



**TGI**  
Grupo Energía Bogotá

## AMBIENTAL

### 4. DEMANDA USO Y/O APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

**TABLA DE CONTENIDO**

4.	DEMANDA, USO Y/O APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES.....	1
4.1	Aguas Superficiales.....	1
4.1.1	Caudales requeridos por el proyecto .....	1
4.1.1.1	Caudal doméstico.....	2
4.1.1.1.1	Etapa constructiva.....	2
4.1.1.1.2	Etapa operativa .....	4
4.1.1.2	Industrial .....	4
4.1.1.2.1	Preparación de concretos .....	4
4.1.1.2.2	Pruebas hidrostáticas.....	6
4.1.1.2.3	Caudal total industrial.....	6
4.1.1.3	Demanda Total.....	6
4.1.2	Índice de Escasez .....	7
4.1.2.1	Demanda hídrica .....	8
4.1.2.1.1	Demanda hídrica doméstica.....	9
4.1.2.1.2	Demanda hídrica agrícola .....	10
4.1.2.1.3	Demanda hídrica recreativa .....	13
4.1.2.1.4	Demanda hídrica total .....	13
4.1.2.2	Resultado del índice de escasez.....	14
4.1.2.3	Conflictos de agua.....	16
4.2	Aguas Subterráneas.....	17
4.3	Vertimientos.....	17
4.3.1	Etapa constructiva .....	18
4.3.1.1	Aguas residuales domésticas - ARD.....	18
4.3.1.2	Aguas residuales no domésticas - ARnD.....	20
4.3.2	Etapa operativa .....	21
4.3.2.1	Aguas residuales domésticas - ARD.....	21
4.4	Ocupaciones de Cauce .....	23
4.4.1	Identificación y georreferenciación de la ocupación de cauce.....	24
4.4.2	Estudios hidrológicos.....	26
4.4.2.1	Área aferente.....	26
4.4.2.2	Precipitación.....	28
4.4.2.3	Régimen hidrológico.....	30
4.4.2.3.1	Caudales máximos.....	31
4.4.2.3.1.1	Coefficiente de Escorrentía (C):.....	31
4.4.2.3.1.2	Cálculo de intensidades.....	31
4.4.2.3.2	Caudales medios.....	36
4.4.3	Estudios hidráulicos.....	38
4.4.3.1	Resultados escenario sin intervención.....	39
4.4.3.2	Resultados escenario con intervención.....	41
4.4.4	Resultados Calidad del agua Ocupación de Cauce.....	45
4.4.4.1	Localización y descripción de los puntos de monitoreo.....	45
4.4.4.2	Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados.....	47
4.4.4.3	Análisis de resultados calidad del agua.....	51
4.4.5	Estudios geomorfológicos.....	52
4.4.5.1	Geomorfología Local.....	53
4.4.5.1.1	Definición de las subunidades geomorfológicas.....	53
4.4.6	Estudio Geología.....	56
4.4.6.1	Geología Local.....	56
4.4.6.2	Estratigrafía local.....	57
4.4.7	Estudios sedimentológicos.....	59

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	I

4.4.7.1	Cálculo de socavación.....	59
4.4.7.1.1	Socavación local. ....	61
4.4.7.1.2	Resultados cálculo de socavación Quebrada Palmichal. ....	63
4.4.8	Diseños de obras a construir.....	65
4.4.8.1	Proceso constructivo de alcantarillas.....	67
4.4.8.1.1	Movimiento de tierras (cortes y rellenos).....	68
4.4.8.1.2	Instalación de Tuberías.....	68
4.4.8.1.3	Rellenos finales.....	69
4.4.9	Solicitud del permiso. ....	69
4.5	Materiales de Construcción.....	70
4.5.1	Localización fuentes de materiales de construcción requeridos.....	71
4.5.2	Cantidades de material Ocupación de Cauce OC_1.....	76
4.5.3	Cantidad de materiales infraestructura arquitectónica Estación Compresora de Gas - ECG.	76
4.6	Aprovechamiento Forestal.....	77
4.6.1	Cálculo de volumen por especie.....	78
4.6.2	Cálculo de volumen por unidad de cobertura.....	79
4.6.3	Cálculo de volumen por predio.....	80
4.6.4	Cálculo de volumen por estrategia.....	81
4.6.5	Especies arbóreas vedadas, endémicas, amenazadas y/o en peligro crítico.....	81
4.6.6	Métodos de aprovechamiento forestal.....	83
4.6.6.1	Pre-Tala.....	83
4.6.6.2	Tala.....	84
4.6.6.2.1	Desrame.....	85
4.6.6.2.2	Trozado.....	86
4.6.6.2.3	Desenraizado.....	86
4.6.6.3	Post-Tala.....	87
4.6.6.3.1	Acopio Temporal.....	87
4.6.6.3.2	Transporte del producto.....	87
4.6.6.3.3	Destino final de los productos forestales.....	87
4.6.7	Justificación del aprovechamiento.....	88
4.6.8	Solicitud de permiso de aprovechamiento forestal.....	88
4.6.9	Compensación por aprovechamiento forestal.....	89
4.6.10	Individuos arbóreos susceptibles a actividades silviculturales de poda.....	89
4.6.11	Métodos de manejo silvicultural de poda.....	91
4.7	Medidas de manejo para especies de flora en veda.....	92
4.7.1	Flora arbórea.....	93
4.7.2	Flora vascular.....	95
4.7.2.1	Censo al 100% en individuos arbóreos objeto de aprovechamiento forestal.....	95
4.7.2.2	Censo al 100% individuos arbóreos sujetos a manejo silvicultural de poda.....	103
4.7.2.3	Medidas de manejo para la flora vascular en veda (Familias Bromeliaceae y Orchidaceae).....	109
4.7.2.3.1	Criterios de selección de individuos vasculares a rescatar.....	111
4.7.2.3.2	Áreas definidas para el rescate, traslado y reubicación de especies vasculares	112
4.7.2.3.3	Etapas para la fase de rescate, traslado y reubicación de especies vasculares	115
4.7.3	Flora no vascular.....	119
4.7.3.1	Censo al 100% en individuos arbóreos objeto de aprovechamiento forestal.....	119
4.7.3.2	Parcelas en otros hábitos de crecimiento dentro del área de intervención del proyecto	123
4.7.3.3	Medidas de manejo para la flora no vascular y líquenes.....	127
4.7.3.3.1	Cálculo del área a retribuir.....	128

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	II

4.7.3.3.2	Selección del sitio.....	129
4.7.3.3.3	Áreas definidas para la retribución de especies no vasculares .....	129
4.7.3.3.4	Etapas para la fase de rehabilitación por retribución de especies no vasculares 132	
4.7.3.3.4.1	Elección de especies forestales para emplear en el programa de rehabilitación ecológica .....	132
4.7.3.3.4.2	Diseño florístico .....	132
4.7.3.3.4.3	Aislamiento del área a retribuir.....	135
4.7.3.3.4.4	Siembra .....	136
4.7.4	Solicitud del permiso .....	140
4.8	Emisiones Atmosféricas .....	141
4.8.1	Calidad del aire del área de influencia .....	142
4.8.2	Condiciones meteorológicas .....	144
4.8.2.1	Precipitación .....	145
4.8.2.2	Temperatura .....	146
4.8.2.3	Velocidad y dirección del viento .....	147
4.8.2.4	Radiación solar .....	150
4.8.2.1	Altura de capa de mezcla .....	151
4.8.2.1	Estabilidad atmosférica .....	152
4.8.2.1	Variables de superficie .....	153
4.8.2.1.1	Albedo .....	153
4.8.2.1.2	Relación de Bowen .....	154
4.8.2.1.3	Rugosidad superficie .....	154
4.8.3	Fuentes de emisión .....	155
4.8.3.1	Fuentes lineales y móviles .....	156
4.8.4	Potenciales Receptores.....	157
4.8.5	Modelo de dispersión de contaminantes.....	158
4.8.5.1	Modelo de elevación del terreno y coberturas .....	160
4.8.5.2	Emisión de contaminantes del aire .....	162
4.8.5.2.1	Escenario 1: Línea Base .....	163
4.8.5.2.1.1	Fuentes lineales y móviles .....	163
4.8.5.2.2	Escenario 2a: Construcción sin medidas de control .....	170
4.8.5.2.2.1	Fuentes lineales y móviles .....	171
4.8.5.2.2.2	Fuentes de área .....	173
4.8.5.2.2.3	Escenario 2b: Construcción con medidas de control .....	177
4.8.5.2.2.4	Escenario 3a: Operación sin medidas de control .....	178
4.8.5.2.2.5	Escenario 3b: Operación con medidas de control .....	182
4.8.6	Concentración de fondo .....	182
4.8.7	Descripción del modelo .....	184
4.8.8	Diseño modelo de dispersión escenarios.....	186
4.8.9	Análisis de resultados.....	188
4.8.9.1	Escenario 1: Línea Base .....	189
4.8.9.1.1	Material particulado .....	189
4.8.9.1.2	Monóxido de carbono (CO) .....	193
4.8.9.1.3	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).....	195
4.8.9.1.4	Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ).....	197
4.8.9.2	Escenario 2: Construcción .....	199
4.8.9.2.1	Material particulado .....	199
4.8.9.2.2	Monóxido de carbono (CO) .....	207
4.8.9.2.3	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) .....	209
4.8.9.2.4	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	211
4.8.9.3	Escenario 3: Operación.....	213
4.8.9.3.1	Material particulado .....	213

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	III

4.8.9.3.2	Monóxido de carbono (CO) .....	221
4.8.9.3.3	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) .....	223
4.8.9.3.4	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	225
4.8.9.4	Análisis de receptores sensibles .....	228
4.8.9.4.1	Material Particulado (PM <sub>10</sub> ) .....	230
4.8.9.4.2	Material particulado (PM <sub>2.5</sub> ) .....	230
4.8.9.4.3	Monóxido de Carbono (CO) .....	231
4.8.9.4.4	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) .....	232
4.8.9.4.5	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	233
4.8.10	Conclusiones .....	234
4.9	Residuos Sólidos .....	235
4.9.1	Clasificación de residuos sólidos .....	235
4.9.2	Separación en la Fuente .....	239
4.9.2.1	Estimación de volúmenes .....	240
4.9.2.1.1	Residuos No Peligrosos (Domésticos) .....	240
4.9.2.1.2	Residuos Peligrosos .....	241
4.9.2.1.3	Residuos Especiales (RCD) .....	242
4.9.2.2	Manejo y transporte .....	244
4.9.2.3	Alternativas de tratamiento y Disposición de residuos .....	244
4.9.3	Material sobrante de excavación .....	245
4.9.3.1	Localización y volumen a disponer .....	245
4.9.3.2	Análisis de la capacidad portante .....	247
4.9.3.3	Ubicación de las vías de acceso al sitio .....	250
4.9.3.4	Medidas de Manejo Ambiental .....	251
4.9.3.5	Diseño paisajístico .....	251
4.10	Permiso Individual de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Biodiversidad .....	252
	BIBLIOGRAFÍA .....	255

### LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1	Cuencas Hidrográficas del proyecto en Palestina .....	9
Figura 4-2	Demanda hídrica para uso agrícola .....	12
Figura 4-3	Escasez hídrica en el área de estudio .....	16
Figura 4-4	Diseño sistema séptico garita estación compresora de gas .....	22
Figura 4-5	Esquema tanque séptico Ajover .....	23
Figura 4-6	Localización general Ocupación de cauce .....	26
Figura 4-7	Área aferente quebrada Palmichal .....	28
Figura 4-8	Distribución mensual multianual y Total Anual Estación El Recuerdo .....	29
Figura 4-9	Polígonos de Thiessen .....	33
Figura 4-10	División Regional de Colombia .....	34
Figura 4-11	Curvas IDF Estación El Recuerdo .....	34
Figura 4-12	Perspectiva 3D modelo hidráulico (OC1) - ESI .....	40
Figura 4-13	Perfil longitudinal quebrada Palmichal (OC1) -ESI .....	40
Figura 4-14	Periodos de retorno para diseño de obras hidráulicas .....	41
Figura 4-15	Calculo de caudal máximo para una alcantarilla tipo (d = 0,9 m) .....	42

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024- 008	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
				Ver: 01	IV

Figura 4-16. Sección transversal obra hidráulica (OC1).....	43
Figura 4-17 Perspectiva 3D obras hidráulicas asociadas a la ocupación de cauce.....	43
Figura 4-18. Localización Puntos de monitoreo.....	47
Figura 4-19 Geomorfología local para el área de influencia.....	54
Figura 4-20 Distribución porcentual de las geoformas para el área de influencia.....	56
Figura 4-21. Geología local.....	59
4) La desembocadura o zona de confluencia constituida por limos, arcillas y arena fina, en donde predomina la sedimentación (ver Figura 4-22).....	60
Figura 4-23. Representación gráfica del desarrollo longitudinal de un cauce natural.....	60
Figura 4-24 Registro fotográfico área a ocupar.....	65
Figura 4-25 Plano frontal alcantarilla propuesta OC1.....	66
Figura 4-26 Sección transversal alcantarilla tipo.....	66
Figura 4-27 Sección en planta alcantarilla tipo.....	67
Figura 4-28. Localización Proveedores de materiales de construcción.....	73
Figura 4-29. Censo forestal en estrategias asociadas al proyecto.....	78
Figura 4-30 Ubicación de individuos arbóreos asociados a las actividades silviculturales de poda.91	
Figura 4-31 Localización de forófitos sujetos a aprovechamiento forestal.....	96
Figura 4-32 Preferencia de forófito especies vasculares de hábito epífita registradas en el censo forestal.....	101
Figura 4-33 Localización de forófitos sujetos a manejo silvicultural por poda.....	104
Figura 4-34 Preferencia de forófito para las especies vasculares de hábito epífita registradas en forófitos sujetos a manejo silvicultural de poda.....	108
Figura 4-35 Áreas priorizadas para la reubicación de especies de flora vascular en veda.....	114
Figura 4-36 Localización de las parcelas en otros hábitos de crecimiento evaluadas dentro del área de intervención del proyecto.....	125
Figura 4-37 Porcentajes de sustrato para las especies no vasculares registradas en el área de intervención del proyecto.....	127
Figura 4-38 Áreas priorizadas para la retribución por intervención de especies de flora no vascular en veda.....	131
Figura 4-39 Diseño florístico planificado.....	134
Figura 4-40 Ejemplo del patrón espacial de núcleos a implementar.....	135
Figura 4-41 Ubicación estación WTFR.....	145
Figura 4-42 Precipitaciones mensuales.....	146
Figura 4-43 Temperatura Promedio.....	147
Figura 4-44 Rosa de los vientos anual.....	148

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	V

Figura 4-45 Rosas de vientos promedio mensual.....	149
Figura 4-46 Rosas de vientos horaria.....	150
Figura 4-47 Variabilidad radiación solar.....	151
Figura 4-48 Variabilidad CBL y SBL.....	152
Figura 4-49 Variabilidad de la estabilidad atmosférica.....	153
Figura 4-50 Ubicación de fuentes lineales y móviles.....	156
Figura 4-51 Receptores Sensibles.....	158
Figura 4-52 Modelo de elevación digital.....	161
Figura 4-53 Mapa de Coberturas.....	162
Figura 4-54 Fuentes de Emisión - Escenario Línea Base.....	164
Figura 4-55 Diagrama de flujo emisiones por tráfico rodado.....	166
Figura 4-56 Fuentes de Emisión - Escenario Construcción.....	171
Figura 4-57 Fuentes de Emisión - Escenario Operación.....	178
Figura 4-58 Estaciones de calidad de aire.....	183
Figura 4-59 Dominio de modelación.....	188
Figura 4-60 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 24 horas – Escenario 1.....	190
Figura 4-61 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 anual – Escenario 1.....	191
Figura 4-62 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 24 horas – Escenario 1.....	192
Figura 4-63 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 anual – Escenario 1.....	193
Figura 4-64 Modelo de dispersión de contaminantes CO 1 hora – Escenario 1.....	194
Figura 4-65 Modelo de dispersión de contaminantes CO 8 horas – Escenario 1.....	195
Figura 4-66 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 1 hora – Escenario 1.....	196
Figura 4-67 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 Anual – Escenario 1.....	197
Figura 4-68 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 1 hora – Escenario 1.....	198
Figura 4-69 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 24 Horas – Escenario 1.....	199
Figura 4-70 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 24 horas – Escenario 2 – sin medidas de control.....	200
Figura 4-71 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 anual – Escenario 2 – sin medidas de control.....	201
Figura 4-72 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 24 horas – Escenario 2 – sin medidas de control.....	202
Figura 4-73 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 anual – Escenario 2 – sin medidas de control.....	203
Figura 4-74 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 24 horas – Escenario 2 – con medidas de control.....	204

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	VI

Figura 4-75 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 anual – Escenario 2 – con medidas de control.....	205
Figura 4-76 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 24 horas – Escenario 2 – con medidas de control.....	206
Figura 4-77 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 anual – Escenario 2 – con medidas de control.....	207
Figura 4-78 Modelo de dispersión de contaminantes CO 1 hora – Escenario 2 .....	208
Figura 4-79 Modelo de dispersión de contaminantes CO 8 Horas – Escenario 2.....	209
Figura 4-80 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 1 hora – Escenario 2 .....	210
Figura 4-81 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 Anual – Escenario 2 .....	211
Figura 4-82 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 1 hora – Escenario 2 .....	212
Figura 4-83 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 24 horas – Escenario 2.....	213
Figura 4-84 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 24 horas – Escenario 3 – sin medidas de control.....	214
Figura 4-85 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 anual – Escenario 3 – sin medidas de control.....	215
Figura 4-86 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 24 horas – Escenario 3 – sin medidas de control.....	216
Figura 4-87 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 anual – Escenario 3 – sin medidas de control.....	217
Figura 4-88 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 24 horas – Escenario 3 – con medidas de control.....	218
Figura 4-89 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 anual – Escenario 3 – con medidas de control.....	219
Figura 4-90 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 24 horas – Escenario 3 – con medidas de control.....	220
Figura 4-91 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 anual – Escenario 3 – con medidas de control.....	221
Figura 4-92 Modelo de dispersión de contaminantes CO 1 hora – Escenario 3 .....	222
Figura 4-93 Modelo de dispersión de contaminantes CO 8 Horas – Escenario 3.....	223
Figura 4-94 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 1 hora – Escenario 3 .....	224
Figura 4-95 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 Anual – Escenario 3 .....	225
Figura 4-96 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 1 hora – Escenario 3 .....	226
Figura 4-97 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 24 Horas – Escenario 3.....	227
Figura 4-98 Receptores Sensibles.....	229

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024- 008	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales Ver: 01	VII
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	--	--	-----

Figura 4-99 Localización ZODME .....	246
Figura 4-100 Soportes Calculo de la Capacidad Portante.....	248
Figura 4-101 Ubicación vía de acceso .....	250

**LISTADO DE TABLAS**

Tabla 4-1 Personal estimado en las diferentes etapas del proyecto .....	2
Tabla 4-2 Demanda de agua para uso doméstico en la etapa constructiva.....	3
Tabla 4-3 Demanda de agua para uso doméstico en la etapa operativa .....	4
Tabla 4-4 Cantidad de materiales para preparación de mezcla .....	5
Tabla 4-5 Tipos y cantidades de concreto estimados para la etapa de construcción .....	5
Tabla 4-6 Demanda de agua para preparación de concreto en la etapa constructiva .....	5
Tabla 4-7 Caudal total industrial demandado en las diferentes actividades del proyecto. ....	6
Tabla 4-8 Caudales totales requeridos por el proyecto .....	7
Tabla 4-9 Unidades hidrográficas objeto de análisis .....	8
Tabla 4-10 Dotación neta máxima según la altura sobre el nivel del mar. ....	10
Tabla 4-11 Demanda hídrica doméstica .....	10
Tabla 4-12 Demanda hídrica de uso agrícola. ....	13
Tabla 4-13 Demanda para uso recreativo.....	13
Tabla 4-14 Demanda hídrica para las cuencas en el área de influencia .....	14
Tabla 4-15. Categorías e interpretación del índice de escasez como referencia .....	15
Tabla 4-16 Demanda hídrica para las cuencas en el área de influencia .....	15
Tabla 4-17 Estimación caudal de aguas residuales domésticas etapa constructiva.....	20
Tabla 4-18 Estimación caudal de aguas residuales domésticas etapa operativa .....	21
Tabla 4-19 Características tanque séptico Ajover .....	22
Tabla 4-20. Coordenadas Ocupación de Cauce .....	25
Tabla 4-21 Parámetros morfométricos área aferente OC1.....	27
Tabla 4-22. Ubicación Estación Meteorologica.....	29
Tabla 4-23. Registros de Precipitaciones .....	29
Tabla 4-24. Coeficientes de escorrentía área aferente Q. Palmichal .....	31
Tabla 4-25. Intensidades de lluvia área aferente Q. Palmichal .....	35
Tabla 4-26. Caudales máximos área aferente Q. Palmichal .....	35
Tabla 4-27. Número de Curva Cuenca de la Quebrada Palmichal.....	37
Tabla 4-28. Caudal medio área aferente Q. Palmichal .....	38
Tabla 4-29. Tabla de resultados hidráulicos aguas arriba y aguas debajo de la obra propuesta. ...	44
Tabla 4-30. Descripción de los puntos de monitoreo.....	46

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	VIII

Tabla 4-31 Resultados monitoreos calidad del agua ocupación de cauce.....	48
Tabla 4-32 Interpretación de los Índices de Contaminación ICOs.....	51
Tabla 4-33 Índices de contaminación (ICO's) en los puntos de monitoreo .....	52
Tabla 4-34 Índice de calidad (ICA) en los puntos de monitoreo .....	52
Tabla 4-35 Distribución porcentual de las geoformas.....	55
Tabla 4-36. Áreas y edades de las unidades geológicas locales. ....	58
Tabla 4-37. Ecuación cálculo de socavación general. ....	62
Tabla 4-38 Resultado del cálculo de socavación local para los diferentes periodos sección aguas arriba a la intervención. ....	63
Tabla 4-39 Resultado del cálculo de socavación local para los diferentes periodos sección aguas abajo a la intervención. ....	63
Tabla 4-40 Ocupación de cauce a solicitar .....	69
Tabla 4-41 Etapa Constructiva y actividades - Proyecto estación de compresión de Gas Palestina (ECG). ....	70
Tabla 4-42. Información Minero Ambiental de suministro de material cercanos al AI.....	72
Tabla 4-43. Empresas de Servicios Públicos con Concesión de Agua, cercanos al AI. ....	72
Tabla 4-44. Proveedores de madera y materiales .....	74
Tabla 4-45. Listado de gestores de residuos de construcción y demolición – RCD inscritos, Corporación Autónoma De Caldas – CORPOCALDAS Resolución No. 074 de 2017 – Resolución No. 1257 de 2021 MADS.....	75
Tabla 4-46. Cantidades de material ocupación de Cauce OC_1.....	76
Tabla 4-47. Cantidad de Materiales Infraestructura Arquitectónica ECG.....	77
Tabla 4-48 Cálculo de volumen, biomasa y carbono acumulado por especie .....	79
Tabla 4-49 Cálculo de volumen, biomasa y carbono acumulado por unidad de cobertura.....	79
Tabla 4-50 Cálculo de volumen, biomasa y carbono acumulado por predio .....	80
Tabla 4-51 Cálculo de volumen, biomasa y carbono acumulado por estrategia .....	81
Tabla 4-52 Estado de conservación, amenaza o restricción de las especies .....	82
Tabla 4-53 Individuos arbóreos manejo silvicultural de podas .....	89
Tabla 4-54 Abundancia y frecuencia de las especies vasculares en veda de hábito epífita registradas en los forófitos objeto de aprovechamiento forestal.....	97
Tabla 4-55 Preferencia de forófito en especies vasculares de hábito epífita registradas en árboles sujetos a aprovechamiento forestal.....	101
Tabla 4-56 Estratificación vertical de las especies vasculares de hábito epífita registrados en forófitos objeto de aprovechamiento forestal .....	102

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024- 008	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
				Ver: 01	IX

Tabla 4-57 Abundancia y frecuencia de las especies vasculares en veda registradas en forófitos objeto de manejo silvicultural de poda. ....	104
Tabla 4-58 Preferencia de forófito en especies vasculares de hábito epífito registradas en árboles sujetos a poda. ....	107
Tabla 4-59 Estratificación vertical de las especies vasculares de hábito epífito registradas en forófitos objeto de manejo silvicultura por poda dentro del área de intervención del proyecto. ....	109
Tabla 4-60 Rango de abundancia por especie .....	110
Tabla 4-61 Estimado de individuos a rescatar en los forófitos con objeto de aprovechamiento forestal registrados en el área de intervención del proyecto. ....	110
Tabla 4-62 Estimado de individuos a rescatar en los forófitos con objeto de manejo silvicultural por poda registrados en el área de intervención del proyecto. ....	110
Tabla 4-63 Coordenadas geográficas asociadas al área potencial para la reubicación de especies vasculares en veda.....	114
Tabla 4-64 Criterios de selección de árboles hospederos .....	116
Tabla 4-65 Cobertura y frecuencia de las especies no vasculares y líquenes de hábito epífito registrados en el área de intervención del proyecto .....	121
Tabla 4-66 Cobertura y frecuencia de las especies no vasculares y líquenes de hábito terrestre registrados en el área de intervención del proyecto .....	124
Tabla 4-67 Cálculo del área de retribución por afectación de la flora no vascular y sus respectivos hábitats .....	128
Tabla 4-68 Especies arbóreas (forófitos) reportadas con mayor preferencia de colonización para especies no vasculares en el área de influencia del proyecto .....	132
Tabla 4-69 Clasificación de individuos arbóreos de acuerdo a su gremio ecológico (Requerimiento lumínico) según Finegan (1992).....	133
Tabla 4-70 Información de la estación meteorológica empleada .....	143
Tabla 4-71 Resumen información meteorológica .....	143
Tabla 4-72 Valores de albedo .....	154
Tabla 4-73 Valores relación de Bowen .....	154
Tabla 4-74 Valores relación de Bowen .....	154
Tabla 4-75 Vehículos Aforo Vehicular.....	157
Tabla 4-76 Receptores Sensibles .....	157
Tabla 4-77 Aforo vehicular – Tramo 1 – Línea Base .....	164
Tabla 4-78 Aforo vehicular – Tramo 2 – Línea Base .....	165
Tabla 4-79 Homologación tipos de vehículos .....	166

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	X

Tabla 4-80 Factores de emisión fuentes móviles.....	167
Tabla 4-81 Factores de emisión fuentes móviles.....	167
Tabla 4-82 Factores de emisión fuentes móviles.....	167
Tabla 4-83 Emisiones gramo por día fuentes móviles .....	168
Tabla 4-84 Emisiones gramo por día fuentes móviles .....	169
Tabla 4-85 Variables emisión de material particulado por resuspensión .....	169
Tabla 4-86 Variables emisión de material particulado por resuspensión - Escenario Línea Base. 170	
Tabla 4-87 Tráfico Vehicular – Escenario Construcción .....	172
Tabla 4-88 Emisiones gramo por día tramos evaluados – Escenario Construcción .....	172
Tabla 4-89 Emisiones material particulado por resuspensión – Escenario Construcción .....	173
Tabla 4-90 Factores de emisión fuentes de área.....	174
Tabla 4-91 Variables cálculos emisiones .....	174
Tabla 4-92 Emisión fuentes de área – Escenario Construcción y Operación .....	174
Tabla 4-93 Listado Maquinaria y factores de emisión – Construcción de infraestructura (DDV Mariquita – Cali) .....	175
Tabla 4-94 Emisiones de contaminantes asociados a la maquinaria – Construcción de infraestructura (DDV Mariquita – Cali) .....	175
Tabla 4-95 Listado Maquinaria y factores de emisión – Construcción de infraestructura (TAP y Foso Tuneleado) .....	175
Tabla 4-96 Emisiones de contaminantes asociados a la maquinaria – Construcción de infraestructura (TAP y Foso Tuneleado) .....	176
Tabla 4-97 Listado Maquinaria y factores de emisión – Construcción de infraestructura (ECG Palestina, ZODME y Construcción de vías).....	176
Tabla 4-98 Emisiones de contaminantes asociados a la maquinaria – Construcción de infraestructura (ECG Palestina, ZODME y Construcción de vías).....	176
Tabla 4-99 Listado Maquinaria y factores de emisión – Construcción de infraestructura (Adecuación y Mantenimiento de Vías).....	177
Tabla 4-100 Emisiones de contaminantes asociados a la maquinaria – Construcción de infraestructura (Parque Solar y Helipuerto).....	177
Tabla 4-101 Emisiones de contaminantes asociados a la maquinaria – Construcción de infraestructura (Parque Solar y Helipuerto).....	179
Tabla 4-102 Emisiones gramo por día tramos evaluados – Escenario Operación.....	179
Tabla 4-103 Características tramos evaluados.....	180
Tabla 4-104 Emisiones material particulado por resuspensión – Escenario Operación .....	180
Tabla 4-105 Fuentes Fijas – Escenario Operación.....	181

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	XI

Tabla 4-106 Factor de emisión combustión interna (generadores) a diésel.....	181
Tabla 4-107 Características combustible .....	181
Tabla 4-108 Emisiones fuentes fijas .....	182
Tabla 4-109 Concentraciones de fondo ug/m <sup>3</sup> .....	184
Tabla 4-110 Contaminantes modelados .....	187
Tabla 4-111 Concentración receptores sensibles – PM10 Anual – Escenario Construcción.....	230
Tabla 4-112 Concentración receptores sensibles – PM10 Anual – Escenario Operación .....	230
Tabla 4-113 Concentración receptores sensibles – PM2.5 Anual – Escenario Construcción.....	231
Tabla 4-114 Concentración receptores sensibles – PM2.5 Anual – Escenario Operación .....	231
Tabla 4-115 Concentración receptores sensibles – CO 8 Horas – Escenario Construcción .....	232
Tabla 4-116 Concentración receptores sensibles – CO 8 Horas – Escenario Operación.....	232
Tabla 4-117 Concentración receptores sensibles – NO2 Anual – Escenario Construcción.....	233
Tabla 4-118 Concentración receptores sensibles – NO2 Anual – Escenario Operación .....	233
Tabla 4-119 Concentración receptores sensibles – SO2 24 Horas – Escenario Construcción .....	234
Tabla 4-120 Concentración receptores sensibles – SO2 24 Horas – Escenario Operación.....	234
Tabla 4-121. Clasificación de Residuos Sólidos .....	237
Tabla 4-122. Clasificación de Residuos sólidos por código de colores .....	239
Tabla 4-123 Volumen de residuos sólidos domésticos estimado .....	240
Tabla 4-124 Materiales de Construcción y porcentaje de desperdicio .....	243
Tabla 4-125 Volumen de residuos por material .....	243
Tabla 4-126 Posibles gestores de residuos sólidos domésticos y peligrosos .....	245
Tabla 4-127 Parámetros capacidad portante.....	247
Tabla 4-128 Listado de actividades que requieren recolección o manipulación de individuos de flora y fauna.....	253

### LISTADO DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 4-1. Relieve periférico OC1 .....	25
Fotografía 4-2. Encharcamiento superficial (Q Palmichal). .....	25
Fotografía 4-3 <i>Tillandsia recurvata</i> (Bromeliaceae) .....	99
Fotografía 4-4 <i>Tillandsia clavigera</i> (Bromeliaceae).....	99
Fotografía 4-5 <i>Racinaea tenuispica</i> (Bromeliaceae).....	99
Fotografía 4-6 Ejemplo del marcaje de individuos vasculares rescatados. ....	117
Fotografía 4-7 Ejemplo de la reubicación de especies vasculares de hábito terrestre .....	119
Fotografía 4-8 <i>Lejeunea capensis</i> (Lejeuneaceae)) .....	123
Fotografía 4-9 <i>Cryptothecia striata</i> (Arthoniaceae).....	123

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	XII

Fotografía 4-10 Ejemplo del proceso de limpieza en el área a rehabilitar .....	137
Fotografía 4-11 Ejemplo del ahoyado para la siembra de plántulas.....	138
Fotografía 4-12 Ejemplo del proceso de ahoyado para la siembra de plántulas.....	138
Fotografía 4-13 Ejemplo de la siembra de plántulas.....	139
Fotografía 4-14 Ejemplo de la aplicación de hidro retenedor .....	139

**LISTADO DE ANEXOS**

- ANEXO E. METODOLOGÍAS
- ANEXO F. DESCRIPCIÓN TECNICA
- ANEXO I. HIDROLOGÍA Y CLIMA
- ANEXO K. MODELACIONES
- ANEXO O. USO Y APROVECHAMIENTO
- ANEXO X. PLANES Y PROGRAMAS

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	XIII

## 4. DEMANDA, USO Y/O APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

### 4.1 Aguas Superficiales

La estación de compresión de gas Palestina no requiere concesión de aguas superficiales, por tal motivo no es necesario realizar la caracterización requerida para este caso. Esto se debe a que, el aporte de agua necesario para las etapas de construcción, operación y desmantelamiento y abandono se realizará mediante proveedores autorizados, lo que permitirá contar con el recurso necesario para la ejecución del proyecto. Por lo anterior NO se solicita permiso de exploración ni concesión de aguas subterráneas.

#### 4.1.1 Caudales requeridos por el proyecto

El caudal requerido para las estrategias de desarrollo definidas para la modificación de licencia para la construcción de la estación de compresión de Gas Palestina (ECG), se describe según el uso del agua establecido en el Artículo 2.2.3.3.2.1 del Decreto 1076 del 2015.

De acuerdo con lo mencionado en el *Capítulo 02.DESCRIP PROY, numeral 2.2 Características técnicas del proyecto, Tabla 2-6*, se solicita autorización para las siguientes operaciones:

- Construcción estación Compresora de gas
- Operación y mantenimiento de línea de flujo de descarga
- Construcción, Adecuación y/o mantenimiento de vías existentes
- Distribución de energía eléctrica

Dichas operaciones comprenden en uso de agua para las etapas de construcción, la cuál será adquirida por medio de terceros autorizados. En etapa de operación solo se requerirá el uso de agua para las necesidades domésticas del personal de la estación compresora de gas, la cual también será adquirida a través de un tercero.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	1

De acuerdo con lo anterior a continuación se describe los requerimientos de agua para el proyecto estación de compresión de Gas Palestina (ECG):

#### 4.1.1.1 Caudal doméstico

Se entiende por uso del agua para consumo humano su utilización en actividades tales como: bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato. De igual forma, su utilización en actividades de satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal, aseo y limpieza de instalaciones, elementos, materiales o utensilios.

##### 4.1.1.1.1 Etapa constructiva

Para el cálculo del caudal de agua doméstica demandada se contempló un escenario suficientemente conservador, en el cual se consideraron 131 trabajadores, como se presenta en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1 Personal estimado en las diferentes etapas del proyecto**

ETAPA	ACTIVIDAD	# PERSONAS	TOTAL, POR ETAPA
Constructiva	Construcción ECG	47	130
	Línea de succión y descarga	54	
	Construcción y adecuación y mantenimiento de vías	19	
	Distribución de energía (línea)	10	
<b>130</b>			

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para el cálculo de la demanda de agua doméstica es necesario tener en cuenta el consumo de agua por trabajador, el cual por jornada corresponde a 100 L/día según lo establecido en la Tabla B.2.5 Consumo de servicio para personal en las industrias, del numeral 2.5.3.2 Uso industrial del Título B Sistemas de Acueducto, del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (Minvivienda, 2010).

Es importante resaltar que el agua utilizada para este fin como se mencionó anteriormente es adquirida a través de un tercero autorizado, por lo tanto, no se requiere permiso de captación.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	2

Consecuentemente el flujo de aguas domésticas se obtiene mediante el tratamiento de los datos mencionados anteriormente y a través de la siguiente ecuación:

$$Q_{AD} = C_{AD} * P * Fs$$

Donde:

Q<sub>AD</sub>: Caudal Aguas Domésticas

C<sub>AD</sub>: Caudal de consumo (L/hab\*día)

P: Cantidad de personas

Fs: Factor de seguridad

$$Q_{AD} = 100 \frac{L}{Persona * día} * 130 personas * 1,20 = \frac{L}{día} = 15.600 \frac{L}{día} = 15,6 \frac{m^3}{día}$$

El caudal doméstico equivalente para atender las labores de construcción corresponde a 15,6 m<sup>3</sup> diarios.

Seguidamente en la Tabla 4-2 se muestra el detalle del caudal según las actividades relacionadas previamente en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-2 Demanda de agua para uso doméstico en la etapa constructiva**

ETAPA	ACTIVIDADES	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/persona*día)	NUMERO DE PERSONAS	FACTOR DE SEGURIDAD	CAUDAL TOTAL DEMANDADO (L/día)	CAUDAL TOTAL DEMANDADO (m <sup>3</sup> /día)
Constructiva	Construcción ECG	100	47	1,20	5640	5,64
	Línea de succión y descarga	100	54	1,20	6480	6,48
	Construcción y adecuación y mantenimiento de vías	100	19	1,20	2280	2,28
	Distribución de energía (línea)	100	10	1,20	1200	1,20
<b>Total</b>			<b>130</b>	<b>1,20</b>	<b>15600</b>	<b>15,60</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Finalmente teniendo en cuenta que según el *Capítulo 02.DESCRIP PROY*, numeral 2.2 *Características técnicas del proyecto*, se estima que la etapa constructiva durará 210 días, la demanda total doméstica para la etapa de construcción es de 3.276 m<sup>3</sup>.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	3

#### 4.1.1.1.2 Etapa operativa

Para la etapa operativa se contempla la demanda para satisfacer las necesidades básicas de un trabajador ejerciendo la labor de guarda de seguridad, aplicando la metodología anterior, se estima una demanda doméstica diaria de 0,12 m<sup>3</sup>, tal como se muestra en la Tabla 4-3.

**Tabla 4-3 Demanda de agua para uso doméstico en la etapa operativa**

ETAPA	ACTIVIDADES	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/persona*día)	NUMERO DE PERSONAS	FACTOR DE SEGURIDAD	CAUDAL TOTAL DEMANDADO (L/día)	CAUDAL TOTAL DEMANDADO (m <sup>3</sup> /día)
Operativa	Seguridad operación ECG	100	1	1,20	120	0,12
Total			1	1,20	120	0,12

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.1.1.2 Industrial

Durante el desarrollo del proyecto el agua es requerida para las diferentes etapas contempladas en la construcción de la ECG. Los cálculos presentados a continuación se realizaron considerando el caudal demandado por cada actividad proyectada en las diferentes etapas del proyecto. Los valores reales usados serán reportados en los Informes de Cumplimiento Ambiental – ICA.

##### 4.1.1.2.1 Preparación de concretos

En la construcción se requiere agua para la fabricación de concretos en la construcción de cimentaciones, obras de drenaje, cerramiento perimetral, construcción de vías internas y andenes y otras obras civiles complementarias a la adecuación de equipos. Para la estimación del caudal se tienen en cuenta los diseños presentados en Anexos\F. DESCRIPCIÓN TÉCNICA\1. DISEÑOS\Planos.xlsx.

El concreto es una mezcla de cemento, arena, grava, agua y aditivos. De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC3318, se establecen las especificaciones para la producción de concreto. En la Tabla 4-4 se presentan las cantidades de material necesario para preparar la mezcla de acuerdo con la resistencia.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	4

**Tabla 4-4 Cantidad de materiales para preparación de mezcla**

TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA PSI o (lb/pulg <sup>2</sup> )	MATERIALES			
		Cemento (kg)	Arena (m <sup>3</sup> )	Grava (m <sup>3</sup> )	Agua (L)
1:2:2	3500	420	0,67	0,67	220
1:2:3	3000	350	0,56	0,84	180
1:2:4	2500	300	0,48	0,96	170
1:3:4	2000	260	0,63	0,84	170
1:3:6	1500	210	0,5	1,0	160

Fuente: Norma Técnica Colombiana/NTC3318.

Con base en las cantidades de materiales y obras presentados en *Anexo\F. DESCRIPCIÓN TÉCNICA\1. DISEÑOS\ ListadoMaterialesCantidadesObra.pdf* se requieren los tipos y cantidades de concreto presentados en la Tabla 4-5

**Tabla 4-5 Tipos y cantidades de concreto estimados para la etapa de construcción**

CONCRETO	CANTIDAD (m <sup>3</sup> )
f <sub>c</sub> = 21,0 Mpa (210 kg/cm <sup>2</sup> ó 3000 psi)	111,22
f <sub>c</sub> = 17,5 Mpa (175 kg/cm <sup>2</sup> ó 2500 psi)	1,58
f <sub>c</sub> = 14,0 Mpa (140 kg/cm <sup>2</sup> ó 2000 psi)	30,84
Tremie f <sub>c</sub> = 21,0 Mpa (210 kg/cm <sup>2</sup> ó 3000)	99,72
Grouting cementico f <sub>c</sub> = 25-30 MPa (250-300 kg/cm <sup>2</sup> )	0,15

Fuente: (Summun Projects S.A.S, 2024)

De acuerdo con lo anterior, para estimar el caudal de demanda se toma como referencia el volumen de agua necesario para un tipo de concreto 1:2:2 de 3500 psi, y una placa de concreto de 30 cm de grosor. En la Tabla 4-6 se presenta el caudal total demandado por estas actividades.

**Tabla 4-6 Demanda de agua para preparación de concreto en la etapa constructiva**

Concreto	Volumen (m <sup>3</sup> )	Requerimiento agua (litros/m <sup>3</sup> )	Consumo de agua (litros)	Volumen total de agua (litros)	Factor seguridad
f <sub>c</sub> = 21,0 Mpa (210 kg/cm <sup>2</sup> ó 3000 psi)	111,22	180	20.019,60	2.2021,56	10%
f <sub>c</sub> = 17,5 Mpa (175 kg/cm <sup>2</sup> ó 2500 psi)	1,58	170	268,60	295,46	10%
f <sub>c</sub> = 14,0 Mpa (140 kg/cm <sup>2</sup> ó 2000 psi)	30,84	170	5.242,80	5.767,08	10%
Tremie f <sub>c</sub> = 21,0 Mpa (210 kg/cm <sup>2</sup> ó 3000)	99,72	180	17.949,60	19.744,56	10%
Grouting cementico f <sub>c</sub> = 20-30 MPa (250-300 kg/cm <sup>2</sup> )	0,15	170	25,50	28,05	10%
Total	243,51		43.506,10	47.856,71	

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	5

#### 4.1.1.2.2 Pruebas hidrostáticas

Las pruebas hidrostáticas tienen como objetivo verificar la total integridad de la tubería de tal forma que se pueda garantizar que este soporte las presiones de operación a las que va a permanecer sometida durante la vida útil de la misma. La prueba consiste en someter la tubería a presiones superiores a la presión de operación por un periodo superior o igual a 12 horas. Esta actividad será realizada cuando las líneas de succión y descarga estén totalmente terminadas.

Con base en la ingeniería básica (Summun Projects S.A.S, 2024) y con la suposición de reusó de agua para líneas de menores longitud, se estima un volumen total para pruebas hidrostáticas de 6,5 m<sup>3</sup>.

#### 4.1.1.2.3 Caudal total industrial

A continuación, en la Tabla 4-7 se encuentra el estimado de agua para uso industrial requerido en diferentes etapas del proyecto, teniendo en cuenta las consideraciones previamente expuestas y las actividades relacionadas.

