variacion	38,10%	37,39%	-
Intervalos de Confianza del 95%	14,29	4,14	-
	20,97	6,02	-
*Limite Diario		Muestra Invalida	

Estacion #3			SOLAR FONDO DE VIVIENDA				
#	Código MCS	Hora de inicio	Fecha		Concentración µg/m3		
			Inicial	Final	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2
1	29229	10:50	2023-06-26	2023-06-27	14,64	5,51	< 18,92
2	29230	10:45	2023-06-27	2023-06-28	17,05	5,03	< 18,92
3	29231	10:55	2023-06-28	2023-06-29	15,54	3,44	< 18,92
4	29232	10:55	2023-06-29	2023-06-30	23,56	6,59	< 18,92
5	29233	10:45	2023-06-30	2023-07-01	20,15	5,27	< 18,92
6	29234	10:50	2023-07-01	2023-07-02	25,57	9,04	< 18,92
7	29235	11:00	2023-07-02	2023-07-03	21,68	6,44	< 18,92
8	29236	11:00	2023-07-03	2023-07-04	21,62	4,72	20,14
9	29237	11:05	2023-07-04	2023-07-05	22,69	5,90	< 18,92
10	30322	11:15	2023-07-05	2023-07-06	14,77	4,29	< 18,92
11	30323	11:05	2023-07-06	2023-07-07	14,86	3,85	< 18,92
12	30324	11:00	2023-07-07	2023-07-08	18,54	7,32	< 18,92
13	30325	10:45	2023-07-08	2023-07-09	27,29	10,15	21,64
14	30326	10:55	2023-07-09	2023-07-10	16,76	5,76	< 18,92
15	30327	11:05	2023-07-10	2023-07-11	16,69	4,52	< 18,92
16	30328	10:55	2023-07-11	2023-07-12	24,37	7,07	< 18,92
17	30329	10:45	2023-07-12	2023-07-13	21,64	7,42	< 18,92
18	30330	10:55	2023-07-13	2023-07-14	18,47	4,72	< 18,92
Dias de Monitoreo					18	18	18
Muestras Validas					18	18	18
% Datos Validos					100%	100%	100%
[] Max					27,29	10,15	21,64
[] Min					14,64	3,44	18,92
Numero de Excedencias / LD*					0	0	0
Media					19,77	5,95	19,14
Varianza					15,72	3,13	0,47
Desviacion Estándar					3,97	1,77	0,69
Desviación Estándar de la Media:					9,04	13,53	-
Coeficiente de Variacion					20,06%	29,73%	-
Intervalos de Confianza del 95%					17,80	5,07	-
					21,74	6,83	-
*Limite Diario						Muestra Invalida	

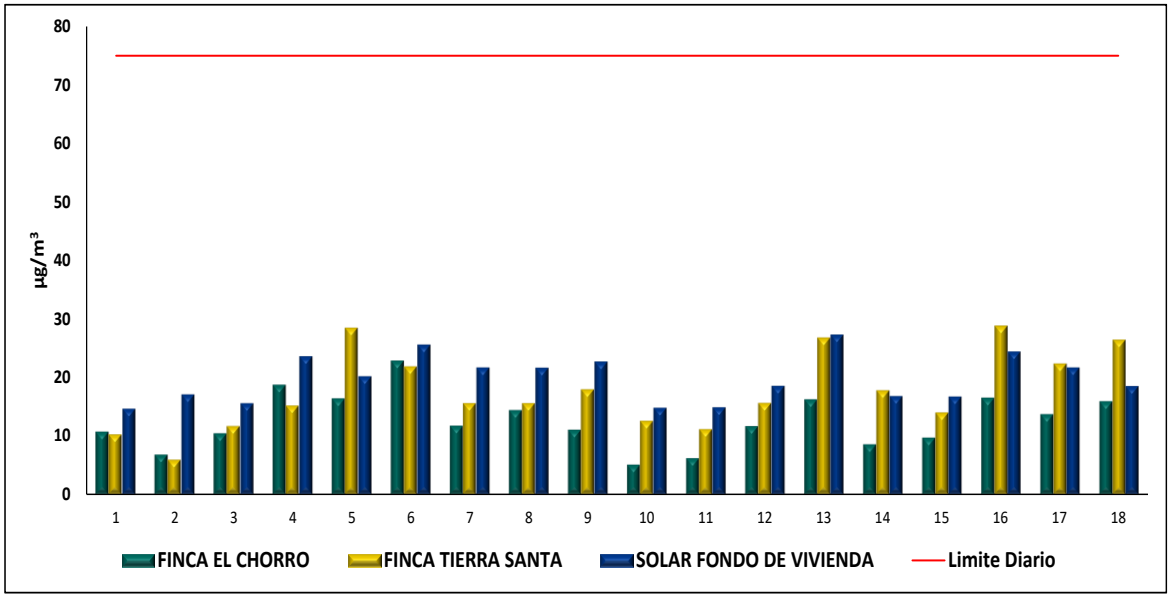
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-76 CONCENTRACIONES DIARIAS DE PM10 CAMPAÑA 2019



Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

FIGURA 5.1-77 CONCENTRACIONES DIARIAS DE PM10 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

En general, las mediciones de material particulado menor a 10 micras (PM_{10}) en el área de estudio presentan valores menores en la estación 1 (Finca El Chorro) con una media de 12,54 µg/m^3 y valores mayores en la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda) con una media de 19,77 µg/m^3. Ninguno de los valores superó el límite diario de la Resolución 2254 del 2017 (75 µg/m^3).

- **Material particulado PM2.5**

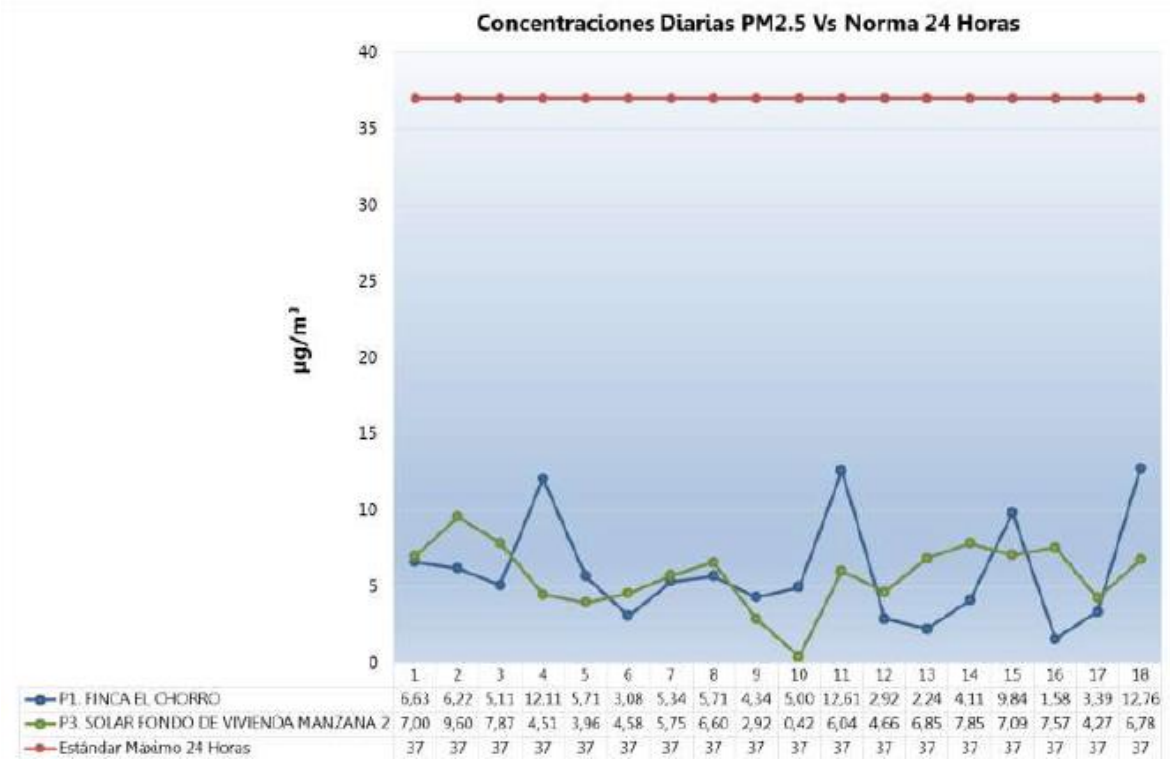
Los resultados obtenidos de material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5) a condiciones de referencia (25°C y 760 mmHg) se puede observar en **Tabla 5.1-131** para la campaña de monitoreo del año 2019, y en la **Tabla 5.1-130** para la campaña del año 2023, la cual incluye además el valor máximo y mínimo obtenido y el promedio aritmético de todos los resultados para su posterior interpretación con respecto a la norma de calidad del aire.

TABLA 5.1-131 RESULTADOS MATERIAL PARTICULADO PM10 CAMPAÑA 2019

FECHA	PUNTO 1. FINCA EL CHORRO			PUNTO 3. SOLAR FONDO DE VIVIENDA MANZANA 2		
	PM2.5	Norma 24 horas	Cumple	PM2.5	Norma 24 horas	Cumple
2019-11-10	-	-	-	7,00	37	SI
2019-11-11	6,63	37	SI	9,60	37	SI
2019-11-12	6,22	37	SI	7,87	37	SI
2019-11-13	5,11	37	SI	4,51	37	SI
2019-11-14	12,11	37	SI	3,96	37	SI
2019-11-15	5,71	37	SI	4,58	37	SI
2019-11-16	3,08	37	SI	5,75	37	SI
2019-11-17	5,34	37	SI	6,60	37	SI
2019-11-18	5,71	37	SI	2,92	37	SI
2019-11-19	4,34	37	SI	0,42	37	SI
2019-11-20	5,00	37	SI	6,04	37	SI
2019-11-21	12,61	37	SI	4,66	37	SI
2019-11-22	2,92	37	SI	6,85	37	SI
2019-11-23	2,24	37	SI	7,85	37	SI
2019-11-24	4,11	37	SI	7,09	37	SI
2019-11-25	9,84	37	SI	7,57	37	SI
2019-11-26	1,58	37	SI	4,27	37	SI
2019-11-27	3,39	37	SI	6,78	37	SI
2019-11-28	12,76	37	SI	-	-	-
Valor mínimo	1,58	-	-	0,42	-	-
Valor máximo	12,76	-	-	9,60	-	-

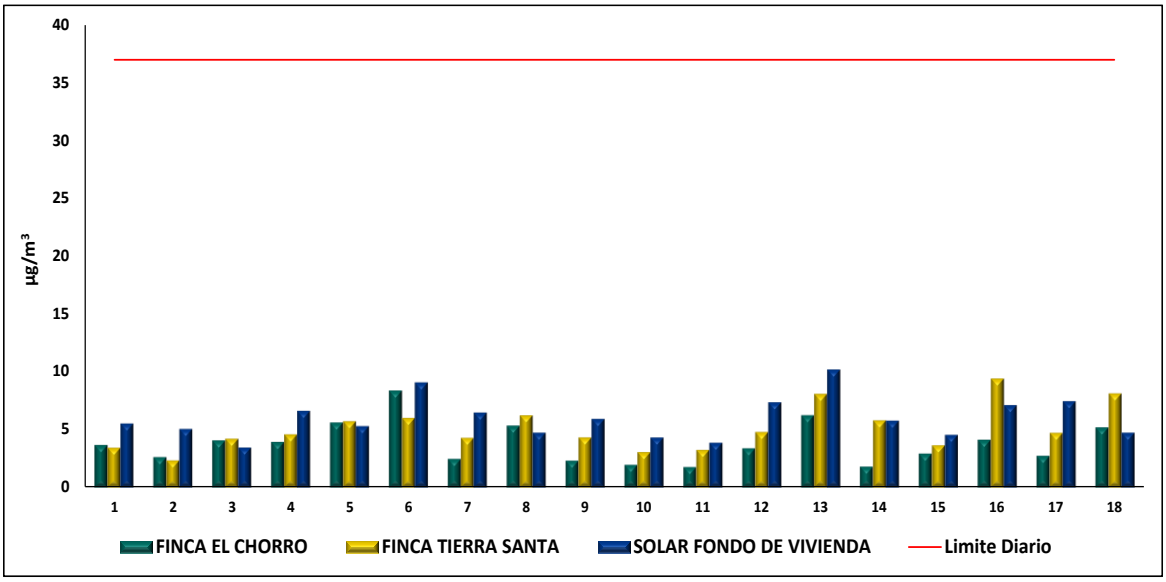
Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

FIGURA 5.1-78 CONCENTRACIONES DIARIAS DE PM2.5 CAMPAÑA 2019



Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

FIGURA 5.1-79 CONCENTRACIONES DIARIAS DE PM2.5 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

En general, las mediciones de material particulado fino ($PM_{2.5}$) presentaron valores menores en la estación 1 (Finca El Chorro) con una media de 3,76 µg/m^3 y valores mayores en la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda) con una media de 5,95 µg/m^3. Ninguno de los valores superó la norma diaria de la Resolución 2254 del 2017 (37 µg/m^3).

- **Dióxido de Azufre (SO2)**

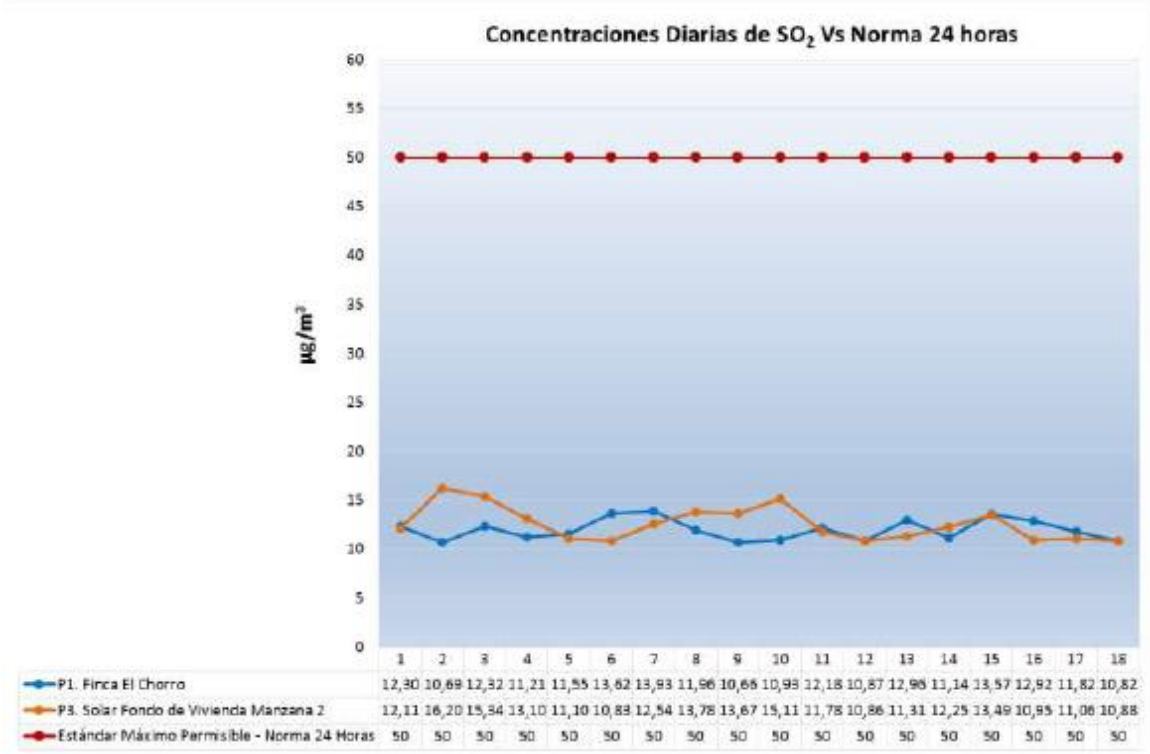
Los resultados obtenidos de Dióxido de Azufre (SO_2) a condiciones de referencia (25°C y 760 mmHg) se puede observar en la **Tabla 5.1-132** para la campaña de monitoreo del año 2019, y en la **Tabla 5.1-130** para la campaña del año 2023, la cual incluye además el valor máximo y mínimo obtenido y el promedio aritmético de todos los resultados para su posterior interpretación con respecto a la norma de calidad del aire.

TABLA 5.1-132 RESULTADOS SO2 CAMPAÑA 2019

FECHA	PUNTO 1. FINCA EL CHORRO			PUNTO 3. SOLAR FONDO DE VIVIENDA MANZANA 2		
	SO_2	Norma 24 horas	Cumple	SO_2	Norma 24 horas	Cumple
2019-11-10	-	-	-	12,11	50	SI
2019-11-11	12,30	50	SI	16,20	50	SI
2019-11-12	10,69	50	SI	15,34	50	SI
2019-11-13	12,32	50	SI	13,10	50	SI
2019-11-14	11,21	50	SI	11,10	50	SI
2019-11-15	11,55	50	SI	10,83	50	SI
2019-11-16	13,62	50	SI	12,54	50	SI
2019-11-17	13,93	50	SI	13,78	50	SI
2019-11-18	11,96	50	SI	13,67	50	SI
2019-11-19	10,66	50	SI	15,11	50	SI
2019-11-20	10,93	50	SI	11,78	50	SI
2019-11-21	12,18	50	SI	10,86	50	SI
2019-11-22	10,87	50	SI	11,31	50	SI
2019-11-23	12,96	50	SI	12,25	50	SI
2019-11-24	11,14	50	SI	13,49	50	SI
2019-11-25	13,57	50	SI	10,95	50	SI
2019-11-26	12,92	50	SI	11,06	50	SI
2019-11-27	11,82	50	SI	10,88	50	SI
2019-11-28	10,82	50	SI	-	-	-
Valor mínimo	10,66	-	-	10,83	-	-
Valor máximo	13,93	-	-	16,20	-	-

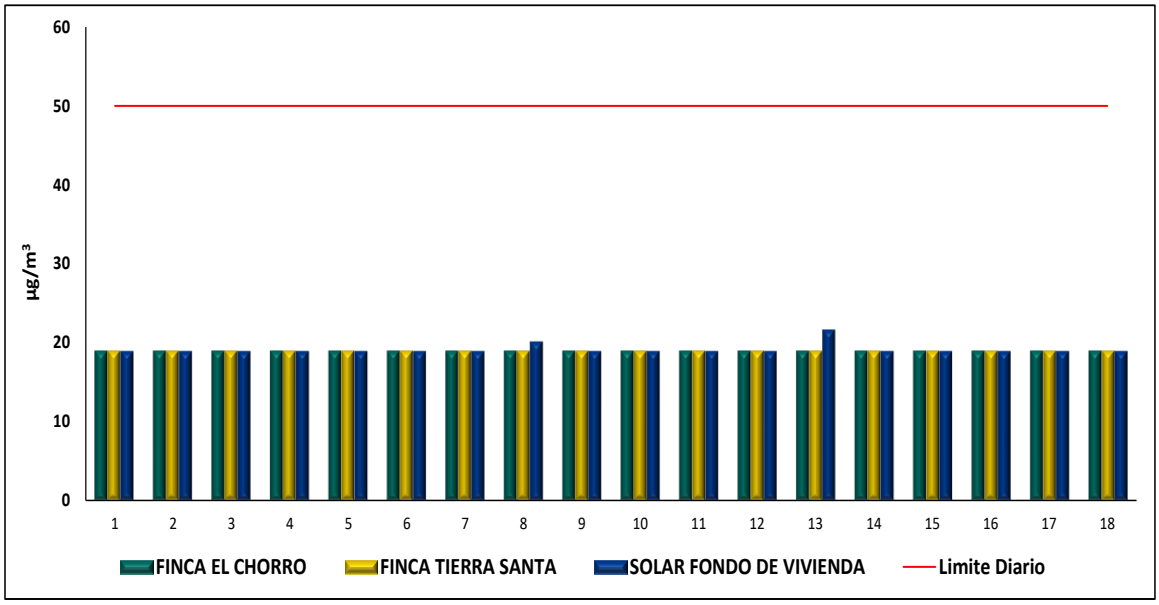
Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

FIGURA 5.1-80 CONCENTRACIONES DIARIAS DE SO2 CAMPAÑA 2019



Fuente: "Atlantic Photovoltaic" – Control de Contaminación Ltda., 2019

FIGURA 5.1-81 CONCENTRACIONES DIARIAS DE SO2 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Los resultados obtenidos de dióxido de azufre (SO_2) en todas las estaciones registran valores indetectables o levemente superiores a 1,00 µg de SO_2, el cual es el límite cuantificable del método acreditado y que representa en las condiciones de muestreo una concentración <18,92 µg/m^3 en la mayoría de las mediciones, así mismo la mayor medición registrada corresponde a 21,64 µg/m^3 en la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda), lo cual indica la baja presencia de este contaminante en la zona de estudio y evidencia el pleno cumplimiento al límite diario establecido en la Resolución 2254 del 2017 (50 µg/m^3).

- **Dióxido de Nitrógeno (NO2)**

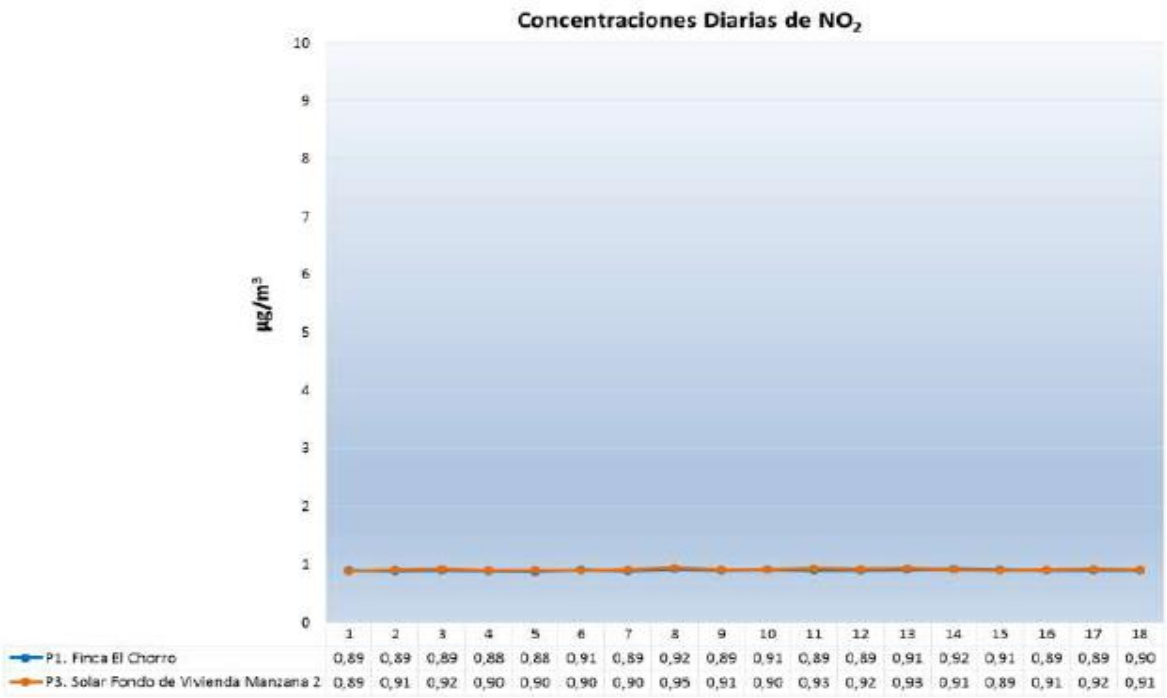
Los resultados obtenidos de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) a condiciones de referencia (25°C y 760 mmHg) se puede observar en la **Tabla 5.1-133**, para la campaña de monitoreo del año 2010, y en las **Tabla 5.1-134**, **Tabla 5.1-135** y **Tabla 5.1-136** para la campaña del año 2023, la cual incluye además el valor máximo y mínimo obtenido y el promedio aritmético de todos los resultados para su posterior interpretación con respecto a la norma de calidad del aire.