**Tabla 4-7 Caudal total industrial demandado en las diferentes actividades del proyecto.**

ETAPA	ACTIVIDADES	VOLUMEN TOTAL DEMANDADO (m <sup>3</sup> )
Constructiva	Construcción ECG	47,9
	Prueba hidrostática	8,5
TOTAL, ESTIMADO		56,4

\*No aplica caudal, cantidad estimada como volumen total

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.1.1.3 Demanda Total

La cantidad de agua para uso doméstico e industrial requerido para el proyecto, sustentado a partir de las demandas en las diferentes etapas del proyecto, se presentan en la Tabla 4-8, según la cual para el proyecto se requiere 56,4 m<sup>3</sup> para las actividades de construcción estimado en el cronograma propuesto en el *Capítulo 02.DESCRIP PROY, tabla 2-9*. Adicionalmente bajo el supuesto de que va a estar activo todo el personal necesario para las actividades de construcción se estima una demanda doméstica máxima de 15,6 m<sup>3</sup>/día.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	6

**Tabla 4-8 Caudales totales requeridos por el proyecto**

USO DEL AGUA DE ACUERDO CON LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO		ORIGEN DEL AGUA	CAUDAL TOTAL (m <sup>3</sup> /día)		VOLUMEN TOTAL (m <sup>3</sup> )	
ACTIVIDAD	USO DEL AGUA		CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
Todo el conjunto de actividades relacionadas a las estrategias de desarrollo del proyecto	Industrial	Compra a terceros	NA	NA	56,4	0
	Doméstico		15,6	0,12	*3.276	NA
TOTAL			15,6	0,12	3.332,4	-

\*Consumo doméstico para los 210 días de etapa constructiva

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.1.2 Índice de Escasez

Es la relación porcentual entre la demanda potencial de agua del conjunto de actividades sociales y económicas con la oferta hídrica disponible, luego de aplicar factores de reducción por régimen de estiaje y fuentes frágiles (IDEAM, 2008).

**Oferta Hídrica Superficial Total:** volumen total de agua que fluye por la fuente abastecedora después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapo-transpiración e infiltración del sistema suelo-cobertura vegetal.

**Oferta Hídrica Superficial Neta:** volumen de agua que ofrece la fuente hídrica (en millones de metros cúbicos -Mm<sup>3</sup>), que resulta después de aplicar los factores de reducción por fuentes frágiles y de reducción por régimen de estiaje.

El índice de escasez se estima a partir de la fórmula:

$$Ie = \frac{\text{Demanda hídrica}}{\text{Oferta hídrica neta}} (\%)$$

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	7

#### 4.1.2.1 Demanda hídrica

La demanda hídrica corresponde a la cantidad o volumen de agua utilizada por los sectores económicos y la población para los diferentes usos: doméstico, agrícola, pecuario, industrial, entre otros y su caudal de retorno. La demanda considera el volumen de agua extraído o que se almacena y que limita otros usos (IDEAM, 2014). A continuación, se presentan las diferentes demandas hídricas para los usos identificados en el área de influencia del estudio.

Para la identificación de los conflictos actuales y potenciales por disponibilidad del recurso, en las cuencas del área, se realizó el análisis de la demanda hídrica, oferta disponible, índice del uso del agua e índice de vulnerabilidad. Los insumos requeridos para el desarrollo de demanda hídrica se tomaron del *Capítulo 03.2.4.ABIOT(HIDROL)* del presente estudio de impacto ambiental.

En el área de influencia se identificaron 2 unidades hidrológicas y 3 microcuencas tal como se observa en la Figura 4-1 y en la Tabla 4-9.

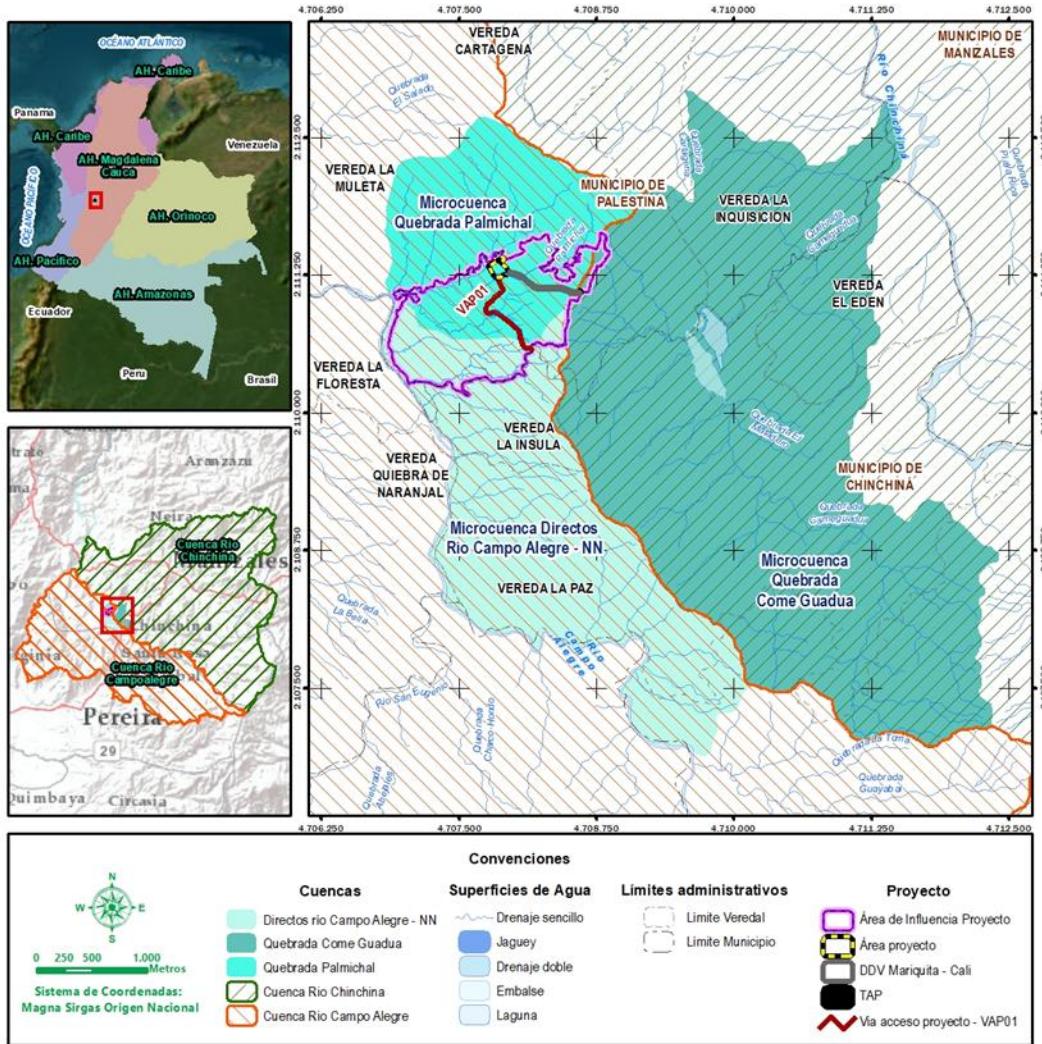
**Tabla 4-9 Unidades hidrográficas objeto de análisis**

CUENCAS	NOMBRE	ÁREA DE INFLUENCIA (%)
Rio Chinchiná	Quebrada Comeguadua	3,71
Rio Campoalegre	Quebrada Palmichal	59,79
	Directos río Campo Alegre -NN	36,50
<b>Total</b>		<b>100</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	8

Figura 4-1 Cuencas Hidrográficas del proyecto en Palestina.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.1.2.1.1 Demanda hídrica doméstica

El cálculo de la demanda hídrica doméstica se realiza teniendo en cuenta la dotación neta máxima estipulada dentro del artículo 43 de la Resolución No. 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. En la Tabla 4-10 se muestra la dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	9

**Tabla 4-10 Dotación neta máxima según la altura sobre el nivel del mar.**

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
>2000 msnm	120
1000 – 2000 msnm	130
< 1000 msnm	140

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017

El valor en L/día se da a partir de la siguiente formula:

$$DUD = (DNM * Us)$$

Donde:

DUD = Demanda de agua para uso doméstico.

DNM = Dotación máxima

Us = Cantidad de usuarios

A partir de esto, el valor de dotación neta máxima en la zona de estudio es de 130 (L/Hab\*día) dado a que la altura en el área de estudio oscila entre 1.224 hasta los 1.450 m.s.n.m. El valor de cantidad de usuarios corresponde a 369; este valor se tomó a partir de la caracterización de campo que se encuentra plasmado en el *Capítulo 03.4.SOC-0* del presente Estudio de Impacto Ambiental-EIA. Por lo anterior, el cálculo para demanda hídrica doméstica es de 47,97 m<sup>3</sup>/día y los resultados se detallan en la Tabla 4-11.

**Tabla 4-11 Demanda hídrica doméstica**

CUENCAS	NOMBRE	ÁREA DE INFLUENCIA (%)	DEMANDA (m <sup>3</sup> /día)
Rio Chinchiná	Quebrada Comeguadua	3,71	1,78
Rio Campoalegre	Quebrada Palmichal	59,79	28,68
	Directos río Campo Alegre -NN	36,5	17,51
Total		100	47,97

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.1.2.1.2 Demanda hídrica agrícola

Para el cálculo de la demanda hídrica agrícola, se tiene en cuenta la evapotranspiración y la precipitación promedio mensual anual de la cuenca, para ello se tomaron los valores promedio de las estaciones descritas en el *Capítulo 03.2.4.ABIOT(HIDROL)*. A estos valores se les aplica un coeficiente de uso de agua característico del tipo de cultivo

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	10

consignados en los documentos de “Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos” (Allen et al., 2006) y “Cuantificación de área humedecida y balance hídrico en guayaba con riego por goteo” (Cuello et al., 2015); por ejemplo, para el cultivo de café, el coeficiente de uso de agua para el cultivo (Kc) para todo el periodo vegetativo se asume en 0,95. En la Figura 4-2 se observan las coberturas analizadas para la demanda hídrica agrícola.

La siguiente expresión indica el cálculo de la demanda agrícola:

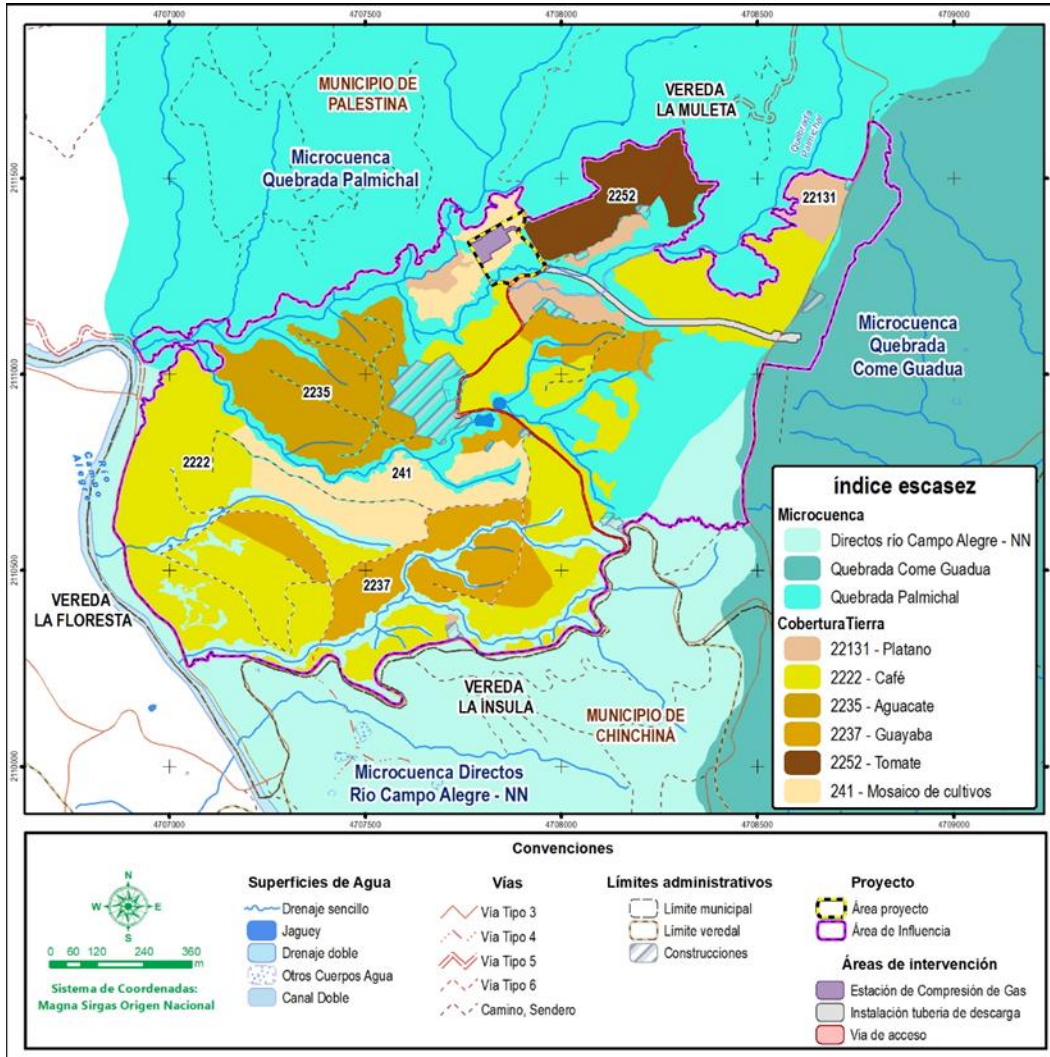
$$DUA = (P - (ETP * Kc)) * ha$$

Donde:

- DUA = Demanda Hídrica Agrícola
- P = Precipitación (mm/año)
- ETR = Evapotranspiración real (mm/año)
- Kc = Coeficiente de uso de agua para el cultivo
- ha = Área cultivada (mm<sup>2</sup>).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	11

Figura 4-2 Demanda hídrica para uso agrícola



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

En la Tabla 4-12 se encuentra los valores para cada cultivo del área de estudio, a partir de las coberturas escala 1:2.000 realizadas para la presente modificación de licencia y presentadas en el *Capítulo 03.3.1. BIOT( ECOTER)* Numeral 3.3.1.3 Coberturas de la tierra.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	12

**Tabla 4-12 Demanda hídrica de uso agrícola.**

NOMBRE DE LA MICROCUENCA	COBERTURA	ÁREA (ha)	Kc	CONSUMO DE AGUA (l/s)	CONSUMO DE AGUA (m <sup>3</sup> /día)
Quebrada Comeguadua	Cultivo de plátano	0,024	1,1	0,010	1,123
	Cultivo de café	0,007	0,95	0,003	
Quebrada Palmichal	Cultivo de café	13,247	0,95	7,093	2592
	Cultivo Aguacate	19,973	0,85	9,631	
	Cultivo Tomate	7,049	0,8	3,962	
	Cultivo Plátano	5,364	1,1	2,158	
	Cultivo de Guayaba	4,008	1,29	1,207	
	Cultivo en mosaico (Yuca-Plátano)	9,053	0,7	5,571	
Directos río Campo Alegre - NN	Cultivo de café	28,707	0,95	13,843	1641,6
	Cultivo Plátano	0,076	1,1	0,030	
	Cultivo de Guayaba	11,031	1,29	3,322	
	Cultivo en mosaico (Yuca-Plátano)	3,417	0,7	2,103	

Fuente: Elaborado con datos de Allen et al., 2006 y Cuello et al., 2015

\*Nota: Para el mosaico de cultivos se tomó el promedio entre el cultivo de yuca (Kc= 0,3) y Plátano (Kc=1,1).

A partir de lo anterior, se determina que el valor total del consumo de agua por parte del uso agrícola es de 0,049 m<sup>3</sup>/s o 4.233,6 m<sup>3</sup>/día.

#### 4.1.2.1.3 Demanda hídrica recreativa

Adicionalmente, el área de estudio presenta una piscina de uso recreativo, para el cálculo se utilizó el del volumen de agua que ocupa y el lapso en que se recarga en segundos.

**Tabla 4-13 Demanda para uso recreativo.**

MICROCUENCA	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	TIEMPO DE USO	DEMANDA DE AGUA EN m <sup>3</sup> /día
Quebrada Palmichal	171,62	1 mes	14,11

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.1.2.1.4 Demanda hídrica total

Para el cálculo de la demanda hídrica superficial, se tuvo en cuenta la metodología avalada por el IDEAM en la Resolución No. 865 de 2004, donde se plantea que, la demanda hídrica superficial total se calcula a partir del volumen en unidad de tiempo por cada una de las demandas sectoriales. Siguiendo la ecuación:

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	13

$$DT=DUD + DUI + DUP + DUA + DUS + DUR$$

Donde:

DT = Demanda Total Hídrica (L/s)

DUD = Demanda de Agua para Uso Doméstico

DUI = Demanda de Agua para Uso Industrial

DUP = Demanda de Agua para Uso Pecuario

DUA = Demanda de Agua para Uso Agrícola

DUS = Demanda de Agua para Uso del Sector de Servicios

DUR=Demanda de agua para uso recreativo

Tomando como referencia las demandas identificadas para cada una de las cuencas (DUD- DUA- DUR), la suma de los resultados de la demanda hídrica total para cada una de las microcuencas se presenta en la Tabla 4-14.

**Tabla 4-14 Demanda hídrica para las cuencas en el área de influencia**

CUENCA	MICROCUENCA	SUMATORIA	DEMANDA DE AGUA EN (m <sup>3</sup> /día)
Rio Chinchiná	Quebrada Comeguadua	DUA + DUA	3,08
Rio Campoalegre	Quebrada Palmichal	DUD + DUA+ DUR	2592
	Directos río Campo Alegre -NN	DUD+ DUA	1728

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.1.2.2 Resultado del índice de escasez

Para el análisis de resultados se emplearán las categorías e interpretación del índice de escasez (Tabla 4-15) de acuerdo con lo establecido en la Resolución 865 del 22 de julio de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por la cual se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	14

**Tabla 4-15. Categorías e interpretación del índice de escasez como referencia**

CATEGORIA	RANGO	EXPLICACIÓN
Alto	>50%	Demanda alta
Medio Alto	21-50%	Demanda apreciable
Medio	11-20%	Demanda baja
Mínimo	1-10%	Demanda muy baja
No Significativo	<1%	Demanda no Significativa

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004.

La oferta hídrica neta para la cuenca y microcuencas identificadas en el área de influencia del proyecto se determinó a partir del caudal medio calculado para estas en el numeral 3.2.4.6.3. caudales medios del componente hidrológico del presente estudio de impacto ambiental.

En la Tabla 4-16 y Figura 4-3, se presentan los resultados del cálculo de índice de uso del agua para cada una de las microcuencas cuyas categorías corresponden a una demanda no significativa para las unidades hidrográficas identificadas. Estos índices (menores a 1%) indican que no hay escasez de agua en el área de influencia, lo cual concuerda con las dinámicas hídrica y socioeconómica observada durante el trabajo de campo.

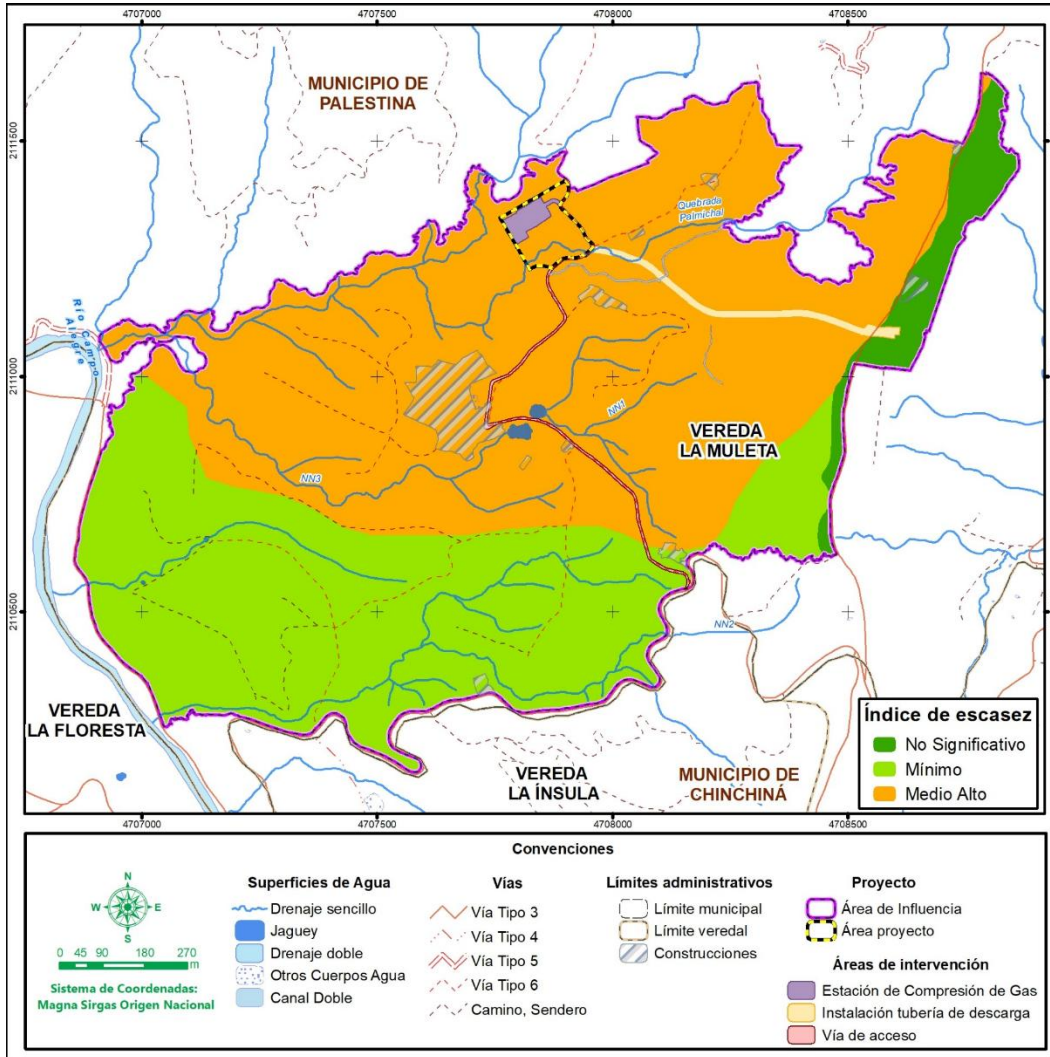
**Tabla 4-16 Demanda hídrica para las cuencas en el área de influencia**

CUENCA	NOMBRE	DEMANDA HÍDRICA (m <sup>3</sup> /s)	OFERTA HÍDRICA NETA (m <sup>3</sup> /s)	ÍNDICE DE ESCASEZ (%)	CATEGORÍA
Rio Chinchiná	Quebrada Comeguadua	3,56x10 <sup>-5</sup>	<b>0,58</b>	<b>0,01</b>	Demanda no Significativa
Rio Campoalegre	Quebrada Palmichal	0,03	<b>0,12</b>	<b>24,77</b>	Demanda <b>apreciable</b>
	Directos río Campo Alegre -NN	0,02	<b>0,90</b>	<b>2,22</b>	Demanda <b>muy baja</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	15

Figura 4-3 Escasez hídrica en el área de estudio.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

#### 4.1.2.3 Conflictos de agua

Como se mencionó anteriormente, para este proyecto no se hará solicitud para la captación de aguas superficiales, por lo tanto, no se prevé la generación de conflictos por el uso de agua, ya que no se afectarán los caudales ni las condiciones físicas del recurso hídrico.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	16

## 4.2 Aguas Subterráneas

La estación de compresión de gas Palestina no requiere exploración y concesión de aguas subterráneas, por tal motivo no es necesario realizar la caracterización requerida para este caso. Esto se debe a que, el aporte de agua necesario para las etapas de construcción, operación y desmantelamiento y abandono se realizará mediante proveedores autorizados, lo que permitirá contar con el recurso necesario para la ejecución del proyecto. Por lo anterior NO se solicita permiso de exploración ni concesión de aguas subterráneas.

## 4.3 Vertimientos

De acuerdo con el MADS (2015), las aguas residuales son aquellas originadas por diferentes actividades antrópicas que se desarrollan en un sitio determinado. Estas se clasifican en Aguas Residuales Domésticas (ARD) y Aguas Residuales no Domésticas – ArnD.

Las aguas residuales domésticas – ARD, son las procedentes de los hogares, así como las de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios y que correspondan a:

- Descargas de retretes y servicios sanitarios.
- Descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial).

Las aguas residuales no domésticas ARnD, son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas – ARD.

Partiendo de estos conceptos, durante las etapas constructiva y operativa del proyecto de construcción de la estación de compresión de Gas Palestina (ECG), no se requiere tramitar ningún permiso de vertimientos de agua residuales domésticas - ARD y no domésticas -

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	17

ARnD, a cuerpos de agua o al suelo, dado que la recolección y disposición final de estas aguas residuales se realizará por medio de un tercero que cuente con los respectivos permisos y autorizaciones por parte de la autoridad ambiental.

A continuación, se describe el origen de las aguas residuales, los respectivos caudales de descarga calculados para el uso doméstico e industrial que se generaran en las diferentes etapas del proyecto y la respectiva disposición final, estos valores se presentan en el numeral 4.1.1.1. *Caudal doméstico*.

#### 4.3.1 Etapa constructiva

Durante el desarrollo de esta etapa se generarán aguas residuales domésticas - ARD originadas por el personal que llevara a cabo las actividades de infraestructura del proyecto. Adicionalmente, se realizarán pruebas hidrostáticas, las cuales generarán aguas residuales no domésticas - ARnD. A continuación, se describen las actividades que generarán estas aguas residuales y la disposición final de las mismas.

##### 4.3.1.1 Aguas residuales domésticas - ARD

Las aguas residuales domésticas - ARD, generadas durante esta etapa serán almacenadas en unidades sanitarias portátiles que se dispondrán en el área del desarrollo del proyecto. Estas serán entregadas a terceros autorizados que cuenten con los permisos ambientales vigentes y establecidos por las autoridades ambientales, requisitos que son necesarios para la recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

La empresa que suministre este servicio deberá elaborar y ejecutar un programa de mantenimiento donde incluya cronograma, actividades, lugar de ejecución, responsable y fecha de cierre. Esto dependerá del número de trabajadores, horarios de trabajo y capacidad de las unidades sanitarias.

Las unidades sanitarias se ubicarán en los respectivos frentes de obra; el mantenimiento de estas se realizará con la periodicidad que sea requerida, teniendo en cuenta la

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	18

frecuencia de uso y las actividades desarrolladas. Sin embargo, es recomendable realizar mantenimiento dos veces a la semana, actividad que la llevará a cabo un tercero que cuente con el permiso y autorización para el tratamiento y disposición final de las aguas residuales domésticas. Una vez finalizada las actividades de la etapa constructiva, las unidades serán desinstaladas garantizando que se encuentren drenadas y con el mantenimiento al día para prevenir fugas durante la desmovilización.

Para determinar el caudal de aguas residuales domésticas - ARD, es necesario conocer el caudal de captación para uso doméstico, el cual se determina a partir de la dotación neta por habitante o cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de una persona, tal como se establece en el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS - en su Título B para Sistemas de Acueducto o destinados a la potabilización de agua (2010).

La dotación neta por habitante se encuentra en función del nivel de complejidad del sistema y las condiciones climáticas donde se encuentra el usuario. Para la etapa de construcción del proyecto, se tendrá en cuenta la dotación neta en clima templado con un nivel de complejidad bajo, por lo que cada trabajador consumirá 100 litros de agua diario (0,1 m<sup>3</sup>/día).

A partir de lo anterior y teniendo en cuenta que durante las labores de construcción se tiene estimado la ocupación de 130 personas, se determina el caudal de aguas residuales domésticas, tomando 0,85 como coeficiente de retorno, valor estipulado por el MVCT. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2017).

El valor de caudal de aguas domésticas empleado para el cálculo del caudal de aguas residuales domésticas en la etapa constructiva es tomado del numeral 4.1 Aguas Superficiales del presente documento. En la Tabla 4-17, se presentan los volúmenes obtenidos para cada una de las actividades de la etapa constructiva.

$$Q_D = C_r * Q_{AD}$$

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	19

Donde:

$Q_D$ =Caudal de aguas residuales domésticas ( $m^3/día$ )

$C_R$ =Coeficiente de retorno

$D_{AD}$ = Caudal aguas domésticas ( $m^3/día$ )

$$Q_D = 0,85 * 15,60$$

$$Q_D = 13,26 m^3/día$$

**Tabla 4-17 Estimación caudal de aguas residuales domésticas etapa constructiva**

ACTIVIDAD	DOTACIÓN NETA MÁXIMA	MANO DE OBRA (personas)	CAUDAL TOTAL DEMANDADO ( $m^3/día$ )	CAUDAL AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS ( $m^3/día$ )
Construcción ECG	100(l/per*día) = 0,1 $m^3/día$	47	5,64	4,79
Construcción línea de flujo		54	6,48	5,51
Asociadas a vías		19	2,28	1,94
Construcción líneas eléctricas		10	1,20	1,02
<b>TOTAL</b>		<b>130</b>	<b>15,60</b>	<b>13,26</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Teniendo en cuenta los parámetros descritos y aplicando la respectiva fórmula, se determina un caudal total de 13,26  $m^3/día$  de aguas residuales domésticas generadas por el total de personal que llevara a cabo todas las actividades de infraestructura del proyecto (ver Tabla 4-17).

#### 4.3.1.2 Aguas residuales no domésticas - ARnD

Las aguas residuales no domésticas serán producto de las pruebas hidrostáticas que se realizarán al gasoducto; estas tienen como objetivo verificar la total integridad de la tubería de tal forma que se pueda garantizar que soporten las presiones de operación a las que va a permanecer sometida durante la vida útil de la misma. La prueba consiste en someter la tubería a presiones superiores a la presión de operación por un periodo superior o igual a 12 horas. Esta actividad será realizada cuando las líneas de succión y descarga estén totalmente terminadas; al finalizar la prueba se extraerá el agua utilizada y será dispuesta mediante tubería de drenaje que conduzca el agua de manera segura hacia tanques de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	20

almacenamiento, posteriormente se dispondrán con terceros que cuente con autorización para transporte y disposición de estas aguas residuales no domésticas – ARnD.

Para la realización de la prueba hidrostática en las tuberías de succión y descarga se utilizará un volumen de agua aproximado de 6,5 m<sup>3</sup>, este cálculo se presenta en el numeral 4.1.1.2.3 Pruebas hidrostáticas. Suponiendo que no habrán pérdidas este volumen va a ser el mismo a disponer.

#### 4.3.2 Etapa operativa

Durante esta etapa la generación de agua residuales será únicamente de tipo doméstico - ARD y estará relacionado con el personal que cumplirá labores de vigilancia como se describe a continuación.

##### 4.3.2.1 Aguas residuales domésticas - ARD

Durante la etapa operativa se establecerá una caseta de guardia, en la cual independiente del turno laboral siempre permanecerá un trabajador cumpliendo labores de seguridad; Esta instalación será adecuada con 1 baño y 1 cocina. Teniendo en cuenta estas características, las aguas domésticas residuales generadas durante la etapa operativa corresponden al consumo doméstico que demandará el personal de seguridad. Para el cálculo se utilizó la misma metodología aplicada en el cálculo de aguas residuales de la etapa constructiva.

$$Q_D = C_r * Q_{AD}$$

$$Q_D = 0,85 * 0,12$$

**Tabla 4-18 Estimación caudal de aguas residuales domésticas etapa operativa**

NUMERO DE USUARIOS	DOTACIÓN NETA PARA CLIMAS CÁLIDOS	CAUDAL TOTAL DEMANDADO (m <sup>3</sup> /día)	CAUDAL AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (m <sup>3</sup> /día)
1	100(l/per*día) = 0,1 m <sup>3</sup> /día	0,12	0,10

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

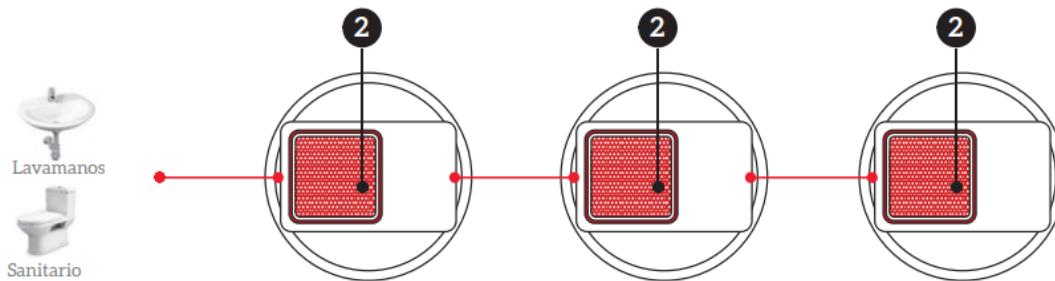
De acuerdo con la Tabla 4-18, se estima un caudal de aguas residuales domésticas de 0,10 m<sup>3</sup>/día. La disposición de estas aguas residuales domésticas se realizará en un sistema en

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	21

serie de 3 tanques sépticos de 1 metro cubico de capacidad, dando una capacidad máxima de 3 m<sup>3</sup>. Para asegurar que no se presenten vertimientos el ultimo tanque va sellado con tapones de PVC.

La Figura 4-4 muestra el esquema del sistema séptico para la garita de vigilancia de la estación compresora de gas. La Tabla 4-19 y Figura 4-5 muestran las características generales de los tanques que componen el sistema séptico.

**Figura 4-4 Diseño sistema séptico garita estación compresora de gas**



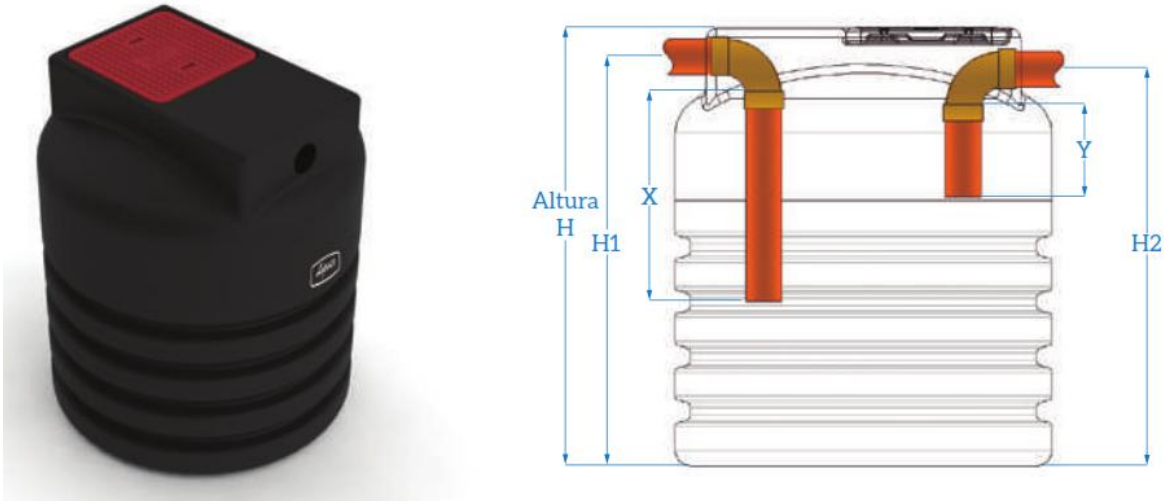
Fuente: Adaptado por Summun S.A de Ajovert (2023)

**Tabla 4-19 Características tanque séptico Ajovert**

Contribución (L/hab*día)			Volumen (L)	Diámetro (cm)	Altura H (cm)	Altura entrada H1 (cm)	Altura salida H2 (cm)	X (cm)	Y (cm)	Entrada (pul)	Salida (pul)
Baja	Media	Alta									
8 -20	4 - 10	1 - 3	1000	120	140	131	127	67	30	4	4

Fuente: (AJOVERT, 2023)

Figura 4-5 Esquema tanque séptico Ajoover



Fuente: (AJOVER, 2023)

La ubicación de este se realizará teniendo en cuenta el artículo 155 del Título A del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2000) , el cual establece: “*los tanques sépticos deben conservar las siguientes distancias mínimas: 1,50 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumidero y campos de infiltración; 3,0m distante de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua y 15,0 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza*”.

Las actividades que involucran tratamiento y disposición de las aguas residuales domésticas -ARD, dispuestas en el pozo séptico serán realizadas por un tercero autorizado que cuenten con los permisos ambientales vigentes y establecidos por las autoridades ambientales. La frecuencia de mantenimiento estipulada para el sistema séptico se realizará cuando se tenga una ocupación aproximada del 80% de la capacidad

#### 4.4 Ocupaciones de Cauce

En el marco del presente Estudio de Impacto Ambiental realizado para la modificación de la Licencia Ambiental del Gasoducto de Occidente para construir una Estación Compresora de Gas (ECG) localizada en la vereda La Muleta del municipio de Palestina en el

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	23

departamento de Caldas, se solicita a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) modificar el Artículo Vigésimo de la Resolución N°874 del 18 de agosto de 1995, en el sentido de adicionar una (1) ocupación de cauce permanente para la adecuación de la vía principal que conduce a la ECG. Lo anterior, dado que, en esta Resolución se establece que la Licencia Otorgada no incluye los permisos, autorizaciones o concesiones para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales, y que, en caso de requerir de uno o varios recursos naturales para la ejecución del proyecto, se deberán tramitar ante la autoridad ambiental competente.

Con el fin de dar viabilidad a las operaciones del proyecto de Construcción de la Estación Compresora de Gas de Palestina, en la presente modificación de Licencia Ambiental se solicita una ocupación de cauce para el cruce de cuerpos de agua con una franja de movilidad de 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo desde el punto de referencia con las coordenadas presentadas en la Tabla 4-20. La franja de movilidad se solicita con el objetivo de, poder tener maniobrabilidad con respecto a la ubicación final de la ocupación de cauce.

#### **4.4.1 Identificación y georreferenciación de la ocupación de cauce**

Durante la visita realizada a campo entre los días 11 al 14 de abril de 2024 en el área de influencia del proyecto de la Estación Compresora de Gas de Palestina, Caldas, se identificó que el área se encuentra ubicada en una zona montañosa entre lomeríos, planicies y laderas de pendientes moderadas a altas (Fotografía 4-1).

La ocupación se encuentra vinculada al cauce de la quebrada Palmichal, la cual ha sido intervenida por la vía de acceso al proyecto. Adicionalmente, se observa una desviación del cauce natural debido a la presencia de un canal artificial (Fotografía 4-1). Por esta razón, durante la visita de inspección no se identificó un cauce permanente en el área; en cambio, se evidenció la presencia de encharcamientos superficiales sobre la vía (Fotografía 4-2).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	24



**Fotografía 4-1. Relieve periférico OC1**

Coordenadas  
E 4707841,42, N 2.110.925,21



**Fotografía 4-2. Encharcamiento superficial (Q Palmichal).**

Coordenadas:  
E 4707802,26, N 2.110.881,43

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

La ocupación de cauce se encuentra sobre la Quebrada Palmichal en las coordenadas que se presentan en la Tabla 4-20 y en la ubicación espacial mostrada en la Figura 4-6.

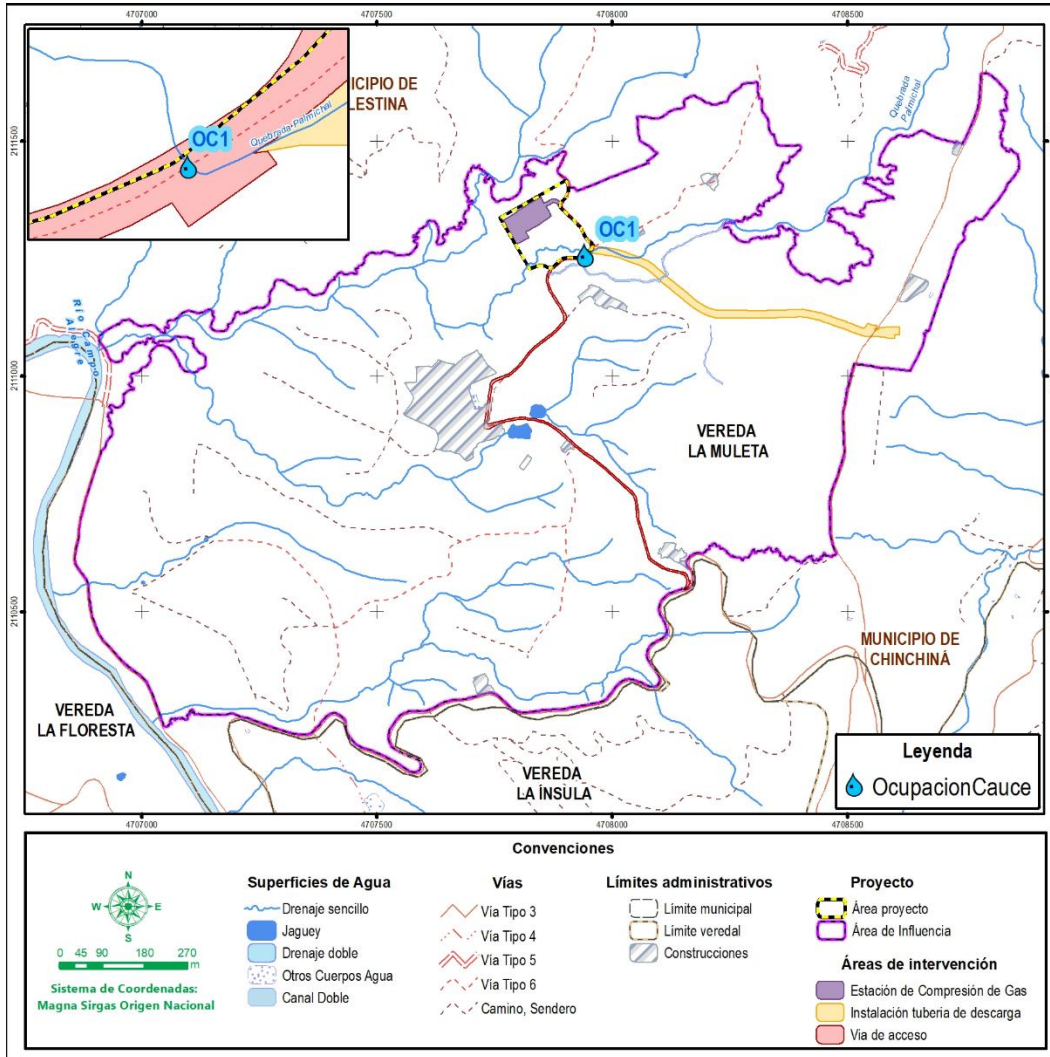
**Tabla 4-20. Coordenadas Ocupación de Cauce**

ID_OCUPACIÓN	COOR_ESTE	COOR_NORTE
OC1	4.707.942,38	2.111.258,84

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024- 008	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
				Ver: 01	25

Figura 4-6 Localización general Ocupación de cauce



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

## 4.4.2 Estudios hidrológicos

### 4.4.2.1 Área aferente

La Figura 4-7 muestra el área hidrológica aferente a OC1, la cual constituye el área de acumulación desde el nacimiento de la quebrada Palmichal a la ocupación de cauce. Para caracterizar el comportamiento hidrológico de esta área, se calcularon los parámetros morfométricos (Tabla 4-21), resultando en una cuenca alargada con pendientes moderadas y un drenaje predominantemente rectilíneo y una pendiente promedio del 15%. Este tipo de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	26

configuración sugiere que la cuenca podría tener una respuesta de caudal relativamente rápida ante eventos de precipitación, ya que la forma alargada facilita la concentración de caudales hacia el curso principal sin excesiva dispersión.

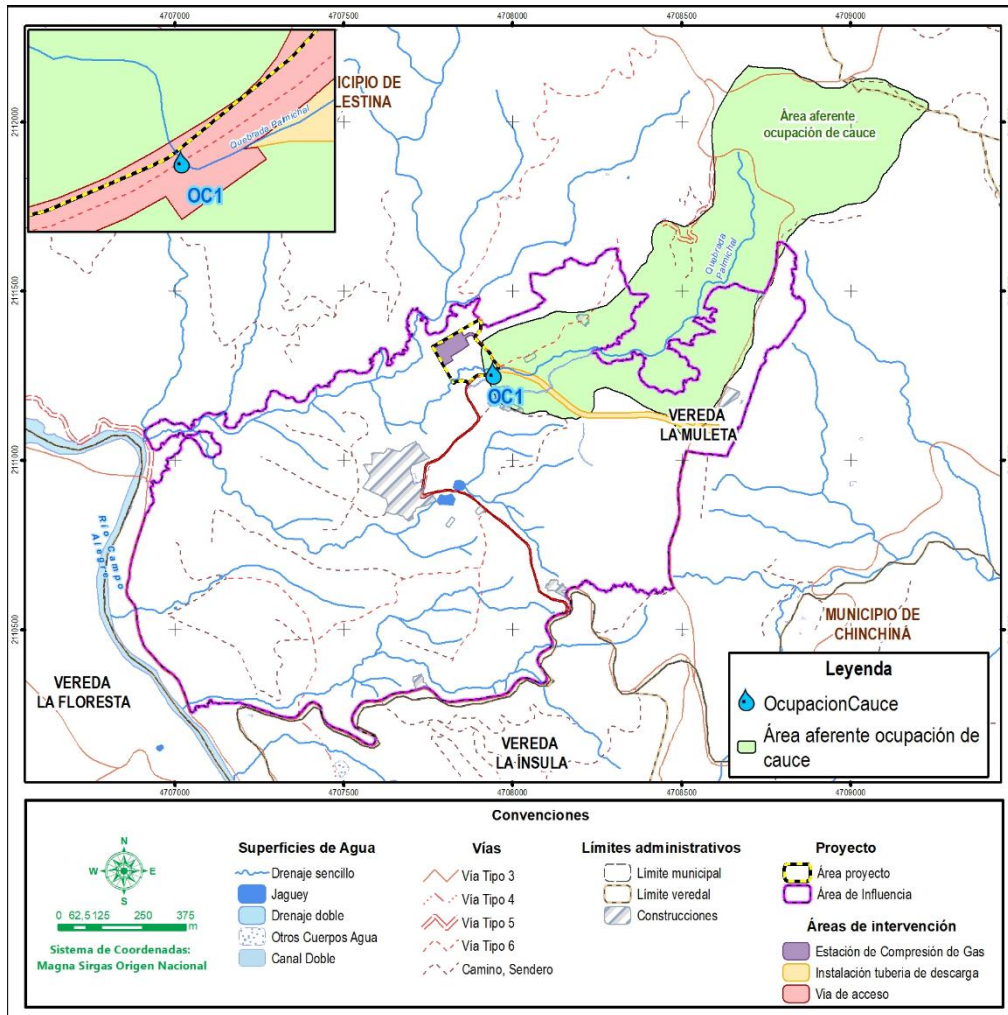
**Tabla 4-21 Parámetros morfométricos área aferente OC1**

ID	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	PERÍMETRO (Km)	LONGITUD CUENCA (Km)	LONGITUD CUENCA (m)	ANCHO CUENCA (Km)	ANCHO CUENCA (m)	LONG, TOTAL CAUCES (Km)
OC1	0,54	4,1	1,38	1380	0,51	510	2,13
	LONG, CAUCE PRINCIPAL (Km)	ÍNDICE DE FORMA	RELACIÓN ELONGACIÓN	ÍNDICE SINUOSIDAD	DENSIDAD DRENAJE	PENDIENTE MEDIA (%)	COTA MÍNIMA (MSNM)
	1,36	0,28	0,60	0,99	3,93	27,69	1.328
	COTA MÁX. (MSNM)	MEDIA (MSNM)	COTA MÁX CAUCE	COTA MIN CAUCE	PENDIENTE CAUCE (%)	TIEMPO (h)	
	1612	1477,67	1.535	1.328	15,22	0,35	

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	27

Figura 4-7. Área aferente quebrada Palmichal



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

#### 4.4.2.2 Precipitación.

Con los registros de la Estación El Recuerdo (Tabla 4-22) se obtuvieron las precipitaciones medias, mínimas y máximas mensuales presentadas en la Tabla 4-23. Con base en los datos registrados que se observan en la Tabla 4-23 y la Figura 4-8, se evidencia que la distribución de las lluvias es bimodal, con una primera temporada de lluvias y mayor precipitación en los meses de marzo, abril y mayo, seguido de una temporada seca entre los meses de junio – septiembre, y la segunda temporada de lluvias se presenta en los meses de octubre y noviembre, para darle paso a la segunda temporada seca entre los meses de diciembre a febrero. Este comportamiento es similar a toda el área de influencia

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	28

del proyecto de la Estación Compresora de Gas de Palestina, Caldas. Ver Anexos V. **HIDROLOGÍA Y CLIMA** 1. Hidrología 1.2 Precipitaciones.

**Tabla 4-22. Ubicación Estación Meteorologica.**

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE	CATEGORÍA	MAGNA ORIGEN ÚNICO NACIONAL		ALTITUD
			ESTE	NORTE	
26130200	EL RECUERDO	Pluviométrica	4.696.063,65	2.106.969,33	1.587

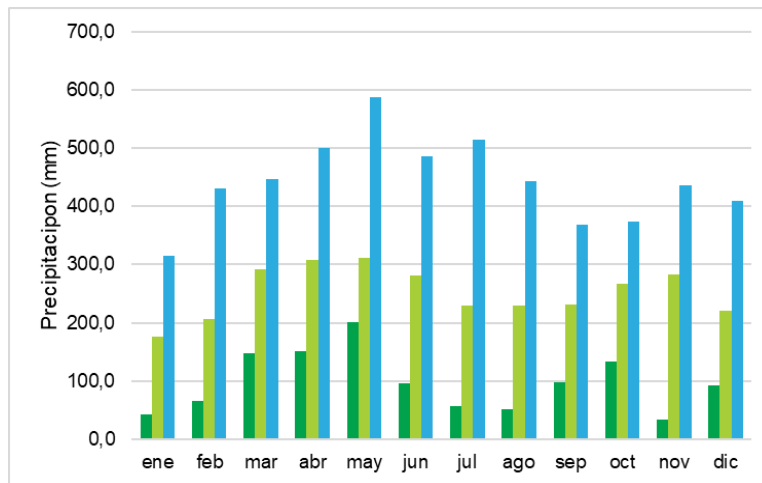
Fuente: IDEAM, 2024.

**Tabla 4-23. Registros de Precipitaciones**

EL RECUERDO [26130200]	PPT/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	PPT MINIMA MENSUAL	42,0	66,0	148,0	151,0	201,0	95,0	56,9	52,0	98,0	133,1	33,0	91,8
	PPT MEDIA MENSUAL	175,5	205,6	292,4	307,6	311,2	280,2	229,5	229,1	231,8	266,1	282,2	221,0
	PPT MAXIMA MENSUAL	314,2	431,2	446,7	499,0	587,9	486,1	514,5	443,0	368,5	374,0	436,4	408,4

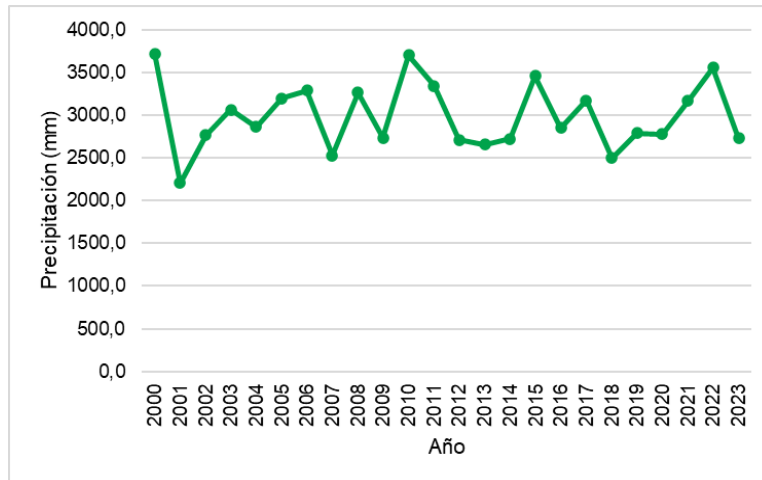
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

**Figura 4-8. Distribución mensual multianual y Total Anual Estación El Recuerdo**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

**Figura 4-8. Distribución mensual multianual y Total Anual Estación El Recuerdo**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

#### 4.4.2.3 Régimen hidrológico.

Para el cálculo de caudales se empleó el método racional ( $CxIxA$ ), el cual es una metodología que empezó a utilizarse alrededor de la mitad del siglo XIX, y es probablemente el método más ampliamente utilizado (Linsley, 1986). La idea detrás del método racional es que, si una lluvia con intensidad  $i$  empieza en forma instantánea y continúa en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración  $T_c$ , en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo en la salida. El producto de la intensidad de la lluvia  $i$  y el área de la cuenca  $A$  es el caudal de entrada al sistema,  $iA$ , y la relación entre este caudal y el caudal pico  $Q$  (que ocurre en el tiempo  $T_c$ ) se conoce como el coeficiente de escorrentía  $C$  ( $0 \leq C \leq 1$ ). (Chow, 1994).

$$Q = \frac{C * i * A}{360}$$

Donde:

- C: Coeficiente de Escorrentía
- i: Intensidad (mm/h)
- A: Área de la cuenca (Ha)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	30

#### 4.4.2.3.1 Caudales máximos.

##### 4.4.2.3.1.1 Coefficiente de Escorrentía (C):

Para su determinación, se utiliza la capa de coberturas de la tierra de la metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia a una escala de 1:100.000. Se asignan los valores de coeficiente de escorrentía siguiendo el método propuesto por (Chow, 1994) para el área aferente de la Quebrada Palmichal. Posteriormente, se calcula un valor promedio de coeficiente de escorrentía, relacionado con los diferentes periodos de retorno. En la Tabla 4-24 se presentan los valores asignados la cuenca de la Quebrada Palmichal, así como los promedios de coeficiente de escorrentía del año 2018, dado que, las coberturas de la tierra a nivel nacional (100k) vigentes corresponden a dicho año. Los cálculos del coeficiente de escorrentía pueden ser consultados en *Anexos\0. USO Y APROVECHAMIENTO\3 Ocupaciones de Cauce\3.1 Hidrología\3.1.2 Caudales*

**Tabla 4-24. Coeficientes de escorrentía área aferente Q. Palmichal**

QUEBRADA PALMICHAL							
Coberturas CLC 2018	Área (Km <sup>2</sup> )	Coef_C2	Coef_C5	Coef_C10	Coef_C25	Coef_C50	Coef_C100
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	0,19	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0,04	0,75	0,8	0,83	0,88	0,92	0,97
2.3.1. Pastos limpios	0,01	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	0,31	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51
PROMEDIO PONDERADO		<b>C2</b>	<b>C5</b>	<b>C10</b>	<b>C25</b>	<b>C50</b>	<b>C100</b>
		0,39	0,42	0,45	0,49	0,52	0,55

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

##### 4.4.2.3.1.2 Cálculo de intensidades.

Para calcular las intensidades, se usaron los datos de precipitación de la estación más cercana a la ocupación, determinada a través de los polígonos de Thiessen (Figura 4-9), se determinó que la Estación meteorológica de El Recuerdo tiene el 100% de influencia sobre la ocupación de cauce

La metodología empleada para el cálculo de intensidades es la de las Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para Colombia planteada por Vargas y Díaz-Granados (1998), quienes utilizan la ecuación de Kathyari y Garde para

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	31

estimar sus parámetros en función de la información pluviográfica de 165 estaciones distribuidas por todo el territorio nacional. Para minimizar la incertidumbre, los autores dividen a Colombia en 5 regiones (Caribe, Andina, Pacífica, Orinoquía y Amazonía) con el fin de estimar los parámetros de forma más específica, tal como se presenta en la Figura 4-10.

De acuerdo con lo anterior, la ecuación de intensidad generalizada viene dada por:

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

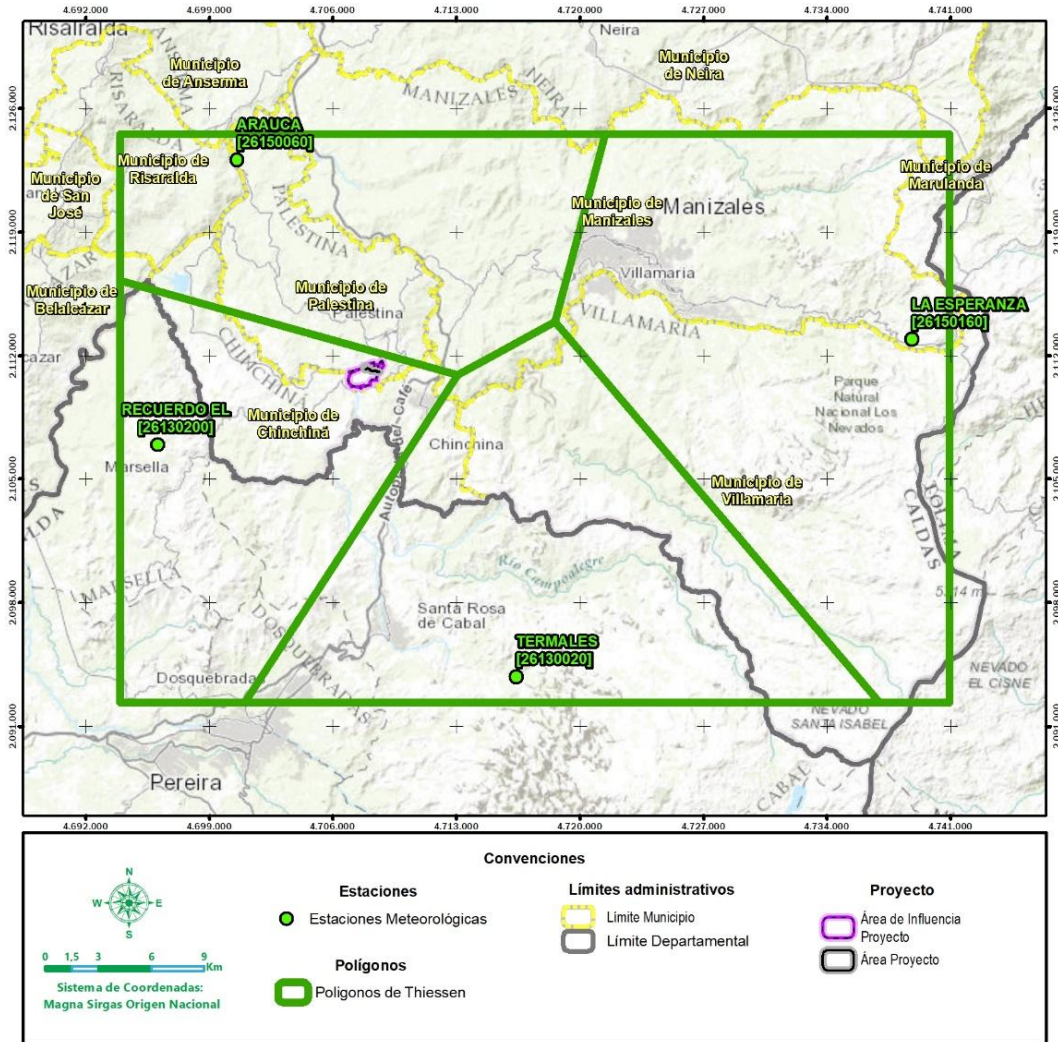
Donde:

- T: Periodo de retorno (años)
- t: Duración de la lluvia (minutos)
- M: Promedio máximo anual de precipitación diaria en la zona de estudio
- a,b,c y d: Constantes que dependen de cada región

Los cálculos de las curvas IDF, se pueden consultar en *Anexos\0. USO Y APROVECHAMIENTO\3 Ocupaciones de Cauce\3.1 Hidrología\3.1.1 Curvas\_IDF*

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	32

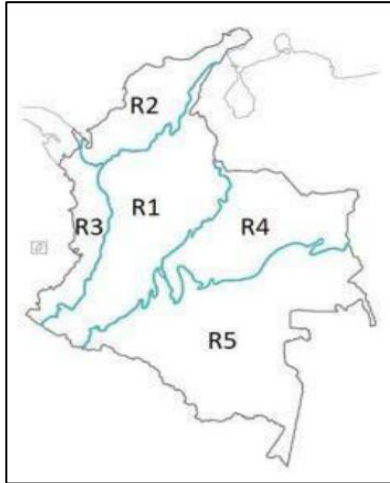
Figura 4-9. Polígonos de Thiessen



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	33

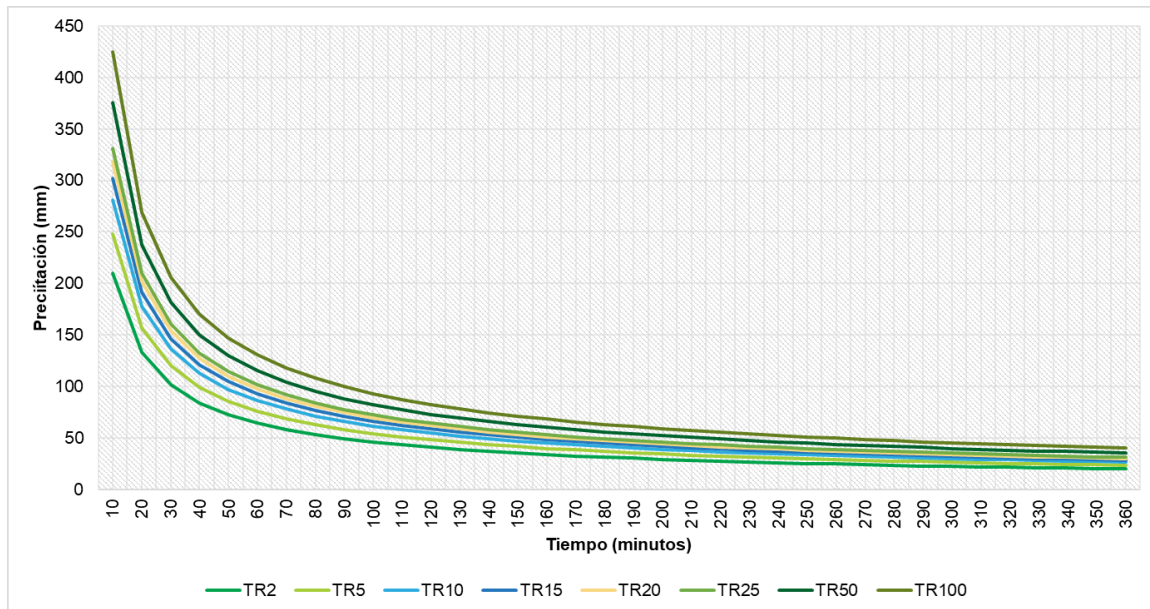
Figura 4-10. División Regional de Colombia.



Fuente: Vargas y Diaz-Granados, 1998.

De acuerdo con la ecuación presentada y la tabla de regionalización se calculan las curvas IDF en la Región Andina, por lo que se emplean los valores de dicha región en la ecuación y se obtiene como resultado las curvas presentadas en la Figura 4-11.

Figura 4-11. Curvas IDF Estación El Recuerdo



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	34

A partir de las curvas IDF y el tiempo de concentración obtenido para la cuenca de la Quebrada Palmichal, se calcula la intensidad de lluvia para diferentes periodos de retorno los cuales se presentan en la Tabla 4-25.

**Tabla 4-25. Intensidades de lluvia área aferente Q. Palmichal<sup>1</sup>**

QUEBRADA PALMICHAL	
Tc min	21,2
Tr (años)	INTENSIDAD (mm/h)
2	128,10
5	151,07
10	171,15
15	184,11
20	193,89
25	201,84
50	228,66
100	259,05

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Una vez que se han determinado parámetros como la intensidad de las lluvias, el coeficiente de escorrentía, se utilizó el método racional para calcular los caudales máximos en varios periodos de retorno. Los resultados de este cálculo correspondiente a la Quebrada Palmichal se muestran en la Tabla 4-26.

**Tabla 4-26. Caudales máximos área aferente Q. Palmichal**

CAUDALES MÁXIMOS				
QUEBRADA PALMICHAL				
Área (Ha)	Periodo de Retorno	Coefficiente de Escorrentía	Intensidad (mm/h)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)
54	Tr2	0,39	128,10	7,5
	Tr5	0,42	151,07	9,5
	Tr10	0,45	171,15	11,5
	Tr25	0,49	201,84	14,6
	Tr50	0,52	228,66	17,8
	Tr100	0,55	259,05	21,3

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.4.2.3.2 Caudales medios.

Para calcular los caudales medios se empleó la metodología del Número de Curva (CN), esta metodología permite obtener la escorrentía superficial acumulada (o lluvia neta acumulada) desde el comienzo del aguacero hasta un instante dado (Llamas, 1993).

El número de curva refleja la capacidad de la cuenca vertiente para producir escorrentía durante una lluvia y permite obtener la lluvia neta, así como definir el coeficiente de escorrentía de cada cuenca (Li et al., 2015).

El valor del parámetro depende de los siguientes factores:

- Permeabilidad o grupo hidrológico de suelo: Tipología de suelo y su capacidad de infiltración.
- Uso de suelo o tipo de cubierta vegetal: cultivos, praderas, bosques. Así como los tratamientos efectuados en el mismo, labores de cultivo, líneas de máxima pendiente, cultivos a nivel, fajas, terrazas, etc.
- Pendientes del terreno: en función de que ésta sea superior o inferior al 3%.

El parámetro conocido como Número de Curva se obtiene a partir de los mapas de permeabilidad de suelos, cobertura vegetal y pendiente, sobre los cuales se clasifican los diversos usos y tipos de terreno, aplicándoles a cada uso tipo y el número de curva características, obteniendo la media de la cuenca. El método de Número de Curva, desarrollado por la Soil Conservation Services (SCS), es una técnica desarrollada para estimar la infiltración y considera todas las pérdidas netas menos la evaporación real (Li et al., 2015).

Respecto al tipo de suelo hay que clasificarlo en uno de los cuatro grupos hidrológicos existentes. Estos grupos van desde A hasta D, representando el grupo A un potencial de escurrimiento mínimo y el D un potencial de escurrimiento alto. Esta clasificación es la siguiente:

- **GRUPO A:** Suelos de mayor permeabilidad y menor escorrentía. Suelos profundos texturas gruesas (arenosos o arenoso – limoso)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	36

- GRUPO B: Suelos de permeabilidad moderada. Terrenos de textura franco – arenosa de mediana profundidad y suelos francos profundos.
- SUELOS C: Suelos con poca permeabilidad de textura franco – arcillosos e incluso arcillosos con escasa capacidad de infiltración una vez saturados, o con algún estrato impermeable.
- GRUPO D: Se trata de suelos con gran impermeabilidad, arcillosos y también se incluyen terrenos que presentan una capa de arcilla.

En cuanto a los usos del suelo, se toman en cuenta tanto el uso como la cobertura vegetal. Así, un suelo desnudo, que muestra signos de erosión y es poco adecuado para la infiltración de la lluvia, tiende a estar asociado a altos números de curva NC. En contraste, los suelos con una cobertura vegetal densa y bien distribuida ofrecen condiciones propicias para la infiltración y penetración del agua, lo que se relaciona con números de curva NC más bajos.

Mediante software GIS, y partiendo de las capas de Geología del Servicio Geológico y de Coberturas de Tierra 2018 del IDEAM, a escala 1:100.000, se les asignan los valores de impermeabilidad a la capa de geología, y valores de escorrentía a la capa de coberturas. Posteriormente se realiza un cruce entre ambas capas y por medio de la herramienta HecGeoRAS, se asignan automáticamente los valores de Número de Curva para cada polígono, finalmente se realiza un promedio de áreas para obtener el número de curva promedio de cada una de las cuencas. En la Tabla 4-27 se presenta el número de curva para la Cuenca de la Quebrada Palmichal.

**Tabla 4-27. Número de Curva Cuenca de la Quebrada Palmichal.**

CUENCA	NÚMERO DE CURVA (NC)
Quebrada Palmichal	87,38

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Partiendo del dato de número de curva, se utiliza la fórmula racional para estimar el caudal medio. La fórmula racional relaciona la precipitación efectiva con el caudal de salida de la cuenca y se expresa de la siguiente manera:

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	37

$$Q = \frac{C * i * A}{360}$$

Donde:

- Q: Caudal medio (m<sup>3</sup>/s)
- C: Coeficiente de escurrimiento calculado a partir del número de curva (CN)
- I: Intensidad de la precipitación efectiva (mm/h)
- A: Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Para calcular la intensidad de precipitación efectiva (i), se divide la precipitación total (P) dada en milímetros (mm), entre el tiempo de duración de la tormenta (tc) en horas.

$$i = \frac{P}{t}$$

El coeficiente de escurrimiento C se obtiene a partir del número de curva CN.

$$C = \frac{1000}{CN} - 10$$

Finalmente se reemplazan los valores en la fórmula racional, para obtener los resultados de caudal medio calculado para la cuenca de la Quebrada Palmichal, presentados en la Tabla 4-28.

**Tabla 4-28. Caudal medio área aferente Q. Palmichal**

CAUDAL MEDIO MICROCUENCA PALMICHAL	
AREA(KM <sup>2</sup> )	0,54
CN	87,37
PPT MED	252,7
TC (HORAS)	0,35
C	1,45
PPT EFECTIVA (i)	722
QMED (m <sup>3</sup> /s)	1,57

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.4.3 Estudios hidráulicos.

Mediante el modelo de elevación digital con resolución de 25 cm, se obtuvieron las curvas de nivel a 1 metro, a partir de estas curvas se construye el terreno el cual sirvió para realizar el modelo hidráulico para la Ocupación OC1 y obtener los resultados necesarios para realizar el análisis de socavación.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	38

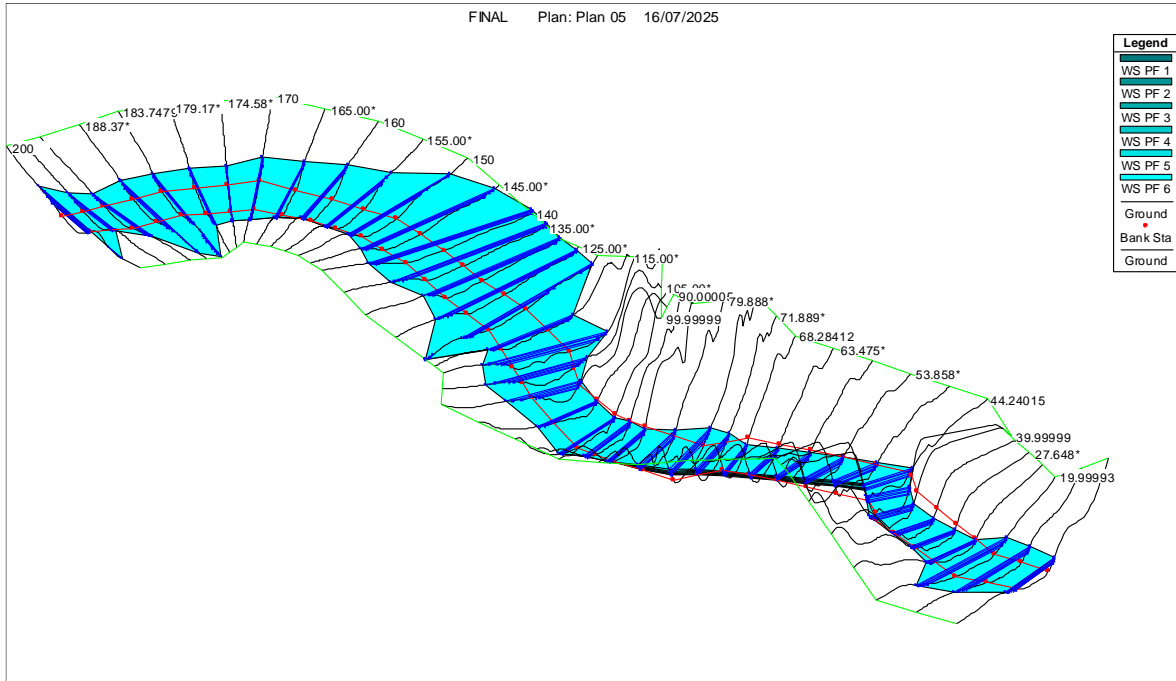
Para el análisis hidráulico, se toman los caudales calculados para diferentes periodos de retorno determinados en el ítem 4.4.2.3.1 *Caudales Máximos*. Con el add in HecGeo-RAS de Arcgis se traza la geometría necesaria para realizar el modelo hidráulico, se traza el eje del cauce (River), bordes de la quebrada (Banks), Llanuras de Inundación (FlowPath) y las Secciones Transversales (XS Section), posteriormente esta geometría es exportada hacia el software HEC-RAS, en donde se ajustan las secciones y bancas de la quebrada, se introducen parámetros como coeficientes de manning, caudales y la estructura hidráulica propuesta para la ocupación de cauce a solicitar, se corre el modelo y se obtienen los resultados hidráulicos de la estructura. El modelo puede ser consultado en *Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\3 Ocupaciones de Cauce\3.2 Hidráulica\3.2.1 Modelo*

#### 4.4.3.1 Resultados escenario sin intervención

A continuación, se muestran los resultados de la modelación hidráulica sobre la Quebrada Palmichal, en la Figura 4-12 se muestra la perspectiva 3D de los resultados del modelo y en la Figura 4-13 se muestra el perfil longitudinal. Los resultados muestran una mancha de flujo que se extiende longitudinalmente sobre la planicie, ocasionada por la ausencia de un cauce definido. Debido a la geometría de la zona, se observan velocidades relativamente bajas, con valores entre 2 y 4 m/s, acompañadas de láminas de agua que varían entre 0.15 y 0.48 m. Estos resultados sugieren que el flujo se encuentra en régimen supercrítico, caracterizado por una menor profundidad y mayores velocidades que favorecen la dispersión de caudales sin encauzamiento.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	39

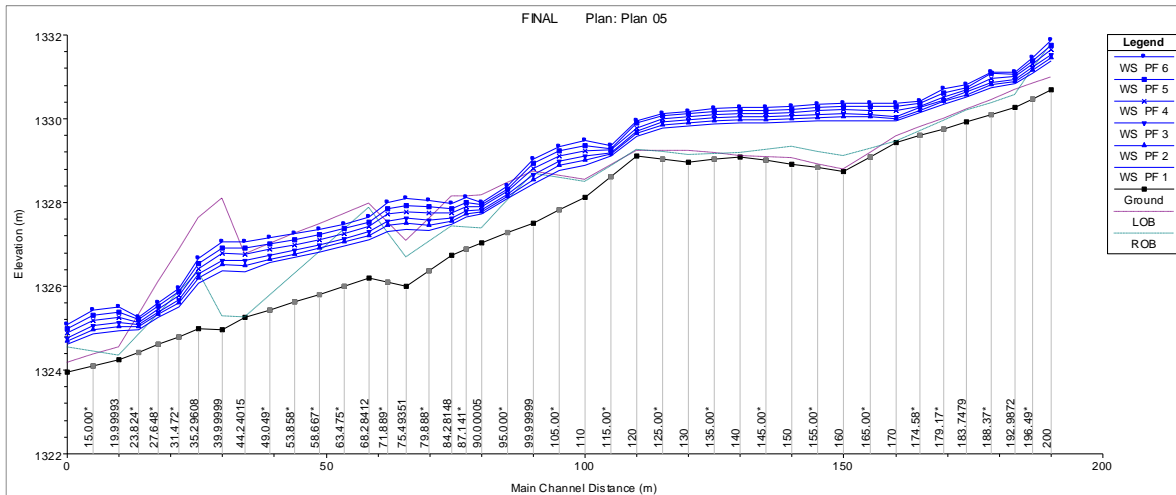
Figura 4-12. Perspectiva 3D modelo hidráulico (OC1) - ESI.



\*ESI: Escenario sin intervención

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Figura 4-13. Perfil longitudinal quebrada Palmichal (OC1) -ESI.



\*ESI: Escenario sin intervención

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024- 008	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
				Ver: 01	40

#### 4.4.3.2 Resultados escenario con intervención

Basado en recorridos de campo y un análisis hidráulico detallado de las condiciones actuales del lecho de la quebrada Palmichal, se determinó que es esencial la construcción de obras de drenaje, específicamente alcantarillas, para asegurar el flujo adecuado de agua durante la temporada de lluvias y mantener así la estabilidad de la vía de acceso al proyecto. Estas estructuras permitirán el cruce seguro de la quebrada sin comprometer la infraestructura vial ni el acceso continuo al área de intervención.

El análisis se desarrolló siguiendo las directrices del *Manual de Drenajes de Carreteras* (INVIAS, 2011) considerando criterios de selección para el período de retorno de diseño en función del tipo de obra requerida. En este caso, se ha planteado la construcción de alcantarillas convencionales con un diámetro de 0,9 m, para las cuales se utilizó un caudal de diseño con un período de retorno de 10 años (TR10), equivalente a un caudal de **11,5** m<sup>3</sup>/s (ver Figura 4-14).

**Figura 4-14 Periodos de retorno para diseño de obras hidráulicas**

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) <sup>1</sup>
Cunetas	5
Zanjas de Coronación <sup>2</sup>	10
Estructuras de Caída <sup>2</sup>	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: INVIAS, 2011

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	41

Tomando este caudal como referencia se usó el aplicativo HCANALES (ITCR, 1999), para determinar el caudal máximo de descarga por una alcantarilla de 0.9 m de diámetro ordinal al 90% de capacidad; para realizar el cálculo se tomaron los siguientes parámetros:

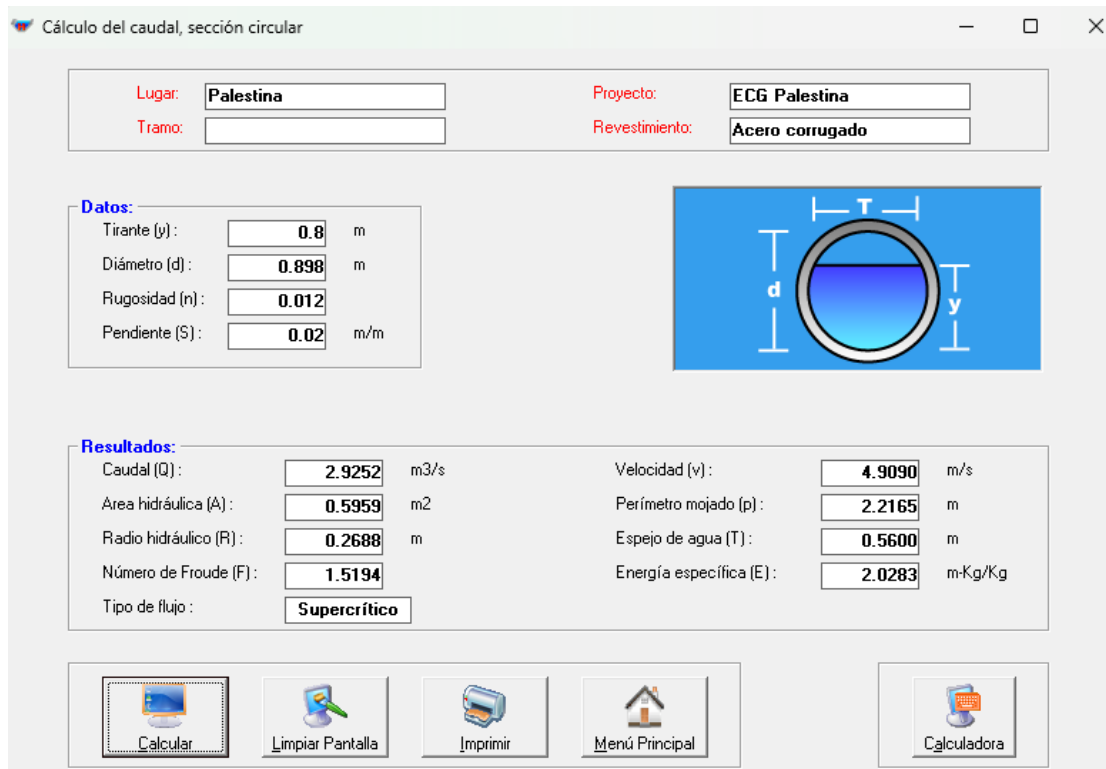
Tirante: 0,8 m

Rugosidad (Manning): 0,012 para tubería de acero corrugado estándar

Pendiente: 2%

En la Figura 4-15, se muestran los resultados del cálculo de caudal máximo, dando como resultado 2,9 m<sup>3</sup>/s en régimen supercrítico, **con base a esto y teniendo en cuenta que el caudal de diseño corresponde de a 12,65 m<sup>3</sup>/s (Q TR 10 mas un factor de seguridad del 10%), se estima que se requieren 5 tubos de acero corrugado con diámetro de 0,9 m.**

**Figura 4-15 Cálculo de caudal máximo para una alcantarilla tipo (d = 0,9 m)**

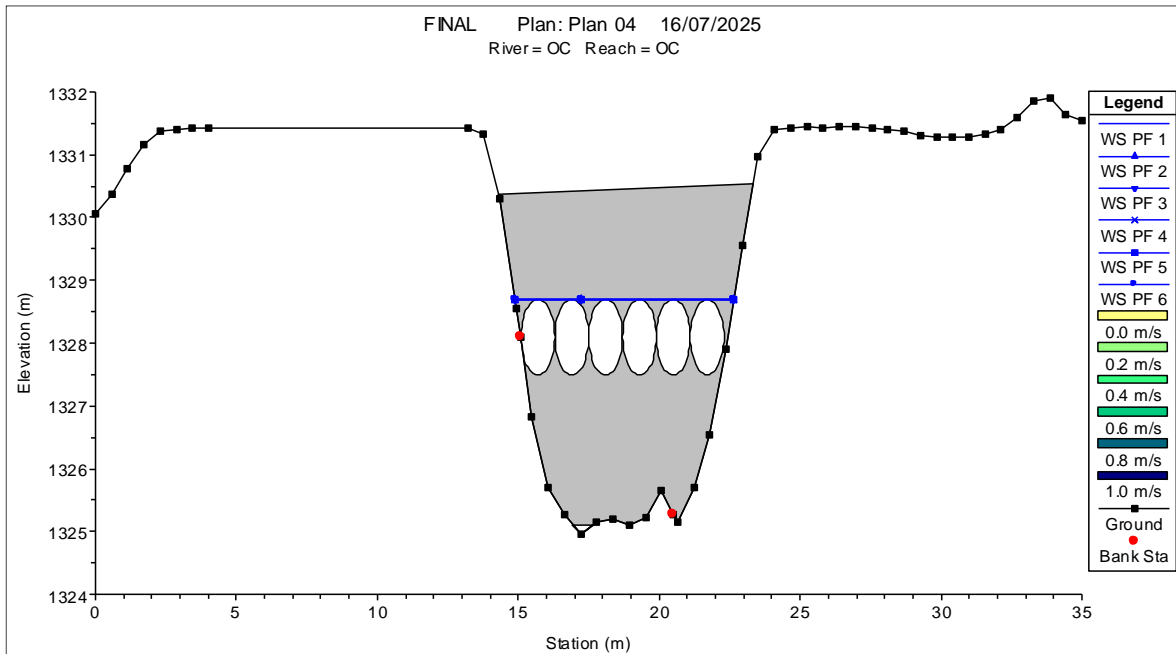


Fuente: ITCR, 1999

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	42

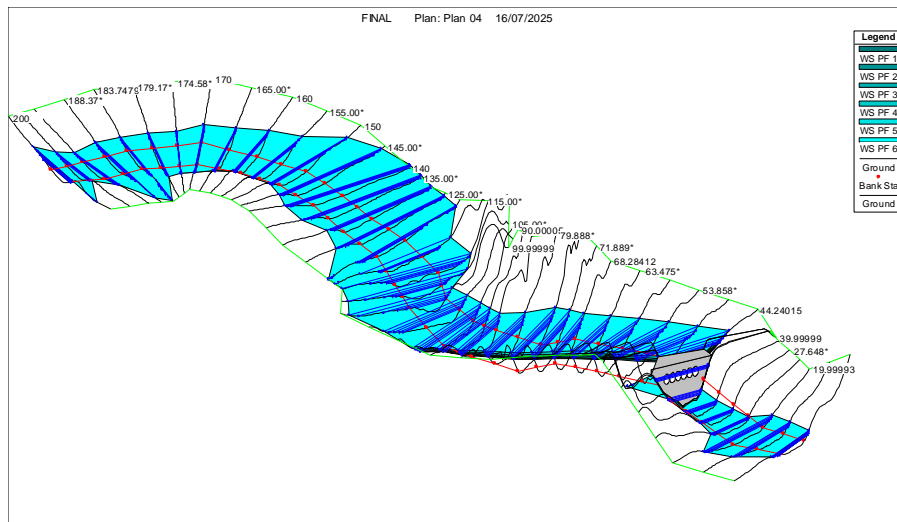
Con base en este diseño preliminar se realizó la modelación en HEC-RAS, con la finalidad de determinar el impacto de esta infraestructura sobre el cauce. Los resultados se muestran en la Figura 4-16 y Figura 4-17.

**Figura 4-16. Sección transversal obra hidráulica (OC1).**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

**Figura 4-17 Perspectiva 3D obras hidráulicas asociadas a la ocupación de cauce**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	43

**Tabla 4-29. Tabla de resultados hidráulicos aguas arriba y aguas debajo de la obra propuesta.**

River Sta	Min Ch EI	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
39.99	1324.97	1329.83	1326.47	1329.85	0.000444	0.74	31.35	8.56	0.11
Alcantarilla									
35.29	1324.99	1326.66	1326.66	1327.16	0.041531	3.14	6.85	7.11	0.99

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

De acuerdo con los valores presentados en la Tabla 4-29 se observan que las velocidades aguas abajo del box-culvert aumentan, y aguas arriba disminuyen significativamente casi estancándose. Esto indica que la obra presentada en la Figura 4-16, ante un evento extremo se inunda funcionando como un vertedero.

De acuerdo con los valores presentados en la Tabla 4-29, se observa un comportamiento contrastante en las velocidades del flujo a lo largo de la estructura de box-culvert. Aguas abajo de la estructura, las velocidades aumentan de forma considerable, mientras que aguas arriba disminuyen significativamente, llegando incluso a condiciones cercanas al estancamiento. Esta distribución de velocidades sugiere la presencia de un gradiente hidráulico pronunciado a lo largo de la estructura, lo cual es típico en condiciones de flujo controlado o subcrítico en la entrada y supercrítico en la salida.

Desde el punto de vista de la modelación hidráulica realizada, este comportamiento es indicativo de que el box-culvert está operando como un control hidráulico bajo condiciones de sobreelevación en la entrada. Es decir, durante eventos hidrológicos extremos, la capacidad hidráulica de la estructura se ve sobrepasada, lo que provoca un embalsamiento significativo aguas arriba. En consecuencia, la estructura deja de comportarse como un conducto cerrado y comienza a actuar como un vertedero, permitiendo el paso del agua por encima de su coronación, tal como se evidencia en la Figura 4-16.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	44

#### 4.4.4 Resultados Calidad del agua Ocupación de Cauce.

El termino calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas que determinan su idoneidad para diferentes usos, como el consumo humano, la recreación, la agricultura y la vida acuática.





##### 4.4.4.1 Localización y descripción de los puntos de monitoreo.

En cumplimiento de los términos de referencia establecidos para la elaboración de estudios ambientales para la conducción de fluidos por conductos en el sector de hidrocarburos HI-TER 1-05, en su numeral *3.2.5 calidad del agua* y numeral *4.4 ocupaciones de cauce* se realizó la respectiva caracterización de la Quebrada Palmichal para la adecuación de la vía que cruza este cuerpo de agua.