TABLA 5.1-133 RESULTADOS NO2 CAMPAÑA 2019

FECHA	PUNTO 1. FINCA EL CHORRO NO_2	PUNTO 3. SOLAR FONDO DE VIVIENDA MANZANA 2 NO_2
2019-11-10	-	0,89
2019-11-11	0,89	0,91
2019-11-12	0,89	0,92
2019-11-13	0,89	0,90
2019-11-14	0,88	0,90
2019-11-15	0,88	0,90
2019-11-16	0,91	0,90
2019-11-17	0,89	0,95
2019-11-18	0,92	0,91
2019-11-19	0,89	0,90
2019-11-20	0,91	0,93
2019-11-21	0,89	0,92
2019-11-22	0,89	0.93
2019-11-23	0,91	0,91
2019-11-24	0,92	0,89
2019-11-25	0,91	0,91
2019-11-26	0,89	0,92
2019-11-27	0,89	0,91
2019-11-28	0,90	-
Valor mínimo	0,88	0,89
Valor máximo	0,92	0,95

Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

FIGURA 5.1-82 CONCENTRACIONES DIARIAS DE NO2 CAMPAÑA 2019



Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

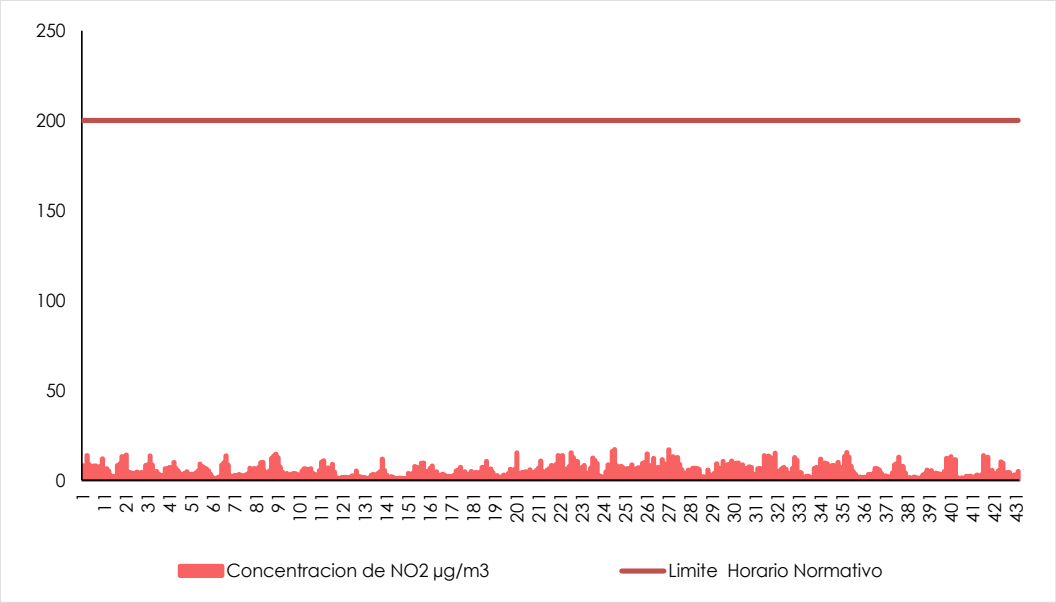
Los resultados registrados de Dióxido de nitrógeno (NO_2), en la campaña 2023, en promedio presentaron concentraciones menores en la estación 1 (Finca El Chorro) con una media de 5,87 µg/m^3 y las mayores en la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda) con una media de 7,75 µg/m^3. De acuerdo con lo anterior no se reportan sobrepasos al límite para 1 hora establecido en la Resolución 2254 de 2017 (200 µg/m^3) evidenciando total cumplimento normativo (100%).

TABLA 5.1-134 RESULTADOS REPORTADOS EN LA ESTACIÓN 1 DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO CAMPAÑA 2023

Resumen Estadístico monitoreo continuo de Dióxido de nitrógeno – NO_2		
E1. Finca El Chorro		**1 Hora**
Cantidad de Datos	**n**	432
Número de Muestras Validas	**Mv**	432
% Datos Validos	**%DV**	100%
Valor máximo de Concentración	**[] Max**	**17,14**
Valor mínimo de Concentración	**[] Min**	0,94
Número de excedencias / Limite Horario	**EL 1hr**	0
Promedio Aritmético	**X= SX/n**	**5,87**
Varianza	**S2=(SX2-(Sx)2/n)/(n-1)**	12,87
Desviación Estándar	**S=√S2**	3,59
Desviación Estándar de la Media:	**SX=S/√n**	0,17
Coeficiente de Variación	**CV=(s/X)*100**	2,94%
Intervalos de Confianza del 95%	**µ=x+tsx**	6,23
	µ=x-tsx	5,52

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-83 CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2) ESTACIÓN 1 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

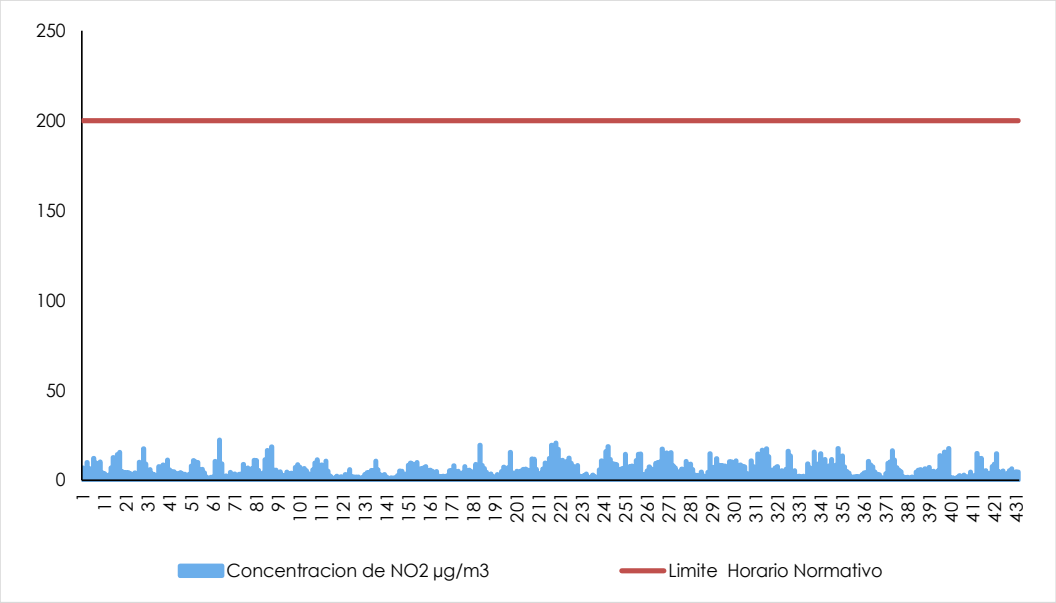
En la estación 1 (Finca El Chorro), se presentó cumplimiento total respecto al límite normativo de 200 µg/m^3 para un tiempo de exposición de 1 hora, donde las concentraciones estuvieron comprendidas de 0,94 µg/m^3 a 17,14 µg/m^3.

TABLA 5.1-135 RESULTADOS REPORTADOS EN LA ESTACIÓN 2 DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO CAMPAÑA 2023

Resumen Estadístico monitoreo continuo de Dióxido de nitrógeno – NO_2		
E2. Finca Tierra Santa		**1 Hora**
Cantidad de Datos	**n**	432
Número de Muestras Validas	**Mv**	432
% Datos Validos	**%DV**	100%
Valor máximo de Concentración	**[] Max**	**22,48**
Valor mínimo de Concentración	**[] Min**	0,96
Número de excedencias / Limite Horario	**EL 1hr**	0
Promedio Aritmético	**X= SX/n**	**6,47**
Varianza	**S2=(SX2-(Sx)2/n)/(n-1)**	17,91
Desviación Estándar	**S=√S2**	4,23
Desviación Estándar de la Media:	**SX=S/√n**	0,20
Coeficiente de Variación	**CV=(s/X)*100**	3,15%
Intervalos de Confianza del 95%	**µ=x+tsx**	6,89
	µ=x-tsx	6,05

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-84 CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2) ESTACIÓN 2 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

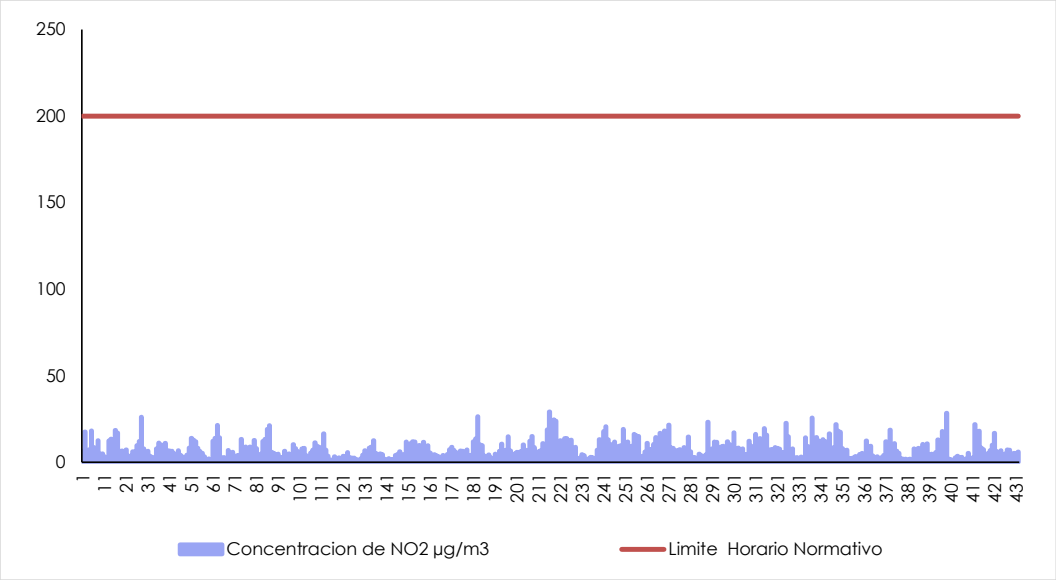
En la estación 2 (Finca Tierra Santa) se presentó cumplimiento total respecto al límite normativo de 200 µg/m^3 para un tiempo de exposición de 1 hora, donde las concentraciones se alojaron en un rango entre 0,96 µg/m^3 y 22,48 µg/m^3.

TABLA 5.1-136 RESULTADOS REPORTADOS EN LA ESTACIÓN 3 DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO CAMPAÑA 2023

Resumen Estadístico monitoreo continuo de Dióxido de nitrógeno – NO_2		
E3. Solar Fondo de Vivienda		**1 Hora**
Cantidad de Datos	**n**	432
Número de Muestras Validas	**Mv**	432
% Datos Validos	**%DV**	100%
Valor máximo de Concentración	**[] Max**	**29,20**
Valor mínimo de Concentración	**[] Min**	1,04
Número de excedencias / Limite Horario	**EL 1hr**	0
Promedio Aritmético	**X= SX/n**	**7,75**
Varianza	**S2=(SX2-(Sx)2/n)/(n-1)**	27,83
Desviación Estándar	**S=√S2**	5,28
Desviación Estándar de la Media:	**SX=S/√n**	0,25
Coeficiente de Variación	**CV=(s/X)*100**	3,28%
Intervalos de Confianza del 95%	**µ=x+tsx**	8,27
	µ=x-tsx	7,23

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-85 CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2) ESTACIÓN 3 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

En la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda) se presentó cumplimiento total respecto al límite normativo de 200 µg/m^3 para un tiempo de exposición de 1 hora, donde las concentraciones variaron entre 1,04 µg/m^3 y 29,20 µg/m^3.

5.1.9.4.5 Resultados consolidados comparados con la norma

A continuación, en la **Tabla 5.1-137** se realiza la comparación de los resultados de Material Particulado (PM10 y PM2.5) y Gases (NO2 y SO2) con los niveles máximos permisibles anuales que establece la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017, así como resultados entre la primera y segunda campaña de monitoreo.

TABLA 5.1-137 RESULTADOS COMPARADOS CON LA NORMA

Parámetros/Puntos	Resultados campaña 2019 (µg/m^3)	Resultados campaña 2023 (µg/m^3)	Norma (µg/m^3)	Cumplimiento de la Norma Anual
PM10				
Punto 1. Finca el Chorro	38,36	12,54	50	Cumple
Punto 2. Finca Tierra Santa		17,63	50	Cumple
Punto 3. Solar fondo de vivienda manzana 2	38,61	19,77	50	Cumple
PM2.5				
Punto 1. Finca el Chorro	6,04	3,76	25	Cumple
Punto 2. Finca Tierra Santa		5,08	25	
Punto 3. Solar fondo de vivienda manzana 2	5,8	5,95	25	Cumple
NO_2				
Punto 1. Finca el Chorro	0,9	5,87	60	Cumple
Punto 2. Finca Tierra Santa		6,47	60	
Punto 3. Solar fondo de vivienda manzana 2	0,91	7,75	60	Cumple

Parámetros/Puntos	Resultados campaña 2019 (µg/m³)	Resultados campaña 2023 (µg/m³)	Norma (µg/m³)	Cumplimiento de la Norma Anual
SO_2				
Punto 1. Finca el Chorro	11,97	18,92	-	Informativo
Punto 2. Finca Tierra Santa		18,92	-	Informativo
Punto 3. Solar fondo de vivienda manzana 2	12,57	19,14	-	Informativo

Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

Los valores de los resultados corresponden al promedio aritmético para PM10, PM2.5, SO_2 y NO_2. Los resultados presentados para SO2 son de carácter informativo, ya que, la resolución vigente no establece un nivel máximo permisible anual para tiempos de exposición anuales. Con respecto a la comparación entre la primera y segunda campaña de monitoreo, se evidencia un ligero aumento en las concentraciones de SO2 y NO2 en todos los puntos de monitoreo en la campaña 2023, posiblemente por exposición a una fuente generadora. En contraste el material particulado PM10 y PM2,4, evidencia una disminución en las concentraciones en el segundo monitoreo realizado, mayormente marcado en PM10.

- **Monóxido de Carbono (CO)**

Se presentan en la **Tabla 5.1-138** a **Tabla 5.1-140** los datos obtenidos para el contaminante Monóxido de Carbono (CO) para exposición de una (1) hora para la campaña 2019.

TABLA 5.1-138 RESULTADOS CO P1 CAMPAÑA 2019

Punto	Fecha	Hora inicial	Hora final	CO (µg/m³)	Norma (µg/m³)	Cumplimiento de la norma
1	19-11-16	10:55	11:55	1089,28	35.000	Cumple
	19-11-17	09:25	10:25	1006,78	35.000	Cumple

Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

TABLA 5.1-139 RESULTADOS CO P2 CAMPAÑA 2019

Punto	Fecha	Hora inicial	Hora final	CO (µg/m³)	Norma (µg/m³)	Cumplimiento de la norma
1	19-11-16	12:55	13:55	1002,47	35.000	Cumple
	19-11-17	13:25	14:25	1028,30	35.000	Cumple

Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

TABLA 5.1-140 RESULTADOS CO P3 CAMPAÑA 2019

Punto	Fecha	Hora inicial	Hora final	CO (µg/m³)	Norma (µg/m³)	Cumplimiento de la norma
1	19-11-16	14:55	15:55	1019,67	35.000	Cumple
	19-11-17	17:25	18:25	1026,16	35.000	Cumple

Fuente: "Atlantic Photovoltaic" - Control de Contaminación Ltda., 2019

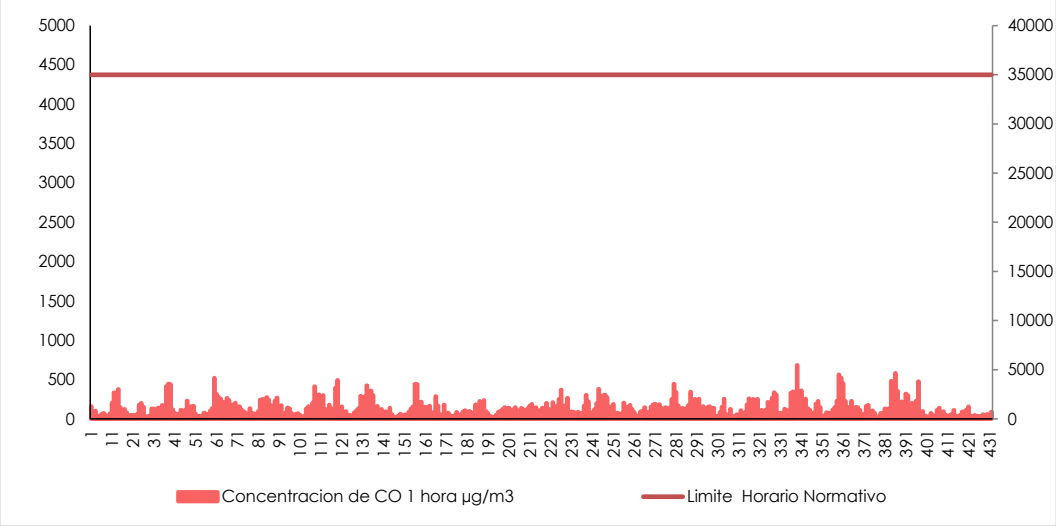
Para la campaña 2023, los resultados registrados de CO presentaron valores menores en la estación 1 (Finca El Chorro) con una media de 141,49 µg/m³ y los mayores en la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda) con una media de 179,19 µg/m³. De acuerdo con lo anterior no se reportan sobrepasos a los límites para 1 hora (35000 µg/m³) y 8 horas (5000 µg/m³) establecidos en la Resolución 2254 de 2017 indicando cumplimento normativo.

TABLA 5.1-141 RESULTADOS REPORTADOS EN LA ESTACIÓN 1 DE MONÓXIDO DE CARBONO CAMPAÑA 2023

Resumen Estadístico monitoreo continuo de Monóxido de Carbono - CO			
E1. Finca El Chorro		**1 Hora**	**8 Horas**
Cantidad de Datos	**n**	432	425
Número de Muestras Validas	**Mv**	432	425
% Datos Validos	**%DV**	100%	100%
Valor máximo de Concentración	**[] Max**	**682,95**	**336,54**
Valor mínimo de Concentración	**[] Min**	22,96	37,04
Número de excedencias / Limite Horario	**EL1hr**	**0**	NA
Número de excedencias / Limite 8 Horas	**EL 8hr**	NA	**0**
Promedio Aritmético	**X= SX/n**	**141,49**	**142,63**
Varianza	**S2=(SX2-(Sx)2/n)/(n-1)**	11640,82	4160,17
Desviación Estándar	**S=√S2**	107,89	64,50
Desviación Estándar de la Media:	**SX=S/√n**	5,19	3,13
Coeficiente de Variación	**CV=(s/X)*100**	3,67%	2,19%
Intervalos de Confianza del 95%	**μ=x+tsx**	152,18	149,08
	μ=x-tsx	130,79	136,19

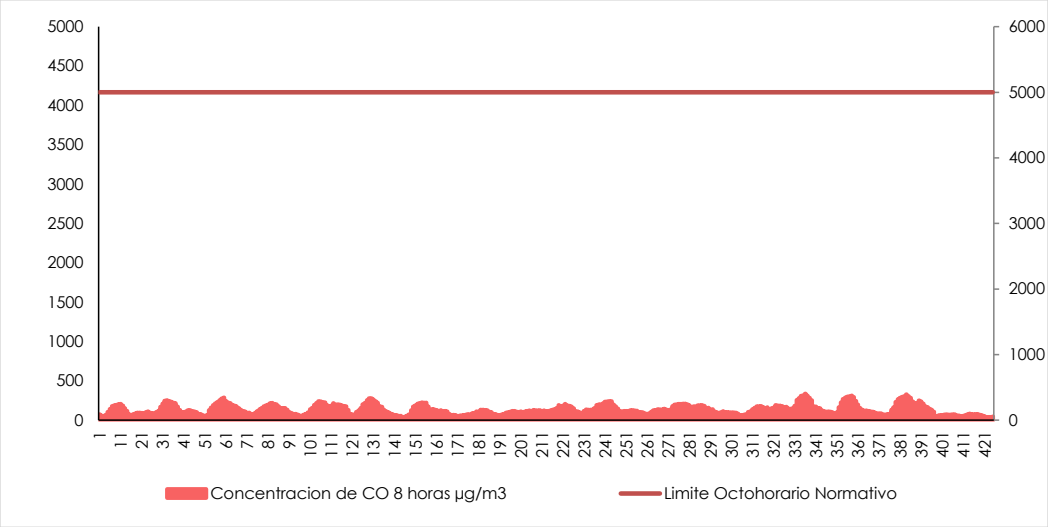
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-86 CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO 1 HORA (CO) ESTACIÓN 1 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-87 CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO 8 HORAS (CO) ESTACIÓN 1 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

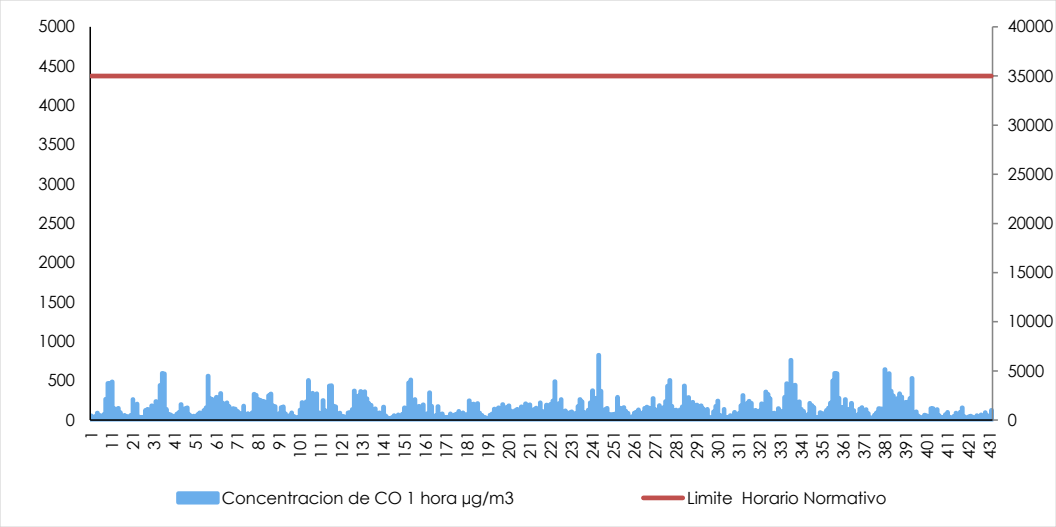
En la estación 1 (Finca El Chorro) se evidenció pleno cumplimiento normativo, esto debido a que no se presentó ninguna excedencia de los dos límites normativos establecidos en la Resolución 2254 de 2017 de 35.000 µg/m3 para 1 hora y 5.000 µg/m3 para 8 horas, con concentraciones máximas de 682,95 µg/m3 y 336,54 µg/m3, respectivamente.