Teniendo en cuenta que la presente solicitud de ocupación de cauce, está enmarcada en la Modificación de Licencia para la Construcción de la Estación de Compresión de Gas Palestina (ECG), se realizó el monitoreo y caracterización de los cuerpos de agua localizadas en el área de influencia directa del proyecto, en seis (6) puntos diferentes; sin embargo, para la presente solicitud de ocupación de cauce, solo se tendrá en cuenta el punto de monitoreo identificado con ID **SUP1** y **SUP2**, dado que, como se evidencia en la Figura 4-18 tienen injerencia sobre el punto de ocupación a solicitar. Dicho lo anterior, en la Tabla 4-30 se presentará la localización, descripción, resultados y análisis del monitoreo realizado para medir la calidad del agua.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024- 008	Ver: 01	45

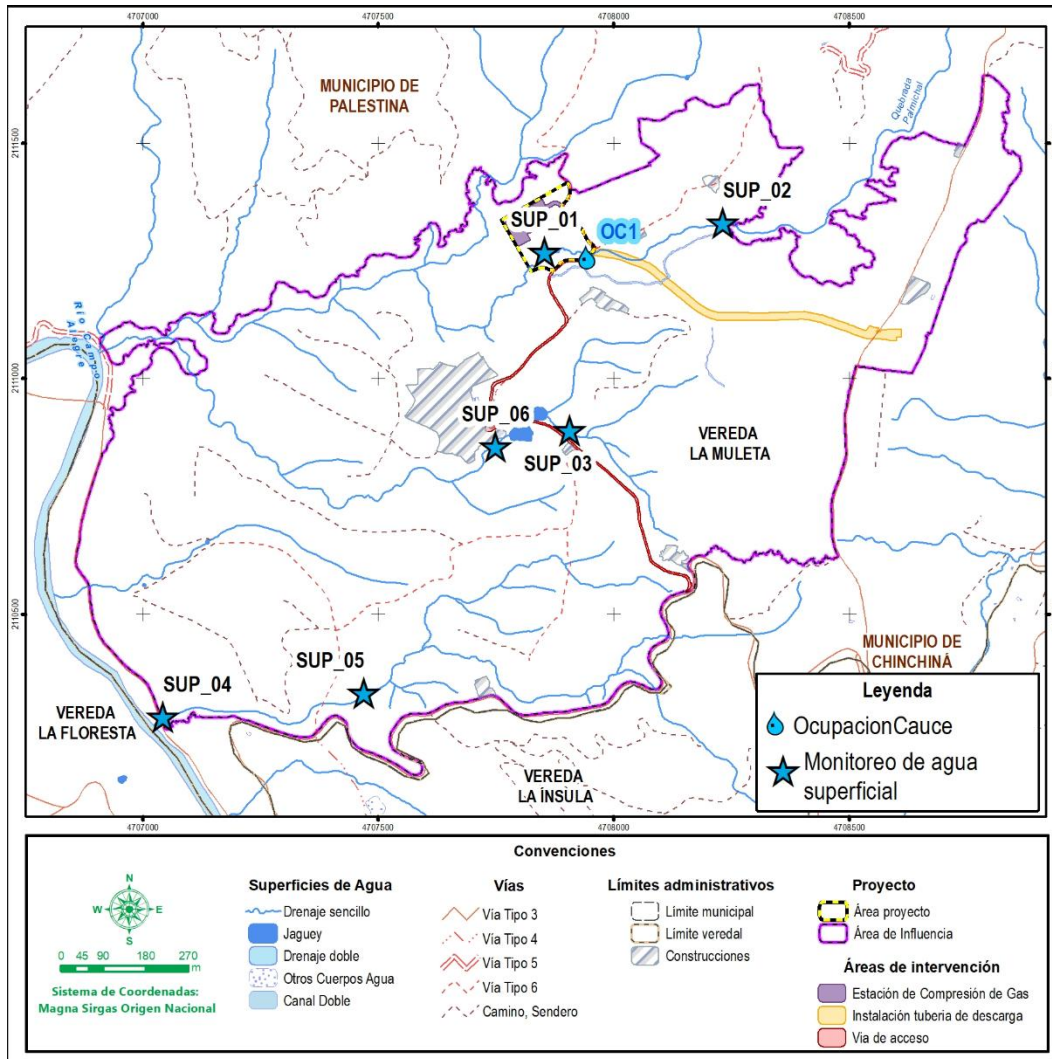
Tabla 4-30. Descripción de los puntos de monitoreo.

ID PUNTO	NOMBRE	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TEMPORADA DEL MONITOREO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
		ESTE	NORTE			
SUP1	AGUAS ABAJO OCUPACIÓN 1 – ECG (OC1)	4.707.853	2.111.268	Temporada húmeda	Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con un lecho estable y compuesto por vegetación alóctona. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por arbustos, árboles y hierbas, con un grado de perturbación moderado. El punto se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo.	
				Temporada seca		
SUP 02	AGUAS ARRIBA OCUPACIÓN 1 – ECG (OC1)	4708231	2111331	Temporada húmeda	Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con un lecho estable y compuesto por vegetación alóctona. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por arbustos, árboles y hierbas, con un grado de perturbación es muy bajo.	
				Temporada seca		

Fuente: CONSGA BIC SAS, 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	46

Figura 4-18. Localización Puntos de monitoreo.



Fuente: CONSGA BIC SAS, 2024.

#### 4.4.4.2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados.

En la Tabla 4-31 se presentan los resultados de los monitoreos realizados para medir la calidad del agua superficial de los puntos **SUP1** y **SUP2**. Los datos mostrados corresponden para la temporada húmeda dado que los dos puntos muestreados en temporada seca no tenían agua.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	47

**Tabla 4-31 Resultados monitoreos calidad del agua ocupación de cauce**

PARÁMETROS	UNIDADES	SUP 1	SUP 2	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE			
		TEMPORADA LLUVIA		Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.	Art. 2.2.3.3.9.6.
FECHA	dd/mm/aaaa	10/10/2024	10/10/2024				
HORA	h.	9:30	13:10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TEMPERATURA MUESTRA	°C	25,8	25	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	7,14	7,37	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µS/cm	98,4	96,7	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO	mg O <sub>2</sub> /L	5,0	4,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO	% SATURACIÓN	72,57	64,71	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	NTU	3,7	12,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD		UJT	0,19	0,66			
COLOR VERDADERO	UPC	<5	<5	75	20	N.E.	N.E.
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 436nm	m-1	0,978	1,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 525nm	m-1	0,487	0,495	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR REAL - LONGITUD DE ONDA 620nm	m-1	0,233	0,251	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (S37)	mg/L	<1,00	<1,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	<2,00	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONATOS	mg CaCO <sub>3</sub> /L	<2,00	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
BICARBONATOS	mg CaCO <sub>3</sub> /L	36,6	37,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	36,6	37,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	40,4	40,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg Cl-/L	<4,00	<4,00	250	250	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> -2/L	<5,00	<5,00	400	400	N.E.	N.E.
FÓSFORO REACTIVO TOTAL (EQUIVALENTE A ORTOFOSFATO)	mg P-PO <sub>4</sub> -3 /L	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ACIDO-HIDROLIZABLE TOTAL (LEIDO COMO ORTOFOSFATO)	mg/L	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO INORGÁNICO (SN)	mg P/L	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO ORGÁNICO TOTAL	mg/L	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg P/L	<0,150	<0,150	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
NITRATOS	mg N-NO <sub>3</sub> /L	0,16	0,158	10	10	N.E.	N.E.
NITRITOS	mg N-NO <sub>2</sub> /L	<0,0100	<0,0100	1	1	N.E.	10

PARÁMETROS	UNIDADES	SUP 1	SUP 2	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE			
		TEMPORADA LLUVIA		Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.	Art. 2.2.3.3.9.6.
NITRÓGENO AMONIAICAL	mg NH <sub>3</sub> -N /L	<1,00	<1,00	1	1	N.E.	N.E.
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/L	<5,00	<5,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CIANURO TOTAL	mg CN-/L	<0,02	<0,02	0,2	0,2	N.E.	N.E.
FLUOR	mg F/L	<1,00	<1,00	N.E.	N.E.	1	N.E.
FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	<10	<10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	56	55	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	64	63	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	<2	<2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANTIMONIO TOTAL	mg Sb/L	<0,200	<0,200	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CALCIO TOTAL	mg Ca/L	10,3	10,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
MAGNESIO TOTAL	mg Mg/L	2,7	2,65	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SODIO TOTAL	mg Na/L	7,68	7,54	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
POTASIO TOTAL	mg K/L	0,698	0,686	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ARSÉNICO TOTAL	mg As/L	<0,005	<0,005	0,05	0,05	0,1	0,2
ALUMINIO TOTAL	mg Al/L	<0,500	<0,500	N.E.	N.E.	5	5
BARIO TOTAL	mg Ba/L	<0,100	<0,100	1	1	N.E.	N.E.
BERILIO TOTAL	mg Be/L	<0,0200	<0,0200	N.E.	N.E.	0,1	N.E.
BORO	mg B/L	<0,250	<0,250	N.E.	N.E.	0,3 - 4,0	5
CROMO TOTAL	mg Cr/L	<0,100	<0,100	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CADMIO TOTAL	mg Cd/L	<0,0100	<0,0100	0,01	0,01	0,01	0,05
COBRE TOTAL	mg Cu/L	<0,0400	<0,0400	1	1	0,2	0,5
COBALTO TOTAL	mg Co/L	<0,0300	<0,0300	N.E.	N.E.	0,05	N.E.
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	0,398	0,421	N.E.	N.E.	5	N.E.
MANGANESO TOTAL	mg Mn/L	<0,0200	<0,0200	N.E.	N.E.	0,2	N.E.

PARÁMETROS	UNIDADES	SUP 1	SUP 2	LÍMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE			
		TEMPORADA LLUVIA		Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.	Art. 2.2.3.3.9.6.
LITIO TOTAL	mg Li/L	<0,0200	<0,0200	N.E.	N.E.	2,5	N.E.
MERCURIO TOTAL	mg Hg/L	<0,001	<0,001	0,002	0,002	N.E.	0,01
MOLIBDENO TOTAL	mg Mo/L	<0,0100	<0,0100	N.E.	N.E.	0,01	N.E.
NÍQUEL TOTAL	mg Ni/L	<0,0400	<0,0400	N.E.	N.E.	0,2	N.E.
PLOMO TOTAL	mg Pb/L	<0,0500	<0,0500	0,05	0,05	5	0,1
SELENIO TOTAL	mg Se/L	<0,005	<0,005	0,01	0,01	0,02	N.E.
PLATA TOTAL	mg Ag/L	<0,0200	<0,0200	0,05	0,05	N.E.	N.E.
ZINC TOTAL	mg Zn/L	<0,0200	<0,0200	15	15	2	25
VANADIO TOTAL	mg V/L	<0,100	<0,100	N.E.	N.E.	0,1	N.E.
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg LAS/L	<0,200	<0,200	0,5	0,5	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<1,40	<1,40	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	N.E.
HIDROCARBUROS	mg/L	<1,40	<1,40	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS	mg/L	<0,000020	<0,000020	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ML	3840	3310	20 000	1 000	5 000	N.E.
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100ML	410	395	2 000	N.E.	1 000	N.E.
HUEVOS DE HELMINTO (S35)	Huevos/L	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

: No Establecido. S.P.V.: Sin película visible. Nota 2: MCS Consultoría se hace responsable por los análisis subcontratados. (S37): Ensayos subcontratados con el laboratorio Grupo Diagnóstico y Control de la contaminación (GDCON) – Universidad de Antioquia acreditados por el IDEAM mediante Resolución 141 del 09 de febrero 2024. (S35): Ensayos subcontratados con el laboratorio HIDROLAB Colombia LTDA. Acreditado por el IDEAM mediante Resolución 2242 de 10 de octubre de 2022. (SN): Parámetro no acreditado en el laboratorio de Colombia ante el IDEAM.

#### 4.4.4.3 Análisis de resultados calidad del agua.

Con base en los resultados de la caracterización fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica presentados en la Tabla 4-31 y en el Capítulo 3.2.5.1.4. Análisis de resultados de la temporada de lluvias y seca se realiza el respectivo análisis de resultados, de conformidad con el numeral 3.2.5-Calidad del Agua, de los Términos de Referencia del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para “proyectos de conducción de fluidos por ductos en el sector de hidrocarburos”, se realiza la interpretación de los índices ICOs (Tabla 4-32):

**Tabla 4-32 Interpretación de los Índices de Contaminación ICOs**

INTERPRETACIÓN ICO's		ICOTRO
0-0,2	CONTAMINACIÓN MUY BAJA	0,01 = Oligotrófico 0,01 - 0,02 = Mesotrófico 0,02 - 1 = Eutrófico >1 = Hipereutrófico
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: (MCS, 2024)

Para resumir el análisis de los monitoreos de agua aguas arriba y aguas debajo de la ocupación de cauce, en la Tabla 4-33 y Tabla 4-34 se presentan los resultados de los índices de calidad del agua (ver 3.2.5.1.5 *Calculo de índices* para más información).

- ICOMO (Índice de Contaminación Orgánica): Ambos puntos muestreados, aguas arriba y aguas abajo de la ocupación, presentan niveles de contaminación baja. Esto sugiere que la materia orgánica en el agua no alcanza concentraciones preocupantes y que los procesos de degradación orgánica son moderados, posiblemente debido a una buena capacidad de autodepuración del sistema.
- ICOMI (Índice de Contaminación por Materia Inorgánica): Los valores indican una contaminación muy baja, lo que refleja una presencia mínima de sustancias inorgánicas, como metales pesados o sales, en el agua. Esto apunta a un impacto antropogénico reducido o inexistente en términos de contaminación inorgánica en el área evaluada.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: ClienteTGI S.A. ESP	Aprobó: ClienteTGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	51

**Tabla 4-33 Índices de contaminación (ICO's) en los puntos de monitoreo**

INDICE PUNTO DE MONITOREO	ICOMO		ICOMI		ICOSUS		ICOTRO	
	LLUVIAS	SECA	LLUVIAS	SECA	LLUVIAS	SECA	LLUVIAS	SECA
SUP 01	0,35		0,09		0,01		-	
SUP 02	0,36		0,09		0,01		-	

(-): No fue posible calcular el índice debido a que la variable (Fósforo Total) arrojó un valor equivalente al límite mínimo de cuantificación.

Fuente: (MCS, 2024) Adaptado por CONSGA BIC S.A.S

**Tabla 4-34 Índice de calidad (ICA) en los puntos de monitoreo**

ÍNDICE PUNTO DE MONITOREO	ÍNDICE ICA	
	LLUVIAS	SECA
SUP 01	0,81	
SUP 02	0,85	
RANGOS ICA		INTERPRETACIÓN
0,00 - 0,25		Muy Mala
0,26 - 0,50		Mala
0,51 - 0,70		Regular
0,71 - 0,90		Aceptable
0,91 - 1,00		Buena

Fuente: (MCS, 2024)

Por otro lado, no se calculó el índice ICOTRO (Índice de Contaminación por Nutrientes) debido a que el fósforo estuvo por debajo del límite de detección. Esto sugiere que la carga de nutrientes, especialmente fósforo, es extremadamente baja, favoreciendo condiciones que limitan el riesgo de eutrofización.

En conclusión, los resultados indican que la calidad del agua en ambos puntos es estable, con niveles de contaminación orgánica e inorgánica mínimos y sin diferencias significativas atribuibles a la ocupación humana en la zona.

#### 4.4.5 Estudios geomorfológicos.

La Geomorfología es la ciencia que trata la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y recientes del terreno (tanto terrestres como submarinas) y su relación con las estructuras infrayacentes. Esta ciencia está enfocada al análisis de la superficie de la tierra en donde interactúan la litosfera, la hidrósfera, la atmósfera y la biosfera (Carvajal, 2008). La geomorfología tiene como objeto principal la caracterización de las geoformas, con base en su morfoestructura, morfometría

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: ClienteTGI S.A. ESP	Aprobó: ClienteTGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	52

y principalmente en el origen de las geoformas (morfogénesis o región) y los procesos denudativos que han moldeado las geoformas (morfodinámica).

Se debe agregar que la metodología empleada y la totalidad de los estudios geomorfológicos realizados con el objeto del Estudio de Impacto Ambiental de Modificación de Licencia Ambiental para la Construcción de la Estación de Compresión de Gas Palestina, están presentados en *Anexos I.E. METODOLOGÍAS* y *Capítulo 03.2.2.ABIOT(GEOM)*.

#### 4.4.5.1 Geomorfología Local.

La geomorfología se enfoca en el análisis de las formas del relieve terrestre. Su aplicación práctica facilita la descripción y el estudio de las características y la evolución del relieve, a través de la investigación de los procesos de modelado que lo conforman.

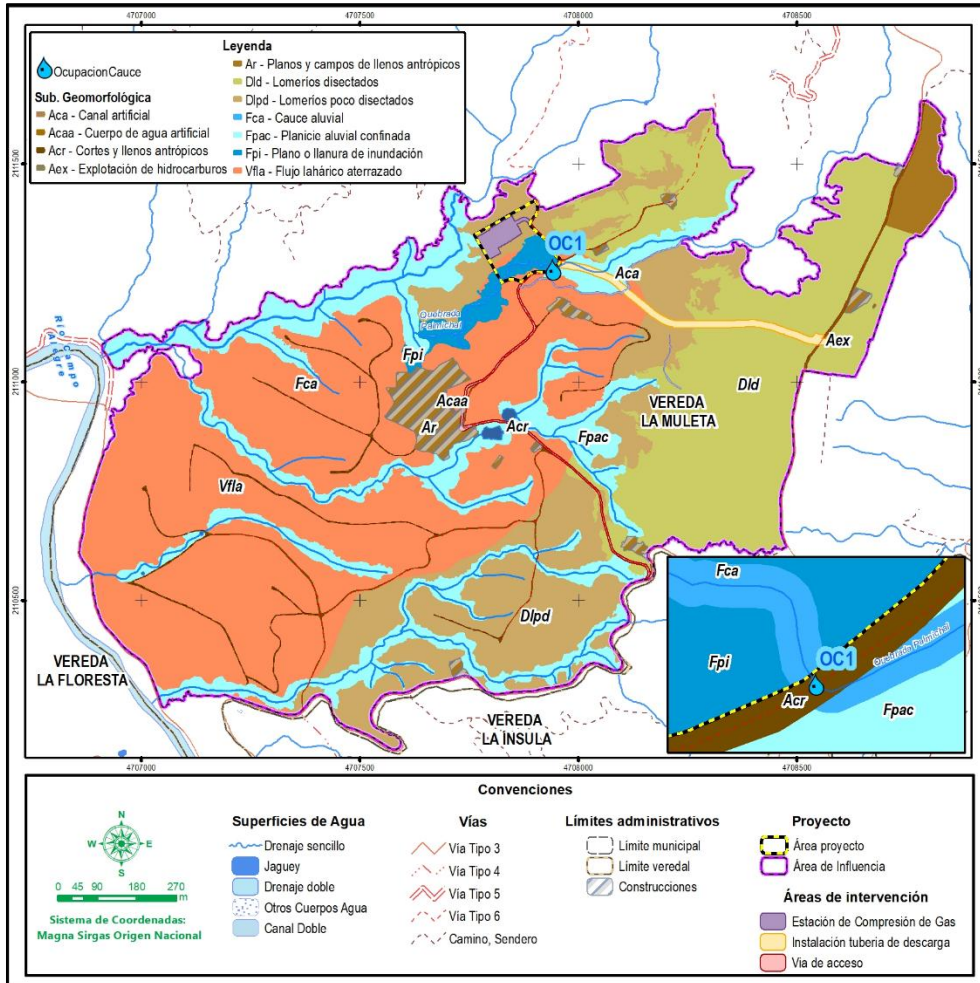
##### 4.4.5.1.1 Definición de las subunidades geomorfológicas.

La validación de la geomorfología preliminar sobre el área de influencia fue realizada con 19 estaciones geomorfológicas distribuidas sobre esta.

Con base en las características morfológicas identificadas dentro del área de influencia y de acuerdo con la integración de toda la información recopilada y levantada durante la fase de pre-campo, campo y post campo, se presenta en la Figura 4-19 y Tabla 4-35 las subunidades geomorfológicas identificadas dentro del área de influencia. Se evidencia que para el punto de solicitud de ocupación de cauce y la Quebrada Palmichal se ubican en las subunidades Cauce aluvial (Fca) y Plano o llanura de inundación (Fpi).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: ClienteTGI S.A. ESP	Aprobó: ClienteTGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	53

Figura 4-19 Geomorfología local para el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: ClienteTGI S.A. ESP	Aprobó: ClienteTGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	54

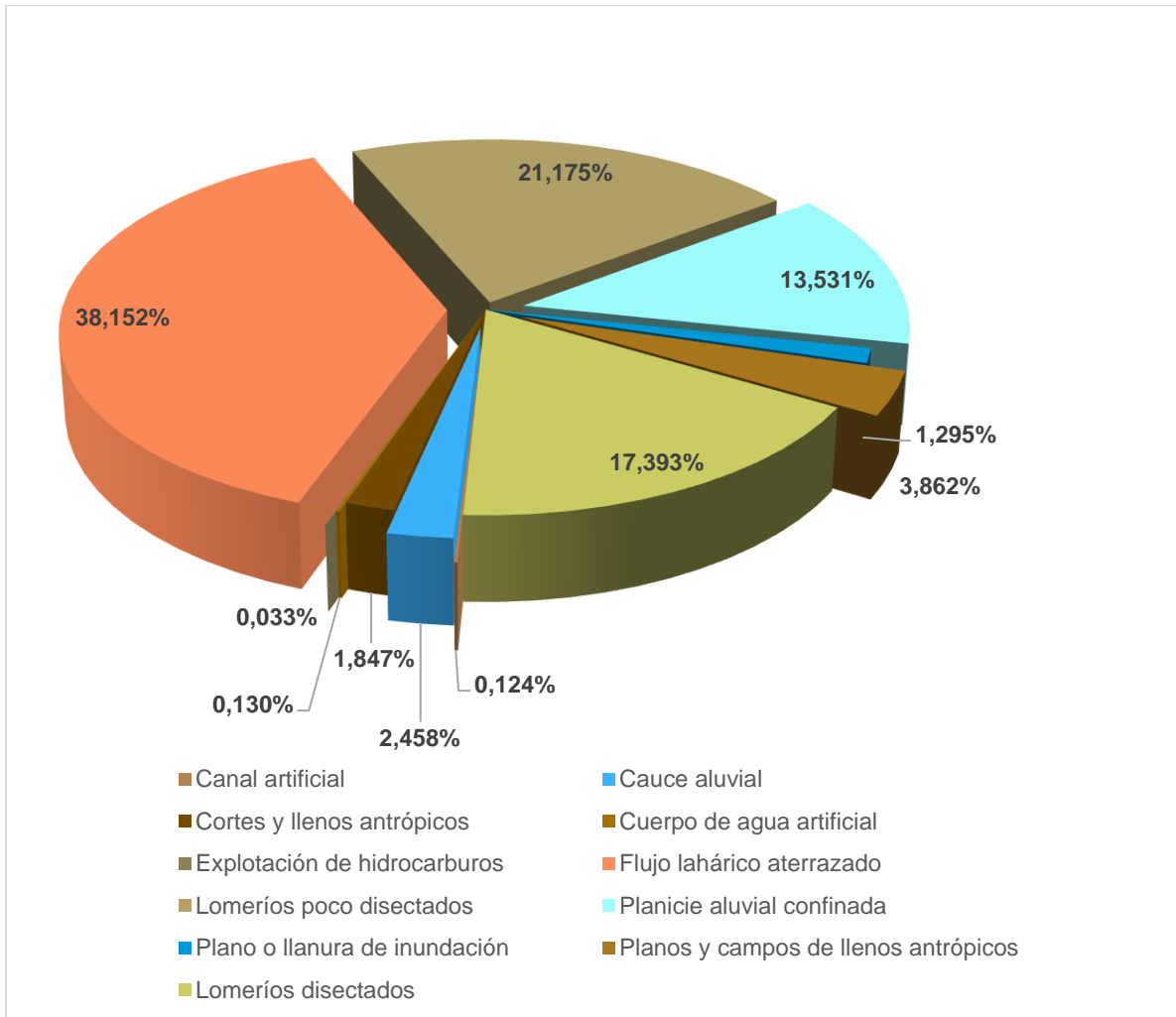
Tabla 4-35 Distribución porcentual de las geoformas

GEOMORFO ESTRUCTURA	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	NOMENCLATURA	ÁREA	
						ha	%
Cordillera, Orógeno	Cordillera Central	Ambiente Fluvial	Llanuras Inundación	Planicie aluvial confinada	Fpac	21,648	13,531
				Cauce aluvial	Fca	3,932	2,458
				Plano o llanura de inundación	Fpi	2,072	1,295
		Ambiente Denudacional	Lomerío	Lomeríos poco disectados	Dlpd	27,827	17,393
				Lomeríos disectados	Dld	33,877	21,175
		Ambiente Volcánico	Lahar	Flujo lahárico aterrazado	Vfla	61,039	38,153
		Ambiente Antropogénico	Superficie con modelado antrópico	Canal artificial	Aca	0,198	0,124
				Explotación de hidrocarburos	Aex	0,052	0,033
				Cortes y llenos antrópicos	Acr	2,956	1,847
				Cuerpo de agua artificial	Acaa	0,208	0,130
				Planos y campos de llenos antrópicos	Ar	6,179	3,862
<b>TOTAL</b>						<b>159,99</b>	<b>100,00</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	55

**Figura 4-20 Distribución porcentual de las geoformas para el área de influencia.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.4.6 Estudio Geología

##### 4.4.6.1 Geología Local.

El insumo base para la caracterización geológica en campo lo constituye la información secundaria consultada y la fotointerpretación realizada (*ítem 1.1.4.1.1 del Anexo E. METODOLOGÍAS*), a partir de las cuales se definieron las posibles rutas y puntos de control o estaciones de campo.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	56

Dicho esto, el levantamiento geológico se realizó durante los días 11 al 14 de abril del 2024 en la vereda La Muleta en el municipio de Palestina. Como resultado de este levantamiento se obtuvieron 10 estaciones de campo y 4 puntos de control. Cabe resaltar que los puntos de control se realizaron en zonas intermedias a estaciones de campo con el fin de corroborar la información.

Dada a la escala de trabajo 1:5.000, se caracterizó a mayor detalle los depósitos cuaternarios, los cuales se encuentran contemplados en la geología regional como depósitos aluviales recientes según la Plancha 205 de Chinchiná (Estrada et al., 2001). Por lo tanto, la información recopilada para todas las unidades describe las características composicionales, texturales, granulométricas y estructurales de las unidades geológicas y estructurales identificadas en el área de influencia del proyecto.

Se debe agregar que la totalidad de los estudios geológicos realizados con el objeto del Estudio de Impacto Ambiental de Modificación de Licencia Ambiental para la Construcción de la Estación de Compresión de Gas Palestina, están presentados en el *Capítulo 03.2.1.ABIOT(GEOL)*.

#### 4.4.6.2 Estratigrafía local

En el área de influencia del estudio se identificaron ocho (8) unidades litoestratigráficas, algunas de las cuales se relacionan con las unidades identificadas por Estrada et al (2001) en la plancha 205 de Chinchiná a escala 1:100.000.

En la Tabla 4-36 se presentan las áreas y edades de las unidades geológicas locales identificados en toda el área de influencia del proyecto, resaltando las unidades geológicas **Depósitos aluviales recientes (Qal)**, **Deposito de plano de inundación (Qpi)** y **Depósitos Coluvio Aluviales (Qca)** pertenecientes al Periodo Cuaternario y de la Época de Holoceno. Respecto al punto de solicitud de ocupación de cauce, como se evidencia en la Tabla 4-36, se identificó que está ubicada en las unidades geológicas **Qal, Qpi y Qca** (Ver Figura 4-16).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	57

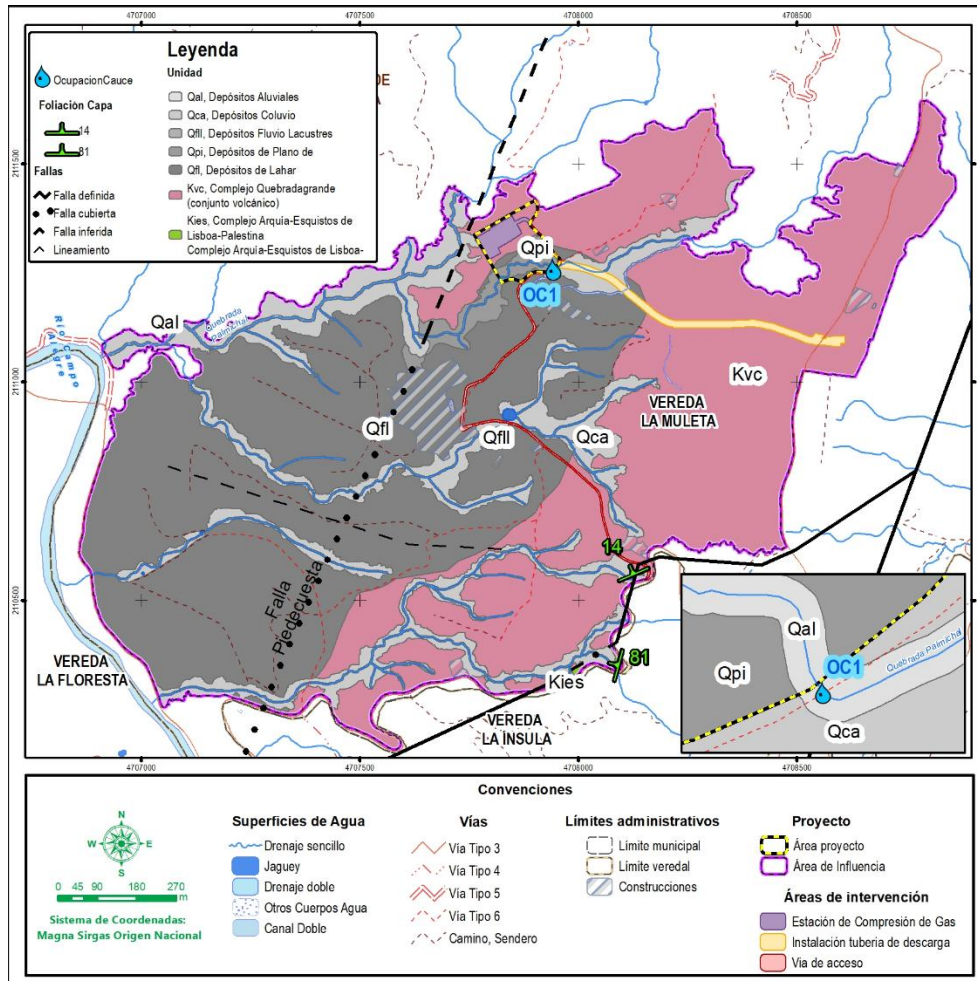
**Tabla 4-36. Áreas y edades de las unidades geológicas locales.**

PERIODO	ÉPOCA	UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Cuaternario	Holoceno	Depósitos aluviales recientes	Qal	Depósitos de ríos, recientes sin compactación	4,11	2,57
		Depósitos Coluvio aluviales	Qca	Depósitos recientes con arenas a bloques, se distribuye a lo largo de los afluentes	21,69	13,55
		Depósitos Fluvio-lacustres	Qfl	Depósitos recientes relacionado con cuerpos lentos antrópicos	0,21	0,13
		Depósitos de plano de inundación	Qpi	Depósitos en zona de acumulación está compuesta por arenas y limos	2,07	1,30
		Depósitos de lahar	Qfl	Depósitos de origen volcánico, matriz soportados.	65,98	41,24
Neógeno	Plioceno-Mioceno	Rocas hipoabisales	Tadp	Roca hipoabisal micro -tonalita, altamente alterada	--	--
Cretácico	Inferior	Complejo Quebradagrande (conjunto volcánico)	Kvc	Unidad básica volcánica de textura porfirítica de grano fino a medio	65,75	41,10
		Complejo Arquía-Esquistos de Lisboa-Palestina	Kies	Esquisto cuarzo-sericitico con crenulación	0,18	0,11
<b>Total</b>					<b>159,99</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	58

**Figura 4-21. Geología local.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.4.7 Estudios sedimentológicos.

##### 4.4.7.1 Cálculo de socavación.

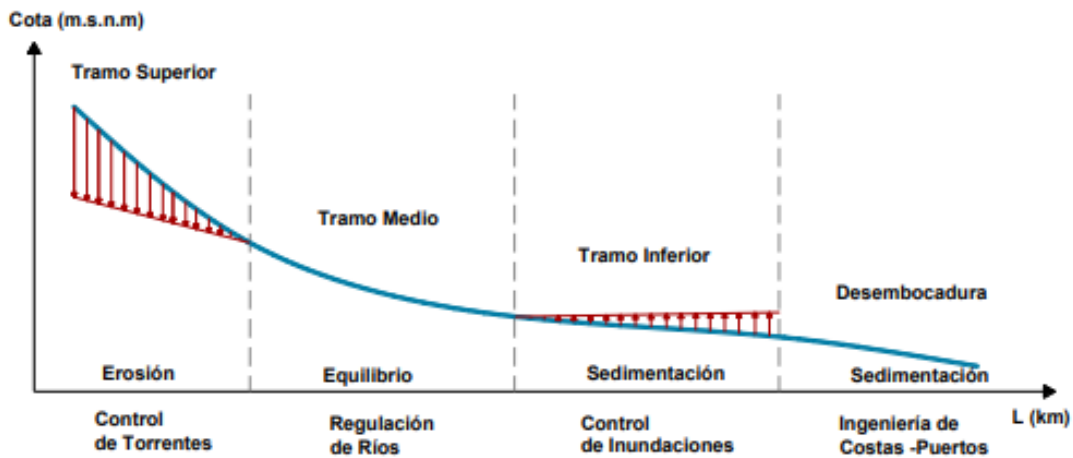
La morfología de un cauce natural puede variar debido a la acción de fenómenos fluviales e hidrológicos (crecidas) y por la intervención humana (implantación de obras).

A lo largo del perfil longitudinal de un cauce se presentan fenómenos naturales que pueden modificar su condición geométrica. Este perfil longitudinal generalmente se divide en cuatro (4) tramos (Toapaxi J et al., 2015):

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	59

- 1). El tramo superior que se caracteriza por ser una región montañosa constituida de rocas y gravas gruesas, predominando la erosión del lecho.
- 2) El tramo medio, región piedemontañosa constituida por grava y arena, predominando el equilibrio del lecho, es decir, el caudal sólido que entra es igual al caudal sólido que sale.
- 3) El tramo inferior, planicie constituida por arena gruesa y fina, predominando la sedimentación.
- 4) La desembocadura o zona de confluencia constituida por limos, arcillas y arena fina, en donde predomina la sedimentación (ver Figura 4-22).

**Figura 4-23. Representación gráfica del desarrollo longitudinal de un cauce natural**



Fuente: Toapaxi et al., 2015

El paso de una crecida genera mayor turbulencia e incrementa la capacidad de arrastre de un cauce, provocando un aumento en la cantidad de sedimentos transportados. Cuando el caudal desciende a los niveles normales, el sedimento se deposita en el fondo, reconfigurando el mismo a su nivel normal, excepto por algunos tramos que se ven afectados por la disminución del nivel del lecho, originando la socavación. (Toapaxi J et al., 2015).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	60

#### 4.4.7.1.1 Socavación local.

La socavación local se produce debido a la presencia de estrechamientos, curvas o estructuras en la corriente de un río, lo que provoca un aumento en la intensidad del flujo capaz de remover el material del lecho. Este tipo de socavación afecta a una zona limitada, caracterizada por una fuerte turbulencia con desarrollo de remolinos y vórtices inducidos por la obstrucción del paso de agua (Toapaxi J et al., 2015).

Los factores que influyen en la socavación general y local, en un río son de origen geomorfológico, hidrológico, hidráulico y sedimentológico.

- Entre los principales factores geomorfológicos que influyen en la socavación están: las condiciones de borde (vegetación y tipo de suelo), alineación en planta, sección transversal (ancho del cauce), ubicación del río y topografía (pendiente longitudinal y pendiente de las laderas). Estos factores influyen en mayor medida en el caso de la socavación general, que en la socavación local.
- Las principales variables hidrológicas son la precipitación, duración y la frecuencia de la crecida.
- Las variables hidráulicas que influyen en la socavación son: el calado, la viscosidad, tensión tangencial, velocidades (velocidad de caída, velocidad media del flujo y velocidad crítica) y el caudal.
- Las variables sedimentológicas que influyen en la socavación son: tipo de sedimento, tamaño de las partículas y el caudal sólido.

El método utilizado para el cálculo de socavación considera el equilibrio existente entre la velocidad media real del agua y la velocidad necesaria para el inicio del arrastre del material de fondo, en el instante de presentarse el proceso de socavación. Al aumentar la velocidad de la corriente por el aumento del caudal, aumenta también la capacidad de transporte de sedimentos, iniciándose el proceso erosivo; debido a este fenómeno, la sección transversal aumenta disminuyendo la velocidad de flujo y con ella la capacidad de transporte hasta que la erosión se detiene.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	61

Para cauces indefinidos no se consideran distinciones si el material del lecho es cohesivo o no cohesivo, simplemente por medio de tablas se obtiene la velocidad media admisible y no erosiva tanto para suelos cohesivos como para no cohesivos, velocidad que depende del material del fondo y de la lámina de agua corriente.

Las ecuaciones básicas utilizadas para la socavación de suelos en cauces se presentan en la Tabla 4-37.

**Tabla 4-37. Ecuación cálculo de socavación general.**

<b>SOCAVACIÓN GENERAL (SUELOS HETEROGÉNEOS)</b>		
<b>AUTOR</b>	<b>ECUACIÓN</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<i>Maza (1968)</i>	Para estratos cohesivos: $H_s = \left( \frac{\alpha H_o^{5/3}}{0,60 \beta \gamma_s^{1,18}} \right)^{\frac{1}{1+x}}$	$\alpha = \left( \frac{Q}{H_m^{5/3} W_e \mu} \right)$
	Para estratos no cohesivos: $H_s = \left( \frac{\alpha H_o^{5/3}}{0,68 \beta d_m^{0,28}} \right)^{\frac{1}{1+x}}$	

Fuente: Toapaxi J et al., 2015.

Donde:

- dm: Diámetro medio de las partículas (mm).
- Ho: Es la diferencia entre el nivel del fondo antes de la avenida (punto de análisis) y el nivel máximo de agua (m).
- Hs: Profundidad de socavación en el punto de análisis (m).
- Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s).
- We: Ancho efectivo que depende de la dirección de las pilas (m).
- α: Coeficiente de distribución de gasto.
- γs: Peso específico seco del material (t/m<sup>2</sup>).
- β: Coeficiente de paso, depende de la frecuencia de la avenida.
- μ: Factor de contracción.
- 1/(1+x): Depende del tipo de material.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	62

4.4.7.1.2 Resultados cálculo de socavación Quebrada Palmichal.

La quebrada Palmichal se encuentra ubicada en una zona montañosa compuesta geomorfológicamente por lomeríos y pendientes moderadas, estructuralmente se encuentra influenciada por diversas fallas, las cuáles condicionan la disposición de los depósitos que se encuentran en el área.

De acuerdo con las condiciones y composición del suelo alrededor de la quebrada, se determina que esta tiene un carácter cohesivo, con suelos arenosos, y bien drenados. Por esta razón se aplica la ecuación de socavación general propuesto por Maza (1968) y se presenta en la Tabla 4-38 y Tabla 4-39.

**Tabla 4-38 Resultado del cálculo de socavación local para los diferentes periodos  
sección aguas arriba a la intervención.**

OC1 - SECCIÓN 101										
Periodo de retorno	Q Total (m3/s)	Min Ch EI	W.S Elev (m)	Crit W.S	Pendiente (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Area Mojada (m2)	Top Width	Froude #chl	Hs
TR 2	7,5	1325,25	1328,65	0,34	42,2	3,4	0,82	0,96	0,02	0,19
TR5	9,5	1325,25	1328,79	0,41	50,74	3,54	0,86	0,96	0,02	0,19
TR10	11,5	1325,25	1328,93	0,47	50,76	3,68	0,9	0,95	0,03	0,21
TR25	14,6	1325,25	1329,16	0,54	51,27	3,91	0,95	0,95	0,03	0,25
TR50	17,8	1325,25	1329,45	0,59	51,6	4,2	0,97	0,95	0,03	0,29
TR100	21,3	1325,25	1329,84	0,61	51,94	4,59	1	0,95	0,03	0,32

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

**Tabla 4-39 Resultado del cálculo de socavación local para los diferentes periodos  
sección aguas abajo a la intervención.**

OC1 - SECCIÓN 94										
Periodo de retorno	Q Total (m3/s)	Min Ch EI	W.S Elev (m)	Crit W.S	Pendiente (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Area Mojada (m2)	Top Width	Froude #chl	Hs
TR 2	7,5	1324,99	1326,07	2,43	28,92	1,08	0,82	0,98	0,23	0,25
TR5	9,5	1324,99	1326,19	2,54	30,77	1,2	0,86	0,98	0,23	0,28
TR10	11,5	1324,99	1326,28	2,65	33,25	1,29	0,9	0,98	0,23	0,30

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	63

OC1 - SECCIÓN 94										
Periodo de retorno	Q Total (m3/s)	Min Ch El	W.S Elev (m)	Crit W.S	Pendiente (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Area Mojada (m2)	Top Width	Froude #chl	Hs
TR25	14,6	1324,99	1326,42	2,81	39,61	1,43	0,95	0,98	0,21	0,30
TR50	17,8	1324,99	1326,54	2,97	40,49	1,55	0,97	0,98	0,22	0,34
TR100	21,3	1324,99	1326,66	3,14	41,22	1,67	1	0,98	0,22	0,39

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Con base en los parámetros hidráulicos obtenidos del modelo y en el cálculo de socavación asociado al caudal de diseño para un período de retorno de 100 años, se estimó una profundidad de socavación de 0,32 m aguas arriba y 0,39 m aguas abajo de la alcantarilla. Estas magnitudes se consideran bajas y coherentes con la capacidad erosiva del tramo intervenido de la quebrada Palmichal.

Como se observa en la Figura 4-24, actualmente no se evidencia erosión hídrica significativa en el área de la futura ocupación. Esta condición se atribuye, en parte, a la cohesión del suelo y a la presencia de una cobertura densa de pastizales aguas arriba, factores que contribuyen a atenuar la energía del flujo y limitar su potencial erosivo.

No obstante, considerando que durante la etapa constructiva se realizará el descapote del suelo, dejando expuestas superficies susceptibles a la erosión, los diseños incluyen medidas de protección hidráulica consistentes en la instalación de enrocado tanto aguas arriba como aguas abajo de la alcantarilla, con una longitud de 1,5 metros en cada extremo. Esta solución busca mitigar la socavación localizada, proteger la infraestructura y garantizar la estabilidad del cauce en el entorno inmediato a la ocupación.

Los cálculos de socavación pueden ser consultados en *Anexos\0. USO Y APROVECHAMIENTO\3 Ocupaciones de Cauce\3.3 Socavación.*

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	64

**Figura 4-24 Registro fotográfico área a ocupar**



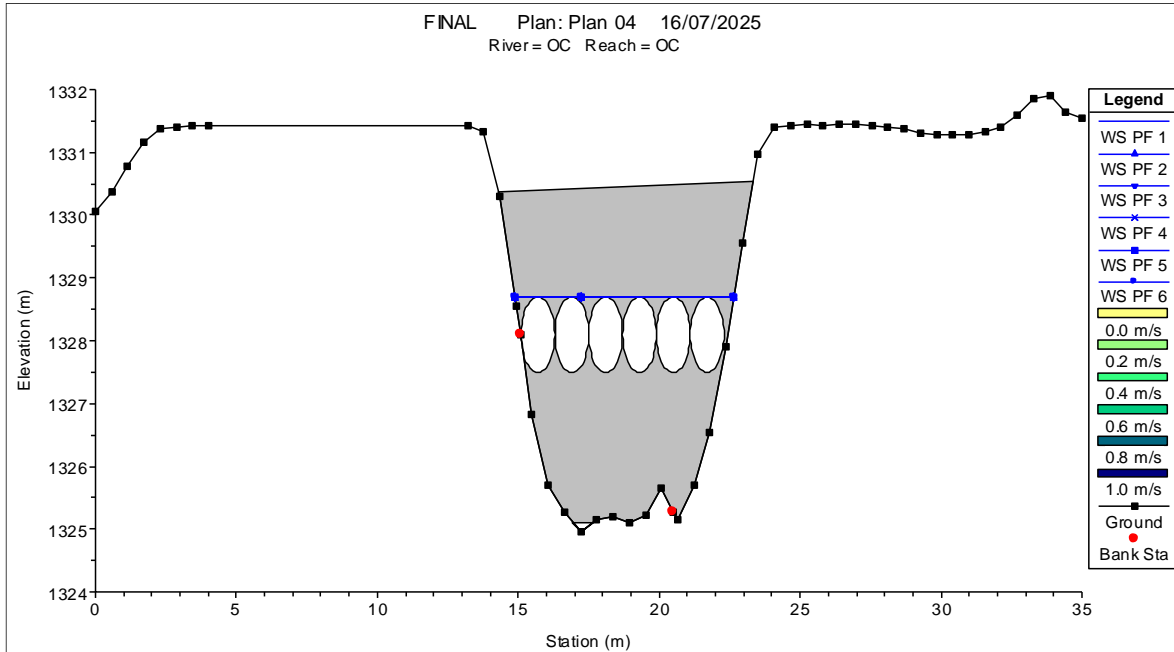
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

#### 4.4.8 Diseños de obras a construir.

A continuación, se presentan las obras a construir en la ocupación de cauce propuesta, teniendo en cuenta el análisis de caudales máximos para el periodo de retorno de diseño y los modelos realizados en Hec Ras, presentados en el ítem 4.4.3.2. Resultados escenario con intervención. Se propone la construcción de una alcantarilla con múltiples barriles conformados por tubería tipo ARMCO (acero corrugado), con base en los cálculos y la simulación realizada se recomienda la instalación de 6 barriles, los cuales son suficientes para transportar el caudal de 14,8 m<sup>3</sup>/s, estimado para el periodo de retorno de 10 años, el diseño propuesto se muestra en la Figura 4-25.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	65

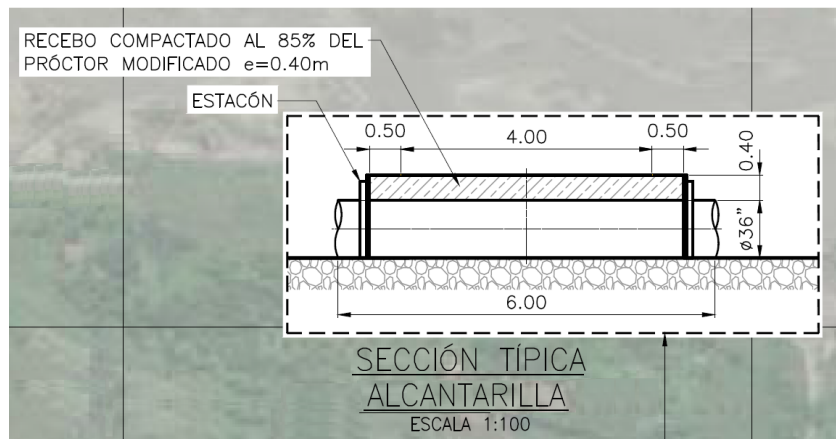
Figura 4-25 Plano frontal alcantarilla propuesta OC1



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

En la Figura 4-26 y Figura 4-27 se detalla el diseño propuesto para la ocupación. Se propone el uso de alcantarillas sencillas con separación de 0,3 metros, cubiertas por una superficie de 0,4 m de recebo compactado al 85%. Para promover el paso del agua y favorecer el regimen subcrítico, en el canal se propone una pendiente del 2%.