TABLA 5.1-142 RESULTADOS REPORTADOS EN LA ESTACIÓN 2 DE MONÓXIDO DE CARBONO CAMPAÑA 2023

Resumen Estadístico monitoreo continuo de Monóxido de Carbono - CO			
E2. Finca Tierra Santa		**1 Hora**	**8 Horas**
Cantidad de Datos	**n**	432	425
Número de Muestras Validas	**Mv**	432	425
% Datos Validos	**%DV**	100%	100%
Valor máximo de Concentración	**[] Max**	**826,73**	**386,67**
Valor mínimo de Concentración	**[] Min**	22,98	42,33
Número de excedencias / Limite Horario	**EL1hr**	**0**	NA
Número de excedencias / Limite 8 Horas	**EL 8hr**	NA	**0**
Promedio Aritmético	**X= SX/n**	**158,54**	**160,11**
Varianza	**S2=(SX2-(Sx)2/n)/(n-1)**	16378,95	5712,97
Desviación Estándar	**S=√S2**	127,98	75,58
Desviación Estándar de la Media:	**SX=S/√n**	6,16	3,67
Coeficiente de Variación	**CV=(s/X)*100**	3,88%	2,29%
Intervalos de Confianza del 95%	**µ=x+tsx**	171,22	167,67
	µ=x-tsx	145,85	152,56

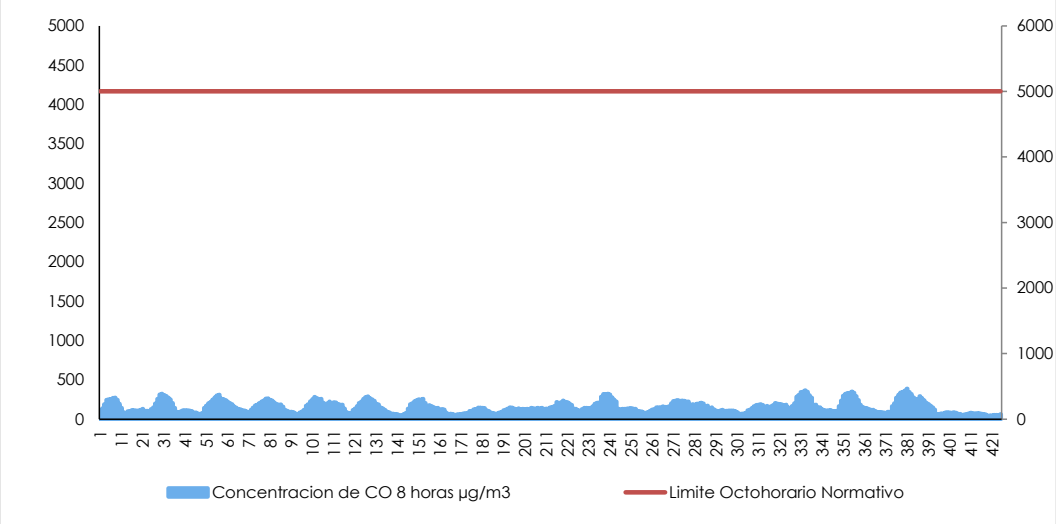
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-88 CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO 1 HORA (CO) ESTACIÓN 2 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-89 CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO 8 HORAS (CO) ESTACIÓN 2 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

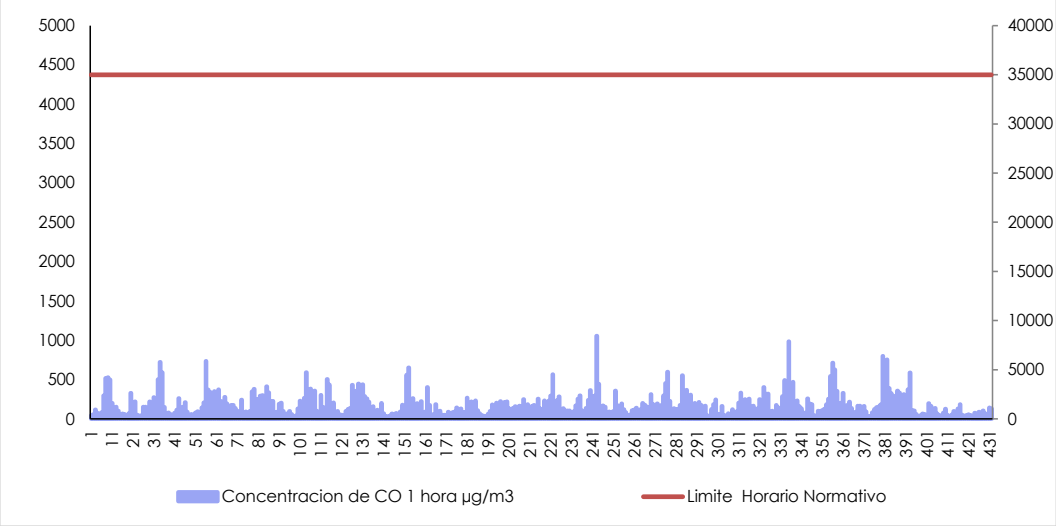
Los resultados en la estación 2 (Finca Tierra Santa) presentaron cumplimiento normativo en los límites para 1 y 8 horas establecidos en la Resolución 2254 de 2017 de 35.000 µg/m3 para 1 hora y 5.000 µg/m3 para 8 horas, con concentraciones máximas de 826,73 µg/m3 y 386,67 µg/m3, respectivamente.

TABLA 5.1-143 RESULTADOS REPORTADOS EN LA ESTACIÓN 3 DE MONÓXIDO DE CARBONO CAMPAÑA 2023

Resumen Estadístico monitoreo continuo de Monóxido de Carbono - CO			
E3. Solar Fondo de Vivienda		**1 Hora**	**8 Horas**
Cantidad de Datos	**n**	432	425
Número de Muestras Validas	**Mv**	432	425
% Datos Validos	**%DV**	100%	100%
Valor máximo de Concentración	**[] Max**	**1053,42**	**447,27**
Valor mínimo de Concentración	**[] Min**	23,32	48,00
Número de excedencias / Limite Horario	**EL1hr**	**0**	NA
Número de excedencias / Limite 8 Horas	**EL 8hr**	NA	**0**
Promedio Aritmético	**X= SX/n**	**179,19**	**180,76**
Varianza	**S2=(SX2-(Sx)2/n)/(n-1)**	22317,80	7498,16
Desviación Estándar	**S=√S2**	149,39	86,59
Desviación Estándar de la Media:	**SX=S/√n**	7,19	4,20
Coeficiente de Variación	**CV=(s/X)*100**	4,01%	2,32%
Intervalos de Confianza del 95%	**μ=x+tsx**	193,99	189,41
	μ=x-tsx	164,38	172,11

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

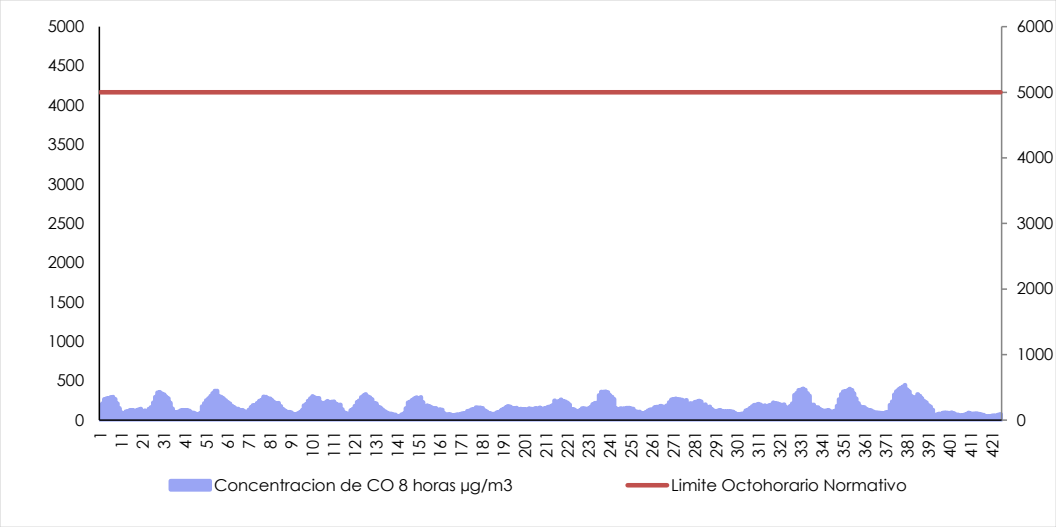
FIGURA 5.1-90 CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO 1 HORA (CO) ESTACIÓN 3 CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

En la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda) se evidenció el pleno cumplimiento en los límites normativos establecidos en la Resolución 2254 de 2017 en 35.000 µg/m^3 para 1 hora y 5.000 µg/m^3 para 8 horas, con concentraciones máximas de 1053,42 µg/m^3 y 447,27 µg/m^3, respectivamente.

FIGURA 5.1-91 CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO 8 HORAS (CO) ESTACIÓN 3 CAMPAÑA 2023

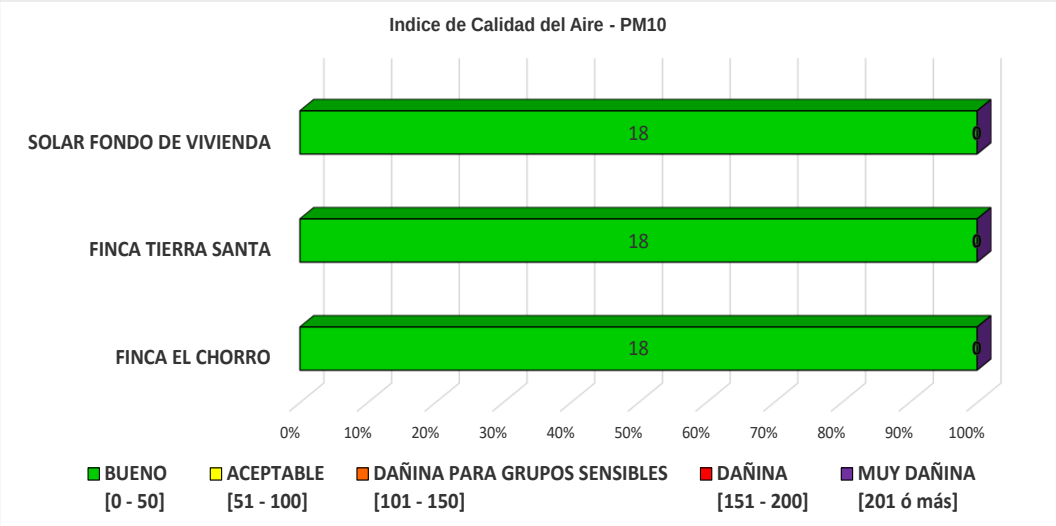


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

- **Índice de Calidad del Aire ICA**

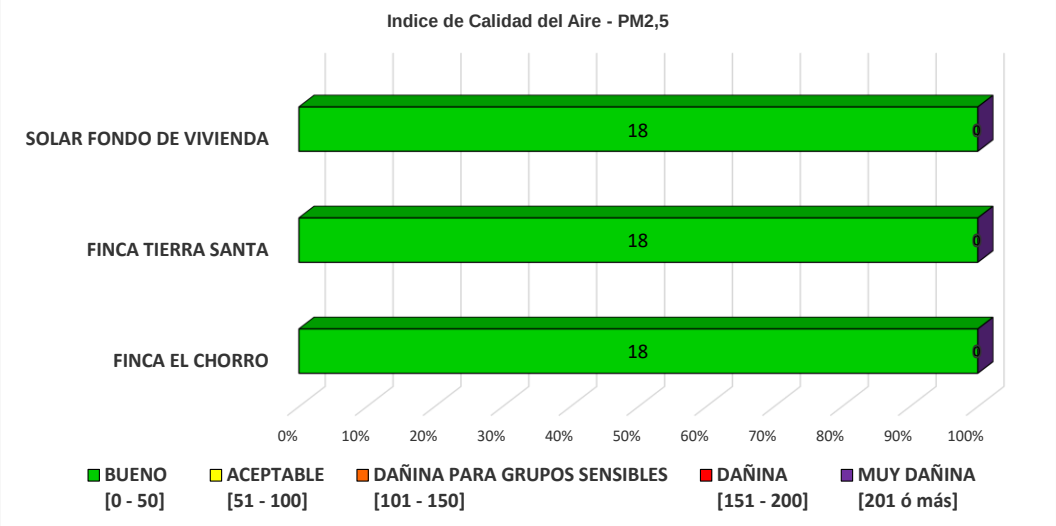
De acuerdo con la información presentada en relación con el cálculo del ICA para la campaña 2023, se observa que para los compuestos medidos en el presente monitoreo aplica el cálculo para PM_{10}, $PM_{2.5}$, CO, NO_2 y O_3. A continuación se presenta el ICA calculado para las 3 estaciones durante los 18 días de monitoreo, en la barra se registra el número de muestras en la respectiva clasificación por color, que corresponde a 18 para PM_{10} y $PM_{2.5}$, 432 para las mediciones horarias de NO_2 y 425 para CO y O_3, debido a que se calcula para la media móvil de 8 horas.

FIGURA 5.1-92 COMPORTAMIENTO DIARIO DEL ICA PARA PM10



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

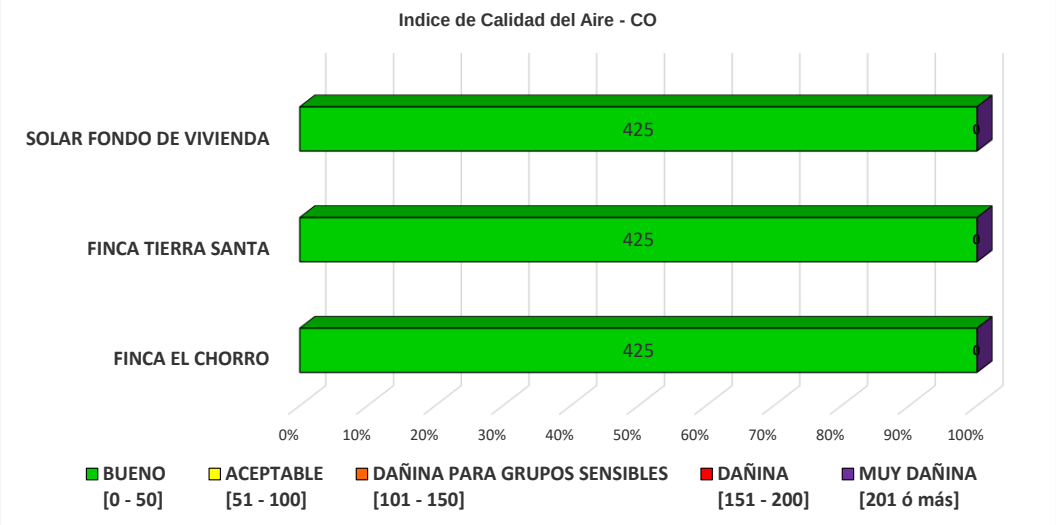
FIGURA 5.1-93 COMPORTAMIENTO DIARIO DEL ICA PARA PM2,5



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

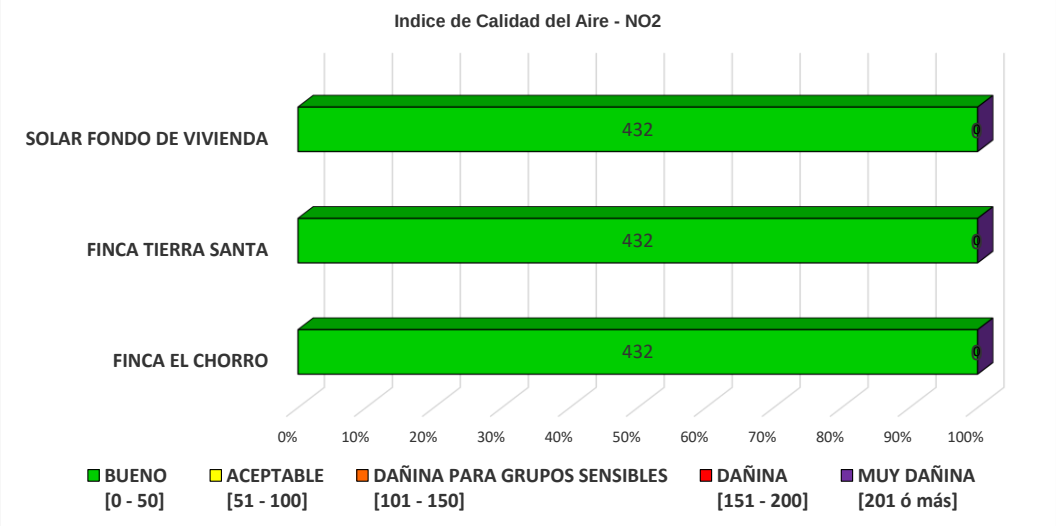
El índice de calidad del aire en el caso del PM_{10} (**Figura 5.1-92**) y $PM_{2.5}$ (**Figura 5.1-93**) presentó una clasificación "Buena" en el 100% de las mediciones, por lo que según se establece en el artículo 19 de la Resolución 2254 del 2017, la contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud de las personas.

FIGURA 5.1-94 COMPORTAMIENTO MEDIA MÓVIL 8 HORAS ICA PARA CO



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-95 COMPORTAMIENTO HORARIO DEL ICA PARA NO2



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Para el caso del CO (**Figura 5.1-94**) y NO_2 (Figura **5.1-95**) teniendo en cuenta que no se detectaron concentraciones representativas durante el monitoreo con valores bajos para cada parámetro, el ICA presentó clasificación "Buena" en todos los casos, indicando que la contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.

5.1.9.4.6 Análisis de resultados

- Los resultados de PM10 presentaron aportes que oscilaron en promedio entre 32 µg/m3 a 45 µg/m3 para la campaña 2019, igualmente, la **Figura 5.1-76** permite visualizar que el comportamiento fue variable entre los puntos a lo largo del periodo evaluado, observando a manera general que en el punto 3 "Solar Fondo de Vivienda Manzana 2" se reportaron las mayores concentraciones con un rango de resultados entre 32,87 µg/m3 a 44,26 µg/m3. Así mismo, es posible indicar que, para dicho parámetro, las concentraciones se comparan con el estándar máximo permisible de 24 horas establecido en 75 µg/m3 demostrando cumplimiento en todas las muestras.
- En la campaña 2023, las concentraciones reportadas de PM_{10} en las estaciones no superaron el límite permisible diario establecido en la Resolución 2254 del 2017 (75 $\mu g/m^3$) con resultados entre 5,06 $\mu g/m^3$ y 28,75 $\mu g/m^3$. La estación 1 (Finca El Chorro) presentó los menores valores con una media de 12,54 $\mu g/m^3$ y la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda) los mayores con una media de 19,77 $\mu g/m^3$, además, la mayoría de las concentraciones variaron entre 14 $\mu g/m^3$ y 17 $\mu g/m^3$ (27,8%).
- Para PM2.5 se observa que las concentraciones obtenidas estuvieron por encima de 0,4 µg/m3 para la campaña 2019, alcanzando concentraciones superiores a 12 µg/m3, siendo el punto 1 "Finca el Chorro" el que representa la zona con mayor presencia de material particulado menor a 2.5 micras con resultados entre 1,58 µg/m3 y 12,76 µg/m3 mientras que, el punto 3 "Solar Fondo de Vivienda Manzana 2" estuvo entre 0,42 µg/m3 a 9,60 µg/m3. La representación de los resultados se observa en la **Figura 5.1-78** donde se observa que no hubo estabilidad en los resultados ya que se presentaron

fluctuaciones constantes, de igual forma, se observa el comparativo con el estándar máximo permisible de 24 horas el cual es de 37 µg/m3, encontrando cumplimiento de todas las muestras en los dos (2) puntos.

- En los monitoreos realizados en el año 2023, las mediciones de $PM_{2.5}$ evidenciaron un comportamiento similar al PM_{10}, la estación 1 (Finca El Chorro) registró las menores concentraciones con una media de 3,76 µg/m^3 y la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda) las mayores con una media de 5,95 µg/m^3, los resultados se encontraron en un rango de 1,74 µg/m^3 a 10,15 µg/m^3, por lo cual, los valores obtenidos durante el monitoreo no excedieron el límite diario (37 µg/m^3) dando cumplimiento a la Resolución 2254 de 2017.
- En 2019, para SO2, las concentraciones estuvieron en promedio entre 10 µg/m3 a 17 µg/m3 evidenciando que todas las muestras se encuentran en cumplimiento con el límite máximo permisible para tiempos de exposición de 24 horas establecido en 50 µg/m3.
- Por otra parte, en 2023, los resultados obtenidos de dióxido de azufre (SO_2) en todas las estaciones registran valores indetectables o levemente superiores a 1,00 µg de SO_2, el cual es el límite cuantificable del método acreditado y que representa en las condiciones de muestreo una concentración <18,92 µg/m^3 en la mayoría de las mediciones, así mismo la mayor medición registrada corresponde a 21,64 µg/m^3 en la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda), lo cual indica la baja presencia de este contaminante en la zona de estudio y evidencia el pleno cumplimiento al límite diario establecido en la Resolución 2254 del 2017 (50 µg/m^3).
- En la **Figura 5.1-83** se evidencian los resultados obtenidos para el contaminante NO_2 demostrando que hubo pocas variaciones en las concentraciones entre un día y otro, observando en la gráfica un comportamiento estable. El rango de valores en la estación No. 1 fue entre 0.88 µg/m3 a 0,92 µg/m3 y en la estación No. 3 entre 0.89 µg/m3 a 0.95 µg/m_3. Para este contaminante no se presenta comparación con la norma a 24 horas, debido a que la resolución no contempla este periodo de exposición.
- En junio y julio de 2023, los resultados registrados de Dióxido de nitrógeno (NO_2) en promedio presentaron concentraciones menores en la estación 1 (Finca El Chorro) con una media de 5,87 µg/m^3 y las mayores en la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda) con una media de 7,75 µg/m^3. De acuerdo con lo anterior no se reportan sobrepasos al límite para 1 hora establecido en la Resolución 2254 de 2017 (200 µg/m^3) evidenciando total cumplimento normativo (100%).
- Los promedios aritméticos de PM10 indican que todas las estaciones se encuentran en cumplimiento con la norma anual en la campaña 2019, teniendo en cuenta que reportaron valores de 38.36 µg/m3 en el punto 1 y de 38.61 µg/m3 en el punto 3 frente a un estándar de 50 µg/m3. En caso del parámetro PM2.5, los promedios determinados demuestran que las estaciones están en cumplimiento ya que los resultados no superaron los 7 µg/m3 frente a un estándar de 25 µg/m3; en el punto 1 se obtuvo un valor de 6.04 µg/m3 mientras que en el punto 3 de 5.80 µg/m3 (Ver Grafica No. 9). Para el caso de los contaminantes gaseosos, los promedios determinados para NO2 se encuentran muy por debajo de la norma anual la cual está establecida en 60 µg/m3 con resultados de 0.90 µg/m3 en el punto 1 y de 0.91 µg/m3 en el punto 3, por ende, es

posible concluir que se encuentran en cumplimiento. Para SO2 se presentan resultados que oscilaron entre 11,97 µg/m3 a 12,57 µg/m3.

- En cuanto al contaminante Monóxido de Carbono para 2019, las mediciones se realizaron en tres (3) puntos, p1. Finca el Chorro, p2. Finca Tierra Santa y p3. Solar Fondo de Vivienda Manzana 2. En cada punto se tomaron dos (2) mediciones de 1 hora durante los días 16 y 17 de noviembre de 2019. En el punto 1 las concentraciones oscilaron en promedio entre 1006 µg/m3 a 1090 µg/m3, en el punto 2 entre 1002 µg/m3 a 1029 µg/m3 y en el punto 3 entre 1019 µg/m3 a 1027 µg/m3 evidenciando que todos los puntos presentan cumplimiento con la norma de 1 hora (35000 µg/m3).
- En la campaña 2023, los resultados registrados de CO presentaron valores menores en la estación 1 (Finca El Chorro) con una media de 141,49 µg/m^3 y los mayores en la estación 3 (Solar Fondo de Vivienda) con una media de 179,19 µg/m^3. De acuerdo con lo anterior no se reportan sobrepasos a los límites para 1 hora (35000 µg/m^3) y 8 horas (5000 µg/m^3) establecidos en la Resolución 2254 de 2017 indicando cumplimento normativo.
- El ICA para PM_{10}, $PM_{2.5}$, CO, NO_2 y O_3, presentó una clasificación "Buena", esto debido a que las estaciones reportaron concentraciones bajas de estos parámetros, indicando así, de acuerdo con la Resolución 2254 del 2017, que la contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
- Las observaciones de campo indican que en el punto 1. Finca el chorro hubo influencia del paso de vehículos (livianos, motocicletas y algunos pesados como volquetas) por la vía destapada Usiacurí – Isabel López, se observan quemas a cielo abierto en viviendas cercanas y actividades de poda de maleza en finca ubicada al este del punto de calidad del aire, en el punto 2 "Finca Tierra Santa" presentó poca incidencia de actividad vehicular, solo se observó el paso esporádico de motocicletas por vía destapada y el paso de algunos semovientes y finalmente en el punto 3 "Solar Fondo de Vivienda Manzana 2" se observó el tránsito regular de vehículos en ambos sentidos por la vía Sabanalarga – Usiacurí, paso de semovientes, trabajos civiles de movimiento de tierras a 260 m del punto de calidad del aire, tránsito de vehículos esporádicamente por el acceso a una finca del sector, se observan quemas a cielo abierto.
- De acuerdo al comportamiento de los vientos presentados durante el periodo evaluado la dispersión de los contaminantes posiblemente se estableció del norte (N) en donde se encuentra el punto 1 de calidad del aire hacia la zona sur (S) en donde se encuentran los puntos de calidad del aire 2 y 3. Cabe agregar que dicho comportamiento es característico de la zona donde predominan las direcciones del norte y noreste.