Figura 4-26 Sección transversal alcantarilla tipo



Fuente: TGI S.A.ESP

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	66

**Figura 4-27 Sección en planta alcantarilla tipo**



Fuente: TGI S.A.ESP

Los planos de los diseños tipo se presentan en *Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\3 Ocupaciones de Cauce\3.4 Diseños*. Posteriormente, en el respectivo Informe de cumplimiento ambiental - ICA de la etapa de construcción, se relacionará en detalle los planos de las estructuras construidas.

#### 4.4.8.1 Proceso constructivo de alcantarillas

La ubicación exacta de las obras de drenaje, específicamente las alcantarillas serán llevadas a cabo por el equipo de topografía encargado y sus equipos de alta precisión.

Se deben llevar a cabo las siguientes actividades para la construcción de las alcantarillas: Remoción de cobertura vegetal, desmonte, descapote y aprovechamiento forestal, este trabajo consiste en el desmonte y limpieza del terreno natural en las áreas en que se construirán las vías de modo que, el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y la superficie resulte apta para iniciar los demás trabajos. La operación de corte y limpieza de herbáceas o arbustos de porte bajo se hará mediante el empleo de herramientas manuales tales como: machetes, hoces o guadañas. El descapote se realizará con una profundidad de 10 hasta 30 cm teniendo en cuenta el espesor del suelo.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	67

#### 4.4.8.1.1 Movimiento de tierras (cortes y rellenos)

Durante la construcción de las alcantarillas se deben realizar diversas excavaciones que se deben detallar en los planos de perfil (Cortes Longitudinales y Transversales, el topógrafo debe ser el profesional encargado de direccionar este tipo de labor, ya que, apoyado en la interpretación de los planos, debe indicar al constructor el nivel exacto hasta el cual debe excavar.

La excavación debe iniciar en el sector definido dentro del plano como la cota más alta o donde inicia la captación de aguas lluvias, ya que se debe avanzar constructivamente hacia la parte más baja siguiendo un orden lógico. En el perfil longitudinal del plano de ocupación de cauce estará plasmada la profundidad inicial de excavación. Esta actividad se realiza con retroexcavadora de forma tal que se logre crear una zanja donde sea posible tanto instalar la tubería como depositar los materiales de relleno o atraque.

#### 4.4.8.1.2 Instalación de Tuberías

Posterior a la excavación se realiza la instalación de la tubería, aunque esto no indica que se deba excavar la totalidad de la zanja en su longitud para luego instalar por completo la tubería debido a que esto puede provocar derrumbamientos; por el contrario, a medida que se excava una longitud adecuada para instalar uno o dos tubos, se procede a rellenar en su totalidad y seguir con excavación e instalación de nuevo.

Previo a la instalación del tubo se debe mejorar la capacidad de soporte del suelo donde descansará el tubo, esto indica extender una capa de material granular y compactarlo para lograr tanto uniformidad como estabilidad, esta instalación se debe realizar conservando la pendiente adecuada.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	68

#### 4.4.8.1.3 Rellenos finales

Cuando la tubería ha sido instalada y se han puesto los materiales de atraque según lo indicado, es posible rellenar lo restante de la zanja con material proveniente de la excavación en cada sector, la mayoría de las veces los alcantarillados se implementan bajo las vías vehiculares, por lo tanto, terminado el atraque de la tubería se procede a realizar un relleno que sea similar a la estructura de la vía intervenida utilizando material granular que conforme cada una de las capas.

#### 4.4.9 Solicitud del permiso.

La sociedad TRANSPORTADORA DE GAS DEL INTERIOR S.A. E.S.P. –TGI., identificada con NIT. 900.134.459–7, solicita a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, modificar lo autorizado en el Artículo Vigésimo de la **Resolución N°874 del 18 de agosto de 1995**, en el sentido de adicionar una (1) Ocupación de Cauce para la adecuación de la vía principal que conduce a la Estación Compresora de Gas (ECG) de Palestina.

Teniendo en cuenta que la Ocupación de Cauce se requiere en un punto donde se proyecta la construcción de obras, debido al cruce entre la vía a adecuar con el cuerpo de agua, entonces, se solicita que este punto de Ocupación de Cauce tenga una franja de movilidad 100m aguas arriba y 100m aguas abajo a partir de la coordenada propuesta; teniendo en cuenta que el proyecto se desarrollará con base en la Zonificación de Manejo Ambiental que autorice la ANLA.

De acuerdo con lo anterior, en *Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\3 Ocupaciones de Cauce\3.5 FUN* se presenta la información legal correspondiente a la solicitud de permiso de ocupaciones de cauce para el proyecto. En la Tabla 4-40 se presentan las coordenadas centrales y principales características de los puntos solicitados.

**Tabla 4-40 Ocupación de cauce a solicitar**

ID	FUENTE A INTERVENIR	ESTE	NORTE	OBRAS
OC1	Quebrada Palmichal	4.707.942,38	2.111.258,84	Alcantarilla convencional con barriles de acero corrugado. Alto 1,5 m, ancho 6 m, largo +- 8,4 m

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	69

#### 4.5 Materiales de Construcción.

Para el desarrollo de las actividades del Proyecto Estación de Compresión de Gas Palestina (ECG), se requiere la adquisición y/o reutilización de los materiales de construcción necesarios para llevar a cabo las obras civiles en la etapa constructiva del proyecto. En la Tabla 4-41 se presentan las actividades establecidas para la etapa constructiva.

**Tabla 4-41 Etapa Constructiva y actividades - Proyecto estación de compresión de Gas Palestina (ECG).**

ETAPA		ACTIVIDAD
CONSTRUCTIVA	Construcción, adecuación y mantenimiento de vías	Remoción de cobertura vegetal, descapote y aprovechamiento forestal
		Movimiento de tierras (cortes y rellenos)
		Nivelación y compactación
		Conformación de terraplenes y taludes
		Obras de drenaje
		Obras geotécnicas
	Estación Compresora de Gas	Construcción del ZODME
		Remoción de cobertura vegetal, descapote y aprovechamiento forestal
		Movimiento de tierras (cortes, rellenos y excavaciones)
		Nivelación y compactación
		Conformación de terraplenes y taludes
		Construcción de cimentaciones en concreto para equipos y tuberías
		Instalación de estructuras metálicas
		Obras de drenaje
		Obras geotécnicas
		Obras eléctricas
		Montaje de infraestructura y equipos Eléctricos ECG
		Montaje de infraestructura y equipos ECG
		Construcción de vías internas y andenes
	Construcción de cerramiento	
	Corredor Línea de Flujo - Gas (Succión y descarga)	Obras de Conexión a Tubería principal Existente
		Remoción de cobertura vegetal, descapote y aprovechamiento forestal
		Manejo de tubería (acopio, tendido y doblado)
		Zanjado y enterrado
		Soldadura, prueba radiográfica y pintura
		Cruce de Vías (PHD)
		Prueba Hidrostática

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	70

ETAPA		ACTIVIDAD
	Distribución de energía eléctrica	Obras de Conexión al TAP
		Obras geotécnicas
		Ahoyado e hincado de postes
		Instalación y tendido del Cableado
		Conexión a la red Eléctrica
		Reconformación de terreno y revegetalización final de áreas intervenidas
		Abandono de áreas intervenidas
		Cierre de plan de gestión social

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Los materiales requeridos para la ejecución del presente proyecto incluyen agua para uso industrial (en bloque), madera, concreto, acero, arena, grava y material de arrastre. En relación con el agua cruda requerida para el uso industrial en el desarrollo del proyecto, la demanda de este recurso se concentrará en la etapa del Corredor Línea de Flujo - Gas (succión y descarga), específicamente para la realización de la prueba hidrostática.

#### 4.5.1 Localización fuentes de materiales de construcción requeridos.

Los materiales de construcción previamente mencionados serán necesarios en las cantidades de volumen y/o masa de acuerdo con cada una de las actividades que demanden estos para el desarrollo del proyecto.

De acuerdo con lo anterior, se presenta las diversas fuentes para cada uno de los materiales disponibles, priorizando fuentes cercanas al área de influencia del Proyecto y en caso de no encontrar la oferta en esta, proseguir con las ciudades o municipios más cercanos a esta. Adicionalmente, se incluyen aquellos proveedores donde previamente han sido adquirido estos materiales de conformidad con el expediente LAM0299.

Para los materiales como la arena, grava y recebo, es importante destacar que, estos serán adquiridos con proveedores que posean los títulos mineros y las licencias ambientales vigentes, asegurando así el cumplimiento de la normativa legal para la explotación de materiales pétreos durante la construcción (Ver Tabla 4-42 y Figura 4-26).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	71

**Tabla 4-42. Información Minero Ambiental de suministro de material cercanos al AI.**

CANTERA	DEPARTAMENTO / MUNICIPIO	LICENCIA AMBIENTAL / EXPEDIENTE	MATERIAL	COORDENADAS (ORIGEN ÚNICO NACIONAL)	
				Norte	Este
CLASIFICADORA LA PIEDRA S.A.S.*	Caldas / Manizales y Chinchina	606-17	Arenas (de río), Gravas (de río)	2110575,333	4712019,201
SOCIEDAD MAJUSBO Y CIA S. EN C.A.	Caldas / Palestina	494-17	Arenas, Gravas	2111639,393	4709791,603
JORGE ALBERTO MEZA CHICA, SAMUEL DELGADO PINILLA	Caldas / Palestina	839-17	Arenas Arcillosas, Arenas Feldespáticas, Arenas Industriales, Arenas Silíceas, Gravas, Recebo	2113454,860	4707228,749
MINERÍA SOSTENIBLE SAS	Caldas / Manizales y Palestina	795-17	Arenas, Gravas	2114228,302	4711573,364
TRITURADOS PLAYA RICA S.A.S	Caldas / Manizales, Chichina y Palestina	689-17	Arenas (de río), Gravas (de río)	2112490,903	4711505,446

Fuente: Geovisor Agencia Nacional Minera, 2024 adaptado por CONSGA BIC S.A.S., 2024.

\* Proveedor utilizado en actividades del expediente LAM0299

Respecto al Agua de Uso Industrial, requerida para el desarrollo de la prueba hidrostática y fabricación de concretos, será adquirida con Proveedores (Empresas de Servicios Públicos E.S.P) que cuenten con la debida concesión de aguas superficial y/o subterránea otorgada por la Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS. En la Tabla 4-43 y Figura 4-26, se presenta el listado de los proveedores donde se podrá adquirir el agua cruda para uso industrial. Respecto a la cantidad de agua para uso a industrial requerida en el proyecto, los cálculos y cantidades se presentan en el *Numeral 4.1.1.2. Industrial.*

**Tabla 4-43. Empresas de Servicios Públicos con Concesión de Agua, cercanos al AI.**

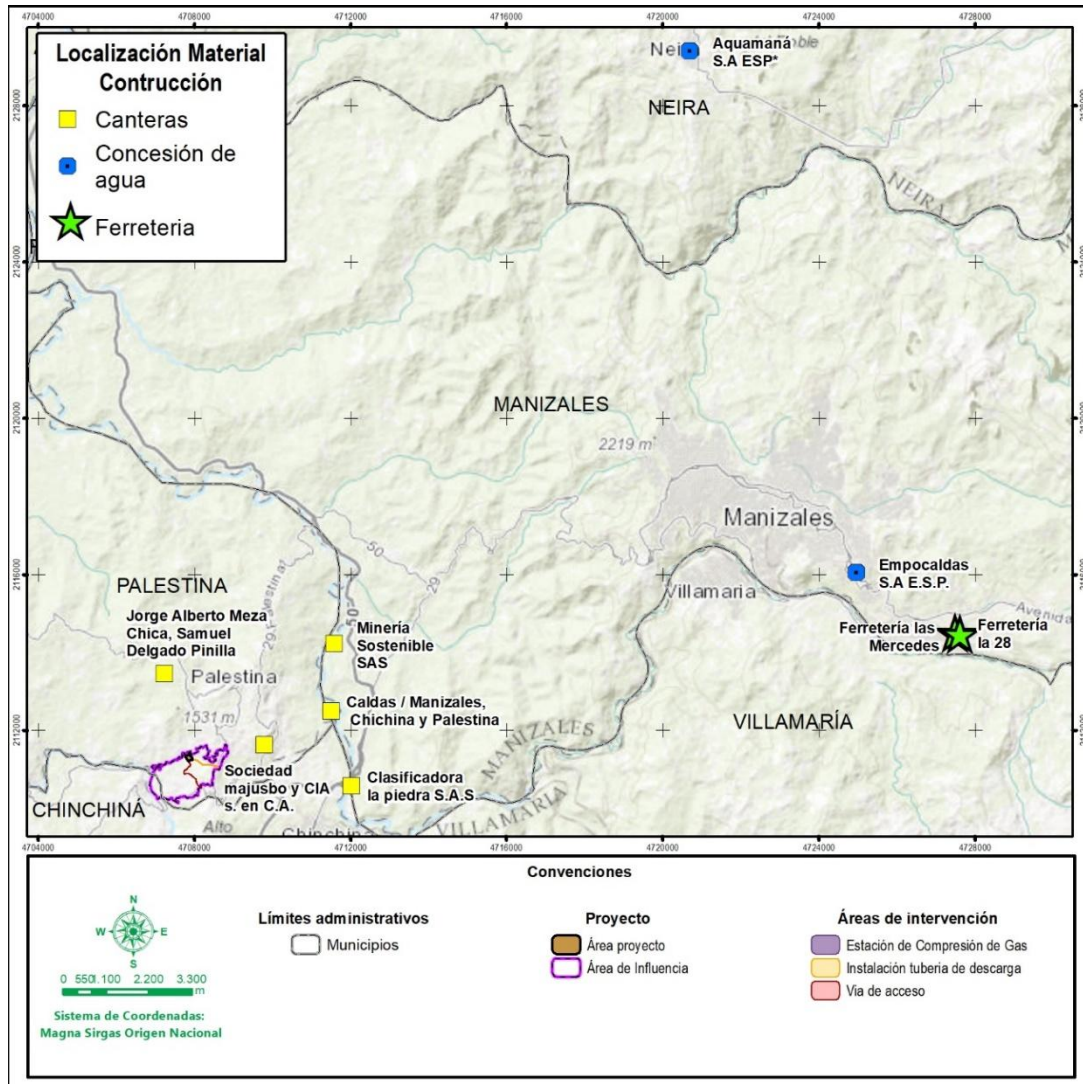
RAZÓN SOCIAL	DEPARTAMENTO / MUNICIPIO	COORDENADAS (ORIGEN ÚNICO NACIONAL)	
		NORTE	ESTE
Aquamaná S.A ESP*	Caldas / Villamaría	2129405,700	4720688,866
Empocaldas S.A E.S.P.	Caldas / Manizales	2116048,874	4724949,169

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

\* Proveedor utilizado en actividades del expediente LAM0299

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	72

Figura 4-28. Localización Proveedores de materiales de construcción.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

La madera requerida para el desarrollo del proyecto será usada como polines y encofrados para proporcionar soporte y estructura que usaran como atraque en material de concreto para la tubería galvanizada que será instalada en la ocupación de cauce, la cual cruza la vía de acceso al proyecto con la Quebrada Palmichal (Ver *Numeral 4.4* Ocupaciones de Cauce).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	73

**Tabla 4-44. Proveedores de madera y materiales**

RAZÓN SOCIAL	DEPARTAMENTO/ MUNICIPIO	COORDENADAS (ORIGEN ÚNICO NACIONAL)	
		NORTE	ESTE
Ferretería la 28*	Caldas / Manizales	2114505,159	4727478,016
Ferretería las Mercedes*	Caldas / Manizales	2114470.925	4727603.634

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

\* Proveedor utilizado en actividades del expediente LAM0299

TGI S.A. ESP, en cumplimiento de las normativas ambientales relacionadas con la gestión de residuos de construcción y demolición, específicamente la Resolución No. 0472 de 2017 y la Resolución No. 1257 de 2021, se compromete a optimizar el aprovechamiento de los residuos generados (Residuos de Construcción y Demolición - RCD). Estos materiales serán utilizados en diversas actividades, como la nivelación de terrenos, la reutilización en espacios privados como material de relleno, la recuperación de suelos degradados y la reconfiguración de taludes y vías. Por otro lado, aquellos RCD que no sean aptos para reutilización serán gestionados a través de un gestor autorizado y dispuestos en un sitio de disposición final conforme a la legislación ambiental aplicable. En la Tabla 4-45, se presenta el listado de Gestores de disposición final de RCD que están inscritos y autorizados por la corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	74

**Tabla 4-45. Listado de gestores de residuos de construcción y demolición – RCD inscritos, Corporación Autónoma De Caldas – CORPOCALDAS Resolución No. 074 de 2017 – Resolución No. 1257 de 2021 MADS.**

CÓDIGO	TIPO	NOMBRE CONTACTO	CORREO	NÚMERO	MUNICIPIO
GES181	Gestor de disposición final de RCD	John Jairo Cardenas	contabilidad@geners.com.co	3106826870	Aguadas
GES99	Gestor de disposición final de RCD	Edgar Alonso Castro Lizarralde	castroforezgerencia@gmail.com	8877111	Manizales
GES144	Gestor de disposición final de RCD	Javier Naranjo Mejia - Felipe Toro Mejua	siso.hungria@gmail.com	3113666130	Manizales
GES140	Planta de aprovechamiento de RCD	José Omar Rodríguez Valencia	gerencia@structural.com.co	3006137720	Manizales
GES25	Gestor de disposición final de RCD	Mario Gómez Morales	gomezmoralesmario71@gmail.com	3233221546	Manizales
GES178	Gestor de disposición final de RCD	Juan Pablo Chahín Henao	gerencia@equiciviles.com	3104233210	Manizales
GES85	Gestor de disposición final de RCD	Jorge Mario Amariles Gomez	gerencia.jma@gmail.com	8895050	Manizales
GES98	Gestor de disposición final de RCD	Carlos Albeiro Ramirez	N/A	3104328560	Manizales
GES141	Gestor de disposición final de RCD	Oscar Renan Velasquez	gproyectoscaldas@gmail.com	3183545570	Palestina
GES174	Gestor de disposición final de RCD	Juan Pablo Ospina Rosas	planeacion@salamina-caldas.gov.co	3103269480	Salamina
GES121	Gestor de disposición final de RCD	Julio Cesar Salgado Galeano	css.sisoma@gmail.com	3014150290	Salamina
GES125	Gestor de disposición final de RCD	Luis Fernando Moreno Rubio	diego.mauro.33@live.com	3204197960	Salamina
GES180	Gestor de disposición final de RCD	Fabian Giraldo Mejía	fagime2009@hotmail.com	3023835010	Salamina
GES68	Gestor de disposición final de RCD	Luisa María Salas	lsalas@cimelec.co	3112602670	Salamina
GES118	Gestor de disposición final de RCD	José Augusto Toro Castaño	jaugusto.64@hotmail.com	3146176170	Villamaría

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	75

Adicionalmente, en el capítulo 7. Plan de Manejo Ambiental (07.PMA\_MAB), en la *Ficha de Manejo Ambiental AMS-4. Manejo de Materiales de Construcción*, se describen las medidas necesarias para la adquisición, almacenamiento, transporte y disposición de los materiales de construcción relacionados previamente en el presente numeral, con el objetivo de prevenir y corregir los impactos negativos asociados al uso de estos materiales en el desarrollo del proyecto.

#### 4.5.2 Cantidades de material Ocupación de Cauce OC\_1.

Respecto a las cantidades de material que se requerirá para la construcción de la alcantarilla en la ocupación de cauce previamente mencionada, estos se presentan en la Tabla 4-46.

**Tabla 4-46. Cantidades de material ocupación de Cauce OC\_1.**

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Concreto Tremie	Suministro y colocación concreto Tremie (210 Kg/cm <sup>2</sup> ó 3000 psi)	Metro cubico (m <sup>3</sup> )	4,36
Enrocado	Enrocado e=0,30m Aprox	Metro cubico (m <sup>3</sup> )	5,67
Crudo de Río	Crudo de Río Clasificado t <sub>mn</sub> 4"	Metro cubico (m <sup>3</sup> )	73,91
Recebo común	Suministro, extendido, humectación o secado, nivelación y compactación recebo común	Metro cubico (m <sup>3</sup> )	1524,00
Alcantarilla de Acero Galvanizado	Alcantarilla de acero corrugado y galvanizado de 36" (90 cm) diámetro, 2.0 mm espesor tipo armco ó equivalente	Metros	36,00

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.5.3 Cantidad de materiales infraestructura arquitectónica Estación Compresora de Gas -ECG.

La infraestructura arquitectónica de la Estación Compresora de Gas fue diseñada conforme a los requerimientos y atributos establecidos por el Ministerio de las Culturas, las Artes y los Saberes (MinCultura) para áreas afectadas del *Paisaje Cultural Cafetero de Colombia – PCCC* y, por lo tanto, en la Tabla 4-47 se presentan las cantidades de materiales de construcción para la infraestructura arquitectónica de la Estación de Compresión de Gas - ECG.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	76

**Tabla 4-47. Cantidad de Materiales Infraestructura Arquitectónica ECG.**

CARACTERÍSTICA O ATRIBUTOS	UNIDAD	CANTIDAD
Muros	m <sup>3</sup>	100,13
Ventanas	Unidad	10
Puertas	Unidad	10
Barandillas	metros	58,47
Columnas	m <sup>3</sup>	9,53
Vigas	m <sup>3</sup>	10,7

Fuente: CONSGA S.A.S., 2024.

Es necesario mencionar que, el detalle específico de las cantidades de materiales de construcción que se requieren para la infraestructura arquitectónica, se presenta en *Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\4 Materiales de Construcción\4.1. Cantidades de Material de Construcción ECG Palestina (PCCC)*.

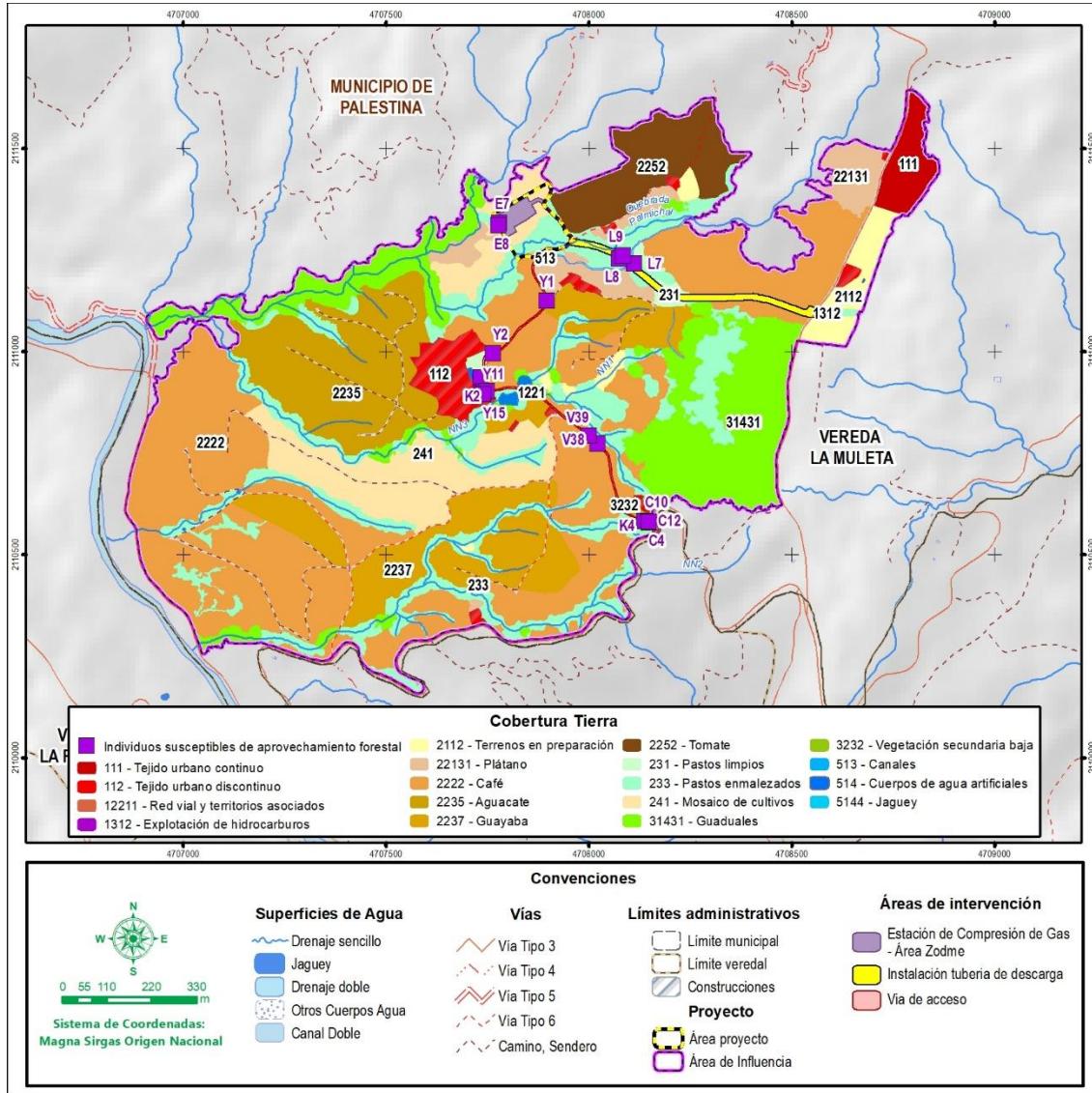
#### 4.6 Aprovechamiento Forestal

Para la ejecución del proyecto “Modificación de Licencia para la construcción de la estación de compresión de Gas Palestina” (ECG), en el municipio de Palestina del departamento de Caldas, se requiere **la autorización** para la remoción de árboles aislados asociados a las distintas áreas de intervención del proyecto, con base en el Decreto 1791 de (1996) compilado en el decreto 1076 de , el cual define al aprovechamiento forestal como “*aquel que se realiza por una vez en áreas donde basados en estudios técnicos se demuestre mejor aptitud de uso diferente al forestal, o cuando existan razones de utilidad pública e interés social. Este tipo de aprovechamiento puede contener la obligación de dejar limpio el terreno al término de este, pero no la de renovar o conservar el bosque*”.

**De tal forma para dar viabilidad al proyecto se hace necesario** estimar la cantidad de volumen en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), biomasa y carbono en toneladas (t), de los individuos tanto fustales como culmos de guadua sujetos de aprovechamiento en las áreas de intervención del proyecto (ver *Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\5 Aprovechamiento Forestal\5.1 Aprovechamiento Forestal*). A continuación, se presenta el cálculo del volumen por especie, unidad de cobertura, predio y estrategias propuestas para el proyecto. En la se presenta la ubicación de los individuos arbóreos censados al interior de cada estrategia.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	77

Figura 4-29. Censo forestal en estrategias asociadas al proyecto



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

#### 4.6.1 Cálculo de volumen por especie

En el área de intervención del proyecto se identificaron nueve (9) especies distribuidas en seis (6) familias y nueve (9) géneros. La familia con mayor número de registros se relaciona a Urticaceae con un total de **siete (7)** individuos, seguido de la familia Fabaceae con **seis (6)** individuos. En la Tabla 4-48 se presenta el total de especies identificadas en las áreas

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	78

de intervención del proyecto, donde se destaca la especie *Samanea saman*, la cual presentó el mayor valor de volumen total calculado con presencia en tres (3) distintas unidades de cobertura al interior del área de intervención del proyecto.

**Tabla 4-48 Cálculo de volumen, biomasa y carbono acumulado por especie**

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	No. INDIVIDUOS	VOL. TOTAL (m <sup>3</sup> )	VOL. COM (m <sup>3</sup> )	BIOMASA (t)	CARBONO (t)
Fabaceae	<i>Samanea</i>	<i>Samanea saman</i>	5	24,4311	16,2443	46.1902	23.0952
	<i>Schizolobium</i>	<i>Schizolobium parahyba</i>	1	3,1285	1,8771	2.5947	1.2974
Meliaceae	<i>Cedrela</i>	<i>Cedrela aff. montana</i>	1	1,6267	1,0845	1.5083	0.7542
Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	1	0,0836	0,0223	0.1999	0.1
Poaceae	<i>Guadua</i>	<i>Guadua angustifolia</i>	4	0,261	0,00	0.201	0.1004
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum sp.</i>	1	0,0644	0,0193	0.0386	0.0193
Urticaceae	<i>Cecropia</i>	<i>Cecropia angustifolia</i>	4	0,5429	0,386	0.4847	0.2424
	<i>Coussapoa</i>	<i>Coussapoa villosa</i>	2	3,7322	2,2401	3.6276	1.8137
	<i>Urera</i>	<i>Urera baccifera</i>	1	0,0235	0,0118	0.0128	0.0064
<b>Total general</b>			<b>20</b>	<b>33,8939</b>	<b>21,8854</b>	<b>54,8579</b>	<b>27,4290</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

#### 4.6.2 Cálculo de volumen por unidad de cobertura

Al interior de las áreas de intervención se identificó un total de cinco (5) unidades de cobertura, dentro de las cuales la Red vial y territorios asociados presentó el mayor número de individuos susceptibles a aprovechamiento forestal con un total de **siete (7)**, seguido del café con **cinco (5)** individuos. La unidad de cobertura con mayor valor en el volumen total y comercial se asocia al cultivo de Café con **15,5997 m<sup>3</sup>** y **9,926 m<sup>3</sup>** respectivamente (ver Tabla 4-49).

**Tabla 4-49 Cálculo de volumen, biomasa y carbono acumulado por unidad de cobertura**

UNIDAD DE COBERTURA	ESPECIE	No. INDIVIDUOS	VOL. TOTAL (m <sup>3</sup> )	VOL. COM (m <sup>3</sup> )	BIOMASA (t)	CARBONO (t)
Café	<i>Cedrela aff. montana</i>	1	1,6267	1,0845	1,5083	0.7542
	<i>Coussapoa villosa</i>	2	3,7322	2,2401	3,6276	1.8138
	<i>Samanea saman</i>	2	10,2408	6,6013	16,3728	8.1864

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	79

UNIDAD DE COBERTURA	ESPECIE	No. INDIVIDUOS	VOL. TOTAL (m <sup>3</sup> )	VOL. COM (m <sup>3</sup> )	BIOMASA (t)	CARBON O (t)
Mosaico de cultivos	<i>Cecropia angustifolia</i>	2	0,4296	0,3116	0,4093	0.2046
Pastos enmalezados	<i>Cecropia angustifolia</i>	2	0,1133	0,0744	0,0754	0.0377
	<i>Urera baccifera</i>	1	0,0235	0,0118	0,0128	0.0064
Pastos limpios	<i>Schizolobium parahyba</i>	1	3,1285	1,8771	2,5947	1.2974
Red vial y territorios asociados	<i>Guadua angustifolia</i>	4	0,2610	0,0000	0,2009	0.1004
	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	1	0,0836	0,0223	0,1999	0.1000
	<i>Samanea saman</i>	2	8,0127	5,5246	19,6005	9.8003
Tejido urbano discontinuo	<i>Samanea saman</i>	1	6,1776	4,1184	10,2170	5.1085
	<i>Solanum sp.</i>	1	0,0644	0,0193	0,0386	0.0193
<b>Total general</b>		<b>20</b>	<b>33,8939</b>	<b>21,8854</b>	<b>54,8579</b>	<b>27,4290</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

#### 4.6.3 Cálculo de volumen por predio

Las áreas de intervención del proyecto se encuentran al interior de los predios La Merced y La Insula, siendo este último el que presenta el mayor valor calculado de volumen total y comercial a aprovechar con **33,3275** m<sup>3</sup> y **21,4876** m<sup>3</sup> respectivamente (ver Tabla 4-50). Adicionalmente, en los valores calculados de biomasa y carbono se encontró un mayor valor en los individuos ubicados al interior del predio La Insula, lo cual se relaciona al buen desarrollo de estos árboles aislados asociados a la especie *Samanea saman*.

**Tabla 4-50 Cálculo de volumen, biomasa y carbono acumulado por predio**

PREDIO	ESPECIE	No. INDIVIDUOS	VOL. TOTAL (m <sup>3</sup> )	VOL. COM (m <sup>3</sup> )	BIOMASA (Ton)	CARBONO (Ton)
La Insula	<i>Cedrela aff. montana</i>	1	1,6267	1,0845	1,5083	0.7542
	<i>Coussapoa villosa</i>	2	3,7322	2,2401	3,6276	1.8137
	<i>Guadua angustifolia</i>	4	0,261	0	0,201	0.1004
	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	1	0,0836	0,0223	0,1999	0.1
	<i>Samanea saman</i>	5	24,4311	16,2443	46,1902	23.0952
	<i>Schizolobium parahyba</i>	1	3,1285	1,8771	2,5947	1.2974
	<i>Solanum sp.</i>	1	0,0644	0,0193	0,0386	0.0193
La Merced	<i>Cecropia angustifolia</i>	4	0,5429	0,386	0,4847	0.2424
	<i>Urera baccifera</i>	1	0,0235	0,0118	0,0128	0.0064
<b>Total general</b>		<b>20</b>	<b>33,8939</b>	<b>21,8854</b>	<b>54,8578</b>	<b>27,429</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	80

#### 4.6.4 Cálculo de volumen por estrategia

En las áreas determinadas para las estrategias de desarrollo del proyecto se registró un total de **20** individuos, siendo el Área de intervención vía de acceso, la de mayor número de individuos susceptibles al aprovechamiento forestal, con un total de **15**. Adicionalmente, en esta misma estrategia se obtuvo los mayores valores de volumen total (**33,3275 m<sup>3</sup>**), comercial (**21,4876 m<sup>3</sup>**), biomasa (**54,3603 t**) y carbono (**27,1802 t**) (Tabla 4-51).

**Tabla 4-51 Cálculo de volumen, biomasa y carbono acumulado por estrategia**

ESTRATEGIA	ESPECIE	No. INDIVIDUOS	VOL. TOTAL (m <sup>3</sup> )	VOL. COM (m <sup>3</sup> )	BIOMASA (Ton)	CARBONO (Ton)
Área de intervención Instalación tubería de descarga	<i>Cecropia angustifolia</i>	2	0,1133	0,0744	0,07541	0,0377
	<i>Urera baccifera</i>	1	0,0235	0,0118	0,0128268	0,0064
Área de intervención vía de acceso	<i>Cedrela aff. montana</i>	1	1,6267	1,0845	1,508309	0,75416
	<i>Coussapoa villosa</i>	2	3,7322	2,2401	3,6275751	1,8138
	<i>Guadua angustifolia</i>	4	0,261	0	0,2008846	0,1004
	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	1	0,0836	0,0223	0,1999418	0,01000
	<i>Samanea saman</i>	5	24,4311	16,2443	46,190299	23,095148
	<i>Schizolobium parahyba</i>	1	3,1285	1,8771	2,594747	1,2974
	<i>Solanum sp.</i>	1	0,0644	0,0193	0,0386265	0,0193
Estación de Compresión de Gas - Área Zodme	<i>Cecropia angustifolia</i>	2	0,4296	0,3116	0,4092918	0,20465
<b>Total general</b>		<b>20</b>	<b>33,8939</b>	<b>21,8854</b>	<b>54,8579173</b>	<b>27,428958</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

#### 4.6.5 Especies arbóreas vedadas, endémicas, amenazadas y/o en peligro crítico

En el área de intervención del proyecto se encontraron en total nueve (9) especies, las cuales se consultaron en la Resolución No. 0126 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “*Por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera, se actualiza el Comité Coordinador de Categorización de las Especies Silvestres Amenazadas en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones*”; la Resolución No. 810 de 1996 de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS), sobre la cual se definen las especies en veda dentro del departamento de Caldas; los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	81

(CITES, 2023); libros rojos de plantas de Colombia del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – IAvH (Cárdenas y Salinas, 2019); la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) versión 2023-1 y el Catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Bernal et al., 2023).

De acuerdo con el censo forestal, se reporta una (1) especie en el Apéndice II de la CITES correspondientes a *Cedrela aff. montana*. En el caso de la lista roja de la UICN se encontró una (1) especie (*Cedrela aff. montana*) bajo la categoría de Vulnerable (VU), seis (6) especies (*Samanea samán*, *Cecropia angustifolia*, *Coussapoa villosa*, *Urera baccifera*, *Psidium friedrichsthalianum* y *Schizolobium parahyba*) en la categoría de Preocupación menor (LC) y dos (2) especies (*Guadua angustifolia* y *Solanum sp*) en la categoría No Evaluado (NE) (ver Tabla 4-52).

Ahora bien, respecto a la Resolución No. 0126 de 2024, ninguna especie presentó alguna categoría de amenaza a nivel nacional, estando todas estas en la categoría No Evaluado (NE). De esta misma forma, ninguna especie presento veda nacional y regional basado en la Resolución No. 0801 de 1977 del INDERENA y la Resolución No. 810 de 1996 de CORPOCALDAS. Adicionalmente frente a su distribución, tres (3) especies presentan una distribución Casi endémica y seis (6) especies una distribución Restringida (Tabla 4-52).

**Tabla 4-52 Estado de conservación, amenaza o restricción de las especies**

FAMILIA	ESPECIE	N. COMUN	No. INDIVIDUOS	CITES	UICN	Res. No. 0126 de 2024	DISTRIBUCIÓN
Fabaceae	<i>Samanea saman</i>	Saman	5	No aplica	Preocupación Menor (LC)	No Evaluado (NE)	Restringida
	<i>Schizolobium parahyba</i>	Tambor	1	No aplica	Preocupación Menor (LC)	No Evaluado (NE)	Restringida
Meliaceae	<i>Cedrela aff. montana</i>	Cedro	1	Apéndice II	Vulnerable (VU)	No Evaluado (NE)	Casi endémica
Myrtaceae	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	Guayaba agria	1	No aplica	Preocupación Menor (LC)	No Evaluado (NE)	Restringida
Poaceae	<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	4	No aplica	No Evaluado (NE)	No Evaluado (NE)	Casi endémica
Solanaceae	<i>Solanum sp.</i>	(en blanco)	1	No aplica	No Evaluado (NE)	No Evaluado (NE)	Casi endémica
Urticaceae	<i>Cecropia angustifolia</i>	Yarumo	4	No aplica	Preocupación Menor (LC)	No Evaluado (NE)	Restringida
	<i>Coussapoa villosa</i>	Matapalo	2	No aplica	Preocupación Menor (LC)	No Evaluado (NE)	Restringida
	<i>Urera baccifera</i>	Pringamosa	1	No aplica	Preocupación Menor (LC)	No Evaluado (NE)	Restringida

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	82

#### 4.6.6 Métodos de aprovechamiento forestal

##### 4.6.6.1 Pre-Tala

En esta etapa se realizarán diferentes actividades entre las que se incluyen la planificación de la operación de tala y la delimitación y señalización de la zona en la cual se realizará el aprovechamiento forestal para evitar la afectación a zonas adyacentes a los sitios de intervención.

Para esta etapa es necesario realizar la identificación de los árboles a aprovechar, la facilidad de tala y extracción, así como los productos que se pueden obtener de ellos y la utilidad de esta madera en otras actividades propias del proyecto. Previo al aprovechamiento se tomarán los diámetros de los individuos y se identificarán las especies a intervenir, la calidad del terreno, la topografía y en general la ecología del sitio, ya que estos aspectos determinan la calidad y la variedad de los fustes que desarrollan los árboles e incide en la dirección de caída tanto en los árboles como en los culmos de guadua.

Otro punto que se debe tener en cuenta es la inspección del estado físico y sanitario del tronco, es decir, evaluar si es recto o presenta curvaturas, su grado de inclinación, si presenta bifurcaciones a diferentes alturas sobre el suelo, de igual manera verificar su estado sanitario. Adicionalmente, se deben eliminar lianas como un procedimiento preventivo y seguro, pues entorpecen la orientación de caída del árbol a talar y aumenta el riesgo de accidentes para los trabajadores, de igual forma, de ser necesario podar los troncos de aquellas ramas bajas que podrían estorbar, esto utilizando el método de corte con la cadena en tracción, eliminando primero las ramas superiores y desplazándose hacia abajo para eliminar el resto (Villaseñor & Gonzalez, 2016).

Es necesario que antes de iniciar la actividad de apeo del árbol o del culmo de guadua, se identifique la dirección de caída teniendo en cuenta la dirección natural (de acuerdo con la pendiente del suelo, inclinación del tronco, distribución de ramas y contrafuertes en la base), la dirección del viento, la existencia de árboles próximos, la dirección prevista de saca y los posibles obstáculos existentes en la zona del derribo.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	83

De igual manera es necesario asegurarse que la zona de influencia esté libre de personas o cosas que puedan ser alcanzadas en la caída del árbol o culmo de guadua; una vez fijada su dirección de caída, se determinará cuál es el camino por el cual se movilizará el aserrador y su ayudante para huir a la amenaza física del cuerpo arbóreo en caída (identificación de vías de escape).

Existen dos (2) conceptos que deben ser aclarados al personal operativo que realice las labores de tala dirigida: zona de caída y zona de peligro: La zona de caída incluirá la sección ubicada debajo de la copa y la correspondiente a los 45° a ambos lados de la dirección de caída y con una medida alrededor del árbol de dos (2) veces la longitud del árbol a talar. (Sinchi & CORPOAMAZONIA, 2007)

Las vías de escape deben garantizar la seguridad del personal que está desarrollando los trabajos de apeo, los cuales deberán dirigirse a un lugar seguro en el instante que el árbol empiece a caer, es necesario considerar con mucho cuidado los terrenos escabrosos o donde se encuentren individuos cuyas ramas y copas sean de gran tamaño, pues puede ocasionar que el tronco caiga de lado, salte o resbale. Cada vía de escape se identificará hacia atrás con un ángulo de 45°, en sentido contrario a la dirección de caída. Una vez establecida, será limpiada eliminando cualquier obstáculo que impida su utilización real. Está labor permite la reducción de alrededor del 50% de los accidentes en el apeo de árboles (Villaseñor & Gonzalez, 2016).

#### 4.6.6.2 Tala

La actividad de tala se encuentra asociada con el aprovechamiento de los individuos arbóreos o culmos de guadua que se encuentran en las áreas de intervención donde se llevarán a cabo las actividades del proyecto; dicha labor debe realizarse de manera coordinada con el objetivo de impedir afectaciones en los árboles adyacentes a la zona de intervención y evitar accidentes del personal operativo, así como daños a infraestructura, redes de servicios y propiedades. Para realizar un buen corte dirigido es importante contar con el conocimiento de los tres (3) elementos básicos que permiten definir y controlar la caída de un árbol o culmo de guadua:

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	84

- Boca o entalladura del apeo: Es un corte que determina la dirección de caída del árbol al reducir la presión del fuste en esa zona, con lo que se logra que el árbol o culmo de guadua caiga sin que la bisagra se rompa antes de tiempo; la altura y la profundidad de la boca deben de coincidir en un solo punto formando una línea, si el corte en un lado es más profundo que en el otro se estaría cortando o adelgazando la bisagra, lo cual genera problemas en árboles de grandes dimensiones, inclinados o con cualquier tipo de árbol cuando hay vientos fuertes. En el caso de la guadua, es necesario orientar la entalladura del apeo hacia el lado de inclinación del individuo, esto con el fin de evitar astillamientos en el momento de caída.
- Bisagra: dirige y controla el árbol durante la caída en la dirección que la boca marca. Es la sección de madera que nunca se corta; las fibras se revientan al ir cayendo el árbol, lo cual permite que éste no se deslice hacia atrás. La bisagra logra que el fuste caiga lentamente lo cual da tiempo al motosierrista para retirarse por la ruta de escape. Se debe tener precaución con los árboles que presentan algún tipo de pudrición o aquellos en los que la bisagra coincida con una parte de madera en mal estado, ya que la sección podría ceder, con lo que el árbol podría moverse en otra dirección. Para el caso de la guadua, esta bisagra esta hace parte del corte de caída y se debe realizar al lado opuesto de caída para evitar saltos o efecto tipo resorte al momento de quiebre de la base del culmo de guadua.
- Corte de caída: permite separar el fuste y el tocón. Con la ejecución del corte se delimita y determina propiamente la bisagra por el lado de atrás. Independientemente del método de tala usado, el corte debe ejecutarse en forma paralela al fuste y no en forma sesgada o inclinada; así se delimita la bisagra a la altura adecuada y permite usar cuñas, si fuera necesario.

#### 4.6.6.2.1 Desrame

Esta fase es considerada desde el momento en que el árbol ha caído al suelo, hasta el momento en el cual se desrama por completo. Para minimizar los riesgos, teniendo en

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	85

cuenta el diámetro de las ramas, es oportuno hacer los cortes con herramientas manuales como el serrucho o machete, cuando el tamaño de las ramas sea el adecuado para este tipo de herramientas. El operario debe hacer los cortes siempre desde el lado ascendente del terreno, para poder observar cómo está equilibrado el árbol y en qué dirección se moverá al hacer los cortes. En esta etapa, el fuste se deja libre de todo tipo de ramas y se separa en su totalidad de la copa. Adicional, las actividades de desrame se deben realizar de acuerdo con las siguientes recomendaciones de seguridad:

- Mantener una posición segura con los pies, formando un ángulo de 45° con respecto al tronco y trabajar con la motosierra cerca al cuerpo.
- Flexionar las rodillas y evitar doblar la espalda.
- El peso de la sierra debe apoyarse sobre el fuste y nunca sobre el cuerpo.
- Se deben cortar primero, las ramas que obstaculicen el trabajo.
- Las ramas que presenten tensión deben cortarse por etapas, con el fin de disminuir la tensión de manera progresiva. Se recomienda realizar algunos cortes a una profundidad aproximada de 1/3 del diámetro de la rama en la parte interior del arco.
- Para el caso de la guadua, esta se debe realizar al lado opuesto del culmo para evitar accidentes producto del deslizamiento de la herramienta al momento de corte de ramas.

#### 4.6.6.2.2 Trozado

Consiste en el corte en secciones determinadas de acuerdo con el uso que tendrá la madera, es considerado según el diámetro de las trozas y la densidad de la madera, el fuste debe estar bien apoyado sobre el suelo con el fin de evitar posibles accidentes en el proceso de corte. Este proceso es evaluado únicamente en los individuos arbóreos o con estructuras lignificadas.

#### 4.6.6.2.3 Desenraizado

En los casos que se requiera, los tocones y raíces existentes en las áreas a intervenir deberán eliminarse hasta 40 cm por debajo de la superficie del terreno o dependiendo de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	86

los requerimientos técnicos de la obra. Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán, conformarán y compactarán hasta que la superficie se ajuste a la del terreno adyacente una vez terminada la labor.

#### 4.6.6.3 Post-Tala

##### 4.6.6.3.1 Acopio Temporal

Con anterioridad a las actividades de remoción vegetal, se deberán establecer sitios de acopio temporal donde se ubicarán los productos de las labores de tala (trozas, tablas, bloques y culmos de guadua). Los depósitos temporales estarán localizados en áreas con poca vegetación y que permitan accesibilidad para facilitar la carga, descarga y transporte de la madera. Estos sitios serán usados temporalmente mientras se realiza la destinación final de los productos bien sea para la utilización en el proyecto (construcción de trinchos y pasos temporales en madera) o para su entrega a la comunidad en caso de no requerir la totalidad o parte del material dentro del proyecto.

##### 4.6.6.3.2 Transporte del producto

Los productos obtenidos como trozas, tablas y bloques podrán ser utilizados en obras o actividades que requiera el proyecto. En el caso de no se requiera parcial o totalmente estos materiales, el transporte del excedente resultante del aprovechamiento se llevará a los sitios de almacenamiento y disposición dispuestos para este fin.

##### 4.6.6.3.3 Destino final de los productos forestales

Los productos de trozas, tablas y bloques serán utilizados en las mismas obras como trinchos temporales de madera y pasos temporales. En caso de no requerir parcial o totalmente este material, este podrá entregarse a la comunidad como donación (solo para su uso doméstico), para lo cual se firmará un acta donde los beneficiarios de dicho material se comprometan a no realizar uso comercial de la madera.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	87

Como parte de este procedimiento se realizará la firma de un acta, definiendo el volumen, el tipo de material entregado y uso que se le dará. Se prohibirá la quema, venta y comercialización del material vegetal obtenido del aprovechamiento forestal. Los residuos madereros como aserrín, viruta y trozos de madera pequeños podrán ser repicados mediante el uso de cheapers, y mezclarse con el descapote para mejorar las propiedades de este material.

Estos residuos podrán ser acopiados temporalmente, en zonas donde se organizarán junto con el material de descapote en pilas de 1,5 metros de altura máxima, para evitar cualquier riesgo de caída, serán cubiertos con una tela de geotextil o fique para proteger el material de precipitaciones, radiación solar o efectos del viento. Para evitar el desplome del material removido, se acostumbra a colocar barreras o trinchos que permitan la contención de este.

Las actividades orientadas a la pre-tala, tala y post-tala descritas anteriormente se encuentran de manera detalla en la ficha de manejo *BMS-4. Manejo de aprovechamiento forestal*, presente en el *Capítulo 7. Plan de Manejo Ambiental (07.PMA\_MB)*.

#### 4.6.7 Justificación del aprovechamiento

La solicitud del permiso de aprovechamiento forestal realizada por TGI. S.A. E.S.P. responde a la necesidad de construir la Estación Compresora de Gas en el municipio de Palestina - Caldas, la cual incluye las obras civiles necesarias para su instalación. Esta infraestructura busca garantizar un funcionamiento eficiente, aumentar la presión en el punto de entrega de gas y, de este modo, satisfacer la demanda de los usuarios del Ramal Dosquebradas. Este suministro de gas es considerado un servicio de utilidad pública e interés social, conforme a los establecido en los Artículos 1° y 56° de la Ley 142 del 11 de julio de 1994.

#### 4.6.8 Solicitud de permiso de aprovechamiento forestal

La empresa TGI. S.A. E.S.P., solicita a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA un Permiso de Aprovechamiento Forestal Único no comercial de **33,89** m<sup>3</sup> con base

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	88

en la información levantada en campo. En los Anexos 10. USO Y APROVECHAMIENTO 15 Aprovechamiento Forestal 15.3 FUN se presenta el Formulario Único Nacional-FUN - de solicitud de Aprovechamiento Forestal establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS- mediante la Resolución 2202 del 23 de diciembre de 2005.

#### 4.6.9 Compensación por aprovechamiento forestal

La propuesta de compensación para mitigar los impactos sobre el medio biótico, derivados de la ejecución de las actividades proyectadas en el marco del presente proyecto, incluyendo las labores de aprovechamiento forestal, se encuentra detallada en el Capítulo 12.PCOM, de este estudio.

#### 4.6.10 Individuos arbóreos susceptibles a actividades silviculturales de poda

En el área de intervención de la vía de acceso al predio, se registraron aquellos individuos con DAP igual o superior a 10 cm para individuos fustales ( $CAP \geq 31,5$  cm) y DAP igual o superior a 7 cm ( $CAP \geq 22$ ) para culmos de guadua; los cuales pudiesen llegar a representar un riesgo a elementos expuestos como camiones, tractomulas y/o maquinaria que se requiera en el desarrollo de actividades en las áreas de intervención (Anexo E METODOLOGÍAS \ Anexo E. Metodologías).

Considerando lo anterior se identificaron 14 individuos arbóreos distribuidos en cuatro (4) familias, cuatro (4) géneros y cuatro (4) especies susceptibles a actividades silviculturales de poda (ver Tabla 4-53).

**Tabla 4-53 Individuos arbóreos manejo silvicultural de podas**

FAMILIA	ESPECIE	N. COMÚN	ID	% PODA	ESTADO FITOSANITARIO	COORDENADAS		OBSERVACIONES
						ESTE	NORTE	
Fabaceae	Samanea saman	Samán	C21	10	Afectado	4708066,106	2110639,074	-
			C22	10	Sano	4708061,957	2110653,319	-
			C24	7	Sano	4708048,404	2110701,3	-
			C38	15	Afectado	4708055.614	2110734.569	-
			K3	15	Sano	4707733,34	2110900,559	-
			V31	8	Sano	4708043.958	2110754.412	Torcido
			V34	12	Sano	4708034.53	2110754.56	-

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	89

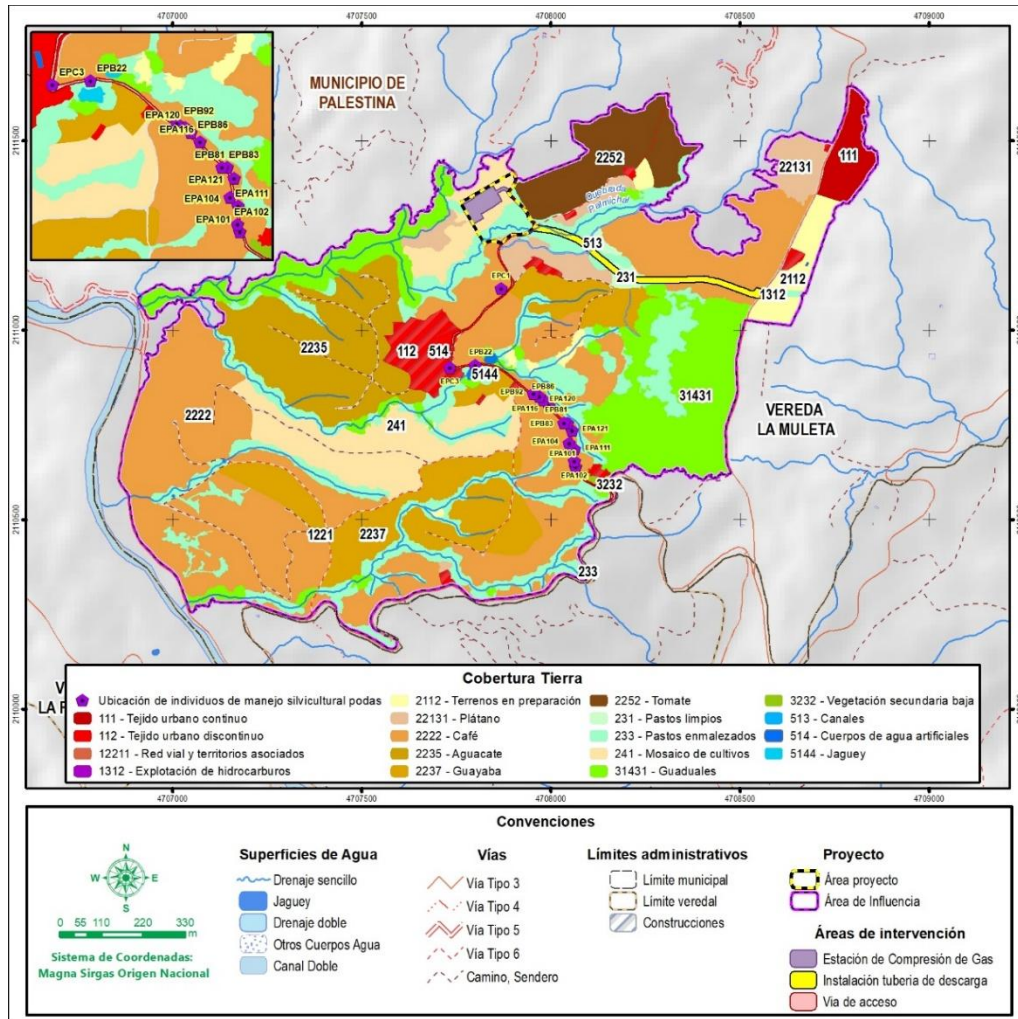
FAMILIA	ESPECIE	N. COMÚN	ID	% PODA	ESTADO FITOSANITARIO	COORDENADAS		OBSERVACIONES
						ESTE	NORTE	
			V35	10	Sano	4707995.109	2110799.516	Torcido
			V46	15	Sano	4707954.974	2110832.529	Torcido
			Y21	10	Sano	4707800,498	2110907,617	-
Mytaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	C30	8	Sano	4708062.843	2110685.248	Torcido
Urticaceae	<i>Coussapoa villosa</i>	Matapalo	V40	8	Sano	4707979.422	2110815.728	Torcido
			V43	7	Sano	4707969.044	2110824.614	-
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	K1	10	Sano	4707869,225	2111108,739	-

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

En la Figura 4-30 se aprecia la ubicación de cada uno de los individuos sujetos a manejo silvicultural de poda al interior del área de influencia.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	90

**Figura 4-30 Ubicación de individuos arbóreos asociados a las actividades silviculturales de poda.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025

#### 4.6.11 Métodos de manejo silvicultural de poda

Para los individuos susceptibles de manejo silvicultural de poda, en relación con las partes de cada individuo a ser tratado, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Poda de ramas: Para aquellas ramas de gran tamaño, se usará una motosierra con el fin de asegurar cortes limpios en el individuo, los cuales son los más apropiados

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	91

para una buena cicatrización. En el caso de requerir cortes en ramas pequeñas y/o rebrotes, se usarán tijeras de podar.

- Poda de copa: Para actividades de poda de la parte superior de la copa, se realizarán cortes en aquellas ramas que definan altura sin que estos excedan más de un tercio del total de la copa del individuo, lo anterior con el fin de no descompensar funciones fisiológicas de la planta.
- Poda de raíces: Esta se llevará a cabo cuando los individuos arbóreos se encuentren en conflicto con la infraestructura y/o obras civiles del proyecto, en el cual se hará un corte a las raíces principales y secundarias identificadas en el individuo.

Al final de cada una de las actividades mencionadas anteriormente, se aplicará cicatrizante hormonal con el fin de evitar pudrición en las zonas tratadas del individuo. Estas y otras labores silviculturales se encuentran descritas a mayor detalle en la ficha de manejo *BMS-4. Manejo de aprovechamiento forestal*, presente en el *Capítulo 07.PMA\_MB/Capítulo 7. Plan de Manejo Ambiental*.

#### 4.7 Medidas de manejo para especies de flora en veda

En el área de intervención del proyecto se llevó a cabo el censo forestal, con el fin de evaluar la composición y estructura de los individuos arbóreos en sus diferentes etapas de crecimiento: fustal, latizal y brinzal e individuos categorizados como helechos arborescentes para proporcionar información crucial sobre la calidad, distribución y estado de conservación de estos individuos. Así mismo, se realizó el censo de especies vasculares y no vasculares en veda, todo lo anterior en cumplimiento del anexo metodológico de la circular No. 8201-2-808 emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2019). El propósito de este censo fue identificar la riqueza de especies de flora en veda cuya conservación requiere medidas de manejo, considerando que estos organismos están protegidos en el territorio nacional según lo dispuesto en la Resolución No. 0213 (INDERENA, 1977), Resolución No. 0801 del 24 de junio de (1977) del INDERENA y la Resolución No. 0126 del 06 de febrero de (2024) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	92

Sostenible (MADS). Por lo tanto, se solicita la aprobación de las medidas de manejo propuestas para proteger las poblaciones de los organismos previamente mencionados por parte de la autoridad ambiental.

Es crucial señalar que, lo expuesto en el *Capítulo 02.DESCRIP PROY*, ha previsto actividades tanto de construcción como de mantenimiento, las cuales podrían incidir en la flora existente. En las áreas destinadas a la construcción de la Estación Compresora de Gas (ECG), la ZODME y la instalación de la línea de flujo, se llevará a cabo el aprovechamiento forestal de los árboles presentes. Adicionalmente, se realizará el mantenimiento de la carretera que da acceso a la ECG, lo que incluirá intervenciones de manejo silvicultural mediante la poda de ciertos árboles ubicados en la vía que será adecuada. Estas actividades estarán enfocadas principalmente en los estratos 3, 4 y 5 asociados al dosel de los individuos arbóreos implicados.

A continuación, se presentan los análisis correspondientes a las especies de flora en veda, identificadas dentro del área de intervención del proyecto. Los cálculos correspondientes a las especies vasculares y no vasculares registradas en los forófitos objeto de aprovechamiento forestal se detallan en los *Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\7 Medidas de Manejo Especies Veda\7.2 Cálculos\_Vedas\_Censo*". Asimismo, la información concerniente a las especies vasculares registradas en los individuos arbóreos que serán podados está disponible en los *Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\7 Medidas de Manejo Especies Veda\7.4 Cálculos\_Vedas Podas\_Censo*".

#### 4.7.1 Flora arbórea

Esta caracterización se realizó en cada una de las unidades de cobertura presentes en las áreas de intervención, en las cuales mediante la verificación a lo largo de cada una de las estrategias se evalúa la presencia de individuos en las categorías de tamaño latizal, brinzal y renuevo; dando como resultado que no se encontró ningún individuo en veda nacional con base en la Resolución No 0801 del 24 de junio de (1977) del INDERENA. De la misma forma, no se registró ninguna especie en veda regional en concordancia con la Resolución No 810 del 26 de agosto de (1996) de la Corporación Autónoma Regional de Caldas

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	93

(CORPOCALDAS). Mencionados resultados pueden estar asociados a las dinámicas propias de cada unidad de cobertura, las cuales se relacionan a territorios artificializados y agrícolas. En el caso de las áreas asociadas a los cultivos de café y mosaicos de cultivos, la regeneración natural puede verse afectada por las actividades de limpieza y/o fumigaciones realizadas a cada cultivo, lo que a su vez impide la colonización de nuevas especies.

Por otra parte, los pastos enmalezados al presentar especies altamente invasivas y de gran porte, como *Cenchrus purpureus* (pasto gigante), *Megathyrsus maximus* (pasto guineo) y *Gynerium sagittatum* (caña brava), pueden inhibir la aparición de nuevas especies, lo que limita significativamente los procesos de regeneración natural en estas áreas. Particularmente, *Cenchrus purpureus*, caracterizado por sus altos rendimientos de biomasa (Rueda et al., 2016), posee una notable capacidad para colonizar zonas que han experimentado algún grado de transformación. Además, su amplio uso por parte de agricultores como fuente de forraje contribuye a la expansión de las áreas destinadas a su producción y establecimiento, exacerbando su impacto en los ecosistemas afectados.

Asimismo, *Megathyrsus maximus* se ha catalogado como una especie invasora en otros países, debido a su capacidad para impedir la regeneración natural en los ecosistemas que coloniza, fenómeno atribuido a la sombra densa que proyecta (Meléndez-Ackerman, 2011). En el caso de Colombia, la especie *Gynerium sagittatum* está incluida en el plan nacional para la prevención, el control y manejo de las especies introducidas, trasplantadas e invasoras (MADS, 2011), principalmente por su elevada capacidad de propagación y porque es catalogada como una especie críptica, dado lo complejo que resulta diferenciarla de algunas especies nativas (Baptiste et al., 2010). Finalmente, la unidad de cobertura correspondiente a la Red vial y territorios asociados, al ser completamente transformada, impide la regeneración natural en estas áreas.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	94

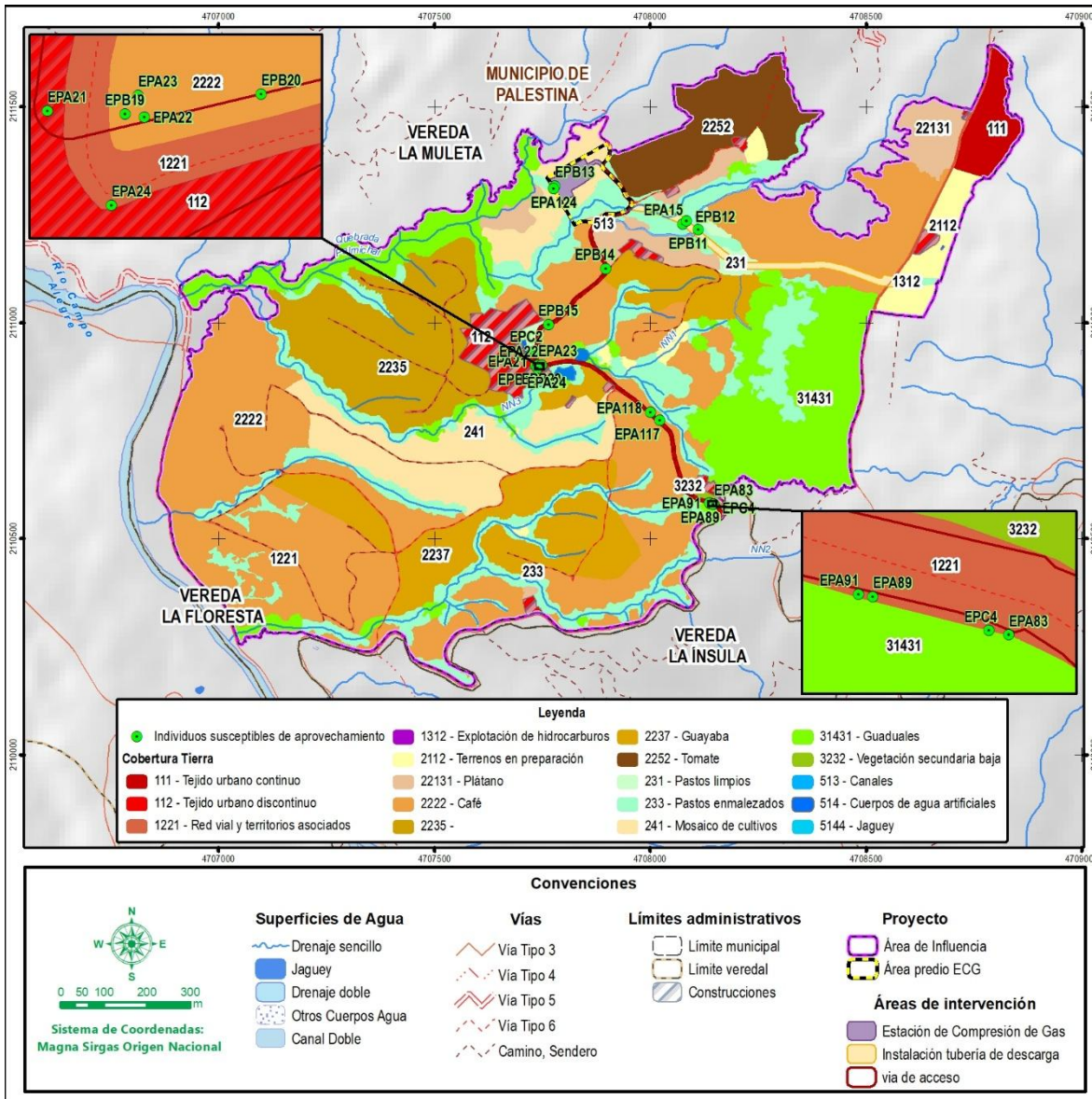
## 4.7.2 Flora vascular

### 4.7.2.1 Censo al 100% en individuos arbóreos objeto de aprovechamiento forestal

La flora vascular en veda registrada sobre los 20 forófitos destinados al aprovechamiento forestal estuvo conformada por un total de 1.564 ejemplares, distribuidos entre dos (2) familias, tres (3) géneros y siete (7) especies de hábito epífita (ver Tabla 4-54). Por otro lado, la Figura 4-31 presenta la ubicación de los individuos arbóreos sujetos a aprovechamiento forestal dentro del área de intervención del proyecto. Es importante resaltar que los cálculos relacionados con las especies vasculares y no vasculares registradas en estos forófitos se detallan en los Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\7 Medidas de Manejo Especies Veda\7.2 Cálculos\_Vedas\_Censo.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	95

Figura 4-31 Localización de forófitos sujetos a aprovechamiento forestal.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Entre las especies determinadas durante el estudio, *Tillandsia recurvata* destacó como la más abundante, con un total de 1.197 individuos, lo que representa el **76,53%** de la abundancia relativa. Esta planta se distingue por su notable capacidad de absorber grandes cantidades de agua mediante las escamas presentes en sus hojas, así como por su alta

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	96

tolerancia a la intensa radiación solar, facilitada por la presencia de tricomas. En este sentido, su presencia resulta especialmente relevante en zonas perturbadas, dado que se emplea como bioindicador para evaluar el grado de degradación de los ecosistemas (Paez, 2005). El área de intervención del proyecto destaca por su uso agrícola, principalmente para los cultivos de café, plátano y yuca, actividades que han inducido transformaciones significativas en el paisaje. Estos cambios, que afectan tanto el suelo como las coberturas vegetales, configuran un entorno propicio para el establecimiento de esta especie.

La segunda especie en términos de abundancia fue *Tillandsia clavigera*, con un registro total de 157 individuos, lo que equivale al **10,04%** de la abundancia relativa. Esta bromelia tiene una distribución geográfica que abarca desde Colombia hasta Ecuador (Morillo et al., 2009) y presenta una mayor prevalencia en zonas correspondientes al bosque altoandino (MADS, 2019). Aunque no se identificó su presencia en áreas boscosas durante el censo realizado, los individuos registrados estaban asociados a forófitos con doseles ramificados, lo cual proporcionaba condiciones abióticas óptimas para su colonización y desarrollo. Por último, se registró la presencia de *Tillandsia* sp. 1, representada únicamente por un (1) individuo, lo que corresponde al 0,06% de la abundancia relativa.

En términos de frecuencia, la especie *Tillandsia recurvata* fue identificada en nueve (9) de los **20** forófitos censados, representando el **31,03%** del total de árboles muestreados. En contraste, las especies *Tillandsia* sp. 1 y *Tillandsia polystachya* fueron las menos frecuentes, con una frecuencia relativa de apenas **3,45%** cada una, ya que solo se registraron en un (1) único árbol censado. La Tabla 4-54 detalla la abundancia y frecuencia de las especies vasculares en veda observadas dentro del área de intervención del proyecto.

**Tabla 4-54 Abundancia y frecuencia de las especies vasculares en veda de hábito epífita registradas en los forófitos objeto de aprovechamiento forestal**

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FREC UENCIA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
Bromeliaceae	<i>Racinaea</i>	<i>Racinaea tenuispica</i>	117	7,48	5	17,24
	<i>Tillandsia</i>	<i>Tillandsia clavigera</i>	157	10,04	8	27,59

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	97

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
		<i>Tillandsia recurvata</i>	1.197	76,53	9	31,03
		<i>Tillandsia sp. 1</i>	1	0,06	1	3,45
		<i>Tillandsia usneoides</i>	8	0,51	2	6,90
		<i>Tillandsia polystachia</i>	11	0,70	1	3,45
Orchidaceae	<i>Epidendrum</i>	<i>Epidendrum purum</i>	73	4,68	3	10,34
Total general			1.564	100,00	-	100,00

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

En la Fotografía 4-3, Fotografía 4-4 y **Fotografía 4-5** se aprecian las especies vasculares más abundantes registradas en los forófitos sujetos a aprovechamiento forestal presentes dentro del área de intervención del proyecto.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	98



**Fotografía 4-3 *Tillandsia recurvata*  
(Bromeliaceae)**

Coordenadas Origen Único Nacional  
E: 4707896,804; N: 2111125,234  
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.



**Fotografía 4-4 *Tillandsia clavigera*  
(Bromeliaceae)**

Coordenadas Origen Único Nacional  
E: 4707896,804; N: 2111125,234  
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.



**Fotografía 4-5 *Racinaea tenuispica* (Bromeliaceae)**

**Coordenadas Origen Único Nacional**  
**E: 4707896,804; N: 2111125,234**  
**Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.**

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	99

- **Preferencia de forófito**

De los 20 individuos sujetos a aprovechamiento forestal, solo **once (11)** registraron la presencia de especies vasculares de hábito epífita. Entre ellos, ***Coussapoa villosa (Matapalo)*** y *Samanea saman* (samán) destacaron con una riqueza de **cinco (5)** especies vasculares distribuidas en **dos (2) y cinco (5)** individuos arbóreos censados, **respectivamente**. Además, el samán mostró la mayor abundancia, con un total de **710** individuos, mientras que *Cedrela aff. montana* (cedro) ocupó el segundo lugar con 473 ejemplares. En contraste, *Psidium friedrichstalianum* (guayaba agria) fue la especie con menor abundancia registrada, representada por un (1) único organismo.

En relación con el samán (*Samanea saman*), este árbol destaca por una copa densa y abierta que facilita un óptimo ingreso de luz, además de favorecer una notable acumulación de humedad y materia orgánica en su corteza (Cedeño & Chinchilla, 2021). Estas características propician condiciones altamente favorables para el desarrollo de organismos epífitos. Por otro lado, *Coussapoa villosa* (matapalo) se distingue por su corteza fisurada (Minga et al., 2019), lo que permite de manera eficiente el establecimiento de plantas vasculares de hábito epífita.

Vale la pena mencionar que el establecimiento y desarrollo de especies vasculares de hábito epífita está mediado por los individuos arbóreos en los que se encuentran y sus características morfológicas que permiten su óptima implantación (Cedeño & Chinchilla, 2021), como es el caso de los forófitos antes mencionados cuya corteza es ligeramente rugosa, además de la cantidad y dirección de la luz que reciben, absorción de humedad, temperatura, disponibilidad de nutrientes y materia orgánica. Finalmente, en la Tabla 4-55 se muestra la riqueza, abundancia y preferencia de forófito de cada especie arbórea, la cual define el número de especies e individuos de cada organismo vascular en el área de intervención del proyecto y la Figura 4-32, ilustra gráficamente esta información.

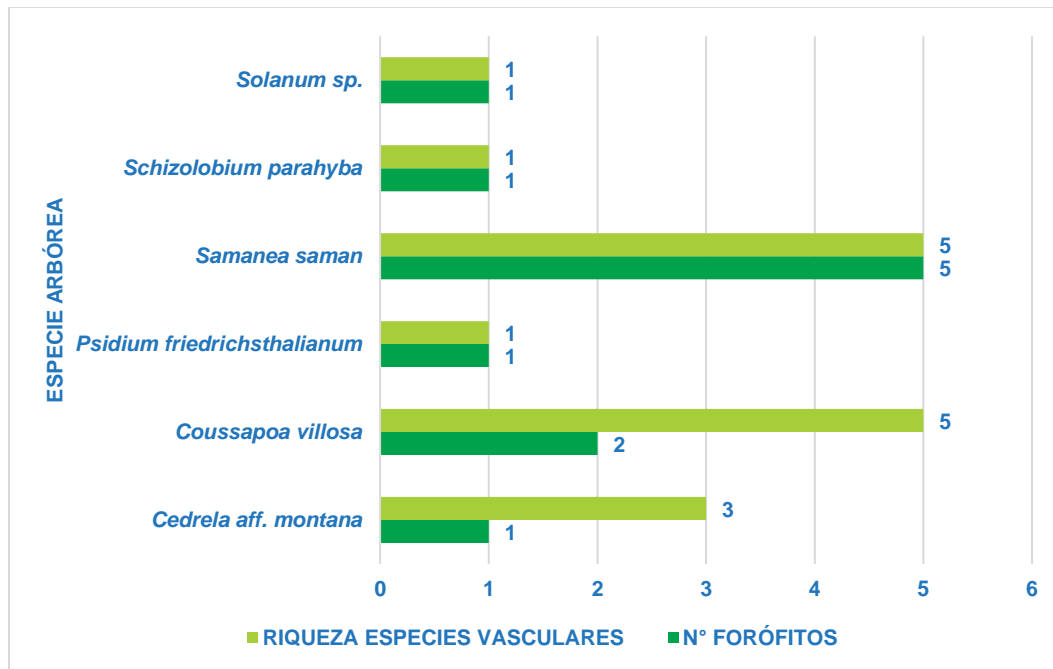
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	100

**Tabla 4-55 Preferencia de forófito en especies vasculares de hábito epífito registradas en árboles sujetos a aprovechamiento forestal.**

ESPECIE VASCULAR	ESPECIE FORÓFITO						TOTAL
	<i>Cedrela aff. montana</i>	<i>Coussapoa villosa</i>	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	<i>Samanea saman</i>	<i>Schizolobium parahyba</i>	<i>Solanum sp.</i>	
<i>Epidendrum purum</i>	0	0	0	73	0	0	73
<i>Racinaea tenuispica</i>	7	29	0	81	0	0	117
<i>Tillandsia clavigera</i>	2	31	1	123	0	0	157
<i>Tillandsia recurvata</i>	464	68	0	428	237	0	1.197
<i>Tillandsia sp. 1</i>	0	1	0	0	0	0	1
<i>Tillandsia usneoides</i>	0	3	0	5	0	0	8
<i>Tillandsia polystachia</i>	0	0	0	0	0	11	11
<b>Total general</b>	<b>473</b>	<b>132</b>	<b>1</b>	<b>710</b>	<b>237</b>	<b>11</b>	<b>1.564</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

**Figura 4-32 Preferencia de forófito especies vasculares de hábito epífito registradas en el censo forestal**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

- **Estratificación vertical**

Según lo presentado en la Tabla 4-56, se contabilizó un total de **1.564** individuos de plantas vasculares de hábito epífita, distribuidos a lo largo de los distintos estratos verticales. De este total, se identificaron **813** ejemplares en el dosel medio (estrato 4), destacando particularmente la predominancia de *Tillandsia recurvata* y *Tillandsia clavigera*, con **235** y **veintiocho (28)** individuos, respectivamente. En orden de abundancia, el estrato **5** ocupó el segundo lugar, con un registro de **291** individuos, entre los cuales *Tillandsia recurvata* continuó siendo la especie más numerosa, con **171** individuos, seguida por *Racinaea tenuispica*, representada por **cincuenta (50)** ejemplares.

Los resultados obtenidos respaldan las observaciones realizadas en investigaciones previas, que también subrayan que la zona tres (3), definida por Johansson (1974), concentra una de las mayores diversidades de especies vasculares epífitas (Martínez et al., Estratificación vertical y preferencia de hospedero de las epífitas vasculares de un bosque nublado de Chiapas, México, 2008). Además, considerando que el principal factor que influye en la segregación vertical es el gradiente de luz (Mercado et al., Diversidad y distribución espacial de epífitas vasculares en fragmentos de bosque seco tropical del Caribe colombiano, 2023), es posible deducir que esta condición favorece el establecimiento y desarrollo de epífitas vasculares, tal como ocurre con las bromelias *Tillandsia recurvata* y *Racinaea tenuispica* en las áreas del dosel.

**Tabla 4-56 Estratificación vertical de las especies vasculares de hábito epífita registrados en forófitos objeto de aprovechamiento forestal**

ESPECIE	ESTRATO 1	ESTRATO 2A	ESTRATO 2B	ESTRATO 3	ESTRATO 4	ESTRATO 5	TOTAL
<i>Epidendrum purum</i>	0	0	3	5	56	9	73
<i>Racinaea tenuispica</i>	0	0	12	18	37	50	117
<i>Tillandsia clavigera</i>	0	0	5	28	76	48	157
<i>Tillandsia recurvata</i>	0	22	126	235	643	171	1.197
<i>Tillandsia sp. 1</i>	0	0	1	0	0	0	1
<i>Tillandsia usneoides</i>	0	0	0	0	0	8	8
<i>Tillandsia polystachia</i>	0	0	3	2	1	5	11
Total general	0	22	150	288	813	291	1.564

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	102

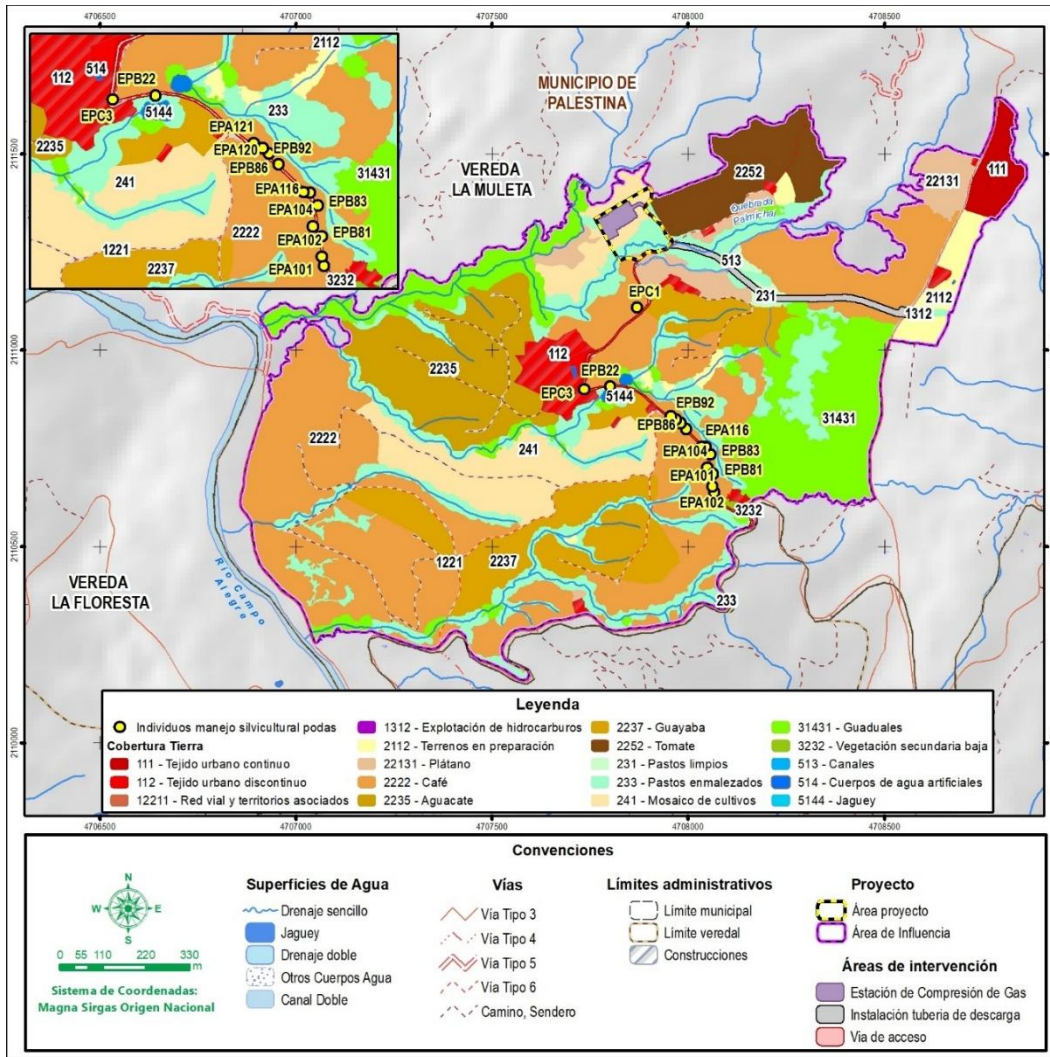
#### 4.7.2.2 Censo al 100% individuos arbóreos sujetos a manejo silvicultural de poda

El censo de los forófitos sujetos a manejo silvicultural de poda se llevó a cabo en el tramo correspondiente a las vías proyectadas para adecuación. En total, se evaluaron catorce (14) individuos arbóreos, registrándose un total de 1.422 ejemplares de especies vasculares, distribuidos en dos (2) familias, cinco (5) géneros y nueve (9) especies, conforme se detalla en la Tabla 4-57. Vale la pena destacar que este análisis incluye exclusivamente aquellas especies presentes en los estratos del dosel (estrato 3: dosel interno, estrato 4: dosel medio y estrato 5: dosel externo) de los árboles objeto de poda. Esta delimitación obedece al hecho de que la poda afectará de manera directa las ramas de las zonas altas, incidiendo únicamente en las especies que habitan estas áreas. Ahora bien, se enfatiza que los cálculos relativos a las especies vasculares registradas en estos forófitos están documentados de manera detallada en los *Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\7 Medidas de Manejo Especies Veda\7.2 Cálculos\_Vedas\_Censo*.

A continuación, la Figura 4-33 muestra la distribución espacial de los forófitos sujetos a manejo silvicultural de poda, que fueron evaluados dentro del área de intervención del proyecto.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	103

Figura 4-33 Localización de forófitos sujetos a manejo silvicultural por poda.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Tabla 4-57 Abundancia y frecuencia de las especies vasculares en veda registradas en forófitos objeto de manejo silvicultural de poda.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
Bromeliaceae	<i>Racinaea</i>	<i>Racinaea tenuispica</i>	302	21,24	9	20,93
	<i>Tillandsia</i>	<i>Tillandsia clavigera</i>	158	11,11	9	20,93
		<i>Tillandsia polystachia</i>	65	4,56	3	6,98
		<i>Tillandsia recurvata</i>	382	26,86	8	18,60

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	104

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
		<i>Tillandsia usneoides</i>	116	8,16	2	4,65
Orchidaceae	Epidendrum	<i>Epidendrum porquerense</i>	27	1,90	1	2,33
		<i>Epidendrum purum</i>	295	20,75	8	18,60
	Oncidium	<i>Oncidium</i> sp.	20	1,41	1	2,33
	Polystachya	<i>Polystachya foliosa</i>	57	4,01	2	4,65
Total general			1.422	100,00	-	100,00

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

En cuanto a la abundancia, la bromelia *Tillandsia recurvata* se destacó con un total de 382 individuos registrados, representando el 26,86% de la abundancia relativa. Como se mencionó anteriormente, esta planta es capaz de absorber grandes cantidades de agua a través de sus escamas foliares y soportar altos niveles de radiación solar, lo que la convierte en una especie bioindicadora en zonas perturbadas (Paez, 2005). Por otro lado, la mayoría de los forófitos sujetos a manejo silvicultural de poda dentro del área de intervención del proyecto se encuentran ubicados cerca de la vía, principalmente en cultivos de Café. Solo uno de ellos se localiza en Pastos enmalezados y otro en Tejido urbano discontinuo, lo que refuerza su preferencia por entornos abiertos con alta exposición a la luz solar.

En segundo lugar, se identificó que la especie *Racinaea tenuispica* constituye el 21,24% de la abundancia relativa, lo que corresponde a un total de 302 individuos. Esta planta ha demostrado una mayor presencia en zonas con coberturas boscosas densas o en árboles aislados con doseles ampliamente ramificados, los cuales crean microclimas ideales para su establecimiento y desarrollo (Hornung & Gaviria, 1999). Estos resultados coinciden con los datos obtenidos en el área de intervención, donde la mayoría de los ejemplares de esta especie se encontraron en árboles maduros con doseles ramificados, brindándoles condiciones abióticas óptimas para su establecimiento.