5.1.9.5 Ruido

5.1.9.5.1 Fuentes generadoras de ruido

En la **Tabla 5.1-144**, se resumen las principales fuentes de emisión de ruido identificadas en el área de estudio.

TABLA 5.1-144 FUENTES DE EMISIÓN DE RUIDO

VEHÍCULOS
Intermitente/ Lineal (Impulsivo/ Tonal) En la zona se identificó el tránsito esporádico de vehículos por las vías aledañas a los puntos de monitoreo, los cuales, al encontrarse en movimiento generan un ruido intermitente y lineal de carácter impulsivo por ser breve y abrupto; por los componentes internos de sus motores, los vehículos son susceptibles de generar ruido de carácter tonal.
FAUNA LOCAL
Intermitente/ Puntual (Impulsivo) Ruido generado por la presencia de la fauna local, compuesta por aves silvestres, insectos, grillos, chicharras, ganado, anfibios; los cuales se caracterizan por ser un ruido de tipo intermitente, puntual e impulsivo, ya que no se presenta de manera continua en el área de estudio.
CENTRO URBANO
Intermitente/ Puntual (Impulsivo) En el área de monitoreo se identifican los sonidos provenientes de transeúntes y de las actividades antrópicas desarrolladas en el sector.

Fuente: Trabajo de campo, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

En la **Tabla 5.1-145**, se logran evidenciar las principales fuentes de emisión de ruido identificadas en el monitoreo.

TABLA 5.1-145 FUENTES DE EMISIÓN DE RUIDO IDENTIFICADAS.

FUENTE IDENTIFICADA	COORDENADAS DMS ORIGEN NACIONAL		OBSERVACIONES
	E	N	
Vía Sabanalarga Usiacurí	4788854,251	2736088,360	Vía con cercanías al punto P7-R
Vía Usiacurí Isabel López	4781306,284	2738992,898	Vía con cercanía al punto P8-R

Fuente: Trabajo de campo, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

5.1.9.5.2 Receptores de ruido

Se consideran receptores a los seres humanos que pueden verse afectados por el ruido generado por una actividad para el presente monitoreo, de acuerdo con la información consignada en campo, se presentaron los siguientes receptores de ruido.

TABLA 5.1-146 PRINCIPALES RECEPTORES DE RUIDO IDENTIFICADOS DURANTE EL MONITOREO

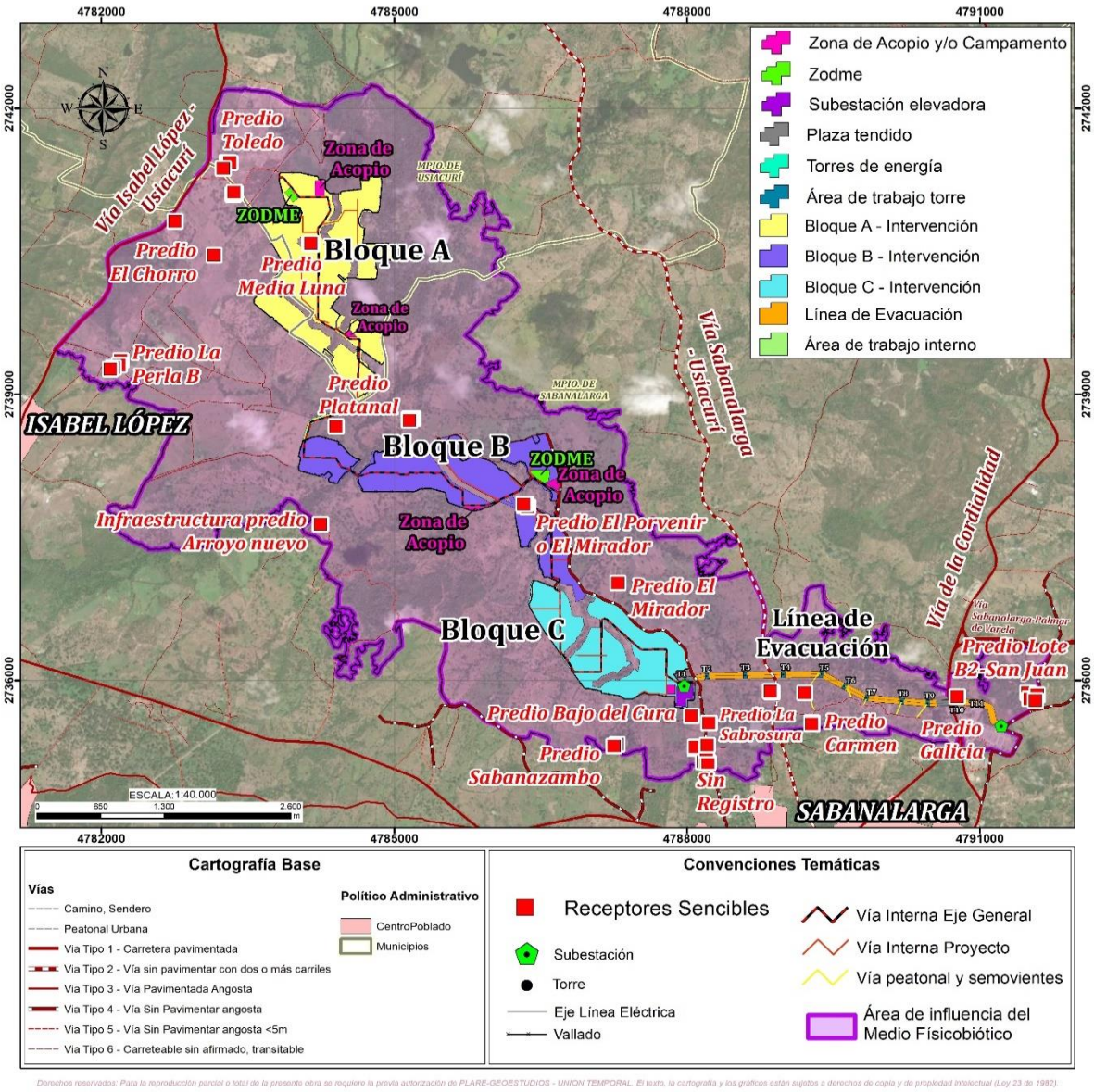
No	NOMBRE	OBSERV	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
1	Infraestructura predio Arroyo nuevo	Infraestructura predio Arroyo nuevo	4784242,35	2737640,137
2	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788044,042	2735629,266
3	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788083,267	2735285,622
4	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788119,251	2735287,738
5	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788087,262	2735303,769
6	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788166,864	2735145,418
7	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788191,417	2735140,973
8	Predio Bajo del Cura	Infraestructura predio Bajo del Cura	4788215,759	2735136,316
9	Predio Carmen (María Fernanda)	Infraestructura Predio Carmen (María Fernanda)	4789205,041	2735869,285

No	NOMBRE	OBSERV	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
10	Predio Carmen (María Fernanda)	Infraestructura Predio Carmen (María Fernanda)	4789278,834	2735557,169
11	Predio Carmen (María Fernanda)	Infraestructura Predio Carmen (María Fernanda)	4789278,682	2735542,807
12	Predio El Chorro	Infraestructura Predio El Chorro	4783348,689	2741099,024
13	Predio El Chorro	Infraestructura Predio El Chorro	4783370,488	2741109,202
14	Predio El Chorro	Infraestructura Predio El Chorro	4783356,73	2741122,538
15	Predio El Chorro	Infraestructura Predio El Chorro	4783153,162	2740461,984
16	Predio El Chorro	Infraestructura Predio El Chorro	4782752,491	2740814,873
17	Predio El Mirador	Infraestructura Predio El Mirador	4788868,802	2735873,626
18	Predio El Mirador	Infraestructura Predio El Mirador	4788853,647	2735886,377
19	Predio El Mirador	Infraestructura Predio El Mirador	4787292,49	2737022,907
20	Predio El Porvenir o El Mirador	Infraestructura Predio El Porvenir o El Mirador	4786335,084	2737831,68
21	Predio El Porvenir o El Mirador	Infraestructura Predio El Porvenir o El Mirador	4786364,47	2737820,347
22	Predio El Porvenir o El Mirador	Infraestructura Predio El Porvenir o El Mirador	4786343,938	2737855,695
23	Predio El Porvenir o El Mirador	Infraestructura Predio El Porvenir o El Mirador	4786326,434	2737849,738
24	Predio Galicia	Infraestructura Predio Galicia	4790765,83	2735829,8
25	Predio La Perla B	Infraestructura Predio La Perla B	4782198,194	2739358,487
26	Predio La Perla B	Infraestructura Predio La Perla B	4782182,981	2739309,539
27	Predio La Perla B	Infraestructura Predio La Perla B	4782120,142	2739283,742
28	Predio La Perla B	Infraestructura Predio La Perla B	4782092,027	2739265,908
29	Predio La Sabrosura	Infraestructura Predio La Sabrosura	4788223,677	2735551,325
30	Predio Lote B2-San Juan	Infraestructura Predio Lote B2-San Juan	4791512,33	2735832,977
31	Predio Lote B2-San Juan	Infraestructura Predio Lote B2-San Juan	4791491,049	2735867,825
32	Predio Lote B2-San Juan	Infraestructura Predio Lote B2-San Juan	4791512,428	2735807,837
33	Predio Lote B2-San Juan	Infraestructura Predio Lote B2-San Juan	4791585,44	2735848,186
34	Predio Lote B2-San Juan	Infraestructura Predio Lote B2-San Juan	4791568,242	2735791,632
35	Predio Media Luna	Infraestructura Predio Media Luna	4784152,677	2740574,944
36	Predio Media Luna	Infraestructura Predio Media Luna	4784131,885	2740577,433
37	Predio Media Luna	Infraestructura Predio Media Luna	4784145,263	2740588,163
38	Predio Platanal	Infraestructura Predio Platanal	4784402,511	2738663,812
39	Predio Platanal	Infraestructura Predio Platanal	4785189,529	2738749,562
40	Predio Platanal	Infraestructura Predio Platanal	4785175,36	2738750,436
41	Predio Platanal	Infraestructura Predio Platanal	4785154,423	2738746,823
42	Predio Platanal	Infraestructura Predio Platanal	4785154,264	2738729,201
43	Predio Sabanazambo	Infraestructura Predio Sabanazambo	4787282,013	2735329,826
44	Predio Sabanazambo	Infraestructura Predio Sabanazambo	4787250,739	2735310,776
45	Predio Toledo	Infraestructura Predio Toledo	4783287,58	2741440,671
46	Predio Toledo	Infraestructura Predio Toledo	4783301,973	2741434,532
47	Predio Toledo	Infraestructura Predio Toledo	4783318,06	2741431,146
48	Predio Toledo	Infraestructura Predio Toledo	4783248,06	2741369,639
49	Sin Registro	En visita a campo lo identifica la comunidad como Finca Tierra Santa	4788200	2735270
50	Sin Registro	En visita a campo lo identifica la comunidad como Finca Tierra Santa	4788206	2735320

Nota: De acuerdo con lo registrado en los formatos de campo

Fuente: Trabajo de campo, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

FIGURA 5.1-96 RECEPTORES SENSIBLES IDENTIFICADOS



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNION TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

5.1.9.5.3 Flujo vehicular de los corredores existentes

Con el fin de caracterizar el tránsito vehicular en las principales vías de acceso al proyecto, se realizaron aforos vehiculares los días 4 y 6 de junio del año 2023 en día hábil y no hábil en horario de 06:30 a.m. a 10:30 p.m. y de 02:00 p.m. a 6:00 p.m., horarios en los cuales se presenta el mayor flujo vehicular en el área, igualmente por condiciones de seguridad, no se realizó el aforo vehicular en franja de tiempo nocturna, como lo establece la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (MADS, 2018).

Se efectuaron tres (3) muestreos de tráfico vehicular en las vías adyacentes al proyecto y a la línea de transmisión eléctrica con el propósito de establecer el Tránsito Promedio Diario (TPD) y recopilar información precisa sobre las condiciones actuales de dichas vías. Estos muestreos también brindan datos relevantes para evaluar las emisiones atmosféricas generadas por los vehículos en estas áreas específicas.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede deducir que la vía con mayor volumen de tráfico vehicular corresponde a la Ruta 90 o Troncal del caribe, siendo esta una vía primaria.

En la **Tabla 5.1-147** y **Tabla 5.1-148** se presenta la ubicación georreferenciada del aforo vehicular No.1 y los resultados del aforo respectivamente. En la **Figura 5.1-97** se muestran los volúmenes vehiculares en periodos de una (1) hora, por aforo para el proyecto "Parque Fotovoltaico Atlántico".

- **Aforo vehicular – Punto No. 1**

TABLA 5.1-147 UBICACIÓN GEORREFERENCIADA DEL AFORO VEHICULAR – PUNTO NO. 1

PUNTO DE MEDICIÓN NO.	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		NOMBRE
	ESTE	NORTE	
1	4790702,14	2735771,24	Ruta 90 - Troncal del Caribe, Sabanalarga - Barranquilla

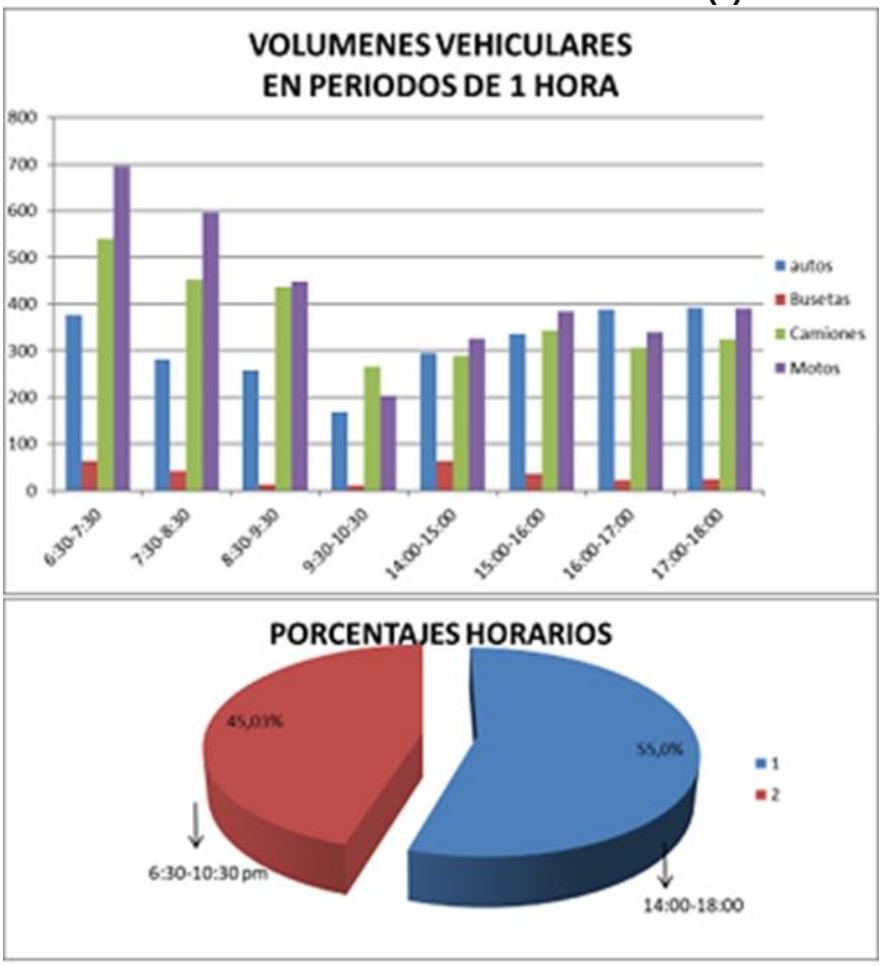
Fuente: U.T. PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-148 RESULTADOS DEL AFORO VEHICULAR - PUNTO NO. 1

PUNTO N° 1 TRONCAL CARIBE RUTA 90											
HORA DE INICIO	AUTOS	BUS	BUSETAS	PICK UP	TRACTORES	CAMIONES C2, C3, C4, C5 Y >C5	TOTAL	MOTOS	TOTAL	HORA	HORARIA
6:30-7:30	377	372	64	136	1	539	539	695	2184		
7:30-8:30	282	173	42	114	2	453	453	597	1663		
8:30-9:30	258	295	14	271	0	436	436	449	1723		
9:30-10:30	169	167	12	137	0	266	266	203	954	6524	55,0%
14:00-15:00	295	155	63	132	0	290	290	325	1260	5600	
15:00-16:00	335	187	37	113	0	344	344	384	1400	5337	
16:00-17:00	389	142	22	78	0	307	307	340	1278	4892	
17:00-18:00	392	173	25	101	0	324	324	391	1406	5344	45,03%
Volumen 4h	2497	1664	279	1082	3	2959	2959	3384	11868		100,00%
Composición	21,04%	14,02%	2,35%	9,12%	0,03%	24,93%	24,93%	28,51%	100%		
6:30- 10:30	1086	1007	132	658	3	1694	1694	1944	6524	FHP=	Vol max.
Composición	16,65%	15,44%	2,02%	10,09%	0,05%	25,97%	25,97%	29,80%	100%	0,75	6524
14:00- 18:00	1411	657	147	424	0	1265	1265	1440	5344	FHP=	Vol min.
Composición	26,40%	12,29%	2,75%	7,93%	0,00%	23,67%	23,67%	26,95%	100,00%	1,28	4892

Fuente: U.T. PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-97 VOLÚMENES VEHICULARES EN PERIODOS DE UNA (1) HORA – PUNTO NO. 1



Fuente: U.T. PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

- **Aforo vehicular – Punto No. 2**

En la **Tabla 5.1-149** y **Tabla 5.1-150** se presenta la ubicación georreferenciada del aforo vehicular No.2 y los resultados del aforo respectivamente. En la **Figura 5.1-98** se muestran los volúmenes vehiculares en periodos de una (1) hora, por aforo para el proyecto "Parque Fotovoltaico Atlántico".

TABLA 5.1-149 UBICACIÓN GEORREFERENCIADA DEL AFORO VEHICULAR NO. 2

PUNTO DE MEDICIÓN No.	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		NOMBRE
	ESTE	NORTE	
2	4788868,48	2736080,28	Vía Sabanalarga - Usiacurí

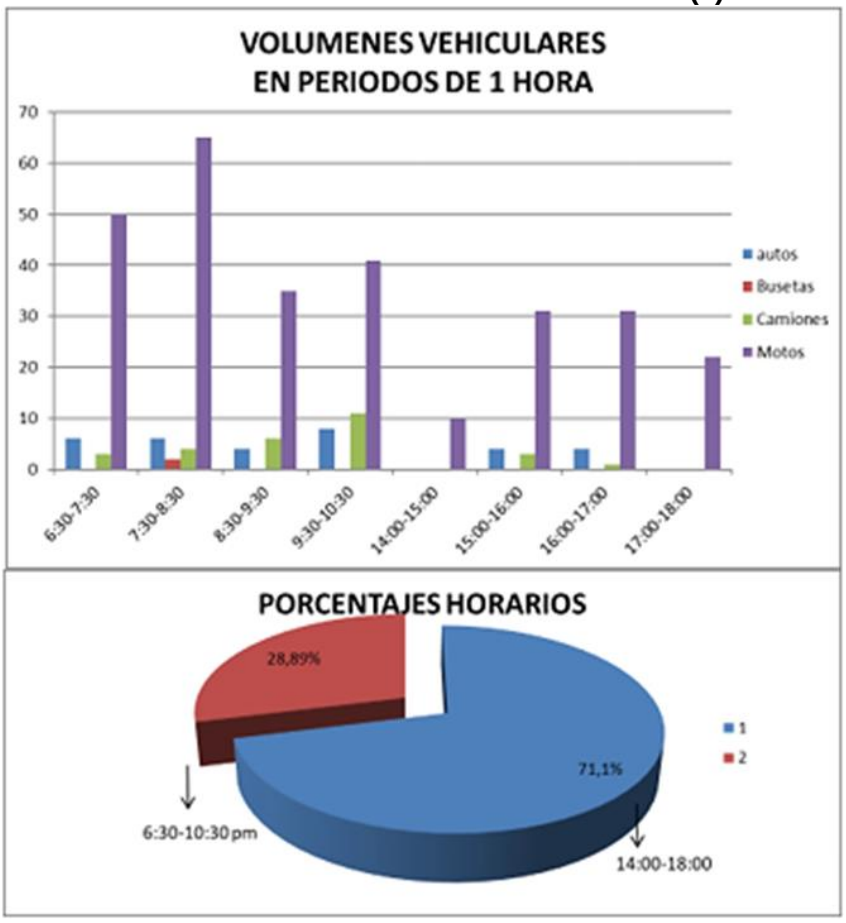
Fuente: U.T. PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-150 RESULTADOS DEL AFORO VEHICULAR - PUNTO NO. 2

PUNTO N° 2 VÍA SUR SABANALARGA - USIACURI											
HORA DE INICIO	AUTOS	BUS	BUSETAS	PICK UP	TRACTORES	CAMIONES C2, C3, C4, C5 Y >C5	TOTAL	MOTOS	TOTAL	HORA	HORARIA
6:30-7:30	6	1	0	13	1	3	3	50	74		
7:30-8:30	6	1	2	11	0	4	4	65	89		
8:30-9:30	4	1	0	2	0	6	6	35	48		
9:30-10:30	8	1	0	11	0	11	11	41	72	283	71,1%
14:00-15:00	0	0	0	2	0	0	0	10	12	221	
15:00-16:00	4	0	0	4	0	3	3	31	42	174	
16:00-17:00	4	0	0	2	0	1	1	31	38	164	
17:00-18:00	0	0	0	1	0	0	0	22	23	115	28,89%
Volumen 4h Composición	32	4	2	46	1	28	28	285	398		100,00%
	8,04%	1,01%	0,50%	11,56%	0,25%	7,04%	7,04%	71,61%	100%		
6:30- 10:30	24	4	2	37	1	24	24	191	283	FHP=	Vol max.
Composición	8,48%	1,41%	0,71%	13,07%	0,35%	8,48%	8,48%	67,49%	100%	0,79	283
14:00- 18:00	8	0	0	9	0	4	4	94	115	FHP=	Vol min.
Composición	6,96%	0,00%	0,00%	7,83%	0,00%	3,48%	3,48%	81,74%	100,00%	0,60	115

Fuente: U.T. PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-98 VOLÚMENES VEHICULARES EN PERIODOS DE UNA (1) HORA – PUNTO NO. 2



Fuente: U.T. PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

- **Aforo vehicular – Punto No. 3**

En la **Tabla 5.1-151** y **Tabla 5.1-152** se presenta la ubicación georreferenciada del aforo vehicular No.3 y los resultados del aforo respectivamente. En la **Figura 5.1-99** se muestran los volúmenes vehiculares en periodos de una (1) hora, por aforo para el proyecto "Parque Fotovoltaico Atlántico".