Finalmente, la orquídea *Epidendrum purum* mostró una abundancia total de 295 individuos, lo que representa una abundancia relativa del 20,75%. Esta planta suele encontrarse en áreas boscosas con niveles de humedad que favorecen su crecimiento (Reina et al., 2011). Sin embargo, los forófitos donde se hallaron estas especies no están en coberturas naturales como los bosques. A pesar de ello, el dosel de estos árboles es suficientemente

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	105

amplio para ofrecer sombra y mantener los niveles adecuados de humedad y baja luminosidad, creando condiciones abióticas favorables para el establecimiento, crecimiento y desarrollo de estos organismos.

En contraposición, la especie menos representativa en términos de abundancia fue *Oncidium* sp., con un total de veinte (20) individuos, lo que corresponde a una abundancia relativa del 1,41%. Esta planta está ampliamente distribuida en Colombia, ocupando las tres (3) cordilleras del país, lo que ha llevado a su consideración como un centro de diversificación para sus especies (Carmona, 2016). A pesar de su capacidad de crecimiento desde el nivel del mar hasta las alturas más elevadas de los Andes, *Oncidium* sp. manifiesta una clara preferencia por ambientes con alta intensidad de luz (American Orchid Society, 2024) y es comúnmente cultivada como planta ornamental, tanto en jardines como en interiores (INECOL, 1998). En el presente estudio, se evidenció su presencia en zonas caracterizadas por una incidencia lumínica notable.

En relación con la frecuencia relativa, las bromelias *Racinaea tenuispica* y *Tillandsia clavigera* presentan los valores más altos, alcanzando un 20,93% cada una, ya que fueron registradas en nueve (9) individuos arbóreos evaluados. Les siguen las especies *Tillandsia recurvata* y *Epidendrum purum*, cada una con una frecuencia relativa del 18,60%, observadas en ocho (8) individuos arbóreos censados. En contraste, las especies *Epidendrum porquerense* y *Oncidium* sp. muestran la frecuencia relativa más baja, con un 2,33%, correspondiente a un (1) único forófito donde se encontraron estos ejemplares.

A su vez, en la Fotografía 4-4 y **Fotografía 4-5** se pueden observar las especies vasculares de hábito epífita con mayores abundancias registradas sobre los forófitos sujetos a manejo silvicultural de poda dentro del área de intervención del proyecto.

- **Preferencia de forófito**

Se identificaron catorce (14) individuos arbóreos sujetos a manejo silvicultural de poda (ver *Numeral 4.6.7 Individuos arbóreos susceptibles a actividades silviculturales de poda*), de los cuales únicamente once (11) presentaban especies vasculares. En los nueve (9) individuos de samán (*Samanea saman*) analizados, se registró una riqueza de nueve (9)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	106

especies vasculares con una abundancia total de 1.221 individuos. Por otro lado, se identificó un (1) único ejemplar de matapalo (*Coussapoa villosa*) y uno de ceiba (*Ceiba pentandra*), los cuales albergaron cuatro (4) especies cada uno, con una abundancia de 100 y 101 ejemplares, respectivamente.

En el caso específico de *Samanea saman*, este es un árbol con un dosel ramificado y amplio que favorece la acumulación de humedad y materia orgánica y permite la entrada de luz que beneficia el establecimiento de estas especies (Cedeño & Chinchilla, 2021), lo cual podría explicar por qué estas plantas prevalecieron sobre estos individuos arbóreos. Ahora bien, se observó que *Tillandsia recurvata* fue la especie más abundante, quien además mostró una clara preferencia por el samán, con un total de 334 individuos registrados.

Este patrón se repite en otras especies, las cuales también muestran una mayor prevalencia en relación con este árbol. Es importante destacar que el establecimiento y desarrollo de especies vasculares de hábito epífita está influenciado en gran medida por las características morfológicas de los árboles hospederos, las cuales les permiten establecerse de manera óptima en sus cortezas (Cedeño & Chinchilla, 2021). Sin embargo, otras variables como la luminosidad, humedad relativa, temperatura y los nutrientes también impactan en el desarrollo óptimo de estas especies vasculares.

Los datos sobre la riqueza, abundancia y preferencia de forófito para cada especie vascular, analizados en los individuos arbóreos sujetos a manejo silvicultural de poda dentro del área de intervención del proyecto, se presentan en la Tabla 4-58 y la Figura 4-34.

**Tabla 4-58 Preferencia de forófito en especies vasculares de hábito epífita registradas en árboles sujetos a poda.**

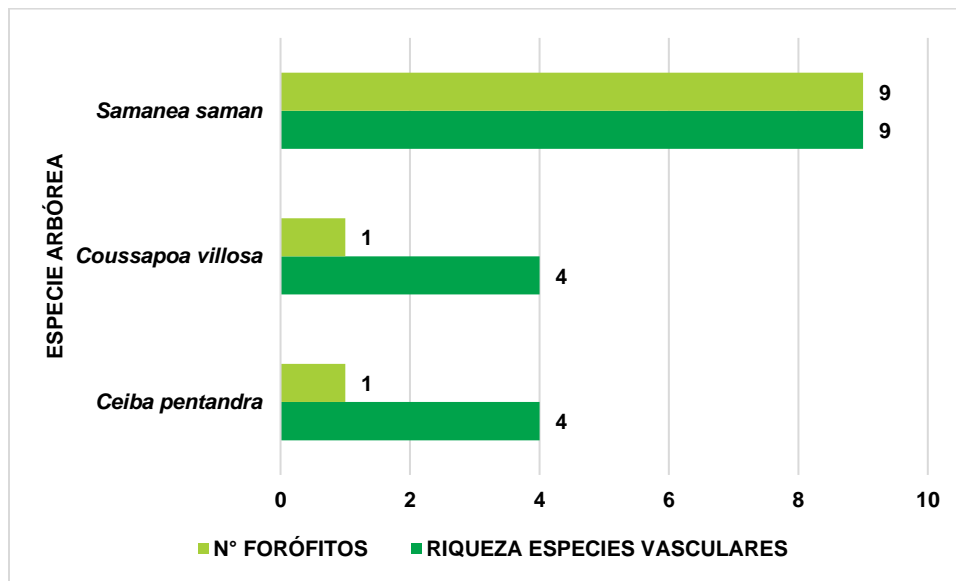
ESPECIE	FORÓFITO			TOTAL GENERAL
	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Coussapoa villosa</i>	<i>Samanea saman</i>	
<i>Epidendrum porquerense</i>	0	0	27	27

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	107

ESPECIE	FORÓFITO			TOTAL GENERAL
	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Coussapoa villosa</i>	<i>Samanea saman</i>	
<i>Epidendrum purum</i>	42	53	200	295
<i>Oncidium sp.</i>	0	0	20	20
<i>Polystachya foliosa</i>	0	0	57	57
<i>Racinaea tenuispica</i>	1	35	266	302
<i>Tillandsia clavigera</i>	16	6	136	158
<i>Tillandsia polystachia</i>	0	0	65	65
<i>Tillandsia recurvata</i>	42	6	334	382
<i>Tillandsia usneoides</i>	0	0	116	116
<b>Total general</b>	<b>101</b>	<b>100</b>	<b>1.221</b>	<b>1.422</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Figura 4-34 Preferencia de forófito para las especies vasculares de hábito epífita registradas en forófitos sujetos a manejo silvicultural de poda



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

- **Estratificación vertical**

Según lo observado en la Tabla 4-59, se registró un total de 1.422 individuos vasculares de hábito epífita distribuidos en los estratos de los forófitos que serán sometidos a manejo

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	108

silvicultural mediante poda. Las actividades se concentrarán en los estratos del dosel (estrato 3: dosel interno, estrato 4: dosel medio y estrato 5: dosel externo) donde se llevarán a cabo estas actividades. Del total, 690 individuos fueron identificados en el dosel medio (estrato 4), con una notable representación de las especies *Tillandsia recurvata* y *Racinaea tenuispica*, las cuales contabilizaron 167 y 164 ejemplares, respectivamente.

En segundo lugar, el dosel externo (estrato 5) albergó un total de 424 individuos, destacando *Tillandsia recurvata* como la especie más abundante con 151 ejemplares, seguida de *Epidendrum purum* con 83. Estos hallazgos respaldan lo señalado por Cedeño & Chinchilla (2021), quienes afirman que las áreas del dosel representan entornos donde predominan las especies vasculares, gracias a las condiciones abióticas favorables para su colonización.

**Tabla 4-59 Estratificación vertical de las especies vasculares de hábito epífita registradas en forófitos objeto de manejo silvicultura por poda dentro del área de intervención del proyecto.**

ESPECIE	ESTRATO 3	ESTRATO 4	ESTRATO 5	TOTAL
<i>Epidendrum porquerense</i>	0	15	12	27
<i>Epidendrum purum</i>	58	154	83	295
<i>Oncidium sp.</i>	1	14	5	20
<i>Polystachya foliosa</i>	22	32	3	57
<i>Racinaea tenuispica</i>	59	164	79	302
<i>Tillandsia clavigera</i>	47	67	44	158
<i>Tillandsia polystachia</i>	23	27	15	65
<i>Tillandsia recurvata</i>	64	167	151	382
<i>Tillandsia usneoides</i>	34	50	32	116
<b>Total general</b>	<b>308</b>	<b>690</b>	<b>424</b>	<b>1.422</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

#### 4.7.2.3 Medidas de manejo para la flora vascular en veda (Familias Bromeliaceae y Orchidaceae).

De acuerdo con el censo realizado en el área de intervención del proyecto, se registraron **siete (7)** especies en los forófitos destinados a aprovechamiento forestal (ver Tabla 4-61) y nueve (9) en aquellos sujetos a manejo silvicultural de poda (véase Tabla 4-62), todas ellas con potencial para ser rescatadas, trasladadas y reubicadas. En lo que respecta a las actividades de poda, se estima que la cantidad de individuos rescatados estará

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	109

directamente relacionada con el alcance establecido para el manejo silvicultural. Por tal motivo, los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) deberán consignar la cifra exacta de individuos efectivamente rescatados durante la implementación de las medidas de manejo. Asimismo, es relevante destacar que la proyección del porcentaje de rescate dependerá de la abundancia registrada en el área de intervención, considerando la Circular Interna No. 00016 (ANLA, 2019), como se detalla en la Tabla 4-60.

**Tabla 4-60 Rango de abundancia por especie**

RANGO DE ABUNDANCIA POR ESPECIE	RESCATE (%)	SUPERVIVENCIA (%)
1 a 20 individuos	100	80
21 a 80 individuos	90	80
81 a 160 individuos	80	80
161 a 400 individuos	70	80
Mayores a 400 individuos	60	80
Especie en alguna categoría de amenaza	100	80

Fuente: Modificado de la Circular Interna No. 00016 (ANLA, 2019), adaptado por CONSGA BIC S.A.S., 2025.

**Tabla 4-61 Estimado de individuos a rescatar en los forófitos con objeto de aprovechamiento forestal registrados en el área de intervención del proyecto.**

ESPECIE DE FLORA VASCULAR EN VEDA	ABUNDANCIA TOTAL	PORCENTAJE DE RESCATE (%)	ESTIMADO DE INDIVIDUOS A RESCATAR
<i>Epidendrum purum</i>	73	90	66
<i>Racinaea tenuispica</i>	117	80	94
<i>Tillandsia clavigera</i>	157	80	126
<i>Tillandsia recurvata</i>	1.197	60	718
<i>Tillandsia sp. 1</i>	1	100	1
<i>Tillandsia usneoides</i>	8	100	8
<i>Tillandsia polystachia</i>	11	100	11
<b>Total general</b>	<b>1.564</b>	<b>-</b>	<b>1.024</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

**Tabla 4-62 Estimado de individuos a rescatar en los forófitos con objeto de manejo silvicultural por poda registrados en el área de intervención del proyecto.**

ESPECIE DE FLORA VASCULAR EN VEDA	ABUNDANCIA TOTAL	PORCENTAJE DE RESCATE (%)	ESTIMADO DE INDIVIDUOS RESCATAR
<i>Epidendrum porquerense</i>	27	90	24
<i>Epidendrum purum</i>	295	70	207
<i>Oncidium sp.</i>	20	100	20
<i>Polystachya foliosa</i>	57	90	51
<i>Racinaea tenuispica</i>	302	70	211
<i>Tillandsia clavigera</i>	158	80	126
<i>Tillandsia polystachia</i>	65	90	59
<i>Tillandsia recurvata</i>	382	70	267
<i>Tillandsia usneoides</i>	116	80	93
<b>Total</b>	<b>1.422</b>	<b>-</b>	<b>1.058</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	110

En el *Capítulo 7. Plan de Manejo Ambiental/07.PMA\_MB*, específicamente en la ficha del Plan de Manejo Ambiental *PMA-B-CV-03. Manejo de flora vascular en veda*, se detallan las medidas de manejo enfocadas en el rescate, traslado y reubicación de los organismos registrados en el área de intervención del proyecto, con el objetivo de minimizar el impacto sobre ellos y garantizar su conservación. Es pertinente resaltar que estos organismos deben cumplir con ciertos criterios relacionados con su senescencia, abundancia y estado fitosanitario para poder ser rescatados. A continuación, se describen estos aspectos con mayor detenimiento.

#### 4.7.2.3.1 Criterios de selección de individuos vasculares a rescatar

A continuación, se describen los criterios de selección para el rescate de epifitas vasculares en el área de intervención del proyecto:

- Evaluación del estado fitosanitario: Se procederá a evaluar el estado fitosanitario de los ejemplares rescatados con el objetivo de prevenir la propagación de enfermedades en el área de reubicación. Se llevará a cabo una inspección minuciosa para asegurar la ausencia de plagas, hongos o daños en las raíces. Las hojas en mal estado (quemadas, infestadas o muertas) y las raíces afectadas serán eliminadas con tijeras de poda, las cuales serán previamente esterilizadas. Aquellos organismos que no cumplan con las condiciones fitosanitarias óptimas, no serán reubicados.
- Estado vegetativo: El objetivo principal consiste en rescatar ejemplares jóvenes y adultos, dejando de lado aquellos en estado de senescencia.
- Exclusión de especies monocárpicas: Durante el proceso de rescate no se considerarán aquellas especies que florecen una sola vez y luego mueren (monocárpicas).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	111

4.7.2.3.2 Áreas definidas para el rescate, traslado y reubicación de especies vasculares

Según lo especificado en el *Capítulo 03.3.3.BIOT(ÁREASESPAMB)*, no se identifican áreas con carácter de protección a nivel nacional, regional y/o local que se superpongan con el área de influencia del proyecto. **No obstante**, para garantizar que la reubicación de los individuos de flora en veda se realice en zonas con características ecológicas equivalentes a las del área de intervención y con una vocación de uso del suelo **orientada a la** protección o conservación ambiental, se ha seleccionado como área de reubicación una zona con áreas complementarias de distinción regional y/o local, clasificada como suelo de protección. Estas áreas, debido a sus características geográficas, paisajísticas y ambientales, presentan restricciones para el desarrollo urbano, a causa de su importancia estratégica en la designación o ampliación de áreas protegidas tanto públicas como privadas, cuya función principal es preservar, restaurar o utilizar de forma sostenible la biodiversidad y los recursos naturales.

Considerando lo anteriormente expuesto, **se propone que las áreas seleccionadas y priorizadas para la** reubicación de especies vasculares (bromelias y orquídeas), **se ubiquen en zonas con coberturas de Pastos enmalezados y Café, las cuales se han identificado como adecuadas para este tipo de intervención debido a su capacidad para mantener condiciones microclimáticas favorables, tales como sombra y humedad, esenciales para el establecimiento de epífitas. Los Pastos enmalezados dentro del área de influencia del proyecto están vinculados a cuerpos de agua, lo que asegura una disponibilidad constante de humedad en el entorno. Además, presentan una vegetación con árboles dispersos que genera una densidad arbórea favorable para alojar forófitos con buen potencial para el establecimiento de epífitas, evitando una saturación excesiva.**

**Por otro lado, la cobertura de Café destaca por su estructura vertical compleja debido a la presencia de árboles de sombra, lo cual proporciona una densidad arbórea significativa que permite mantener temperaturas estables, alta humedad relativa elevada y una exposición reducida al sol, factores clave para la supervivencia de bromelias y orquídeas (Soto et al., 2000; Philpott et al., 2008). Además, los cafetales**

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	112

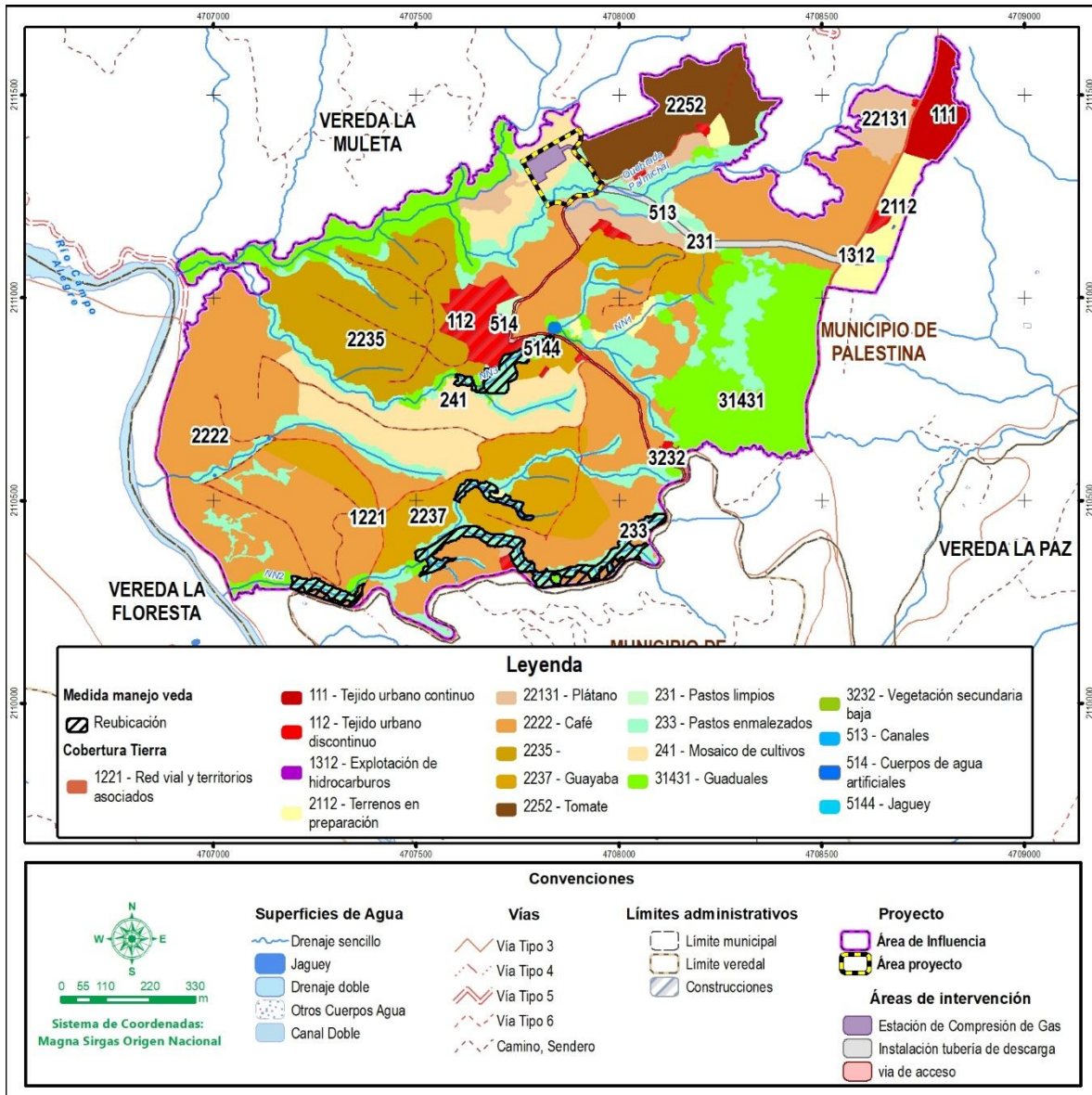
sombreados han sido reconocidos como reservorios importantes de biodiversidad, especialmente en paisajes fragmentados (Perfecto et al., 1996).

A pesar del alto nivel de transformación del paisaje debido a presiones antrópicas, durante las actividades de caracterización se identificó una notable riqueza y abundancia de bromelias y orquídeas en el área del proyecto. Esto evidencia una destacada resiliencia ecológica destacable y una considerable capacidad para sostener estas especies, incluso en áreas parcialmente intervenidas, lo que respalda la viabilidad de implementar las medidas propuestas. En este sentido, se recomienda seleccionar como hospederos potenciales para las especies rescatadas aquellos árboles ubicados dentro de las fajas forestales protectoras de nacimientos y cauces rurales, con una carga epifítica inferior al 40% dentro de las coberturas mencionadas. Este criterio busca evitar la sobresaturación en los hospederos, favorecer el éxito del establecimiento de las especies reubicadas y mantener el equilibrio ecológico del área intervenida.

Considerando lo anteriormente expuesto, la reubicación en coberturas de Pastos enmalezados y Café podría resultar viable y estratégicamente adecuada para fomentar la biodiversidad, resguardar las especies trasladadas y conservar el acervo genético de estas especies. Estas coberturas, al estar vinculadas a zonas de recarga hídrica y presentar una estructura arbórea favorable, podrían ofrecer un entorno ecológicamente funcional para la recepción de la flora objeto de rescate. El área priorizada se encuentra en fajas forestales protectoras de nacimientos, colindantes con estas zonas de recarga hídrica (Ver Figura 4-35). Además, se incluyen las coordenadas geográficas de las áreas propuestas para la implementación de esta medida, cuya información se encuentra detallada en la Tabla 4-63 y corresponden a polígonos preliminarmente priorizados, tomando como referencia las condiciones ecológicas descritas. Vale la pena destacar que esta se trata de un área propuesta y, que quien ejecute, será el encargado de informar a través de los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) las áreas definitivas para la reubicación, una vez finalicen las concertaciones previas a la implementación del Plan de Manejo Ambiental (PMA).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	113

Figura 4-35 Áreas prioritizadas para la reubicación de especies de flora vascular en veda.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Tabla 4-63 Coordenadas geográficas asociadas al área potencial para la reubicación de especies vasculares en veda.

Nº. POLIGONO	COBERTURA VEGETAL	AREA (ha)	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
1	Café	0,20	4707296,57757	2110265,31369
2	Café	0,34	4707933,42985	2110317,06192
3	Pastos enmalezados	0,42	4707267,21714	2110282,76336

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	114

No. POLIGONO	COBERTURA VEGETAL	ÁREA (ha)	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
4	Pastos enmalezados	0,89	4707718,90029	2110820,87522
5	Pastos enmalezados	2,56	4707787,4484	2110397,61115
Total		4,41	-	-

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Para la ejecución de actividades de campo concernientes al rescate, traslado y reubicación de especies vasculares en veda que han sido registradas en el área de intervención del proyecto se contemplan las siguientes acciones:

- Capacitación del personal designado para llevar a cabo las labores de rescate y reubicación de las especies.
- Concertación de acuerdos con las autoridades ambientales pertinentes y los propietarios de los predios o áreas destinadas para la reubicación de las plantas.
- Organización y desarrollo de reuniones con grupos de trabajo con el fin de adaptar la metodología y esclarecer los protocolos que regirán el rescate, traslado y reubicación de las plantas vasculares, con el propósito de aumentar la supervivencia de los individuos reubicados.

#### 4.7.2.3.3 Etapas para la fase de rescate, traslado y reubicación de especies vasculares

De acuerdo con el censo realizado en el área de intervención del proyecto, se identificaron las especies de plantas vasculares presentes dentro del área. A continuación, se exponen los métodos que se utilizarán para el rescate, traslado y reubicación de epífitas vasculares en esta zona. Estos procedimientos se encuentran especificados en la ficha de manejo PMA-B-CV-03. Manejo de flora vascular en veda (no arbórea) del Capítulo 7. Plan de Manejo Ambiental/07.PMA\_MB.

#### • Reubicación de especies de hábito epífita

Los árboles hospederos serán seleccionados de acuerdo con lo establecido en la Metodología para la Caracterización de Especies en Veda emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como en el anexo metodológico de la Circular No. 8201-2-808 (MADS, 2019). Los criterios correspondientes se encuentran en la Tabla 4-64.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	115

**Tabla 4-64 Criterios de selección de árboles hospederos**

VARIABLE	MEDIDA	OBSERVACIÓN Y EXCEPCIONES
Altura	> 7m	Si no se hallan forófitos de estas dimensiones, se seleccionarán los ejemplares más altos disponibles en el área designada y se tomará registro fotográfico de su condición.
DAP	> 10cm	Se buscará garantizar que los árboles tengan un diámetro superior al indicado aquí.
Corteza		No exfoliable. Rugosa.
% epífitas	< 40%	Seleccionar forófitos que no cuenten con sobrecarga de organismos epífitos para prevenir su afectación. Asimismo, el bajo epifitismo evitará la competencia por recursos, lo que posibilitará la supervivencia de todos los individuos reubicados.
Copas		Ideal que exhiba una alta diversificación de horquillas horizontales.

Fuente: Modificado del anexo Metodológico de la Circular No. 8201-2-808 (MADS, 2019).

A su vez, los árboles deberán estar en excelente estado fitosanitario y tener suficiente espacio para que las especies epífitas puedan establecerse, lo que asegurará su supervivencia, reducirá la mortalidad y facilitará su adaptación al nuevo hábitat. Según el Protocolo para el Rescate, Traslado y Monitoreo de Epífitas Vasculares en Colombia (Sierra et al., 2018), las bromelias y orquídeas serán rescatadas antes de la tala dirigida para minimizar el daño a los individuos rescatados durante el aprovechamiento forestal. Para ello, las siguientes etapas y recomendaciones serán llevadas a cabo:

- Identificar las bromelias y orquídeas presentes en el área de intervención del proyecto para localizar los árboles hospederos a los que están asociadas. Estos individuos arbóreos serán marcados con pintura asfáltica de color naranja y georreferenciados para facilitar su ubicación en el área de reubicación.
- Las especies epífitas rescatadas deberán ser retiradas junto con una parte del hospedero debido a la fragilidad de su sistema radicular. Como se mencionó anteriormente, este proceso se llevará a cabo antes de la tala dirigida para evitar daños.
- Las plantas rescatadas serán transportadas en cestas plásticas junto al sustrato para aportar la suficiente humedad hasta el área de reubicación.
- Para la reubicación, se tomará la planta junto con corteza, hojarasca o humus y se atará al tronco del árbol hospedero con pita de fique.

◇ Marcaje de individuos rescatados

Cada ejemplar rescatado deberá estar provisto de una etiqueta compuesta por cuatro (4) partes: la inicial correspondiente a la familia de la especie vascular (B para Bromeliaceae y

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	116

O para Orchidaceae), el número de serie único asignado a cada ejemplar, el registro del área de rescate y el número del área de reubicación. Se recomienda que las etiquetas estén confeccionadas en un material duradero para mantener su integridad durante el seguimiento y monitoreo de los individuos, por lo tanto, se sugiere la utilización de placas de aluminio en las cuales la información correspondiente será registrada con un lápiz u otro utensilito que permita su marcado. Una vez completado el etiquetado, cada lámina será asegurada a la epífita a reubicar mediante un amarre de fique (Fotografía 4-6).



Fotografía 4-6 Ejemplo del marcaje de individuos vasculares rescatados.

Fuente: Herrera (2023)

Cada planta etiquetada deberá quedar registrada en un formato de rescate que incluya la fecha y lugar de rescate, el nombre científico y código de la especie, la cantidad de individuos rescatados para cada especie y la georreferencia del lugar de reubicación. Este formato está disponible en los Anexos\X. PLANES Y PROGRAMAS\1. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL\1.2. BIÓTICO\1.2.1. Flora epífita\1.2.1.1. BASE DE DATOS DE RESCATE\_EV. Además, se deberá proporcionar evidencia fotográfica de cada especie rescatada.

- **Reubicación de especies de hábito terrestre**

Es importante destacar que durante el censo realizado en el área de intervención del proyecto y en relación con las parcelas en otros hábitos de crecimiento evaluadas, no se encontró la presencia de especies vasculares en sustratos como suelo, roca o materia

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	117

orgánica en descomposición. No obstante, se requiere llevar a cabo una verificación adicional durante las actividades de rescate para identificar nuevas plantas que puedan surgir después de las actividades de censo y antes del rescate. Estas especies serán rescatadas, trasladadas y reubicadas siguiendo los procedimientos que se describen a continuación:

- Las especies terrestres serán extraídas con cuidado utilizando una pala, procurando no cortar ni dañar sus raíces y cubriendo la porción de tierra donde se arraiga la planta con una bolsa de fique o fibras sintéticas, asegurándola con cabuya para prevenir el desmoronamiento del sustrato y la exposición de la planta a la luz solar, especialmente sus raíces, que son propensas a deshidratarse.
- El material vegetal será transportado en cestas plásticas al área de reubicación.
- Tras seleccionar el área de reubicación, esta será limpiada con un machete.
- Se excavará un hoyo con una pala que tenga el doble del tamaño de la porción de tierra extraída junto con la planta.
- La planta será sembrada, cubierta con tierra y compactada suavemente con las manos para que quede firme.
- Se colocará cinta de peligro alrededor de las plantas que van a ser reubicadas para mejorar su visibilidad y evitar posibles daños.

La fecha y georreferenciación de los individuos reubicados, así como el código de la especie, se ingresará en los formatos de campo del seguimiento. Este formato está disponible para consulta en los *Anexos IX. PLANES Y PROGRAMAS 2. PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL 2.2. MEDIO BIÓTICO 2.2.1. Flora epífita 2.2.1.1. FORMATO DE SEGUIMIENTO\_EV*. A continuación, la Fotografía 4-7 ilustra un ejemplo del proceso de reubicación de las especies vasculares con hábito terrestre.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	118



Fotografía 4-7 Ejemplo de la reubicación de especies vasculares de hábito terrestre

Fuente: Herrera (2023).

#### 4.7.3 Flora no vascular

##### 4.7.3.1 Censo al 100% en individuos arbóreos objeto de aprovechamiento forestal

En el área de intervención del proyecto se identificaron 37 especies de flora no vascular y líquenes epífitos, distribuidas en 24 familias y treinta (30) géneros. La cobertura total registrada fue de 12.533 cm<sup>2</sup>, siendo la hepática *Lejeunea capensis* la especie más predominante con 4.469 cm<sup>2</sup>. Esta planta, propia de los continentes africano y americano, se encuentra principalmente en regiones tropicales (Suárez et al., 2022), mostrando preferencia por selvas y árboles vivos (Passos & Gradstein, 2020), en altitudes que alcanzan los 2.150 m.s.n.m., según Gradstein (2013). Las condiciones observadas en el área del proyecto son compatibles con los requerimientos ecológicos de esta especie, favoreciendo su establecimiento e incluyendo elevaciones óptimas para su desarrollo.

Por otro lado, el líquen *Cryptothecia striata* destacó con una cobertura de 1.766 cm<sup>2</sup>. Esta especie es conocida por su amplia distribución a nivel mundial y su notable abundancia, siendo dominante en zonas de gran altitud y alta humedad, donde coloniza diversas especies de árboles. Además, se caracteriza por su tolerancia tanto a la sequía como a la radiación solar directa, como lo documentaron Bungartz et al., (2013) y Yulianti et al.,

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	119

(2022). También puede encontrarse en áreas abiertas, según Soto et al. (2021). En el área de intervención, *Cryptothecia striata* se distribuye ampliamente, ocupando zonas con distintos niveles de exposición solar, ya sea en coberturas naturales, seminaturales o intervenidas, en línea con lo reportado en la literatura revisada.

En contraposición, el líquen *Teloschistes flavicans* exhibió la menor cobertura registrada, alcanzando apenas 10 cm<sup>2</sup>. Esta especie se distingue por su preferencia hacia un hábito epífita, prosperando en ecosistemas que abarcan desde ambientes templados hasta tropicales, con distintos niveles de alteración. Es particularmente frecuente en áreas caracterizadas por una alta exposición a la radiación solar directa (MMA, 2019). A continuación, en la Tabla 4-65 se presentan los datos correspondientes a la cobertura y frecuencia de las especies no vasculares y líquenes registrados dentro del área de intervención del proyecto.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	120

**Tabla 4-65 Cobertura y frecuencia de las especies no vasculares y líquenes de hábito epífita registrados en el área de intervención del proyecto**

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	COBERTURA (cm <sup>2</sup> )	COBERTURA RELATIVA (%)	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
Arthoniaceae	<i>Cryptothecia</i>	<i>Cryptothecia striata</i>	1.766	14,09	16	14,29
	<i>Herpothallon</i>	<i>Herpothallon rubrocinctum</i>	110	0,88	4	3,57
Bartramiaceae	<i>Philonotis</i>	<i>Philonotis uncinata</i>	38	0,30	2	1,79
Brachytheciaceae	<i>Sciuro-hypnum</i>	<i>Sciuro-hypnum plumosum</i>	36	0,29	1	0,89
Bryaceae	<i>Epipterygium</i>	<i>Epipterygium immarginatum</i>	632	5,04	1	0,89
	<i>Gemmabryum</i>	<i>Gemmabryum apiculatum</i>	66	0,53	1	0,89
Caliciaceae	<i>Dirinaria</i>	<i>Dirinaria applanata</i>	1.397	11,14	12	10,71
Coenogoniaceae	<i>Coenogonium</i>	<i>Coenogonium magdalenae</i>	113	0,90	3	2,68
		<i>Coenogonium</i> sp.	252	2,00	2	1,79
Collemataceae	<i>Leptogium</i>	<i>Leptogium</i> cf. <i>denticulatum</i>	125	1,00	2	1,79
		<i>Leptogium</i> sp.	40	0,32	1	0,89
Dicranaceae	<i>Campylopus</i>	<i>Campylopus</i> aff. <i>edithae</i>	114	0,91	2	1,79
		<i>Campylopus argyrocaulon</i>	704	5,62	1	0,89
		<i>Campylopus cavifolius</i>	90	0,72	1	0,89
Fabroniaceae	<i>Fabronia</i>	<i>Fabronia ciliaris</i>	257	2,05	3	2,68
Fissidentaceae	<i>Fissidens</i>	<i>Fissidens hornschuchii</i>	15	0,12	1	0,89
Frullaniaceae	<i>Frullania</i>	<i>Frullania gibbosa</i>	280	2,23	7	6,25
		<i>Frullania rio-janeirensis</i>	47	0,38	1	0,89
Graphidaceae	<i>Glyphis</i>	<i>Glyphis cicatricosa</i>	15	0,12	1	0,89
	<i>Graphis</i>	<i>Graphis librata</i>	20	0,16	1	0,89
Lecanoraceae	<i>Lecanora</i>	<i>Lecanora achroelloides</i>	36	0,29	1	0,89
Lejeuneaceae	<i>Lejeunea</i>	<i>Lejeunea capensis</i>	4.469	35,66	15	13,39
		<i>Lejeunea flava</i>	181	1,44	3	2,68
Leucophanaceae	<i>Octoblepharum</i>	<i>Octoblepharum albidum</i>	227	1,81	5	4,46
Metzgeriaceae	<i>Metzgeria</i>	<i>Metzgeria ciliata</i>	12	0,10	1	0,89
Myriniaceae	<i>Helicodontium</i>	<i>Helicodontium capillare</i>	562	4,48	2	1,79
Parmeliaceae	<i>Parmotrema</i>	<i>Parmotrema</i> cf. <i>hababianum</i>	31	0,25	1	0,89
		<i>Parmotrema praesorediosum</i>	227	1,81	7	6,25
	<i>Usnea</i>	<i>Usnea</i> sp. 2	81	0,65	2	1,79
Pertusariaceae	<i>Pertusaria</i>	<i>Pertusaria</i> sp.	25	0,20	1	0,89
Physciaceae	<i>Physcia</i>	<i>Physcia tenuis</i>	46	0,37	1	0,89
	<i>Polyblastidium</i>	<i>Polyblastidium japonicum</i>	88	0,70	2	1,79
Pottiaceae	<i>Streptopogon</i>	<i>Streptopogon amphidiaceus</i>	72	0,57	1	0,89
Ramalinaceae	<i>Bacidia</i>	<i>Bacidia heterochroa</i>	32	0,26	1	0,89
	<i>Ramalina</i>	<i>Ramalina celastri</i>	34	0,27	1	0,89

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	COBERTURA (cm <sup>2</sup> )	COBERTURA RELATIVA (%)	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum</i>	<i>Sematophyllum chlorocormum</i>	283	2,26	4	3,57
Teloschistaceae	<i>Teloschistes</i>	<i>Teloschistes flavicans</i>	10	0,08	1	0,89
Total general			12.533	100,00	-	100,00

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	122

A continuación, se muestran las fotografías de las especies mencionadas anteriormente, las cuales fueron identificadas como las más abundantes dentro del área de intervención del proyecto (Ver [Fotografía 4-8](#) y [Fotografía 4-9](#)).



**Fotografía 4-8 *Lejeunea capensis*  
(Lejeuneaceae))**

Coordenadas Origen Único Nacional  
E: 4708138,665; N: 2110581,81  
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.



**Fotografía 4-9 *Cryptothecia striata* (Arthoniaceae)**

Coordenadas Origen Único Nacional  
E: 4708075,077; N: 2111228,942  
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.7.3.2 Parcelas en otros hábitos de crecimiento dentro del área de intervención del proyecto

Dentro del área de intervención del proyecto, se llevó a cabo la evaluación de un total de treinta (30) parcelas de 1 x 1 m en otros hábitos de crecimiento, en las cuales se registraron diecinueve (19) especies distribuidas en dieciocho (18) géneros y catorce (14) familias, con una cobertura total de 4.227 cm<sup>2</sup>, tal como se detalla en la Tabla 4-66. Además, la distribución espacial de las parcelas evaluadas se ilustra en la Figura 4-36.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	123

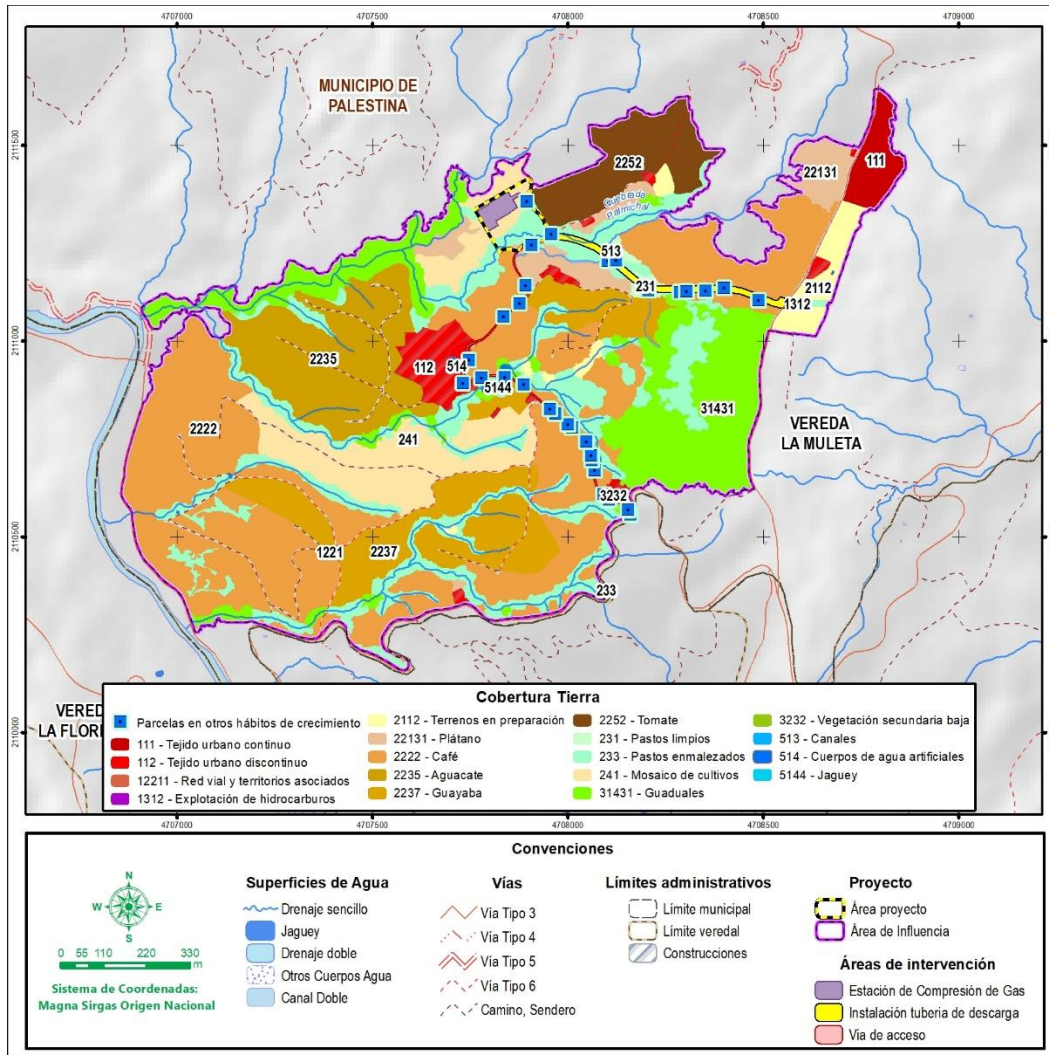
**Tabla 4-66 Cobertura y frecuencia de las especies no vasculares y líquenes de hábito terrestre registrados en el área de intervención del proyecto**

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	COBERTURA (cm <sup>2</sup> )	COBERTURA RELATIVA (%)	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
Arthoniaceae	<i>Cryptothecia</i>	<i>Cryptothecia striata</i>	52	1,23	1	1,82
	<i>Herpothallon</i>	<i>Herpothallon rubrocinctum</i>	9	0,21	1	1,82
Bartramiaceae	<i>Philonotis</i>	<i>Philonotis uncinata</i>	37	0,88	3	5,45
Bryaceae	<i>Epipterygium</i>	<i>Epipterygium immarginatum</i>	44	1,04	2	3,64
	<i>Gemmabryum</i>	<i>Gemmabryum apiculatum</i>	386	9,13	2	3,64
	<i>Plagiobryoides</i>	<i>Plagiobryoides renauldii</i>	52	1,23	1	1,82
	<i>Rosulabryum</i>	<i>Rosulabryum capillare</i>	400	9,46	2	3,64
Dicranaceae	<i>Campylopus</i>	<i>Campylopus argyrocaulon</i>	59	1,40	1	1,82
Fabroniaceae	<i>Fabronia</i>	<i>Fabronia ciliaris</i>	80	1,89	1	1,82
Fissidentaceae	<i>Fissidens</i>	<i>Fissidens hornschurchii</i>	222	5,25	11	19,99
Frullaniaceae	<i>Frullania</i>	<i>Frullania</i> sp.	54	1,28	1	1,82
		<i>Lejeunea capensis</i>	245	5,80	6	10,91
Lejeuneaceae	<i>Lejeunea</i>	<i>Lejeunea flava</i>	63	1,49	3	5,45
		<i>Marchantia chenopoda</i>	1.093	25,86	9	16,35
Marchantiaceae	<i>Marchantia</i>	<i>Marchantia chenopoda</i>	1.093	25,86	9	16,35
Meteoriaceae	<i>Meteoridium</i>	<i>Meteoridium remotifolium</i>	90	2,13	1	1,82
Notothyladaceae	<i>Phaeoceros</i>	<i>Phaeoceros laevis</i>	108	2,56	2	3,64
Polytrichaceae	<i>Atrichum</i>	<i>Atrichum androgynum</i>	77	1,82	2	3,64
Pottiaceae	<i>Hyophila</i>	<i>Hyophila involuta</i>	1.018	24,08	4	7,27
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum</i>	<i>Sematophyllum chlorocormum</i>	138	3,26	2	3,64
<b>Total general</b>			<b>4.227</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>100,00</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	124

Figura 4-36 Localización de las parcelas en otros hábitos de crecimiento evaluadas dentro del área de intervención del proyecto.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

En lo que respecta a la cobertura, la especie de hepática *Marchantia chenopoda* destacó al registrar 1.093 cm<sup>2</sup>, lo que representa el 25,86% de cobertura relativa. Esta es una especie subcosmopolita con una amplia distribución en el mundo (Villagrán, 2020). Se puede encontrar tanto en rocas como en el suelo, además de ser mesófila, ocasionalmente higrófila y nitrófila (Fuentes et al., 2016). Estos hallazgos concuerdan con lo observado en campo, ya que esta especie solo se encontró en hábito terrestre, colonizando superficies

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	125

extensas de los sustratos en los que se establecía, además de ser altamente atraída por las zonas que contenían mayor humedad.