TABLA 5.1-151 UBICACIÓN GEORREFERENCIADA DEL AFORO VEHICULAR NO. 3

PUNTO DE MEDICIÓN No.	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		NOMBRE
	ESTE	NORTE	
3	4782981,53	2741289,14	Vía tipo 1 Isabel López - Usiacurí

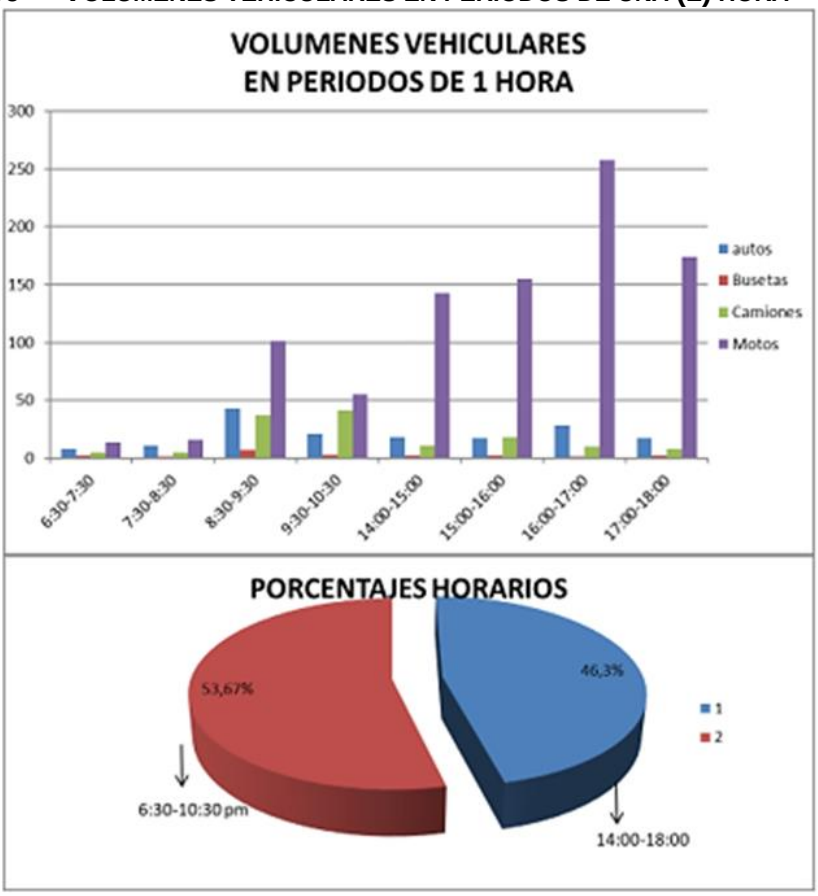
Fuente: U.T. PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 5.1-152 RESULTADOS DEL AFORO VEHICULAR - PUNTO NO. 3

PUNTO N° 3 VÍA ISABEL LÓPEZ - USIACURÍ - BARANOA											
HORA DE INICIO	AUTOS	BUS	BUSETAS	PICK UP	TRACTORES	CAMIONES C2, C3, C4, C5 Y >C5	TOTAL	MOTOS	TOTAL	HORA	HORARIA
6:30-7:30	8	2	2	137	0	5	5	14	168		
7:30-8:30	11	0	1	85	0	5	5	16	118		
8:30-9:30	43	24	7	100	0	37	37	101	312		
9:30-10:30	21	13	3	90	0	41	41	55	223	821	46,3%
14:00-15:00	18	3	2	24	0	11	11	143	201	854	
15:00-16:00	17	2	2	28	0	18	18	155	222	958	
16:00-17:00	28	1	1	19	0	10	10	258	317	963	
17:00-18:00	17	0	2	10	0	8	8	174	211	951	53,67%
Volumen 4h Composición	163	45	20	493	0	135	135	916	1772		100,00%
	9,20%	2,54%	1,13%	27,82%	0,00%	7,62%	7,62%	51,69%	100%		
6:30- 10:30	83	39	13	412	0	88	88	186	821	FHP=	Vol max.
Composición	10,11%	4,75%	1,58%	50,18%	0,00%	10,72%	10,72%	22,66%	100%	0,77	963
14:00- 18:00	80	6	7	81	0	47	47	730	951	FHP=	Vol min.
Composición	8,41%	0,63%	0,74%	8,52%	0,00%	4,94%	4,94%	76,76%	100,00%	1,74	821

Fuente: U.T. PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 5.1-99 VOLÚMENES VEHICULARES EN PERIODOS DE UNA (1) HORA – PUNTO NO. 3



Fuente: U.T. PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

5.1.9.5.4 Monitoreo de ruido ambiental

Para el desarrollo de este numeral se referencian los resultados de los monitoreos de ruido ambiental de 2 campañas realizadas como se describe a continuación, y cuyos informes se encuentran en el **Anexo_3.9_ Calidad de aire y ruido**:

- Campaña de monitoreo realizada en noviembre de 2019 en 5 puntos de muestreo, cuyos resultados fueron incluidos en el EIA. Este monitoreo fue realizado por Control de Contaminación Ltda.
- Campaña de monitoreo realizada en julio de 2023 en 10 puntos de muestreo, y cuyos resultados se presentan en esta modificación del EIA. Este monitoreo fue realizado por MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental SAS.

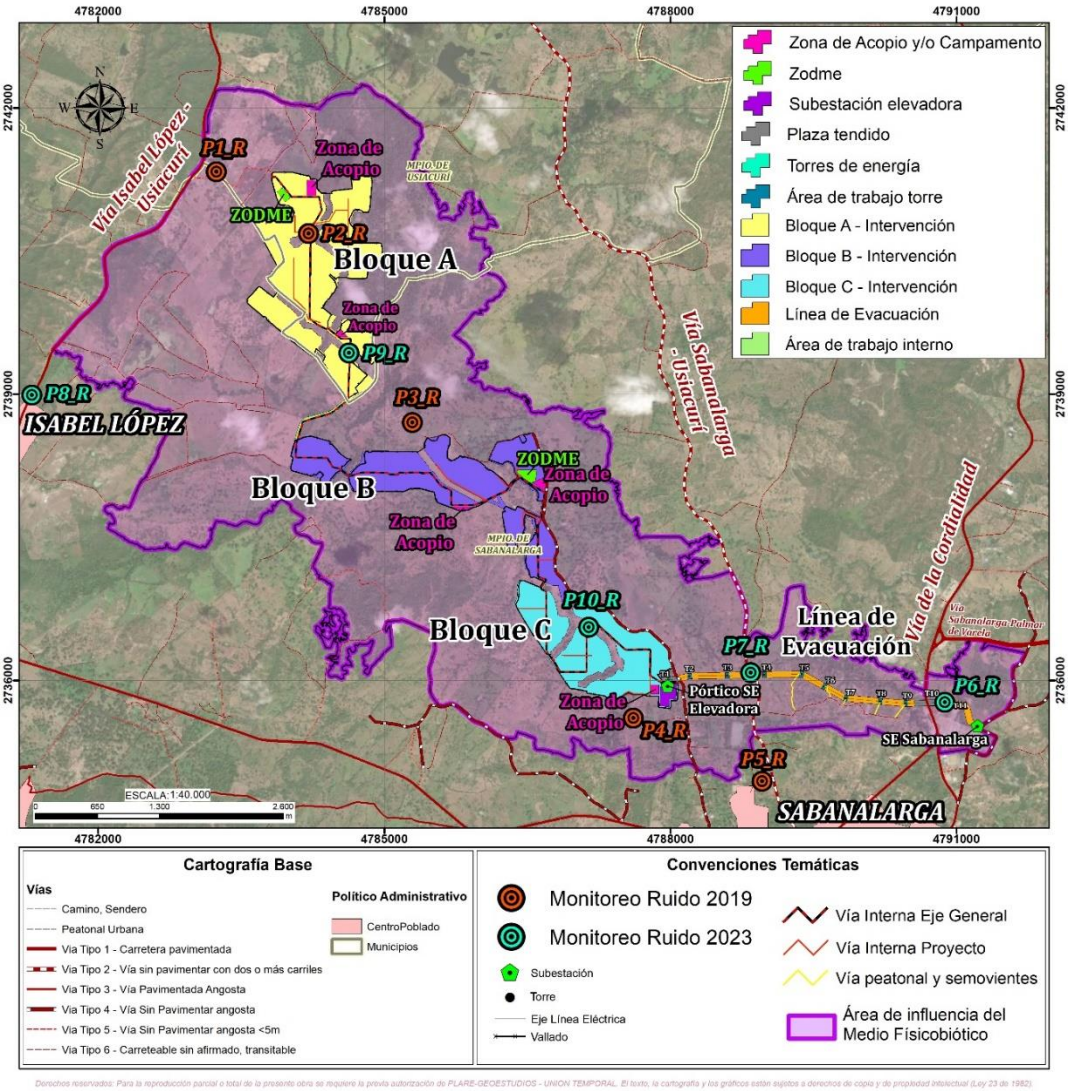
Los monitoreos fueron ejecutados durante el horario diurno y nocturno tomando mediciones en día hábil y en día no hábil, según lo recomendado en los Anexos II y III de la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 emitida por MAVDT, hoy MADS. Las mediciones se hicieron en dirección de las cinco (5) coordenadas geográficas (Norte, Este, Sur y Oeste) y en posición vertical, distribuida uniformemente en la hora hasta obtener 40 minutos de captura de información por cada hora monitoreada.

Las mediciones se realizaron para el horario diurno entre las 07:01 y las 21:00 horas y para el periodo nocturno entre las 21:01 y las 07:00 horas, según lo dispuesto en el Artículo 2 del capítulo 1 de la norma nacional de ruido ambiental.

- **Localización de los sitios de muestreo**

En la campaña del año 2019, se monitorearon cinco (5) puntos, y en la campaña 2023, 10 puntos, los cuales se establecieron teniendo en cuenta el procedimiento descrito en el Capítulo II del Anexo 3 de la Resolución 0627 del 7 de abril del 2006 del MAVDT, actual MADS (ver **Figura 5.1-100**). En la **Tabla 5.1-153** se presentan las coordenadas y homologaciones de los ID de los puntos en ambas campañas de monitoreo.

FIGURA 5.1-100 LOCALIZACIÓN PUNTOS DE MONITOREO RUIDO AMBIENTAL



Derechos reservados: Para la reproducción parcial o total de la presente obra se requiere la previa autorización de PLARE-GEOESTUDIOS - UNIÓN TEMPORAL. El texto, la cartografía y los gráficos están sujetos a derechos de copia y de propiedad intelectual (Ley 23 de 1982).

Fuente: PLARE-GEOESTUDIOS, 2023.

TABLA 5.1-153 COORDENADAS DE PUNTOS DE MEDICIÓN CAMPAÑA 2019 Y CAMPAÑA 2023

CAMPAÑA DE MONITOREO NOVIEMBRE 2019				CAMPAÑA DE MONITOREO JULIO 2023			Sector de Restricción Resolución N° 627 de 2006
Sitio	Punto	Coordenadas Planas Origen Nacional		Punto	Coordenadas Planas Origen Nacional		
		ESTE	NORTE		ESTE	NORTE	
Costado Derecho –Entrada Finca Toledo	P1_R.	4783237,63	2741332,35	R1	4783238	2741332	D
Finca Vecina – Parte posterior Finca Toledo	P2_R.	4784204,49	2740686,26	R2	4784204	2740686	D
Costado Sureste – Finca Villa Rosa	P3_R.	4785295,38	2738706,81	R3	4785295	2738707	D
Costado Noroeste – Punto 2 Estación de Calidad el Aire	P4_R.	4787610,29	2735607,71	R4	4787610	2735608	D
Lado Sur 240 Metros – Punto 3 Estación de Calidad del Aire	P5_R.	4788961,38	2734945,58	R5	4788961	2734946	D
Predio Galicia				R6	4790876	2735773	D
Predio El MIrador				R7	4788842	2736083	C
Punto a 3 m costado oeste de la vía Baranoa-Usiacurí-Isabel Lopez				R8	4781304	2738994	C
Predio Lote 2 - Las Playas 2				R9	4784629	2739433	D
Predio El Mirador				R10	4787143	2736559	D

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019, y MCS, 2023.

- **Normatividad vigente**

Las mediciones de ruido ambiental y el análisis de datos se realizaron en cumplimiento a la normativa colombiana vigente, Resolución 0627 del 7 de abril del 2006 del MAVDT, actual MADS; en especial los anexos 1, 2 y 3 de la anterior resolución. En la tabla 2 de la citada norma se establecen los estándares de ruido ambiental expresados en decibeles. Ver **Tabla 5.1-154**.

Los resultados arrojados por el monitoreo se compararon con el Sector D: Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado – Subsector: Rural habitada destinada a explotación agropecuaria, para los puntos P1 a P5 (R1 a R5), R9 y R10. Y Sector C: Ruido Intermedio Restringido, subsector "Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales", para los puntos R7 y R8.

TABLA 5.1-154 ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL, EXPRESADOS EN DECIBELES DB(A)

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de Ruido Ambiental dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes. Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación. Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	65	50
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas. Zonas con usos institucionales.	65	50
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	**55**	**45**
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Resolución 0627 del 2006

- **Mediciones de ruido ambiental**

Las mediciones se realizaron bajo las siguientes condiciones:

- Campaña 2019: Días Hábiles: 2019-11-16 y 2019-11-18; Día No Hábil: 2019-11-17.
- Campaña 2023: Días Hábiles: 2023-07-10 ; Día No Hábil: 2023-07-09.

A continuación, en la **Tabla 5.1-155** se presenta el registro fotográfico de los puntos de medición.

TABLA 5.1-155 REGISTRO FOTOGRÁFICO PUNTOS DE MEDICIÓN

PUNTO DE MONITOREO	PRIMERA CAMPAÑA MONITOREO NOVIEMBRE 2019	SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO JULIO 2023
P1_R. – R1 Costado Derecho – Entrada Finca Toledo		 
P2_R. – R2 Finca Vecina – Parte posterior Finca Toledo		 
P3_R. – R3 Costado Sureste – Finca Villa Rosa		 
P4_R. – R4 Costado Noroeste – Punto 2 Estación de Calidad el Aire		 

PUNTO DE MONITOREO	PRIMERA CAMPAÑA MONITOREO NOVIEMBRE 2019	SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO JULIO 2023
P5_R. – R5 Lado Sur 240 Metros – Punto 3 Estación de Calidad del Aire		 
R6		 
R7		 
R8		 
R9		 

PUNTO DE MONITOREO	PRIMERA CAMPAÑA MONITOREO NOVIEMBRE 2019	SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO JULIO 2023
R10		

Fuente: *Control de Contaminación Ltda., 2019, y MCS, 2023.*

➢ Meteorología del periodo de medición

- Condiciones climáticas

Los datos meteorológicos fueron reportados por la estación meteorológica Marca Davis Vantage Pro 2 durante el periodo de monitoreo, los cuales se pueden observar en la **Tabla 5.1-156**, **Tabla 5.1-157**, **Tabla 5.1-158.**

TABLA 5.1-156 CONDICIONES METEOROLÓGICAS DÍA HÁBIL 1

Fecha	Hora	Temperatura Media °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Humedad %	Presión Atmosférica mmHg	Precipitación mm	Velocidad del viento m/s	Dirección del Viento
2019-11-16	00:00:00	25,0	29,9	28,6	95	752	0,0	1,4	WNW
2019-11-16	01:00:00	24,6	31,1	29,3	95	751	0,0	1,5	WNW
2019-11-16	02:00:00	24,5	32,1	30,3	95	751	0,0	1,3	NW
2019-11-16	03:00:00	24,5	33,4	31,1	95	751	0,0	1,6	W
2019-11-16	04:00:00	24,1	33,6	31,2	95	751	0,0	1,1	W
2019-11-16	05:00:00	23,7	31,9	28,0	95	751	0,0	1,2	W
2019-11-16	06:00:00	24,3	28,2	24,9	95	752	0,0	1,3	WSW
2019-11-16	07:00:00	24,9	24,8	24,3	95	753	0,0	1,3	SSW
2019-11-16	08:00:00	26,6	24,3	24,2	95	753	0,0	1,6	SSW
2019-11-16	09:00:00	29,0	24,4	24,2	96	753	0,0	2,4	SSW
2019-11-16	10:00:00	29,4	24,5	24,3	92	753	0,0	1,0	W
2019-11-16	11:00:00	31,0	24,9	24,5	87	753	0,0	2,3	NNE
2019-11-16	12:00:00	31,5	24,9	24,6	81	758	0,0	2,9	WSW
2019-11-16	13:00:00	33,3	24,7	24,4	68	752	0,0	3,5	WSW
2019-11-16	14:00:00	31,6	24,4	24,0	80	751	0,0	3,9	WNW
2019-11-16	15:00:00	28,1	24,3	24,1	88	751	0,0	3,4	NW
2019-11-16	16:00:00	24,9	24,2	24,0	95	751	0,0	1,8	WNW
2019-11-16	17:00:00	24,4	24,1	23,9	95	751	0,0	1,8	NNW
2019-11-16	18:00:00	24,3	24,1	23,7	95	751	0,0	1,7	NW
2019-11-16	19:00:00	24,3	23,9	23,6	95	752	0,0	1,7	WNW
2019-11-16	20:00:00	24,5	24,3	23,6	95	753	0,0	1,8	WNW
2019-11-16	21:00:00	24,8	24,9	24,3	95	754	0,0	2,1	WNW
2019-11-16	22:00:00	24,7	26,8	24,9	95	754	0,0	2,1	NNW
2019-11-16	23:00:00	24,4	29,0	26,9	95	753	0,0	1,9	NW

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

TABLA 5.1-157 CONDICIONES METEOROLÓGICAS DÍA NO HÁBIL 1

Fecha	Hora	Temperatura Media °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Humedad %	Presión Atmosférica mmHg	Precipitación mm	Velocidad del viento m/s	Dirección del Viento
2019-11-17	00:00:00	24,2	28,6	27,8	95	753	0,0	1,7	NNW
2019-11-17	01:00:00	24,2	29,7	27,4	95	753	0,0	1,0	NNW
2019-11-17	02:00:00	24,1	28,9	27,4	95	752	0,0	0,8	NE
2019-11-17	03:00:00	24,0	31,0	28,2	95	752	0,0	1,3	NE
2019-11-17	04:00:00	23,7	31,3	28,3	95	752	0,0	2,8	SE
2019-11-17	05:00:00	23,9	31,1	30,3	95	752	0,0	2,9	SE
2019-11-17	06:00:00	24,2	30,9	28,8	95	753	0,0	1,8	NNE
2019-11-17	07:00:00	24,9	28,8	27,6	95	754	0,0	2,6	SSW
2019-11-17	08:00:00	26,7	27,6	26,4	95	758	0,0	3,6	NE
2019-11-17	09:00:00	28,0	26,4	26,1	96	755	0,0	4,7	ENE
2019-11-17	10:00:00	28,4	26,2	26,1	99	755	0,0	1,8	N
2019-11-17	11:00:00	27,5	26,1	25,5	95	754	0,0	2,1	N
2019-11-17	12:00:00	28,0	25,5	25,3	92	753	0,0	2,3	ENE
2019-11-17	13:00:00	29,4	25,3	25,0	85	753	0,0	1,1	E
2019-11-17	14:00:00	30,3	25,0	24,8	86	752	0,0	0,9	SE
2019-11-17	15:00:00	30,9	24,8	24,7	79	752	0,0	1,0	NW
2019-11-17	16:00:00	28,8	25,1	24,7	89	752	0,0	1,0	SE
2019-11-17	17:00:00	27,6	25,2	25,0	97	752	0,0	1,2	S
2019-11-17	18:00:00	26,4	25,0	24,7	95	752	0,0	1,6	SE
2019-11-17	19:00:00	26,1	24,6	24,1	95	753	0,0	2,6	S
2019-11-17	20:00:00	26,1	24,9	24,2	95	753	0,0	2,6	SSW
2019-11-17	21:00:00	25,5	25,3	25,0	95	754	0,0	2,5	S
2019-11-17	22:00:00	25,3	26,0	25,4	95	754	0,0	1,8	SSE
2019-11-17	23:00:00	25,0	27,9	26,0	95	754	0,0	2,2	NNW

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

TABLA 5.1-158 CONDICIONES METEOROLÓGICAS DÍA HÁBIL 2

Fecha	Hora	Temperatura Media °C	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Humedad %	Presión Atmosférica mmHg	Precipitación mm	Velocidad del viento m/s	Dirección del Viento
2019-11-18	00:00:00	24,8	31,5	29,3	95	753	0,0	1,5	NW
2019-11-18	01:00:00	24,8	31,9	30,2	95	753	0,0	1,9	WNW
2019-11-18	02:00:00	25,1	33,0	30,8	95	752	0,0	1,0	WNW
2019-11-18	03:00:00	25,0	34,5	33,0	95	752	0,0	1,2	NW
2019-11-18	04:00:00	24,7	33,4	31,1	95	752	0,0	2,0	NW
2019-11-18	05:00:00	24,3	32,3	28,5	95	752	0,0	1,7	NNW
2019-11-18	06:00:00	24,9	28,5	27,2	95	753	0,0	1,5	WNW
2019-11-18	07:00:00	25,3	27,4	27,2	95	753	0,0	1,8	NW
2019-11-18	08:00:00	26,0	27,2	26,2	95	754	0,0	2,6	SE
2019-11-18	09:00:00	27,5	26,1	24,5	95	758	0,0	1,8	NNW
2019-11-18	10:00:00	-	25,7	24,7	80	758	0,0	1,0	WNW
2019-11-18	11:00:00	30,5	25,4	23,6	83	753	0,0	1,4	NNW
2019-11-18	12:00:00	31,5	24,8	23,7	77	752	0,0	1,7	NW
2019-11-18	13:00:00	32,9	25,2	24,8	69	752	0,0	1,3	W
2019-11-18	14:00:00	-	25,3	24,9	80	758	0,0	1,8	WNW
2019-11-18	15:00:00	33,4	25,0	24,4	63	758	0,0	1,9	WNW
2019-11-18	16:00:00	32,3	24,5	23,9	79	758	0,0	3,2	NE
2019-11-18	17:00:00	28,5	23,9	23,4	96	751	0,0	3,4	N
2019-11-18	18:00:00	27,2	24,1	23,4	95	751	0,0	1,9	N
2019-11-18	19:00:00	27,3	24,7	24,1	95	752	0,0	1,8	NW
2019-11-18	20:00:00	26,4	25,6	24,6	95	758	0,0	2,4	NNW
2019-11-18	21:00:00	24,7	27,8	25,6	95	753	0,0	2,5	NNE
2019-11-18	22:00:00	25,6	29,6	27,5	95	753	0,0	2,4	ESE
2019-11-18	23:00:00	23,7	30,6	29,1	95	753	0,0	2,1	ENE

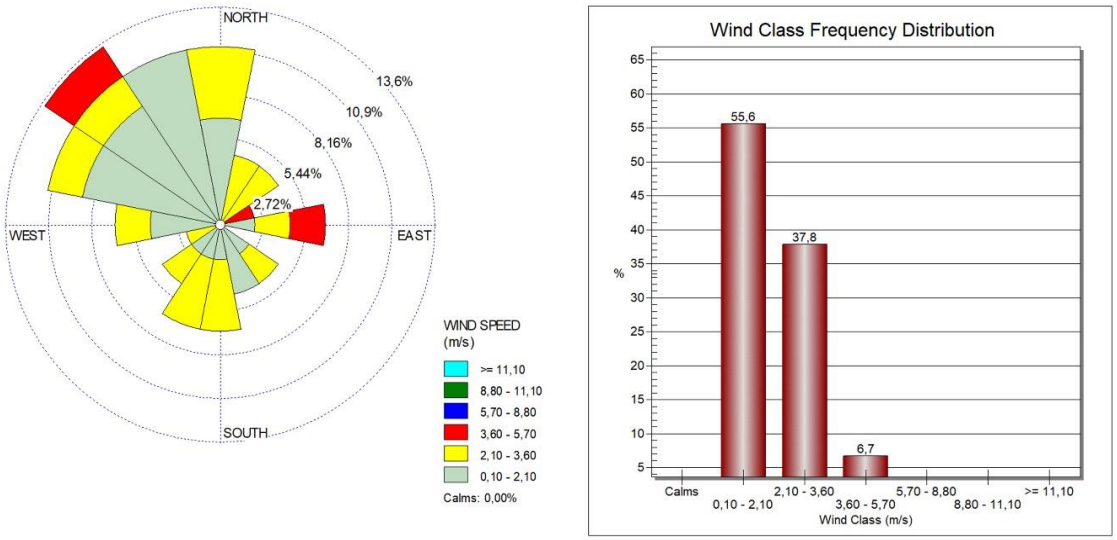
Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

- Rosa de vientos

Conforme a la rosa de vientos elaborada con la información recolectada por la estación meteorológica ubicada en el área de influencia del proyecto, durante el periodo de monitoreo diurno (**Figura 5.1-101**) se presentaron cuatro (4) flujos predominantes provenientes de las direcciones norte (N), oeste noroeste (WNW), nornoroeste (NNW) con frecuencias de 10,9% y noroeste (NW) con una frecuencia de 13,5%, en proporciones menores al 8,16% se evidenciaron vientos en las direcciones nornoreste (NNE), noreste (NE), este noreste (ENE), este (E), sureste (SE), sursureste (SSE), sur (S), sursuroeste (SSW), suroeste (SW), oeste suroeste (WSW), y oeste (W), con velocidades que oscilaron entre los 0,10 hasta los 5,70 m/s y un periodo de calma de 0,00%.

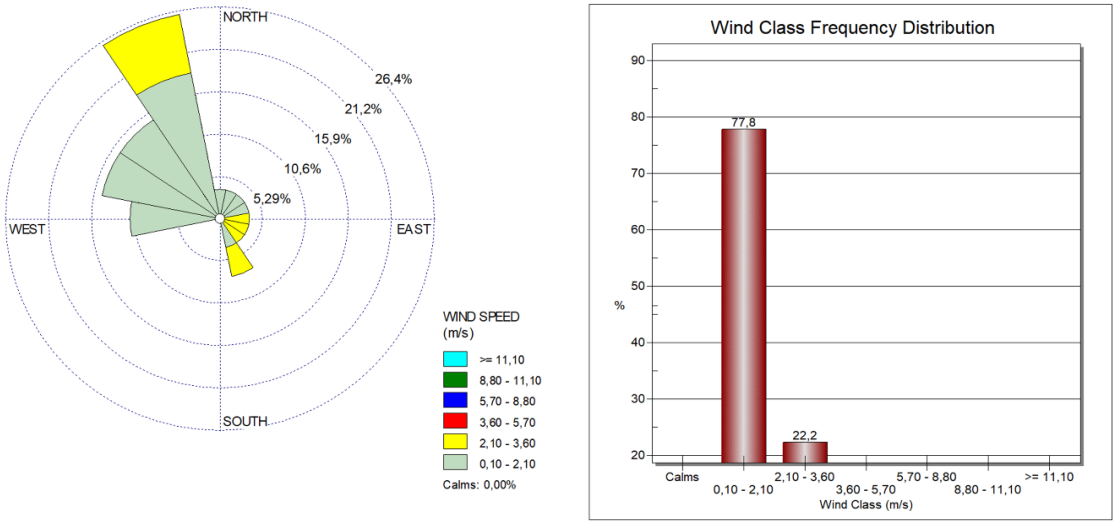
En lo relacionado al periodo nocturno, la rosa de los vientos (**Figura 5.1-102**) nos indica que la predominancia de los vientos provino de la dirección nornoroeste (NNW) con una frecuencia de 26,3%, de igual forma con frecuencias inferiores al 15,9 %, se presentaron vientos en las direcciones norte (N), nornoreste (NNE), noreste (NE), este noreste (ENE), este (E), este sureste (ESE), sureste (SE), sursureste (SSE), oeste (W), oeste noroeste (WNW) y noroeste (NW), con velocidades que alcanzaron los 3,60 m/s y un periodo de calma reportado del 0,00%.

FIGURA 5.1-101 ROSA DE VIENTOS DEL PERIODO MONITOREADO EN JORNADA DIURNA



Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

FIGURA 5.1-102 ROSA DE VIENTOS DEL PERIODO MONITOREADO – JORNADA NOCTURNA



Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

- Velocidad del viento

A continuación, en la **Tabla 5.1-159**, **Tabla 5.1-160** se reportan los datos de velocidad del viento durante el periodo de monitoreo tomados con el equipo Anemómetro digital GM8901.

TABLA 5.1-159 DATOS DE VELOCIDADES MÁXIMAS DE VIENTO – DÍA HÁBIL

DATOS DE VELOCIDADES MÁXIMAS DE VIENTO					
DÍA HÁBIL 1 (2019-11-16)					
No.	**Identificación del punto**	**Fecha**	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**Velocidad del Viento m/s**
1	Costado Derecho – Entrada Finca Toledo	2019-11-16	08:10	09:10	0,4
2	Finca Vecina – Parte Posterior Finca Toledo	2019-11-16	09:25	10:25	0,5
3	Costado Sureste – Finca Villa Rosa	2019-11-16	13:35	14:35	0,3
4	Costado Noreste – Punto 2 estación de Calidad del Aire	2019-11-16	12:15	13:15	0,4
5	Lado Sur 240 Metros – Punto 3 Estación de Calidad del Aire	2019-11-16	10:50	11:50	0,6
1	Costado Derecho – Entrada Finca Toledo	2019-11-16	21:10	22:10	0,3
2	Finca Vecina – Parte Posterior Finca Toledo	2019-11-16	22:29	23:29	0,4
3	Costado Sureste – Finca Villa Rosa	2019-11-17	02:30	03:30	0,5
4	Costado Noreste – Punto 2 estación de Calidad del Aire	2019-11-17	01:10	02:10	0,5
5	Lado Sur 240 Metros – Punto 3 Estación de Calidad del Aire	2019-11-16	23:50	00:50	0,3

DATOS DE VELOCIDADES MÁXIMAS DE VIENTO					
DÍA HÁBIL 1 (2019-11-16)					
No.	**Identificación del punto**	**Fecha**	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**Velocidad del Viento m/s**
DÍA HÁBIL 2 (2019-11-18)					
1	Costado Derecho – Entrada Finca Toledo	2019-11-18	09:05	10:05	0,5
2	Finca Vecina – Parte Posterior Finca Toledo	2019-11-18	10:25	11:25	0,4
3	Costado Sureste – Finca Villa Rosa	2019-11-18	14:25	15:25	0,3
4	Costado Noreste – Punto 2 estación de Calidad del Aire	2019-11-18	13:05	14:05	0,5
5	Lado Sur 240 Metros – Punto 3 Estación de Calidad del Aire	2019-11-18	11:46	12:46	0,6
1	Costado Derecho – Entrada Finca Toledo	2019-11-18	21:30	22:30	0,4
2	Finca Vecina – Parte Posterior Finca Toledo	2019-11-18	22:50	23:50	0,4
3	Costado Sureste – Finca Villa Rosa	2019-11-19	02:54	03:54	0,6
4	Costado Noreste – Punto 2 estación de Calidad del Aire	2019-11-19	01:30	02:30	0,4
5	Lado Sur 240 Metros – Punto 3 Estación de Calidad del Aire	2019-11-19	00:10	01:10	0,6

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

TABLA 5.1-160 DATOS DE VELOCIDADES MÁXIMAS DE VIENTO – DÍA NO HÁBIL

DATOS DE VELOCIDADES MÁXIMAS DE VIENTO						
DÍA NO HÁBIL (2019-11-17)						
Horario	**No.**	**Identificación del punto**	**Fecha**	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**Velocidad del Viento m/s**
Diurno	1	Costado Derecho – Entrada Finca Toledo	2019-11-17	09:25	10:25	0,4
	2	Finca Vecina – Parte Posterior Finca Toledo	2019-11-17	10:45	11:45	0,4
	3	Costado Sureste – Finca Villa Rosa	2019-11-17	14:53	15:53	0,4
	4	Costado Noreste – Punto 2 estación de Calidad del Aire	2019-11-17	13:30	14:30	0,5
	5	Lado Sur 240 Metros – Punto 3 Estación de Calidad del Aire	2019-11-17	12:06	13:06	0,3
Nocturno	1	Costado Derecho – Entrada Finca Toledo	2019-11-17	21:20	22:20	0,4
	2	Finca Vecina – Parte Posterior Finca Toledo	2019-11-17	22:40	23:40	0,4
	3	Costado Sureste – Finca Villa Rosa	2019-11-18	02:44	03:44	0,4
	4	Costado Noreste – Punto 2 estación de Calidad del Aire	2019-11-18	01:25	02:25	0,5
	5	Lado Sur 240 Metros – Punto 3 Estación de Calidad del Aire	2019-11-18	00:05	01:05	0,4

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

- **Cálculo de ruido ambiental**

El cálculo de ruido ambiental se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$L_{Aeq} = 10 * \log\left((1/5) * (10^{LN/10} + 10^{LS/10} + 10^{LO/10} + 10^{LE/10} + 10^{LV/10})\right)$$

Donde:

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.

- **Resultados de la medición campaña 2019**

Para efectos de la evaluación de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto para la campaña de monitoreo de 2019, se realizaron las mediciones con el equipo en ponderación lenta (SLOW) y se tomó en cuenta el Nivel Sonoro Equivalente (LAeq) (ver **Tabla 5.1-161**, **Tabla 5.1-162**, **Tabla 5.1-163**, **Tabla 5.1-164**, **Tabla 5.1-165** y **Tabla 5.1-166**).

A los valores medidos en campo se le aplicaron las correcciones y ajustes según lo establecido en el **Anexo_3.9_ Calidad de aire y ruido** - Anexo "determinación de los valores de ajuste k" de la Resolución 627 de 2006.

TABLA 5.1-161 RESULTADOS MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL DIURNO DÍA HÁBIL 1 CAMPAÑA 2019

TABLA RESULTADOS RUIDO AMBIENTAL														
FECHA: 2018.01.26									VERSIÓN: 01					
DOCUMENTO CONTROLADO														
DATOS Y RESULTADOS DE RUIDO AMBIENTAL E Y C GLOBAL NOVIEMBRE DE 2019														
PERIODO DIURNO - DÍA HÁBIL 1														
PUNTO No.	**IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO**	**MEDICIÓN No.**	**DIRECCIÓN DE MEDICIÓN**	**FECHA MEDICIÓN**	**HORA INICIO**	**HORA FINAL**	**LAeq,d dB (A)**	**K_S**	**K_T**	**K_I**	**L90 dB(A)**	**LRAeq,T dB(A)**	**LAeq dB(A)**	**Norma dB(A)**	**CUMPLIMIENTO**
1	Costado Derecho - Entrada Finca Toledo	L11525	L_N dB (A)	2019-11-16	08:10:00	08:18:00	51,0	0	0	3	47,4	54,0	54,1	55	CUMPLE
		L11526	L_S dB (A)	2019-11-16	08:23:00	08:31:00	48,5	0	3	3	46,7	51,5			
		L11527	L_E dB (A)	2019-11-16	08:36:00	08:44:00	52,2	0	0	3	49,3	55,2			
		L11528	L_O dB (A)	2019-11-16	08:49:00	08:57:00	52,3	0	3	3	50,4	55,3			
		L11529	L_V dB (A)	2019-11-16	09:02:00	09:10:00	50,3	0	3	3	48,3	53,3			
2	Finca Vecina - Parte Posterior de Finca Toledo	L11530	L_N dB (A)	2019-11-16	09:25:00	09:33:00	52,0	0	0	3	49,0	55,0	55,1	55	NO CUMPLE
		L11531	L_S dB (A)	2019-11-16	09:38:00	09:46:00	51,4	0	0	3	49,1	54,4			
		L11532	L_E dB (A)	2019-11-16	09:51:00	09:59:00	49,3	0	3	0	48,1	52,3			
		L11533	L_O dB (A)	2019-11-16	10:04:00	10:12:00	50,0	0	6	0	48,3	56,0			
		L11534	L_V dB (A)	2019-11-16	10:17:00	10:25:00	50,7	0	6	0	49,0	56,7			
3	Costado Sureste - Finca Villa Rosa	L11546	L_N dB (A)	2019-11-16	13:35:00	13:43:00	54,5	0	3	3	50,4	57,5	57,0	55	NO CUMPLE
		L11547	L_S dB (A)	2019-11-16	13:48:00	13:56:00	54,5	0	3	3	50,7	57,5			
		L11548	L_E dB (A)	2019-11-16	14:01:00	14:09:00	53,5	0	0	3	49,9	56,5			
		L11549	L_O dB (A)	2019-11-16	14:14:00	14:22:00	50,5	0	3	3	48,9	53,5			
		L11550	L_V dB (A)	2019-11-16	14:27:00	14:35:00	52,5	0	6	3	48,3	58,5			
4	Costado Noroeste - Punto 2 Estación de Calidad del Aire	L11541	L_N dB (A)	2019-11-16	12:15:00	12:23:00	55,2	0	3	3	51,3	58,2	56,5	55	NO CUMPLE
		L11542	L_S dB (A)	2019-11-16	12:28:00	12:36:00	53,4	0	0	3	50,6	56,4			
		L11543	L_E dB (A)	2019-11-16	12:41:00	12:49:00	53,5	0	0	3	50,7	56,5			
		L11544	L_O dB (A)	2019-11-16	12:54:00	13:02:00	52,4	0	3	3	49,2	55,4			
		L11545	L_V dB (A)	2019-11-16	13:07:00	13:15:00	52,7	0	3	3	50,7	55,7			
5	Lado Sur 240 Metros - Punto 3 Estación de Calidad del Aire	L11536	L_N dB (A)	2019-11-16	10:50:00	10:58:00	52,3	0	6	6	46,1	58,3	55,9	55	NO CUMPLE
		L11537	L_S dB (A)	2019-11-16	11:03:00	11:11:00	51,4	0	0	3	47,6	54,4			
		L11538	L_E dB (A)	2019-11-16	11:16:00	11:24:00	49,8	0	3	3	47,1	52,8			
		L11539	L_O dB (A)	2019-11-16	11:29:00	11:37:00	52,2	0	3	3	50,2	55,2			
		L11540	L_V dB (A)	2019-11-16	11:42:00	11:50:00	53,9	0	3	3	51,1	56,9			

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

TABLA 5.1-162 RESULTADOS MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL DIURNO DÍA HÁBIL 2 CAMPAÑA 2019

TABLA RESULTADOS RUIDO AMBIENTAL		
	FECHA: 2018.01.26	**VERSIÓN:** 01

DOCUMENTO CONTROLADO

DATOS Y RESULTADOS DE RUIDO AMBIENTAL
E Y C GLOBAL
NOVIEMBRE DE 2019

PERIODO DIURNO - DÍA HÁBIL 2

PUNTO No.	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO	MEDICIÓN No.	DIRECCIÓN DE MEDICIÓN	FECHA MEDICIÓN	HORA INICIO	HORA FINAL	LAeq,d dB (A)	K_S	K_T	K_I	L90 dB(A)	LRAeq,T dB(A)	LAeq dB(A)	Norma dB(A)	CUMPLIMIENTO
1	Costado Derecho - Entrada Finca Toledo	L11627	L_N dB (A)	2019-11-18	09:05:00	09:13:00	60,2	0	6	3	51,9	66,2	65,1	55	NO CUMPLE
		L11628	L_S dB (A)	2019-11-18	09:18:00	09:26:00	59,3	0	6	3	56,9	65,3			
		L11629	L_EdB (A)	2019-11-18	09:31:00	09:39:00	59,5	0	6	3	57,0	65,5			
		L11630	L_O dB (A)	2019-11-18	09:44:00	09:52:00	59,5	0	6	3	57,1	65,5			
		L11631	L_V dB (A)	2019-11-18	09:57:00	10:05:00	58,3	0	3	0	55,0	61,3			
2	Finca Vecina - Parte Posterior de Finca Toledo	L11632	L_N dB (A)	2019-11-18	10:25:00	10:33:00	56,4	0	3	0	53,6	59,4	60,2	55	NO CUMPLE
		L11633	L_S dB (A)	2019-11-18	10:38:00	10:46:00	56,9	0	3	0	54,6	59,9			
		L11634	L_EdB (A)	2019-11-18	10:51:00	10:59:00	57,6	0	3	0	55,4	60,6			
		L11635	L_O dB (A)	2019-11-18	11:04:00	11:12:00	57,5	0	3	0	55,2	60,5			
		L11636	L_V dB (A)	2019-11-18	11:17:00	11:25:00	57,4	0	3	0	55,0	60,4			
3	Costado Sureste - Finca Villa Rosa	L11647	L_N dB (A)	2019-11-18	14:25:00	14:33:00	56,4	0	3	0	54,0	59,4	63,0	55	NO CUMPLE
		L11648	L_S dB (A)	2019-11-18	14:38:00	14:46:00	56,9	0	3	0	54,3	59,9			
		L11649	L_EdB (A)	2019-11-18	14:51:00	14:59:00	56,9	0	3	3	54,4	59,9			
		L11650	L_O dB (A)	2019-11-18	15:04:00	15:12:00	59,4	0	3	6	46,9	65,4			
		L11651	L_V dB (A)	2019-11-18	15:17:00	15:25:00	59,7	0	6	6	46,9	65,7			
4	Costado Noroeste - Punto 2 Estación de Calidad del Aire	L11642	L_N dB (A)	2019-11-18	13:05:00	13:13:00	58,0	0	3	6	53,2	64,0	61,7	55	NO CUMPLE
		L11643	L_S dB (A)	2019-11-18	13:18:00	13:26:00	56,7	0	6	0	54,4	62,7			
		L11644	L_EdB (A)	2019-11-18	13:31:00	13:39:00	56,8	0	3	0	54,3	59,8			
		L11645	L_O dB (A)	2019-11-18	13:44:00	13:52:00	57,3	0	3	3	54,4	60,3			
		L11646	L_V dB (A)	2019-11-18	13:57:00	14:05:00	56,8	0	3	0	54,5	59,8			
5	Lado Sur 240 Metros - Punto 3 Estación de Calidad del Aire	L11637	L_N dB (A)	2019-11-18	11:46:00	11:54:00	61,2	0	3	6	47,8	67,2	67,1	55	NO CUMPLE
		L11638	L_S dB (A)	2019-11-18	11:59:00	12:07:00	60,8	0	6	6	49,5	66,8			
		L11639	L_EdB (A)	2019-11-18	12:12:00	12:20:00	61,5	0	3	6	49,5	67,5			
		L11640	L_O dB (A)	2019-11-18	12:25:00	12:33:00	61,7	0	6	6	48,7	67,7			
		L11641	L_V dB (A)	2019-11-18	12:38:00	12:46:00	60,2	0	3	6	48,6	66,2			

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

TABLA 5.1-163 RESULTADOS MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL DIURNO DÍA NO HÁBIL CAMPAÑA 2019

	TABLA RESULTADOS RUIDO AMBIENTAL	
	FECHA: 2018.01.26	**VERSIÓN:** 01

DOCUMENTO CONTROLADO

DATOS Y RESULTADOS DE RUIDO AMBIENTAL
E Y C GLOBAL
NOVIEMBRE DE 2019

PERIODO DIURNO - DÍA NO HÁBIL

PUNTO No.	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO	MEDICIÓN No.	DIRECCIÓN DE MEDICIÓN	FECHA MEDICIÓN	HORA INICIO	HORA FINAL	LAeq,d dB (A)	K_S	K_T	K_I	L90 dB(A)	LRAeq,T dB(A)	LAeq dB(A)	Norma dB(A)	CUMPLIMIENTO
1	Costado Derecho - Entrada Finca Toledo	L11577	L_N dB (A)	2019-11-17	09:25:00	09:33:00	56,5	0	0	6	41,2	62,5	56,3	55	NO CUMPLE
		L11578	L_S dB (A)	2019-11-17	09:38:00	09:46:00	46,0	0	0	3	38,7	49,0			
		L11579	L_F dB (A)	2019-11-17	09:51:00	09:59:00	42,6	0	0	6	39,1	48,6			
		L11580	L_O dB (A)	2019-11-17	10:04:00	10:12:00	44,4	0	3	3	39,2	47,4			
		L11581	L_V dB (A)	2019-11-17	10:17:00	10:25:00	46,6	0	0	6	39,8	52,6			
2	Finca Vecina - Parte Posterior de Finca Toledo	L11582	L_N dB (A)	2019-11-17	10:45:00	10:53:00	50,9	0	3	6	39,7	56,9	52,9	55	CUMPLE
		L11583	L_S dB (A)	2019-11-17	10:58:00	11:06:00	43,5	0	3	3	39,9	46,5			
		L11584	L_F dB (A)	2019-11-17	11:11:00	11:19:00	48,6	0	3	6	39,5	54,6			
		L11585	L_O dB (A)	2019-11-17	11:24:00	11:32:00	44,0	0	0	6	38,9	50,0			
		L11586	L_V dB (A)	2019-11-17	11:37:00	11:45:00	43,6	0	0	3	38,4	46,6			
3	Costado Sureste - Finca Villa Rosa	L11597	L_N dB (A)	2019-11-17	14:53:00	15:01:00	43,1	0	3	3	39,6	46,1	46,9	55	CUMPLE
		L11598	L_S dB (A)	2019-11-17	15:06:00	15:14:00	44,3	0	3	3	41,0	47,3			
		L11599	L_F dB (A)	2019-11-17	15:19:00	15:27:00	44,2	0	3	0	41,4	47,2			
		L11600	L_O dB (A)	2019-11-17	15:32:00	15:40:00	44,4	0	0	3	41,3	47,4			
		L11601	L_V dB (A)	2019-11-17	15:45:00	15:53:00	43,4	0	3	0	41,4	46,4			
4	Costado Noroeste - Punto 2 Estación de Calidad del Aire	L11592	L_N dB (A)	2019-11-17	13:30:00	13:38:00	49,4	0	3	6	41,7	55,4	51,0	55	CUMPLE
		L11593	L_S dB (A)	2019-11-17	13:43:00	13:51:00	45,6	0	0	3	39,5	48,6			
		L11594	L_F dB (A)	2019-11-17	13:56:00	14:04:00	45,6	0	0	3	40,6	48,6			
		L11595	L_O dB (A)	2019-11-17	14:09:00	14:17:00	43,8	0	3	3	40,4	46,8			
		L11596	L_V dB (A)	2019-11-17	14:22:00	14:30:00	46,7	0	3	3	40,3	49,7			
5	Lado Sur 240 Metros - Punto 3 Estación de Calidad del Aire	L11587	L_N dB (A)	2019-11-17	12:06:00	12:14:00	45,6	0	0	6	38,5	51,6	51,2	55	CUMPLE
		L11588	L_S dB (A)	2019-11-17	12:19:00	12:27:00	43,8	0	3	6	39,1	49,8			
		L11589	L_F dB (A)	2019-11-17	12:32:00	12:40:00	43,1	0	3	3	39,5	46,1			
		L11590	L_O dB (A)	2019-11-17	12:45:00	12:53:00	45,0	0	0	6	39,7	51,0			
		L11591	L_V dB (A)	2019-11-17	12:58:00	13:06:00	48,0	0	0	6	40,2	54,0			

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

TABLA 5.1-164 RESULTADOS MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL NOCTURNO DÍA HÁBIL 1 CAMPAÑA 2019

	TABLA RESULTADOS RUIDO AMBIENTAL	
Control De Contaminación Ltda.	**FECHA:** 2018.01.26	**VERSIÓN:** 01

DOCUMENTO CONTROLADO

DATOS Y RESULTADOS DE RUIDO AMBIENTAL
E Y C GLOBAL
NOVIEMBRE DE 2019

PERIODO NOCTURNO - DÍA HÁBIL 1

PUNTO No.	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO	MEDICIÓN No.	DIRECCIÓN DE MEDICIÓN	FECHA MEDICIÓN	HORA INICIO	HORA FINAL	LAeq,d dB (A)	K_S	K_T	K_I	L90 dB(A)	LRAeq,T dB(A)	LAeq dB(A)	Norma dB(A)	CUMPLIMIENTO
1	Costado Derecho - Entrada Finca Toledo	L11551	L_N dB (A)	2019-11-16	21:10:00	21:18:00	51,1	0	3	3	47,8	54,1	52,7	45	NO CUMPLE
		L11552	L_S dB (A)	2019-11-16	21:23:00	21:31:00	48,9	0	3	0	47,0	51,9			
		L11553	L_FdB (A)	2019-11-16	21:36:00	21:44:00	49,7	0	3	0	47,4	52,7			
		L11554	L_O dB (A)	2019-11-16	21:49:00	21:57:00	49,0	0	3	0	47,4	52,0			
		L11555	L_V dB (A)	2019-11-16	22:02:00	22:10:00	49,2	0	3	0	47,8	52,2			
2	Finca Vecina - Parte Posterior de Finca Toledo	L11556	L_N dB (A)	2019-11-16	22:29:00	22:37:00	49,8	0	3	3	47,2	52,8	52,7	45	NO CUMPLE
		L11557	L_S dB (A)	2019-11-16	22:42:00	22:50:00	50,2	0	3	0	47,0	53,2			
		L11558	L_FdB (A)	2019-11-16	22:55:00	23:03:00	50,0	0	3	3	47,3	53,0			
		L11559	L_O dB (A)	2019-11-16	23:08:00	23:16:00	49,1	0	3	0	46,8	52,1			
		L11560	L_V dB (A)	2019-11-16	23:21:00	23:29:00	49,4	0	3	0	47,2	52,4			
3	Costado Sureste - Finca Villa Rosa	L11572	L_N dB (A)	2019-11-17	02:30:00	02:38:00	53,6	0	0	3	52,1	56,6	58,9	45	NO CUMPLE
		L11573	L_S dB (A)	2019-11-17	02:46:00	02:54:00	55,6	0	0	3	52,5	58,6			
		L11574	L_FdB (A)	2019-11-17	02:56:00	03:04:00	55,4	0	6	3	52,0	61,4			
		L11575	L_O dB (A)	2019-11-17	03:09:00	03:17:00	54,7	0	6	3	52,0	60,7			
		L11576	L_V dB (A)	2019-11-17	03:22:00	03:30:00	52,5	0	0	0	51,3	52,5			
4	Costado Noroeste - Punto 2 Estación de Calidad del Aire	L11567	L_N dB (A)	2019-11-17	01:10:00	01:18:00	56,1	0	3	6	50,3	62,1	60,2	45	NO CUMPLE
		L11568	L_S dB (A)	2019-11-17	01:23:00	01:31:00	56,2	0	3	6	52,4	62,2			
		L11569	L_FdB (A)	2019-11-17	01:36:00	01:44:00	54,0	0	0	6	52,0	60,0			
		L11570	L_O dB (A)	2019-11-17	01:49:00	01:57:00	54,2	0	3	3	52,1	57,2			
		L11571	L_V dB (A)	2019-11-17	02:02:00	02:10:00	53,8	0	0	3	51,8	56,8			
5	Lado Sur 240 Metros - Punto 3 Estación de Calidad del Aire	L11561	L_N dB (A)	2019-11-16	23:50:00	23:58:00	50,4	0	3	3	48,2	53,4	52,4	45	NO CUMPLE
		L11563	L_S dB (A)	2019-11-17	00:03:00	00:11:00	47,7	0	3	6	41,6	53,7			
		L11564	L_FdB (A)	2019-11-17	00:16:00	00:24:00	47,6	0	0	6	41,7	53,6			
		L11565	L_O dB (A)	2019-11-17	00:29:00	00:37:00	46,1	0	6	3	43,1	52,1			
		L11566	L_V dB (A)	2019-11-17	00:42:00	00:50:00	43,2	0	0	0	41,7	43,2			

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

TABLA 5.1-165 RESULTADOS MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL NOCTURNO DÍA HÁBIL 2 CAMPAÑA 2019

Control De Contaminación Ltda.	TABLA RESULTADOS RUIDO AMBIENTAL														
	FECHA: 2018.01.26									VERSIÓN: 01					
DOCUMENTO CONTROLADO DATOS Y RESULTADOS DE RUIDO AMBIENTAL E Y C GLOBAL NOVIEMBRE DE 2019															
PERIODO NOCTURNO - DÍA HÁBIL 2															
PUNTO No.	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO	MEDICIÓN No.	DIRECCIÓN DE MEDICIÓN	FECHA MEDICIÓN	HORA INICIO	HORA FINAL	LAeq,d dB (A)	K_S	K_T	K_I	L90 dB(A)	LRAeq,T dB(A)	LAeq dB(A)	Norma dB(A)	CUMPLIMIENTO
1	Costado Derecho - Entrada Finca Toledo	L11652	L_N dB (A)	2019-11-18	21:30:00	21:38:00	55,7	0	3	0	54,0	58,7	59,0	45	NO CUMPLE
		L11653	L_S dB (A)	2019-11-18	21:43:00	21:51:00	55,3	0	3	3	53,5	58,3			
		L11654	L_E dB (A)	2019-11-18	21:56:00	22:04:00	56,7	0	3	0	55,0	59,7			
		L11655	L_O dB (A)	2019-11-18	22:09:00	22:17:00	56,1	0	3	0	54,3	59,1			
		L11656	L_V dB (A)	2019-11-18	22:22:00	22:30:00	55,9	0	3	0	54,0	58,9			
2	Finca Vecina - Parte Posterior de Finca Toledo	L11657	L_N dB (A)	2019-11-18	22:50:00	22:58:00	55,4	0	3	0	53,4	58,4	58,6	45	NO CUMPLE
		L11658	L_S dB (A)	2019-11-18	23:03:00	23:11:00	55,4	0	3	0	53,0	58,4			
		L11659	L_E dB (A)	2019-11-18	23:16:00	23:24:00	55,0	0	0	0	53,1	55,0			
		L11660	L_O dB (A)	2019-11-18	23:29:00	23:37:00	55,0	0	3	6	52,7	61,0			
		L11661	L_V dB (A)	2019-11-18	23:42:00	23:50:00	55,3	0	3	0	53,7	58,3			
3	Costado Sureste - Finca Villa Rosa	L11672	L_N dB (A)	2019-11-19	02:54:00	03:02:00	58,0	0	3	0	56,2	61,0	60,9	45	NO CUMPLE
		L11673	L_S dB (A)	2019-11-19	03:07:00	03:15:00	59,2	0	3	0	57,3	62,2			
		L11674	L_E dB (A)	2019-11-19	03:20:00	03:28:00	57,6	0	3	0	52,7	60,6			
		L11675	L_O dB (A)	2019-11-19	03:33:00	03:41:00	58,4	0	3	0	55,9	61,4			
		L11676	L_V dB (A)	2019-11-19	03:46:00	03:54:00	58,1	0	0	0	56,2	58,1			
4	Costado Noroeste - Punto 2 Estación de Calidad del Aire	L11667	L_N dB (A)	2019-11-19	01:30:00	01:38:00	57,8	0	6	6	52,1	63,8	60,6	45	NO CUMPLE
		L11668	L_S dB (A)	2019-11.19	01:43:00	01:51:00	54,5	0	3	0	52,1	57,5			
		L11669	L_E dB (A)	2019-11-19	01:56:00	02:04:00	56,1	0	3	0	54,5	59,1			
		L11670	L_O dB (A)	2019-11-19	02:09:00	02:17:00	58,1	0	3	0	56,3	61,1			
		L11671	L_V dB (A)	2019-11-19	02:22:00	02:30:00	58,0	0	0	0	56,2	58,0			
5	Lado Sur 240 Metros - Punto 3 Estación de Calidad del Aire	L11662	L_N dB (A)	2019-11-19	00:10:00	00:18:00	57,5	0	3	0	55,6	60,5	61,5	45	NO CUMPLE
		L11663	L_S dB (A)	2019-11-19	00:23:00	00:31:00	55,8	0	6	6	52,1	61,8			
		L11664	L_E dB (A)	2019-11-19	00:36:00	00:44:00	55,2	0	6	6	52,0	61,2			
		L11665	L_O dB (A)	2019-11-19	00:49:00	00:57:00	55,6	0	6	6	51,9	61,6			
		L11666	L_V dB (A)	2019-11-19	01:02:00	01:10:00	56,0	0	6	6	52,0	62,0			

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

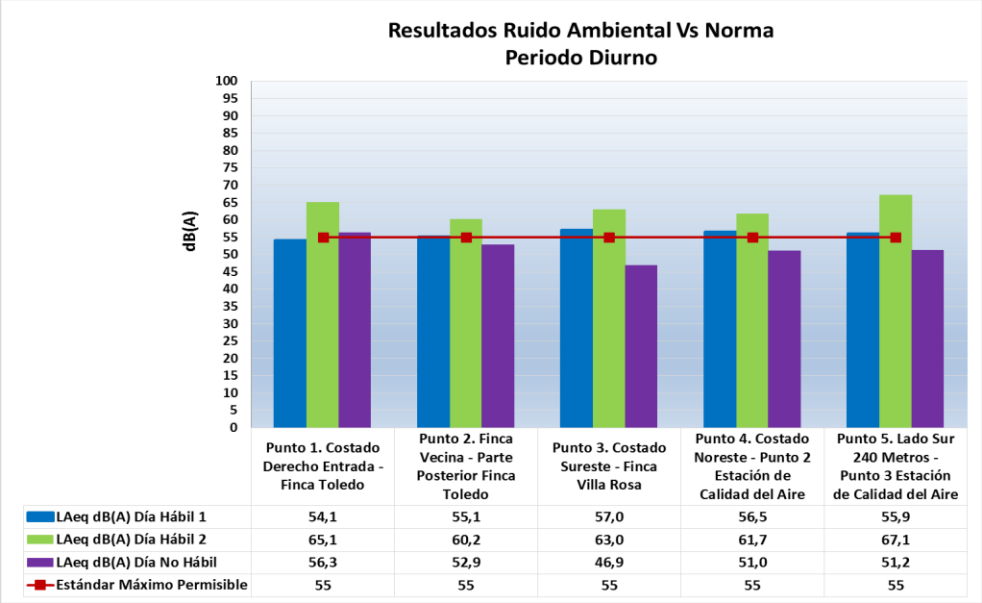
TABLA 5.1-166 RESULTADOS MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL NOCTURNO DÍA NO HÁBIL 1 CAMPAÑA 2019

TABLA RESULTADOS RUIDO AMBIENTAL															
FECHA: 2018.01.26										VERSIÓN: 01					
DOCUMENTO CONTROLADO															
DATOS Y RESULTADOS DE RUIDO AMBIENTAL E Y C GLOBAL NOVIEMBRE DE 2019															
PERIODO NOCTURNO - DÍA NO HÁBIL															
PUNTO No.	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO	MEDICIÓN No.	DIRECCIÓN DE MEDICIÓN	FECHA MEDICIÓN	HORA INICIO	HORA FINAL	LAeq,d dB (A)	K_S	K_T	K_I	L90 dB(A)	LRAeq,T dB(A)	LAeq dB(A)	Norma dB(A)	CUMPLIMIENTO
1	Costado Derecho - Entrada Finca Toledo	L11602	L_N dB (A)	2019-11-17	21:20:00	21:28:00	46,1	0	3	6	41,5	52,1	50,2	45	NO CUMPLE
		L11603	L_S dB (A)	2019-11-17	21:33:00	21:41:00	43,6	0	0	0	41,3	43,6			
		L11604	L_E dB (A)	2019-11-17	21:46:00	21:54:00	45,7	0	3	0	44,2	48,7			
		L11605	L_O dB (A)	2019-11-17	21:59:00	22:07:00	45,3	0	3	0	44,0	48,3			
		L11606	L_V dB (A)	2019-11-17	22:12:00	22:20:00	46,9	0	6	0	43,8	52,9			
2	Finca Vecina - Parte Posterior de Finca Toledo	L11607	L_N dB (A)	2019-11-17	22:40:00	22:48:00	45,0	0	3	0	43,1	48,0	48,1	45	NO CUMPLE
		L11608	L_S dB (A)	2019-11-17	22:53:00	23:01:00	44,7	0	3	0	42,9	47,7			
		L11609	L_E dB (A)	2019-11-17	23:06:00	23:14:00	44,8	0	3	0	43,0	47,8			
		L11610	L_O dB (A)	2019-11-17	23:19:00	23:27:00	45,8	0	3	3	42,6	48,8			
		L11611	L_V dB (A)	2019-11-17	23:32:00	23:40:00	45,1	0	3	0	43,1	48,1			
3	Costado Sureste - Finca Villa Rosa	L11622	L_N dB (A)	2019-11-18	02:44:00	02:52:00	45,3	0	3	0	43,5	48,3	49,9	45	NO CUMPLE
		L11623	L_S dB (A)	2019-11-18	02:57:00	03:05:00	47,9	0	3	3	44,5	50,9			
		L11624	L_E dB (A)	2019-11-18	03:10:00	03:18:00	46,7	0	3	3	43,9	49,7			
		L11625	L_O dB (A)	2019-11-18	03:23:00	03:31:00	46,4	0	3	0	44,3	49,4			
		L11626	L_V dB (A)	2019-11-18	03:36:00	03:44:00	47,5	0	3	3	45,2	50,5			
4	Costado Noroeste - Punto 2 Estación de Calidad del Aire	L11617	L_N dB (A)	2019-11-18	01:25:00	01:33:00	45,0	0	0	3	42,4	48,0	50,8	45	NO CUMPLE
		L11618	L_S dB (A)	2019-11-18	01:38:00	01:46:00	46,3	0	3	3	44,3	49,3			
		L11619	L_E dB (A)	2019-11-18	01:51:00	01:59:00	47,0	0	3	3	44,1	50,0			
		L11620	L_O dB (A)	2019-11-18	02:04:00	02:12:00	45,2	0	3	0	43,6	48,2			
		L11621	L_V dB (A)	2019-11-18	02:17:00	02:25:00	51,6	0	3	3	43,1	54,6			
5	Lado Sur 240 Metros - Punto 3 Estación de Calidad del Aire	L11612	L_N dB (A)	2019-11-18	00:05:00	00:13:00	47,2	0	3	3	44,2	50,2	51,4	45	NO CUMPLE
		L11613	L_S dB (A)	2019-11-18	00:18:00	00:26:00	46,8	0	3	6	42,3	52,8			
		L11614	L_E dB (A)	2019-11-18	00:31:00	00:39:00	49,8	0	0	3	45,1	52,8			
		L11615	L_O dB (A)	2019-11-18	00:44:00	00:52:00	44,1	0	0	3	41,6	47,1			
		L11616	L_V dB (A)	2019-11-18	00:57:00	01:05:00	45,8	0	3	6	43,1	51,8			

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto para la campaña 2019 se realiza la comparación con los estándares máximos permisibles que establece la Resolución 0627 de 2006, lo cual se puede visualizar en la **Figura 5.1-103** y **Figura 5.1-104**.

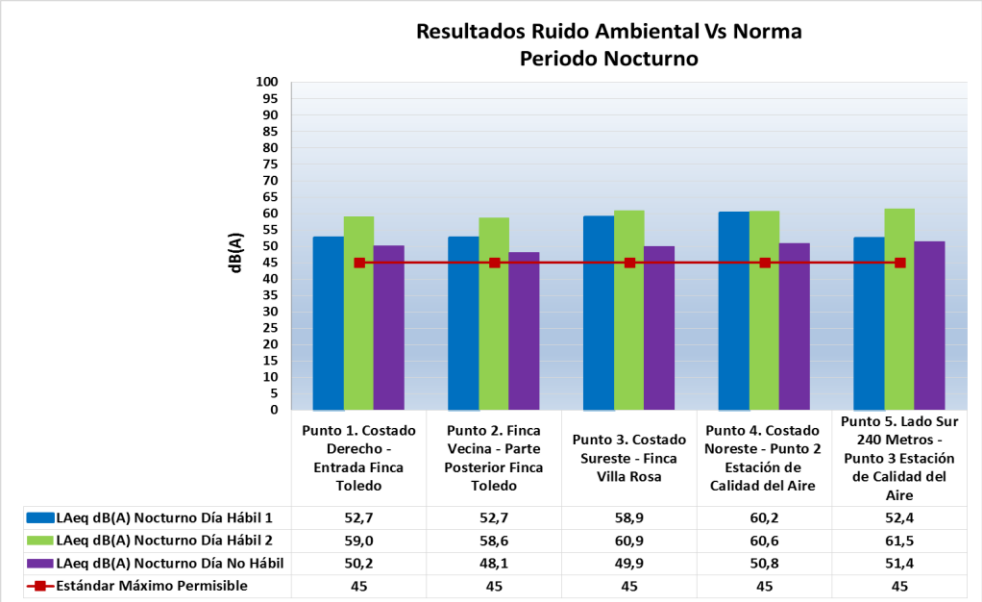
FIGURA 5.1-103 RESULTADOS VS NORMA PERIODO DIURNO CAMPAÑA 2019



	Punto 1. Costado Derecho Entrada - Finca Toledo	Punto 2. Finca Vecina - Parte Posterior Finca Toledo	Punto 3. Costado Sureste - Finca Villa Rosa	Punto 4. Costado Noreste - Punto 2 Estación de Calidad del Aire	Punto 5. Lado Sur 240 Metros - Punto 3 Estación de Calidad del Aire
LAeq dB(A) Día Hábil 1	54,1	55,1	57,0	56,5	55,9
LAeq dB(A) Día Hábil 2	65,1	60,2	63,0	61,7	67,1
LAeq dB(A) Día No Hábil	56,3	52,9	46,9	51,0	51,2
Estándar Máximo Permisible	55	55	55	55	55

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

FIGURA 5.1-104 RESULTADOS VS NORMA PERIODO NOCTURNO CAMPAÑA 2019



	Punto 1. Costado Derecho - Entrada Finca Toledo	Punto 2. Finca Vecina - Parte Posterior Finca Toledo	Punto 3. Costado Sureste - Finca Villa Rosa	Punto 4. Costado Noreste - Punto 2 Estación de Calidad del Aire	Punto 5. Lado Sur 240 Metros - Punto 3 Estación de Calidad del Aire
LAeq dB(A) Nocturno Día Hábil 1	52,7	52,7	58,9	60,2	52,4
LAeq dB(A) Nocturno Día Hábil 2	59,0	58,6	60,9	60,6	61,5
LAeq dB(A) Nocturno Día No Hábil	50,2	48,1	49,9	50,8	51,4
Estándar Máximo Permisible	45	45	45	45	45

Fuente: Control de Contaminación Ltda., 2019.

- **Resultados de la medición campaña 2023**

A continuación, se realiza una valoración de los niveles de ruido ambiental, durante el horario diurno y nocturno en los puntos ubicados en el área del proyecto para la campaña 2023, teniendo en cuenta los usos del suelo. Esta valoración toma las mediciones en campo (Leq) hechas en ponderación A y tiempo de respuesta S y las compara con la normatividad ambiental vigente.

- Monitoreo de ruido ambiental en horario diurno

En la **Tabla 5.1-167**, se encuentran los resultados para los puntos localizados en el sector de restricción C "Ruido Intermedio Restringido", subsector "Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales", de acuerdo a la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 expedida por el MAVDT, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en la cual se establece un límite máximo permisible para el horario diurno de 80 dB.

TABLA 5.1-167 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE HORARIO DIURNO (SECTOR C) CAMPAÑA 2023

MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL – DÍA HÁBIL Y NO HÁBIL –SECTOR C														
Punto de Monitoreo	Dirección					L_{Aeq} dB	Valor Máximo Permitido dB	¿Cumple?	Estadística			Fecha	Hora Inicial	Hora Final
	N	E	S	O	V				SD	CV	IC			
R7	61,8	62,5	60,5	61,7	58,0	61,2	80	SI	1,8	2,9%	2,3	10/07/2023	12:45:08	13:45:08
	63,4	60,2	61,1	62,6	62,7	62,2	80	SI	1,3	2,1%	1,7	9/07/2023	12:30:16	13:30:16
R8	62,9	63,1	60,0	59,1	63,5	62,1	80	SI	2,0	3,3%	2,6	10/07/2023	19:25:13	20:25:13
	59,1	60,3	54,4	60,7	57,6	58,9	80	SI	2,6	4,3%	3,3	9/07/2023	17:00:38	18:00:38

Resultados validos únicamente para los puntos monitoreados-prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin autorización escrita del laboratorio.

***N:** Norte. **E:** Este. **S:** Sur. **O:** Oeste. **V:** Vertical. **LAeq dB Diurno**: Lectura equivalente en dB horario diurno.*

***SD:** Desviación estándar. **CV:** Coeficiente de variación. **IC**: Intervalo de confianza.*

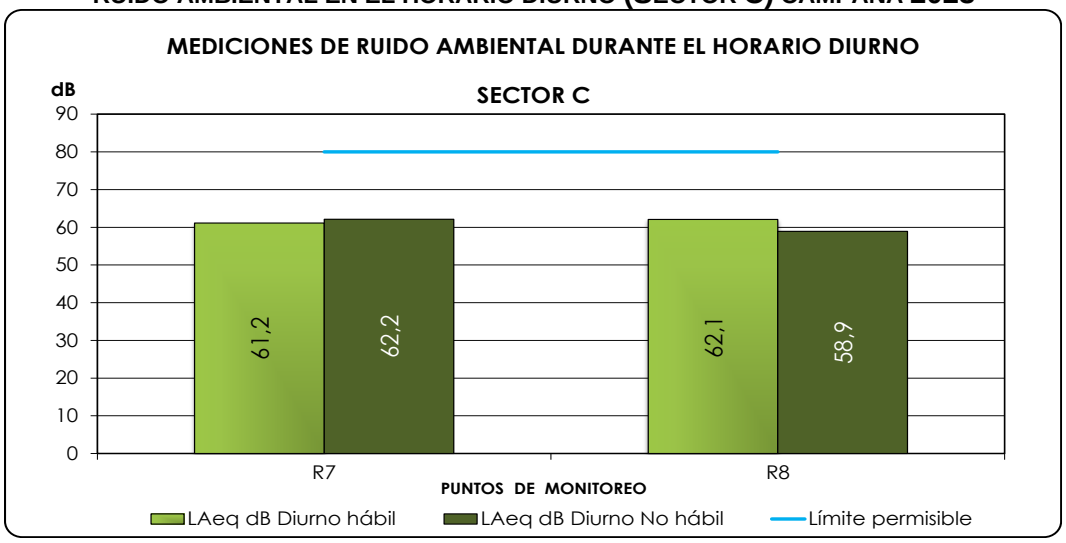
Mediciones realizadas en día no hábil

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S, 2023.

En cuanto a los puntos de monitoreo evaluados en el área de interés del proyecto, clasificado en el sector de restricción C, se evidenciaron niveles de presión sonora de 61,2 dB(R7) a 62,1 dB (R8) en día hábil y de 58,9 dB (R8) a 62,2 dB (R7) en día no hábil, indicando pleno cumplimiento respecto al límite máximo permisible establecido en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 (80 dB), como se observa en la **Figura 5.1-105**.

En la **Figura 5.1-105**, se ilustra el comportamiento del nivel de presión sonora durante el monitoreo en el sector C.

FIGURA 5.1-105 NIVELES DE PRESIÓN SONORA REGISTRADOS DURANTE EL MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL EN EL HORARIO DIURNO (SECTOR C) CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Los resultados registrados se atribuyen a las fuentes de ruido esporádicas percibidas durante el monitoreo, y debido a que los puntos se ubican a un costado de vías como la de Sabanalarga-Usiacurí e Usiacurí-Isabel López, se identificaron principalmente los sonidos asociados al flujo vehicular, así como también, los sonidos producidos por las voces de transeúntes, junto a los ruidos emitidos por la fauna local como las aves silvestres, insectos, grillos, ganado, chicharras y anfibios. Por otra parte, no se identificaron fuentes permanentes de ruido, por ende, es posible inferir que los niveles de presión sonora son acordes a las condiciones normales y naturales del entorno.

En la **Tabla 5.1-168**, se presentan los resultados para los puntos clasificados en el sector de restricción D "Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado", subsector "Rural habitada destinada a explotación agropecuaria" y "Residencial suburbana", de acuerdo con la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006, expedida por el MAVDT, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), se establece un límite permisible para la jornada diurna de 55 dB.

TABLA 5.1-168 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE HORARIO DIURNO (SECTOR D) CAMPAÑA 2023

MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL – DÍA HÁBIL Y NO HÁBIL –SECTOR D														
Punto de Monitoreo	Dirección					L_{Aeq} dB	Valor Máximo Permitido dB	¿Cumple?	Estadística			Fecha	Hora Inicial	Hora Final
	N	E	S	O	V				SD	CV	IC			
R1	59,8	59,5	60,4	63,6	62,4	61,4	55	NO	1,8	2,9%	2,3	10/07/2023	13:55:13	14:55:13
	63,9	61,9	64,2	59,9	59,2	62,3	55	NO	2,3	3,6%	2,9	9/07/2023	07:30:16	08:30:16
R2	62,4	64,3	64,0	59,8	59,5	62,4	55	NO	2,3	3,6%	2,9	10/07/2023	11:40:18	12:40:18
	63,4	60,2	61,1	62,6	62,7	62,2	55	NO	1,3	2,1%	1,7	9/07/2023	11:20:16	12:20:16
R3	58,1	59,1	62,4	62,2	60,9	60,9	55	NO	1,9	3,1%	2,4	10/07/2023	08:20:13	09:20:13
	60,0	63,0	57,4	58,9	49,5	59,5	55	NO	5,1	8,5%	6,5	9/07/2023	18:15:45	19:15:45

MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL – DÍA HÁBIL Y NO HÁBIL –SECTOR D														
Punto de Monitoreo	Dirección					L_{Aeq} dB	Valor Máximo Permitido dB	¿Cumple?	Estadística			Fecha	Hora Inicial	Hora Final
	N	E	S	O	V				SD	CV	IC			
R4	60,1	61,2	59,6	61,4	63,0	61,2	55	NO	1,3	2,2%	1,7	10/07/2023	09:29:58	10:29:58
	52,4	58,1	54,9	61,9	64,3	60,3	55	NO	4,9	8,1%	6,3	9/07/2023	09:00:06	10:00:06
R5	57,7	62,6	60,4	58,2	60,9	60,3	55	NO	2,0	3,3%	2,6	10/07/2023	07:10:10	08:10:10
	58,4	59,2	59,8	61,7	54,7	59,3	55	NO	2,6	4,3%	3,3	9/07/2023	15:25:38	16:25:38
R6	60,4	64,1	60,8	58,8	58,6	61,0	55	NO	2,2	3,6%	2,8	10/07/2023	15:30:12	16:30:12
	56,3	49,6	56,8	55,3	66,6	60,7	55	NO	6,1	10,1%	7,9	9/07/2023	14:10:09	15:10:09
R9	59,5	60,6	63,4	62,6	69,6	64,8	55	NO	3,9	6,1%	5,0	10/07/2023	16:55:10	17:55:10
	53,6	57,0	63,2	63,8	66,7	63,0	55	NO	5,4	8,5%	6,9	10/07/2023	19:25:32	20:25:32
R10	60,3	60,0	61,8	61,8	62,0	61,3	55	NO	0,9	1,6%	1,2	10/07/2023	18:05:02	19:05:02
	62,2	61,2	65,0	63,5	62,6	63,1	55	NO	1,4	2,3%	1,8	9/07/2023	10:15:16	11:15:16

Resultados validos únicamente para los puntos monitoreados-prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin autorización escrita del laboratorio.

***N:** Norte. **E:** Este. **S:** Sur. **O:** Oeste. **V:** Vertical. **LAeq dB Diurno**: Lectura equivalente en dB horario diurno.*

***SD:** Desviación estándar. **CV:** Coeficiente de variación. **IC**: Intervalo de confianza.*

Mediciones realizadas en día no hábil

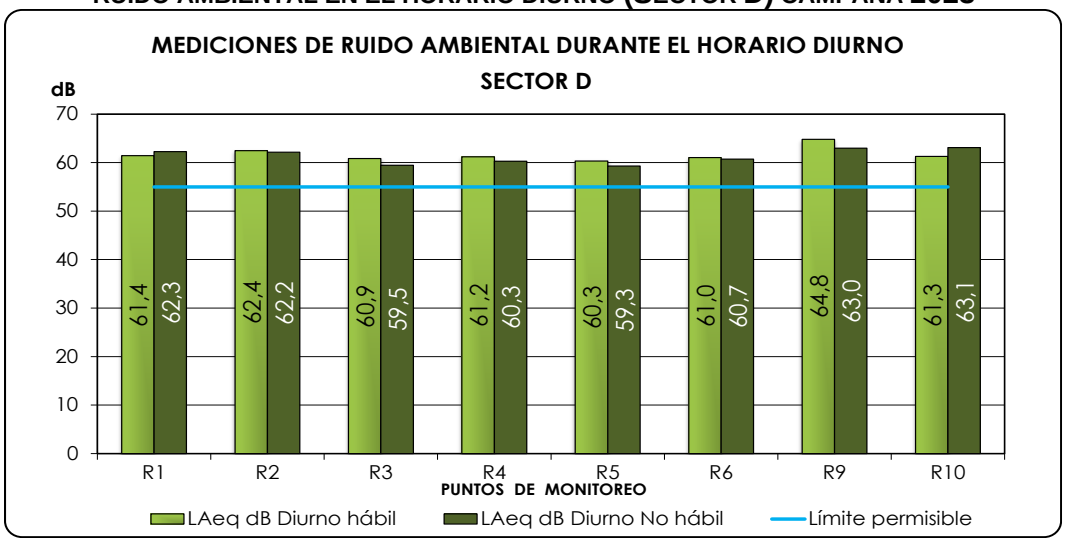
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S, 2023.

Para los puntos de ruido ambiental analizados en sector de restricción D, en horario diurno se presentaron niveles de presión sonora que oscilaron entre 60,3 dB (R5) y 64,8 dB (R9) en día hábil, en tanto que, en día no hábil los NPS se encontraron en un rango de 59,3 dB en el punto R5 a 63,1 dB en R10, exhibiendo sobrepasos de 5,3 dB (R5) a 9,8 dB (R9) en día hábil y de 4,3 dB (R5) a 8,1 dB (R10) en día no hábil, frente al límite máximo permisible establecido en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 (55 dB), como se observa en la **Figura 5.1-106.**

Los valores reportados son acordes a comportamientos propios de la zona de estudio, puesto que los puntos se localizaron en área rural y cerca de vías de acceso secundarias, donde se percibieron los sonidos provenientes del paso de vehículos, así como los sonidos emitidos por la fauna local compuesta por aves silvestres, insectos, ganado, grillos, chicharras y anfibios; así como el sonido producido por los transeúntes y para el día hábil en el punto R5 se percibieron los sonidos de música debido a un evento deportivo; por lo cual, los niveles de presión sonora se atribuyen a las características naturales del medio y las actividades cotidianas desarrolladas en el área de estudio. Cabe resaltar que no se identificaron fuentes permanentes de ruido.

En la **Figura 5.1-106**, se ilustra el comportamiento del nivel de presión sonora durante el monitoreo en el sector D.

FIGURA 5.1-106 NIVELES DE PRESIÓN SONORA REGISTRADOS DURANTE EL MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL EN EL HORARIO DIURNO (SECTOR D) CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

- Monitoreo de ruido ambiental en horario nocturno

En la **Tabla 5.1-169** se aprecian los resultados para los puntos localizados en el sector de restricción C "Ruido Intermedio Restringido", subsector "Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales" de acuerdo a la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 expedida por el MAVDT, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en la cual se establece un límite máximo permisible para el horario nocturno de 70 dB.

TABLA 5.1-169 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DURANTE EL HORARIO NOCTURNO (SECTOR C) CAMPAÑA 2023

MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL – DÍA HÁBIL Y NO HÁBIL –SECTOR C														
Punto de Monitoreo	Dirección					L_{Aeq} dB	Valor Máximo Permitido dB	¿Cumple?	Estadística			Fecha	Hora Inicial	Hora Final
	N	E	S	O	V				SD	CV	IC			
R7	63,6	62,8	63,3	63,6	65,5	63,9	70	SI	1,0	1,6%	1,3	10/07/2023	23:15:04	00:15:04
	48,8	61,3	67,1	61,2	62,8	62,9	70	SI	6,8	10,9%	8,8	17/07/2023	00:04:14	01:04:14
R8	60,7	60,2	59,9	53,9	58,8	59,2	70	SI	2,8	4,7%	3,6	11/07/2023	21:07:21	22:07:21
	59,1	60,2	51,1	66,7	62,0	62,2	70	SI	5,7	9,1%	7,3	10/07/2023	03:00:20	04:00:07

Resultados validos únicamente para los puntos monitoreados-prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin autorización escrita del laboratorio

***N:** Norte. **E:** Este. **S:** Sur. **O:** Oeste. **V:** Vertical. **LAeq dB**: Lectura equivalente en dB horario nocturno. **SD:** Desviación estándar. **CV:** Coeficiente de variación. IC: Intervalo de confianza.*

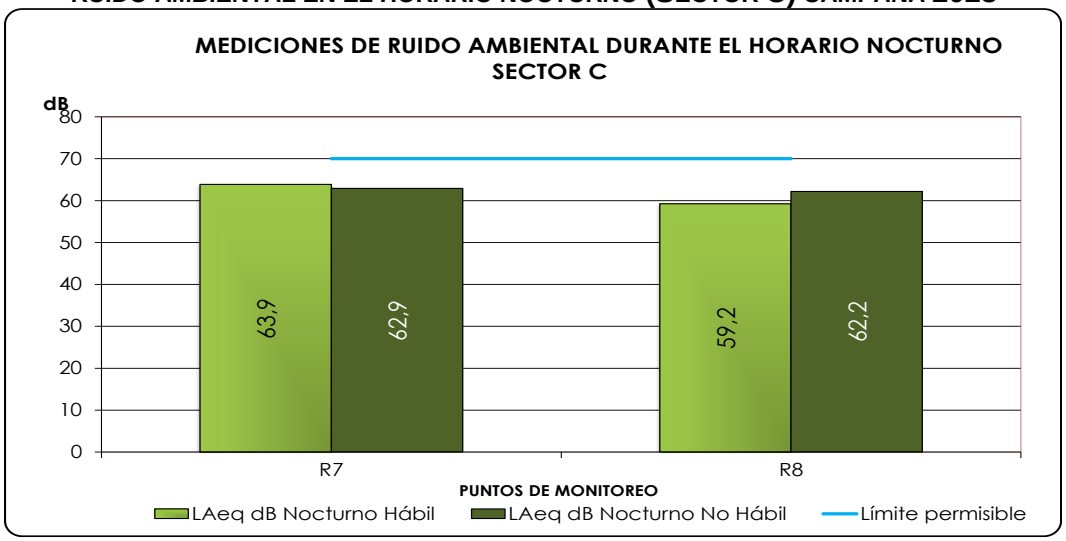
Mediciones realizadas en día no hábil

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Respecto al monitoreo en horario nocturno, los niveles de presión sonora reportados, indicaron total cumplimiento respecto al límite máximo permisible establecido en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 (70 dB), como se aprecia en la **Figura 5.1-107,** al obtener valores que estuvieron comprendidos entre 59,2 dB (R8) y 63,9 dB (R7) en día hábil y 62,2 dB (R8) y 62,9 (R7) en día no hábil.

En la **Figura 5.1-107,** se ilustra el comportamiento de los niveles de presión sonora en el sector C.

FIGURA 5.1-107 NIVELES DE PRESIÓN SONORA REGISTRADOS DURANTE EL MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL EN EL HORARIO NOCTURNO (SECTOR C) CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Los datos registrados se atribuyen a las fuentes de ruido identificadas durante el monitoreo, y teniendo en cuenta las características naturales del entorno, donde se identificaron los sonidos producidos por el tráfico vehicular teniendo en cuenta su cercanía con vías como la de Sabanalarga-Usiacurí e Usiacurí-Isabel López; por otra parte, se identificaron los sonidos causados por la fauna local, como las aves nocturnas, los insectos, grillos, chicharras y anfibios.

Realizando la comparación con la jornada diurna, se evidenció que los niveles de presión sonora en día hábil presentaron un aumento de 2,7 dB (R7) y una disminución de 2,9dB (R8) y en día no hábil se registró un aumento de 0,7dB (R7) a 3,3 dB (R8). Dicha variación se relaciona con las fuentes esporádicas de ruido, identificadas durante el monitoreo, como la incidencia de la fauna local compuesta por aves, chicharras, insectos, grillos y el tráfico vehicular, los cuales se caracterizan por ser un ruido de tipo intermitente, puntal e impulsivo, ya que no se presentan de manera continua en el área de estudio.

En la **Tabla 5.1-170,** se presentan los resultados para los puntos clasificados en el sector de restricción D "Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado", subsector "Rural habitada destinada a explotación agropecuaria" y "Residencial suburbana", de acuerdo con la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006, expedida por el MAVDT, hoy

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en la cual se establece un límite máximo permisible para el horario diurno de 45 dB.

TABLA 5.1-170 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DURANTE EL HORARIO NOCTURNO (SECTOR D)

MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL – DÍA HÁBIL Y NO HÁBIL –SECTOR D														
Punto de Monitoreo	Dirección					L_{Aeq} dB	Valor Máximo Permitido dB	¿Cumple?	Estadística			Fecha	Hora Inicial	Hora Final
	N	E	S	O	V				SD	CV	IC			
R1	53,6	48,3	48,6	53,9	53,1	52,1	45	NO	2,8	5,4%	3,6	11/07/2023	03:50:09	04:50:09
	53,6	58,0	51,1	51,1	52,4	54,1	45	NO	2,9	5,3%	3,7	10/07/2023	01:35:12	02:35:12
R2	52,2	52,3	54,0	58,0	55,9	55,1	45	NO	2,5	4,5%	3,2	11/07/2023	00:25:18	01:25:18
	49,3	55,3	51,5	59,6	56,7	55,9	45	NO	4,1	7,4%	5,3	10/07/2023	00:15:18	01:15:18
R3	54,9	63,4	47,9	51,8	48,2	57,4	45	NO	6,4	11,1%	8,2	10/07/2023	21:01:09	22:01:09
	48,0	46,7	62,2	48,5	57,1	56,7	45	NO	6,8	12,0%	8,7	9/07/2023	21:01:06	22:01:06
R4	59,7	58,2	57,8	57,7	58,4	58,4	45	NO	0,8	1,4%	1,0	11/07/2023	04:57:09	05:57:09
	61,9	64,0	60,4	60,6	64,0	62,5	45	NO	1,8	2,8%	2,3	10/07/2023	04:30:32	05:30:32
R5	61,8	64,6	60,7	61,5	64,1	62,8	45	NO	1,7	2,7%	2,2	11/07/2023	01:30:08	02:30:08
	63,4	59,4	62,0	57,2	57,8	60,6	45	NO	2,7	4,4%	3,4	16/07/2023	21:07:19	22:07:19
R6	62,8	59,9	57,5	57,5	58,7	59,8	45	NO	2,2	3,7%	2,8	11/07/2023	02:45:08	03:45:08
	61,7	49,2	64,4	52,6	64,5	61,7	45	NO	7,1	11,5%	9,1	16/07/2023	22:30:13	23:30:13
R9	57,5	57,3	64,6	60,8	57,5	60,6	45	NO	3,2	5,3%	4,1	11/07/2023	22:35:18	23:35:18
	52,1	50,3	52,3	62,1	59,1	57,6	45	NO	5,1	8,9%	6,6	9/07/2023	22:40:12	23:40:12
R10	51,2	63,8	62,7	63,4	64,5	62,7	45	NO	5,6	8,9%	7,2	10/07/2023	22:10:12	23:10:12
	60,1	61,4	62,6	55,9	56,4	60,0	45	NO	3,0	5,0%	3,8	10/07/2023	05:50:21	06:50:00

Resultados validos únicamente para los puntos monitoreados-prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin autorización escrita del laboratorio

***N:** Norte. **E:** Este. **S:** Sur. **O:** Oeste. **V:** Vertical. **LAeq dB**: Lectura equivalente en dB horario nocturno. **SD:** Desviación estándar. **CV:** Coeficiente de variación. IC: Intervalo de confianza.*

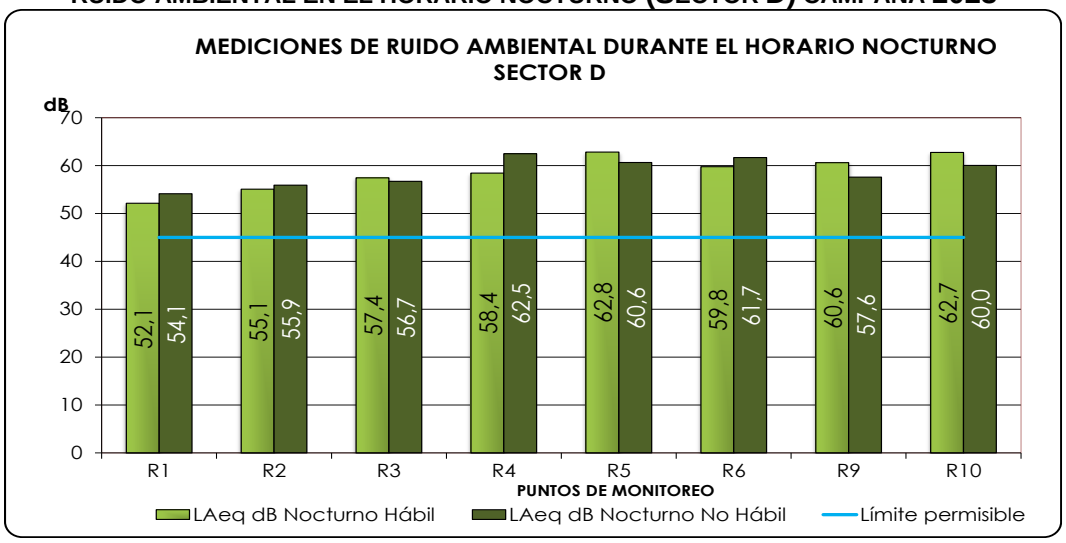
Mediciones realizadas en día no hábil

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

En horario nocturno los puntos clasificados en sector D, presentaron sobrepasos en un rango de 7,1 dB en el punto R1 a 17,8 dB en R5 en día hábil y de 9,1 dB (R1) a 17,5 dB (R4) en día no hábil, con relación al límite máximo permisible establecido (45 dB) en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 como se aprecia en la **Figura 5.1-108**, al registrar niveles de presión sonora que fluctuaron entre 52,1 dB y 62,8 dB en día hábil, en los puntos R1 y R5, respectivamente, mientras que, en día no hábil los valores se alojaron en un rango de 54,1 dB (R1) a 62,5 dB (R4).

En la **Figura 5.1-108,** se ilustra el comportamiento de los niveles de presión sonora en el sector D.

FIGURA 5.1-108 NIVELES DE PRESIÓN SONORA REGISTRADOS DURANTE EL MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL EN EL HORARIO NOCTURNO (SECTOR D) CAMPAÑA 2023



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Dicho comportamiento se atribuye a las condiciones normales y naturales del entorno, donde se identificaron los sonidos emitidos por la fauna local de hábitos nocturnos como aves, insectos, chicharras, grillos, anfibios, además de los sonidos producidos por el paso de vehículos que transitan por las vías de acceso cercanas a los puntos. Debido a que no se identificaron fuentes permanentes de ruido, es posible inferir que los niveles de presión sonora son acordes a las condiciones normales y naturales del entorno.

Realizando la comparación con la jornada diurna, se evidenció que los niveles de presión sonora en día hábil, presentaron disminución en un rango entre 1,2dB (R6) y 9,3 dB (R1) y aumentaron entre 1,4dB (R10) y 2,5 dB (R5); por su parte, en día no hábil los valores presentaron una disminución de 2,8dB a 8,2 dB, en los puntos R3 y R1y presentaron aumento entre 1,0 dB (R6) y 2,2 dB (R4) respectivamente. Dicha variación es acorde a las fuentes esporádicas de ruido, identificadas durante el monitoreo.

➢ **Conclusiones**

- En el año 2019, para las mediciones del periodo diurno día hábil 1, los puntos 2, 3, 4 y 5 presentan incumplimiento al exceder los 55 dB(A) permitidos por la normatividad, por su parte el punto 1 con un valor de 54,1 dB(A) se encuentra conforme a la norma al no superar el nivel antes mencionado (55 dB(A)), encontrando que el rango promedio aproximado osciló entre los 54 y los 58 dB(A).
- Continuando con la campaña realizada en el año 2019, en el periodo diurno para día hábil 2 se observa que todos los puntos no cumplen, ya que sobrepasan el estándar permisible (55 dB(A)) para esta jornada de medición, presentando valores en un rango aproximado de 60 a 68 dB(A). Para las mediciones del periodo diurno día no hábil, el único punto en incumplimiento fue el punto 1 con 56,3 dB(A), durante esta jornada de medición los resultados se encontraron aproximadamente entre los 46 y los 57 dB(A).

- Según los resultados de la campaña 2023, en horario diurno, los puntos clasificados en sector de restricción C, evidenciaron niveles de presión sonora de 61,2 dB (R7) a 62,1 dB (R8) en día hábil y de 58,9 dB (R8) a 62,2 dB (R7) en día no hábil, señalando total cumplimiento respecto al límite máximo permisible (80 dB) establecido en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 expedida por el MAVDT, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).
- En cuanto a los puntos clasificados en sector D para la campaña 2023, en horario diurno se obtuvieron valores que se encontraron en un rango de 60,3 dB (R5) y 64,8 dB (R9) en día hábil, en tanto que, en día no hábil los NPS se encontraron en un rango de 59,3 dB en el punto R5 a 63,1 dB en R10, exhibiendo sobrepasos de 5,3 dB (R5) a 9,8 dB (R9) en día hábil y de 4,3 dB (R5) a 8,1 dB (R10) en día no hábil, con relación al límite máximo permisible (55 dB) establecido en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 expedida por el MAVDT, hoy MADS.
- En lo concerniente a las mediciones del periodo nocturno realizadas en el año 2019, se evidencian niveles de ruido que superan la norma en los 5 puntos durante los 3 días de medición, para el día hábil 1 el rango aproximado estuvo entre los 52 y los 61 dB(A), para el día hábil 2 entre los 58 y los 62 dB(A) y para el día no hábil entre los 48 y los 52 dB(A).
- Los resultados de las mediciones del periodo diurno y nocturno se observa para el periodo diurno que el nivel más alto fue en el punto 5 con 67,1 dB(A) en el día hábil 2 y el más bajo en el punto 3 con 46,9 dB(A) en el día no hábil, por su parte, para el periodo nocturno el pico más alto y más bajo respectivamente se presentó durante el día hábil 2 con 61,5 dB(A) en el punto 5 y en el día no hábil con 48,1 dB(A) en el punto 2.
- Con relación al monitoreo desarrollado en horario nocturno en la campaña 2023, para los puntos ubicados en sector D, se registraron sobrepasos de 7,1 dB en el punto R1 a 17,8 dB en R5 en día hábil y de 9,1 dB (R1) a 17,5 dB (R4) en día no hábil, frente al límite máximo permisible (45 dB) establecido en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006 expedida por el MAVDT, hoy MADS, al presentar valores que se alojaron en un rango de 52,1 dB y 62,8 dB en día hábil, en los puntos R1 y R5, respectivamente, mientras que, en día no hábil los valores se alojaron en un rango de 54,1 dB (R1) a 62,5 dB (R4).
- Las observaciones en campo indican que la jornada de medición de la campaña 2019 recibió el aporte constante del tránsito de automotores en las vías cercanas a los puntos evaluados, por la presencia de animales emitiendo sonidos característicos de ellos y por equipos de sonidos encendidos en las fincas cercanas, es importante resaltar que la diferencia en los resultados entre un día y otro se debe a la frecuencia e intensidad en la que cada una de las fuentes percibidas impactaron e influenciaron las mediciones, presentándose fuentes inusuales durante el día hábil 2 (2019-12-18) relacionadas a las actividades de operación y/o mantenimiento de redes de distribución por parte de contratistas de otras empresas que ejercen actividades en el área, afirmándose de esta manera que existen múltiples fuentes de ruido que influyen en el nivel de presión sonora, y que afectan los niveles de ruido ambiental del área de influencia evaluada.

- Los niveles de presión sonora reportados en la campaña 2023 son acordes a comportamientos propios de la zona de estudio, puesto que los puntos se localizaron cerca de las vías de acceso, para el caso del punto R7 corresponde a la vía Sabanalarga-Usiacurí y el punto R8 tiene cercanías con la vía Usiacurí-Isabel López, se percibieron los sonidos producidos por el paso vehicular que circula por la zona, así mismo se alcanzaron a percibir los sonidos procedentes transeúntes y los ruidos emitidos por la fauna local como los insectos, las aves, el ganado, anfibios, chicharras y grillos. Debido a que no se identificaron fuentes permanentes de ruido, es posible inferir que los niveles de presión sonora son acordes a las condiciones normales y naturales del entorno.
- Finalmente, es importante resaltar que los niveles de ruido ambiental arrojados del monitoreo realizado los días 16, 17 y 18 de noviembre de 2019 y julio de 2023, no pertenecen a las actividades de operación y/o funcionamiento del proyecto, puesto que durante las fechas de medición el proyecto aún no ejecutaba ningún tipo de actividad en la zona, lo que permite afirmar que el ruido predominante en la zona es asociado a las actividades propias del sector.