En segundo lugar, se observó que el musgo *Hyophila involuta* presentaba una cobertura de 1.018 cm<sup>2</sup>, lo que representa el 24,08% de cobertura relativa. Esta especie se encuentra en rangos altitudinales que van desde los 45 hasta los 2.440 m.s.n.m. (Parra et al., 2002), principalmente en áreas expuestas como bosques semi secos bajos y en lugares perturbados, donde tiende a establecerse preferentemente en superficies rocosas expuestas al sol (Ríos, 2017). Además, se caracteriza por tener la capacidad de retener grandes cantidades de agua (Peñate et al., 2022). Con base a las observaciones en campo y lo mencionado anteriormente, el área de intervención del proyecto se encuentra ubicado en una zona con alta incidencia de radiación solar, debido a la escasa presencia de coberturas naturales, como los bosques. Asimismo, esta especie se encontró principalmente en sustratos rocosos o suelos, donde adsorbía importantes cantidades de agua para poder sobrevivir durante periodos de sequía.

Finalmente, el musgo *Rosulabryum capillare* fue encontrado con una cobertura total de 400 cm<sup>2</sup>, lo que equivale al 9,46% de la cobertura relativa. Esta especie es subcosmopolita y, aunque no es común en regiones tropicales, hay reportes de su distribución en áreas templadas del sur de Sudamérica, Norteamérica y el Caribe (Spence, 2022). Por lo general, se encuentra en suelos, taludes, fisuras graníticas y rocas y, en menor medida en raíces y troncos de árboles (Casas, 2006). Según las observaciones en campo, esta especie se encuentra principalmente en sustratos de suelo y/o roca, como se ha registrado en el área de intervención del proyecto.

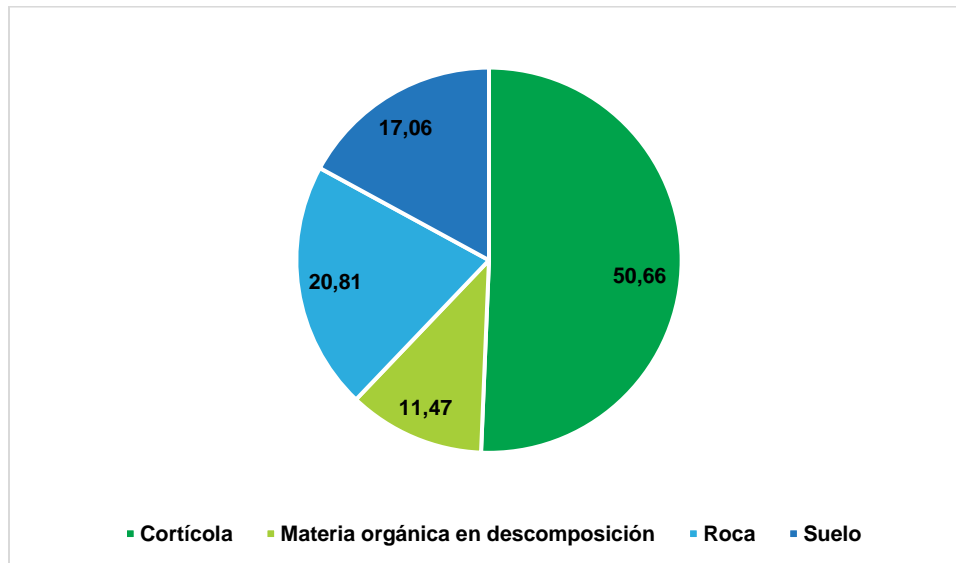
En contraste, *Herpothallon rubrocinctum* con tan solo 9 cm<sup>2</sup> presentó la menor cobertura, lo que equivale al 0,21% de cobertura relativa, además de haberse encontrado en un tronco en descomposición. Como se mencionó anteriormente, a pesar de la necesidad que tiene este líquen por recibir altos niveles de radiación solar, es un organismo que muestra una notable capacidad de adaptación a condiciones de humedad extrema. No obstante, su reducida cobertura sugiere condiciones menos que ideales para su desarrollo.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	126

En lo que respecta a la frecuencia relativa, el musgo *Fissidens hornschurchii* registra el valor más alto con un 20%, presente en once (11) parcelas en otros hábitos de crecimiento. Le sigue *Marchantia chenopoda* con el 16,36%, encontrada en un total de nueve (9) unidades de muestreo. Por otro lado, especies como *Cryptothecia striata*, *Herpothallon rubrocinctum*, *Plagyobrioides renauldii*, *Campylopus argyrocaulon*, *Fabronia ciliaris*, *Frullania* sp. y *Meteoridium remotifolium*, muestran la menor frecuencia relativa con un 1,82%, correspondiente a una sola parcela de 1 x 1 m donde se encontraron estos individuos.

En la Figura 4-37 se muestran los porcentajes de sustrato para las especies no vasculares identificadas en el área de intervención del proyecto. Se observa que el 50,66% se encontró en sustrato cortícola, el 20,81% en roca, el 17,06% en suelo y, finalmente, el 11,47% se localizó en materia orgánica en descomposición.

**Figura 4-37 Porcentajes de sustrato para las especies no vasculares registradas en el área de intervención del proyecto.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

#### 4.7.3.3 Medidas de manejo para la flora no vascular y líquenes

Según lo establecido en el anexo metodológico de la Circular No. 8201-2-808 (MADS, 2019), se plantea la implementación de una retribución en términos de relación de área (ha)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	127

para cada unidad ecosistémica que se verá afectada durante el desarrollo del proyecto, como medida de manejo de las especies no vasculares y líquenes registrado en el área de intervención. Las medidas propuestas se detallan en la ficha *PMA-B-CV-02. Manejo de flora no vascular en veda*, del plan de manejo ambiental presente en el *Capítulo 7. Plan de Manejo Ambiental*.

#### 4.7.3.3.1 Cálculo del área a retribuir

Conforme a lo estipulado en el *Capítulo 03.3.1.BIOT(ECOTER)* y específicamente en el *numeral 3.3.1.4. Ecosistemas presentes*, se ha establecido que la intervención máxima prevista en el área corresponde a **3,78** ha. En este contexto, y en concordancia con los lineamientos presentes en el anexo metodológico de la Circular No. 8201-2-808, se ha realizado un cálculo que determina un área de retribución de **0,0453** ha, tal como se detalla en la Tabla 4-67. Vale la pena destacar que la cobertura de guaduales ha sido clasificada como una cobertura natural debido a su significativa contribución a la protección y conservación del suelo y las cuencas hidrográficas, por esta razón, se ha aplicado un factor de retribución de 0,5 en el cálculo, considerando la elevada relevancia de esta cobertura dentro del área de intervención del proyecto.

**Tabla 4-67 Cálculo del área de retribución por afectación de la flora no vascular y sus respectivos hábitats**

ECOSISTEMA	ÁREA MÁXIMA DE INTERVENCIÓN (Ha)	FACTOR DE RETRIBUCIÓN	ÁREA POR RETRIBUIR (Ha)
Café del Orobioma subandino Cauca medio.	0,5723	0	*0,0000
Canales del Hidrobioma Cauca medio.	0,0058	0	*0,0000
Explotación de hidrocarburos del Orobioma Subandino Cauca medio.	0,0523	0,01	0,0005
Guaduales del Orobioma subandino Cauca medio.	0,0050	0,5	0,0025
Guayaba del Orobioma subandino Cauca medio.	0,0002	0	*0,0000
Mosaico de cultivos del Orobioma subandino Cauca medio.	1,1547	0	*0,0000
Pastos enmalezados del Orobioma subandino Cauca medio.	1,1776	0,03	0,0353
Pastos limpios del Orobioma subandino Cauca medio.	0,2080	0,01	0,0021
Plátano del Orobioma subandino Cauca medio.	0,0889	0	*0,0000
Red vial y territorios asociados del Orobioma subandino Cauca medio.	0,4425	0,01	0,0044
Tejido urbano discontinuo del Orobioma subandino Cauca medio.	0,0402	0,01	0,0004

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	128

ECOSISTEMA	ÁREA MÁXIMA DE INTERVENCIÓN (Ha)	FACTOR DE RETRIBUCIÓN	ÁREA POR RETRIBUIR (Ha)
Terrenos en preparación del Orobioma subandino Cauca medio.	0,0292	0	*0,0000
<b>Total</b>	<b>3,7774</b>	<b>-</b>	<b>0,0453</b>

*\*Dado que el factor de retribución establecido en el anexo metodológico de la Circular No. 8201-2-808 de 2019 emitida por el MADS es cero (0) para cada uno de estos ecosistemas, el área a retribuir sería de cero (0) hectáreas.*

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Tal como se mencionó, es necesario retribuir un total de **0,0453** ha debido a los impactos generados sobre las coberturas vegetales existentes en el área de intervención del proyecto. Para gestionar estas áreas, se llevarán a cabo actividades de enriquecimiento y rehabilitación ecológica, orientadas a promover la creación de nuevos hábitats que faciliten la colonización, el establecimiento y el desarrollo de especies no vasculares y líquenes. Estas medidas se implementarán en alineación con las actividades específicas previstas dentro del marco de la licencia ambiental. En consecuencia, los avances, la efectividad y el cumplimiento del plan de manejo ambiental, junto con los resultados del seguimiento y monitoreo, serán documentados en los respectivos Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA).

#### 4.7.3.3.2 Selección del sitio

El proceso de selección del sitio para ejecutar la rehabilitación por retribución de especies no vasculares se llevará a cabo a través de un proceso de concertación entre la autoridad ambiental competente y los distintos actores involucrados en la implementación y el cumplimiento de las medidas de manejo. Por consiguiente, se examinará en primera instancia la viabilidad de realizar esta actividad en terrenos públicos; en caso de que esto no resulte factible, se procederá en terrenos privados, previa solicitud expresa y disponibilidad de áreas por parte de los propietarios. Para llevar a cabo este proceso, se establecerán acuerdos de conservación con fines científicos o de repoblación, orientados a desarrollar estrategias y/o programas de conservación para estas especies.

#### 4.7.3.3.3 Áreas definidas para la retribución de especies no vasculares

La selección de las áreas de retribución y el desarrollo de las actividades de rehabilitación ecológica se realizarán teniendo en cuenta los aspectos estipulados en la Circular No. 8201-

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	129

2-808 (MADS, 2019). Por consiguiente, el área priorizada para la retribución de especies no vasculares que se verán afectadas durante el desarrollo del proyecto, cumple con los criterios establecidos en el numeral 4.7.3.3.3. *Áreas definidas para la retribución de especies no vasculares* del presente capítulo.

Es importante mencionar que, según se describe en el *Capítulo 03.3.3. BIOT(ÁREASESPAMB)*, no se encontraron áreas protegidas a nivel nacional, regional y/o local que se superpongan con el área de influencia del proyecto. Por lo tanto, se ha identificado una zona que corresponde a áreas complementarias de importancia regional y local, como los suelos de protección, debido a sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, las cuales tienen restricciones para la urbanización debido a su importancia estratégica para la designación o ampliación de áreas protegidas públicas o privadas cuya función sea preservar, restaurar o utilizar de manera sostenible la biodiversidad y los recursos naturales.

En vista de lo anterior, a continuación, se detallan las características y criterios de elegibilidad del área potencial para la retribución por afectación de especies no vasculares:

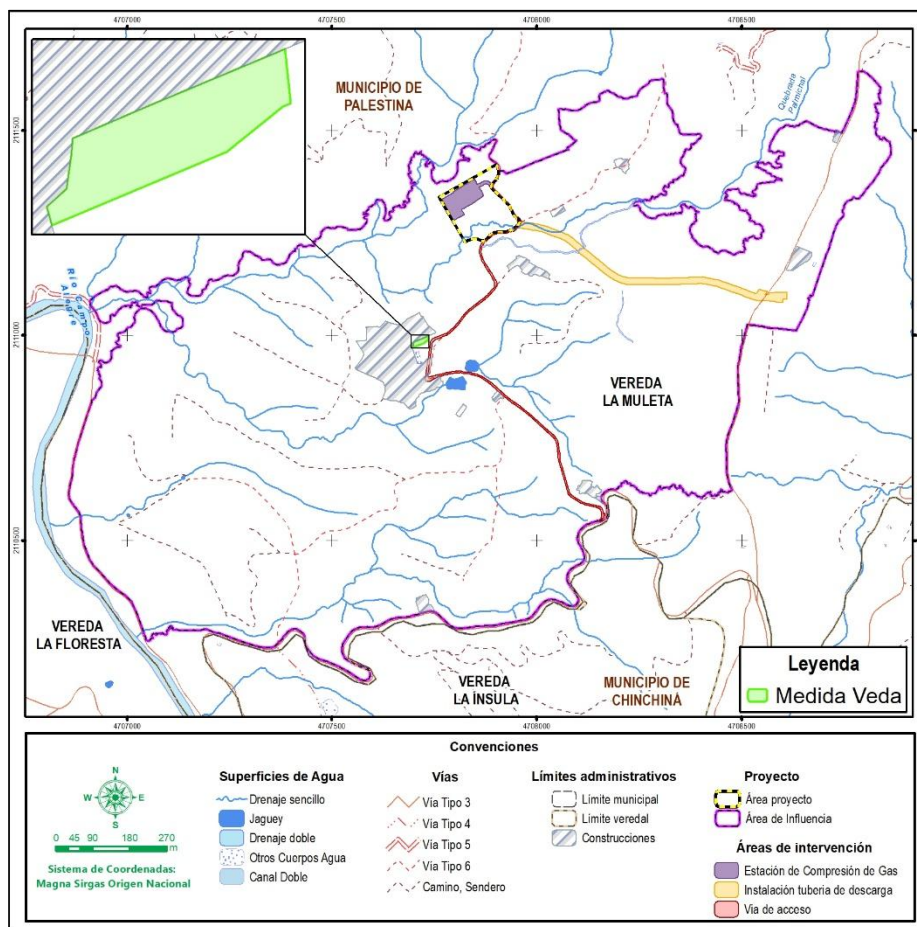
- El área priorizada que se ha propuesto para la retribución por afectación de especies no vasculares se ha planteado en zonas cercanas a coberturas naturales, específicamente guaduales, situados en la vereda La Muleta, en el Municipio de Palestina, departamento de Caldas. Esta ubicación estratégica, presente dentro del área de influencia, garantiza la conectividad con relictos de bosque circundantes. Este enfoque favorecerá la dispersión de las especies no vasculares hacia estas áreas, facilitando su colonización y posterior establecimiento en los forófitos sembrados en las nucleaciones definidas para el proceso de rehabilitación ecológica.
- Estas áreas cuentan con rondas hídricas interconectadas con la Quebrada Palmichal, perteneciente a la subzona hidrográfica del río Otún y otros directos Cauca y la Cuenca del río Cauca, lo cual puede propiciar a que estas acciones sean sostenibles en el tiempo.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	130

- Se estableció un área de **0,0453** ha en cumplimiento de la retribución estipulada, con el objetivo de favorecer las dinámicas sucesionales relacionadas con el repoblamiento y el reclutamiento de especies de flora no vascular.
- Las áreas destinadas a la rehabilitación permitirán el cumplimiento de esta acción a partir de las siembras por nucleaciones de Anderson (1953), cumpliendo con la ocupación de al menos el 80% del área total seleccionada.

En la Figura 4-38 se observa el área delimitada para los procesos de retribución por afectación de las especies no vasculares.

**Figura 4-38 Áreas priorizadas para la retribución por intervención de especies de flora no vascular en veda.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	131

#### 4.7.3.3.4 Etapas para la fase de rehabilitación por retribución de especies no vasculares

A continuación, se describen las actividades que se llevarán a cabo para el establecimiento de los individuos arbóreos objeto del proceso de rehabilitación ecológica, dentro de las áreas de retribución por afectación de especies no vasculares.

##### 4.7.3.3.4.1 Elección de especies forestales para emplear en el programa de rehabilitación ecológica

La Tabla 4-68 incluye un listado de especies forestales sugeridas para el programa de rehabilitación ecológica. Estas especies fueron seleccionadas considerando los forófitos con mayor cobertura y riqueza registrados durante los muestreos realizados en el área de influencia del proyecto. No obstante, su implementación estará sujeta a la disponibilidad en el vivero. Se recomienda que este vivero se encuentre localizado, preferiblemente, en el mismo municipio donde se desarrolla el proyecto y cuente con el registro correspondiente ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

**Tabla 4-68 Especies arbóreas (forófitos) reportadas con mayor preferencia de colonización para especies no vasculares en el área de influencia del proyecto**

NOMBRE CIENTÍFICO DEL FORÓFITO	NOMBRE COMÚN DEL FORÓFITO
<i>Calliandra pittieri</i>	Carbonero
<i>Cecropia angustifolia</i>	Yarumo
<i>Garcinia madruno</i>	Madroño
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Guayacán amarillo
<i>Pachira speciosa</i>	Cacao de monte
<i>Persea americana</i>	Aguacate
<i>Samanea saman</i>	Samán
<i>Trichanthera gigantea</i>	Quebra barriga
<i>Trichilia pallida</i>	Cedrillo

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

##### 4.7.3.3.4.2 Diseño florístico

En el caso de una plantación forestal, la capacidad de las especies para crecer en hábitats favorables puede verse limitada por factores que incluyen variables climáticas (temperatura, luz y precipitación), edáficas (volumen de biomasa en el suelo y raíces que limitan los procesos de germinación y crecimiento inicial de las plántulas) y silviculturales como la densidad de siembra (Cavelier y Santos, 1999). Adicionalmente, la alta competencia

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	132

intraespecífica entre individuos arbóreos de la misma especie puede limitar la disponibilidad de macro y micronutrientes, especialmente nitrógeno y potasio, afectando negativamente el crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas (Jadan et al., 2019). De igual manera, estudios como el de Norden (2014) muestran que esta restricción juega un papel fundamental en el mantenimiento de la diversidad, de modo que cuando la dispersión de las semillas es limitada, estas caerán alrededor de árboles parentales rodeándose por conoespecíficos (heteroespecíficos). Por tanto, la competencia intraespecífica es más fuerte que la hetero específica, lo que significa que las tasas de crecimiento o desarrollo individuales se reduzcan y, a su vez, se disminuya la supervivencia de las especies.

Como resultado de lo anterior, surge la necesidad de desarrollar un programa de rehabilitación ecológica que incluya especies de diferentes gremios ecológicos (umbrófilas y heliófitas), las cuales permitan lograr procesos de sucesión efectivos con el objetivo de rehabilitar las coberturas por retribución de especies no vasculares y a su vez que dichas áreas rehabilitadas se conviertan en futuros bosques y se eviten las restricciones por competencia intraespecífica (Tabla 4-69).

**Tabla 4-69 Clasificación de individuos arbóreos de acuerdo a su gremio ecológico (Requerimiento lumínico) según Finegan (1992)**

GREMIO ECOLÓGICO	DEFINICIÓN
Plantas esciófitas o umbrófilas	Tolerantes a la sombra, con crecimiento lento comparado a las heliófitas. Sus semillas y plántulas son, generalmente, de tamaño mediano a grande.
Plantas heliófitas durables	Intolerantes a la sombra, de vida relativamente larga. Sus semillas tienen menor viabilidad que las de heliófitas efímeras. Se regeneran en claros pequeños dentro del bosque, requiriendo altos niveles de luz para establecerse y sobrevivir.

Fuente: Finegan (1992) adaptado por CONSGA BIC S.A.S., 2025.

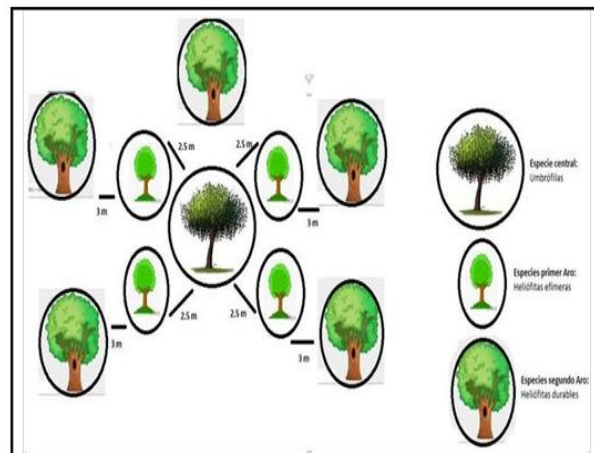
Teniendo como base lo anterior, se propone como diseño florístico el modelo de nucleación, argumentando que es más eficiente que la siembra tradicional en hileras, debido a las múltiples interacciones que facilitan el desarrollo de las plantas ante condiciones de estrés (Padilla & Pugnaire, 2006). Adicionalmente, la siembra de árboles en núcleos mejora las condiciones del sitio y, por lo tanto, promueve el desarrollo de las plántulas, al tiempo que atrae dispersores, lo que aumenta el reclutamiento. Por último, tiene la ventaja de que, con el tiempo, los núcleos en áreas moderadamente degradadas donde hay competencia de pastos y parches de bosque cercanos, se expandirán y conectarán (Corbin y Holl, 2012).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales Ver: 01      133
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	--

En el momento de su establecimiento, las distancias de plantación en cada núcleo serán las siguientes:

- Desde la especie central (umbrófila) hasta el primer aro de 2,5 metros (heliófila efímera) (Figura 4-39).
- Desde el primer aro (heliófila efímera) hasta el segundo aro (heliófila durable) de 3 metros (Figura 4-39).

**Figura 4-39 Diseño florístico planificado**

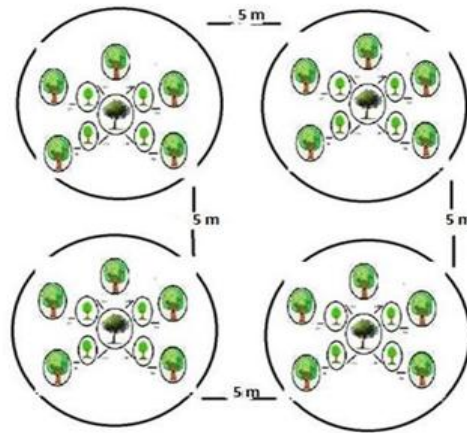


Fuente: Anderson (1953), adaptado por CONSGA BIC S.A.S., 2025.

La altura mínima que tendrá cada plántula utilizada será de 0,4 metros para especies centrales y aquellas presentes en el primer aro y de 1 metro para plántulas del segundo aro. La distancia entre cada núcleo será de cinco (5) metros y conectará áreas naturales a través de áreas productivas. Como resultado, se promueve la conexión y movimiento de la fauna silvestre presente en el área, así como también crea hábitats propicios para el establecimiento de briófitos y líquenes en el área de rehabilitación (Figura 4-40).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	134

Figura 4-40 Ejemplo del patrón espacial de núcleos a implementar



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Por último, se debe evaluar la calidad, vigorosidad y lignificación, así como, la robustez del sistema radicular de las plántulas a sembrar.

#### 4.7.3.3.4.3 Aislamiento del área a retribuir

Con el fin de prevenir la alteración de la rehabilitación por la entrada de semovientes, actividades antrópicas en áreas adyacentes o cualquier otro elemento que pueda generar tensionantes que afecten el desarrollo de las plántulas, se propone el aislamiento de las áreas a retribuir según la metodología descrita a continuación:

- **Instalación de postes**

Los postes destinados a la instalación deben medir 2,10 metros de largo y tener un diámetro entre 10 y 12 cm. Serán de madera, con extremos recubiertos por una capa impermeabilizante. La distancia entre postes será de 2,5 metros y se instalará un pie de amigo cada 30 metros para asegurar la estabilidad de la cerca, de la misma forma y dependiendo de las condiciones específicas del área. Este pie de amigo deberá disponerse a 45° en dirección contraria al templado del alambre.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	135

- **Trazado y ahoyado**

Para instalar los postes y pies de amigo se cavará un hoyo de 50 X 40 X 40 centímetros de profundidad, el cual puede variar dependiendo de las condiciones morfológicas de la zona. Cada poste instalado debe estar a 2,5 metros de distancia y el material debe ser madera con sus extremos impermeabilizados para garantizar su durabilidad. Para realizar esta actividad, se deberá limpiar el área donde se instalará la cerca usando una guadaña o machete para que sea más fácil alinear el cercado y hacer los hoyos.

- **Hincado, templado y sujeción por grapado**

Como se ha expuesto, cada poste debe ser hincado a una profundidad mínima de 0,40 metros. Tras esto, se anclará firmemente mediante la compactación adecuada del material de relleno. Posteriormente, se instalarán cuatro (4) hilos de alambre de 12,5 mm de grosor, dispuestos de manera alternada para que uno tenga púas y el siguiente no, continuando este patrón a lo largo de toda la estructura de aislamiento con el fin de proteger a los animales de posibles lesiones. Este método asegura que los alambres mantengan el adecuado templado y estén remachados firmemente con grapas para garantizar su resistencia ante posibles disturbios causados tanto por el ganado como por las personas. El tensado del alambre se realizará considerando una distribución uniforme de los cuatro (4) hilos, espaciados aproximadamente 50 cm entre sí.

- **Transporte mayor y menor**

Se recomienda que el transporte mayor de material, cuando sea posible, se realice mediante camiones doble troque. A su vez, se propone realizar el transporte menor con tractor o carretilla para distribuir los postes sobre la línea demarcada para la construcción de la cerca.

#### 4.7.3.3.4.4 Siembra

Para el establecimiento de los individuos arbóreos, se propone tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	136

- **Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizará teniendo en cuenta las condiciones de cada área de rehabilitación, para posteriormente llevar a cabo la siembra de las plántulas. Para esta actividad se necesitará una guadaña, con la cual se cortará la maleza que haya en el área de siembra (Fotografía 4-10).



**Fotografía 4-10 Ejemplo del proceso de limpieza en el área a rehabilitar**

Fuente: (Ingeniería S.A.S, 2024), adaptado por CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Posteriormente, con un barretón o pala draga, se harán hoyos de aproximadamente 40 x 40 x 60 cm, lo cual se recomienda al realizar plantaciones a partir de material en bolsa (ASOHECA, 2009). Cada hoyo será inspeccionado en busca de materiales que puedan obstaculizar el desarrollo adecuado de las raíces, en las plántulas sembradas.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	137



**Fotografía 4-11 Ejemplo del ahoyado para la siembra de plántulas**

Fuente: Herrera (2023)



**Fotografía 4-12 Ejemplo del proceso de ahoyado para la siembra de plántulas**

Fuente: Herrera (2023)

Después de la limpieza y el ahoyado, el plateo se realizará barriendo el área periférica al hoyo a una distancia de un (1) m. Esta actividad es sumamente importante porque elimina especies arvenses o plantas consideradas “maleza”, quienes pueden competir con las plántulas sembradas por recursos, entre ellos la luz, humedad y los nutrientes. Al transportar el material que será plantado, se debe tener especial cuidado para evitar manipularlo mal y exponerlo a la luz solar directa. Además, la siembra debe realizarse lo antes posible después de salir del vivero. Las bolsas utilizadas para transportar las plántulas deben cortarse al momento de la siembra para evitar que el cespedón se desmorone. A su vez, para evitar la contaminación, todo el material plástico debe recolectarse y llevarse a un lugar adecuado para su disposición final.

La siembra de las plántulas deberá incluir la poda de las raíces sobresalientes con tijeras previamente esterilizadas. Se colocará la plántula en el hoyo y se llenará el espacio vacío con tierra fertilizada, compactándola para eliminar el aire acumulado (Fotografía 4-13). Antes de la siembra se pondrá en el hoyo un hidro retenedor que cumplirá con los requerimientos de la especie vegetal sembrada, cuya indicación será indicada por el técnico forestal (Fotografía 4-14).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	138



Fotografía 4-13 Ejemplo de la siembra de  
plántulas

Fuente: Herrera (2023)



Fotografía 4-14 Ejemplo de la aplicación de hidro  
retenedor

Fuente: Herrera (2023)

- **Señalización**

Cada plántula sembrada tendrá una placa que constará de un código alfanumérico único, el cual ayudará a identificar y hacer el seguimiento y monitoreo durante las inspecciones que se realicen. Este código estará disponible en una base de datos que contendrá la siguiente información: nombre científico y común de la especie, fecha de siembra, coordenadas geográficas, nombre del proyecto, altura de siembra y de seguimiento y estado fitosanitario de la plántula. La etiqueta estará hecha de un material duradero, ya que debe permanecer durante el seguimiento y monitoreo de los individuos, por ende, se recomienda realizar las etiquetas en láminas de aluminio, en las cuales se grabará digitalmente mencionado código. Finalmente, el rotulado deberá disponerse de manera que no afecte la morfología de la plántula, es decir, que no genere estrangulamiento o daño de la misma.

- **Mantenimiento de los individuos arbóreos en rehabilitación**

Para controlar el crecimiento y aislamiento de pastos y hierbas, se realizará el plateo de los individuos arbóreos en un radio de un (1) metro; Es importante que la zona esté limpia y libre de vegetación. Esta práctica se realizará cada tres (3) meses durante el primer año y cada seis (6) meses en los dos años siguientes. Además, la fertilización se realizará usando abonos orgánicos o químicos, con las dosis necesarias en función de las condiciones del terreno y de la especie vegetal. Durante estas actividades se hará monitoreo y seguimiento de los ejemplares arbóreos para preservar al menos el 80% de las plántulas sembradas. Si

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	139

no se alcanza este porcentaje, se deberá realizar la resiembra pertinente y se elaborará el informe correspondiente, que mostrará todas las situaciones observadas y las acciones encaminadas en identificar las condiciones de la siembra, tales como: actividades ejecutadas, tasa de supervivencia, registro fotográfico, entre otras que sean determinadas por la Autoridad competente. Finalmente, se efectuará el control fitosanitario del área de rehabilitación utilizando insecticidas biológicos para prevenir plagas y preservar el medio ambiente.

- **Seguimiento y control**

Se realizarán visitas de inspección para ejecutar actividades de seguimiento y control, las cuales serán reportadas en el informe de seguimiento y respaldadas con registros fotográficos, formularios de campo, facturas de compra de materiales de vivero junto a la licencia fitosanitaria del material vegetal empleado en la rehabilitación, análisis estadísticos y otros aspectos. Estos informes deberán contener información relevante para alimentar los ICA, así como las actividades asociadas a este numeral, los cuales servirán de apoyo para soportar los indicadores de supervivencia establecidos en el *Capítulo 8. Plan de seguimiento y monitoreo*, especialmente en la ficha *PSM-B-SM-01. Flora y fauna (incluyendo especies endémicas o en cualquier categoría de amenaza)*.

Además, para determinar el éxito en la creación de un nuevo hábitat, es necesario determinar la colonización de epífitas no vasculares en veda, ya que estos organismos no pueden ser rescatados y reubicados del área de intervención del proyecto. Para ello se indicarán las especies de forófitos ubicadas en el área y la cobertura en cm<sup>2</sup> para cada especie no vascular.

#### 4.7.4 Solicitud del permiso

TGI S.A. ESP solicita a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) la autorización de las medidas de manejo propuestas, con el interés de proteger las especies vasculares (bromelias y orquídeas) y no vasculares (briófitos y líquenes) registradas en el área de intervención del proyecto, las cuales se tratan de organismos vedados a nivel nacional según Resolución No. 0213 (INDERENA, 1977) y conforme a lo dispuesto en los

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	140

Artículos 125 y 126 del Decreto-Ley No. 2106 (MADS, 2016). Dentro del *Capítulo 7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL/07.PMA\_MB/ /7.2.5 Programa de conservación de especies vegetales y faunísticas en peligro crítico, veda o no identificadas*, se encuentran las fichas *PMA-N-CV-02. Manejo de flora no vasculares en veda y PMA-B-CV-03. Manejo de flora vascular en veda (no arbórea)*, que detallan los planes de manejo que se implementarán para asegurar un manejo adecuado de aquellas especies que se verán afectadas por las actividades de aprovechamiento forestal único que se llevarán a cabo como parte del proyecto. Esta solicitud se encuentra descrita en el *Numeral 4.6 Aprovechamiento Forestal*, del presente capítulo.

#### 4.8 Emisiones Atmosféricas

La demanda de los recursos naturales se refiere a los recursos necesarios para llevar a cabo diversas actividades. Esta demanda puede implicar una interacción con los recursos durante la ejecución de la construcción de la estación de compresión de Gas Palestina (ECG). En este orden de ideas y de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 948 de 1995 emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy MADS), por el cual se establece el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire y con el fin de cumplir los requisitos en estas y demás normas concordantes, se presenta en el siguiente apartado las fuentes que requieren solicitud de permiso de emisiones.

- Descargas de humos, gases, vapores, polvos o partículas por ductos o chimeneas de establecimientos industriales, comerciales o de servicio.
- Quema de combustibles, en operación ordinaria, de campos de explotación de petróleo y gas.

Teniendo en cuenta que durante la ejecución de actividades del Proyecto Modificación de Licencia para la construcción de la estación de compresión de Gas Palestina (ECG) no se van a generar las fuentes de emisiones nombradas anteriormente, este proyecto no requiere la solicitud del permiso de emisiones atmosféricas. Asimismo, se presentan los resultados relacionados con la modelación de aire para el presente Estudio De Impacto Ambiental.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	141

En el numeral *4.8.3 Fuentes de emisión* del presente documento se describe el análisis sobre las fuentes generadoras de gases, partículas y quema de gas a partir del consumo de combustible y tipo de operación y fuente, el tamaño y la capacidad proyectada, la ubicación de las fuentes, entre otras que posiblemente interactúan con el adecuado desarrollo de la estación de compresión de Gas Palestina (ECG), considerando que la afectación al recurso aire se da de manera indirecta por el proyecto.

El análisis se realizó partiendo de la proyección y predicción de gases y partículas asociados a las condiciones actuales de la zona y las condiciones futuras asociadas al proyecto. Mediante un modelo de dispersión y transporte de contaminantes se formuló los escenarios críticos, la ubicación estimada de cada fuente y la operación de la estación de compresión de Gas Palestina (ECG).

#### **4.8.1 Calidad del aire del área de influencia**

La calidad del aire se puede definir como el estado de la concentración de los compuestos en la atmósfera en un periodo y lugar determinados (Instituto Nacional de Ecología, 2013), razón por la cual se determinan algunos contaminantes criterio tales como: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>, que son evaluados a través de los monitoreos de calidad del aire en donde se mide la concentración de cada uno de ellos por métodos analíticos, teniendo en cuenta que las concentración y dispersión de las sustancias en la atmósfera dependen de las condiciones meteorológicas, por consiguiente es necesario determinarlas para la zona de estudio, de las cuales la dirección del viento cobra especial importancia por ser un factor determinante a la hora de ubicar las estaciones de monitoreo que deben ser ubicadas hacia la dirección predominante del viento.

Así las cosas, para el caso del área de influencia, dicho monitoreo fue llevado a cabo por MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., bajo las condiciones que se presentan a continuación.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	142

Los valores de las condiciones meteorológicas se toman utilizando una estación que cuenta con las siguientes características en sus sensores (Tabla 4-70).

**Tabla 4-70 Información de la estación meteorológica empleada**

MODELO	Vantage Pro 2		
COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	4708606 E	2111067 N	
SENSOR	RANGO	PRECISIÓN	RESOLUCIÓN
SENSOR TEMPERATURA	-40°C – 65°C	± 0,5 °C	0,1°C
SENSOR PRECIPITACIÓN	0 – 6553 mm	± 4%	0,2 mm
SENSOR DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL 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: (MCS, 2024)

De la estación descrita anteriormente, se obtiene la información de la Tabla 4-71, en la cual hay una semaforización que aplica los colores verdes para los valores menores y va escalando hacia al rojo a medida que estos aumentan en cada variable. Al analizar estos valores, se evidencia que la precipitación y la temperatura actúan de manera inversa, lo mismo ocurre en el caso de la humedad y la temperatura, esto dado que la humedad tiene una correlación directa con la precipitación, mientras que presión barométrica tiene un valor constante la mayor parte del tiempo (MCS, 2024).

**Tabla 4-71 Resumen información meteorológica**


DÍA	FECHA	T° AMBIENTE °C	HUMEDAD RELATIVA %	VELOCIDAD DEL VIENTO m/s	PRECIPITACIÓN mm	PRESIÓN BAROMETRICA mmHg
1	2024-06-11	20,2	89,3	1,8	0,0	662,4
2	2024-06-12	20,2	88,9	1,7	0,0	661,9
3	2024-06-13	21,3	77,3	1,6	0,2	662,1
4	2024-06-14	21,3	80,5	1,5	0,4	662,7
5	2024-06-15	21,0	79,5	1,1	0,5	663,4
6	2024-06-16	21,0	84,0	1,3	0,7	663,5
7	2024-06-17	21,1	82,0	1,4	0,9	663,2
8	2024-06-18	20,9	84,3	1,3	4,2	663,3
9	2024-06-19	22,4	72,3	2,0	3,7	663,3
10	2024-06-20	22,4	79,8	1,8	2,2	663,2
11	2024-06-21	22,4	75,9	1,7	1,7	662,7
12	2024-06-22	22,0	73,3	1,9	2,5	662,6
13	2024-06-23	21,7	79,7	2,1	0,8	662,7

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	143

DÍA	FECHA	T° AMBIENTE °C	HUMEDAD RELATIVA %	VELOCIDAD DEL VIENTO m/s	PRECIPITACIÓN mm	PRESIÓN BAROMETRICA mmHg
14	2024-06-24	20,0	87,3	1,9	2,1	662,6
15	2024-06-25	20,4	84,8	1,5	0,9	662,7
16	2024-06-26	23,5	69,9	1,6	0,1	663,1
17	2024-06-27	22,1	73,1	1,7	0,5	663,5
18	2024-06-28	22,4	72,8	1,7	0,9	663,1

Bajo	Medio	Alto
------	-------	------

Fuente: (MCS, 2024)

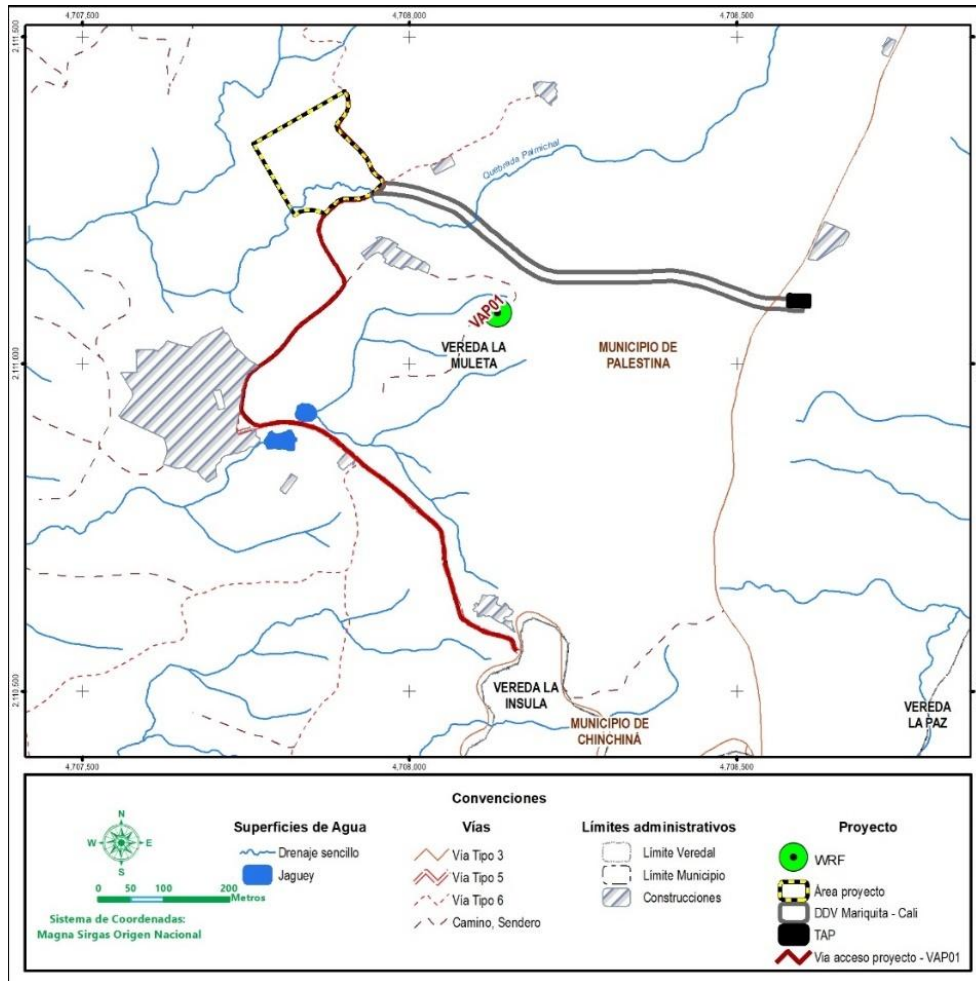
#### 4.8.2 Condiciones meteorológicas

La meteorología de la zona, es una de las variables más importantes al analizar la dispersión del contaminante, ésta es adquirida para el proyecto a través del modelo a mesoescala WRF, con el fin de tener la resolución horaria necesaria de mínimo un año (2023), de todas las variables requeridas para la modelación, debido a que las estaciones meteorológicas de la zona no brindan la información bajo estas características, es necesaria su adquisición bajo estos modelos.

La información como se observa en la Figura 4-41, fue adquirida para la coordenada 4.700N y 72.133W, punto que se encuentra al interior del área de influencia del estudio.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	144

Figura 4-41 Ubicación estación WTRF



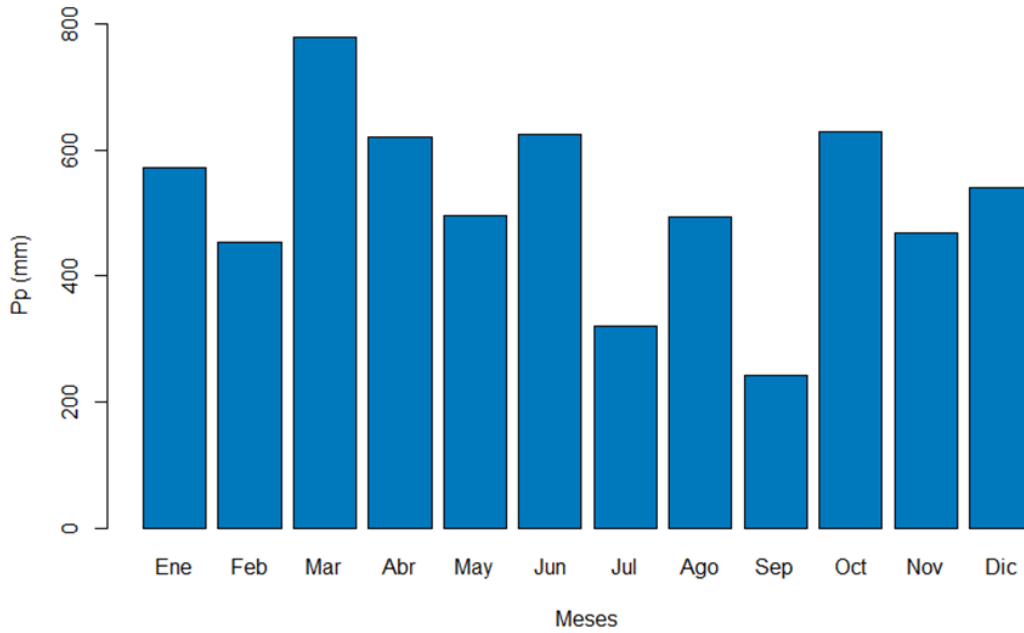
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.2.1 Precipitación

Se puede evidenciar en la Figura 4-42, que la precipitación en la zona de estudio tiene un comportamiento bimodal, en marzo se presenta la mayor cantidad de lluvias alcanzando valores de 780,2 mm y en total la cantidad de precipitación para el periodo evaluado fue de 6244,2 mm/año.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	145

**Figura 4-42 Precipitaciones mensuales**



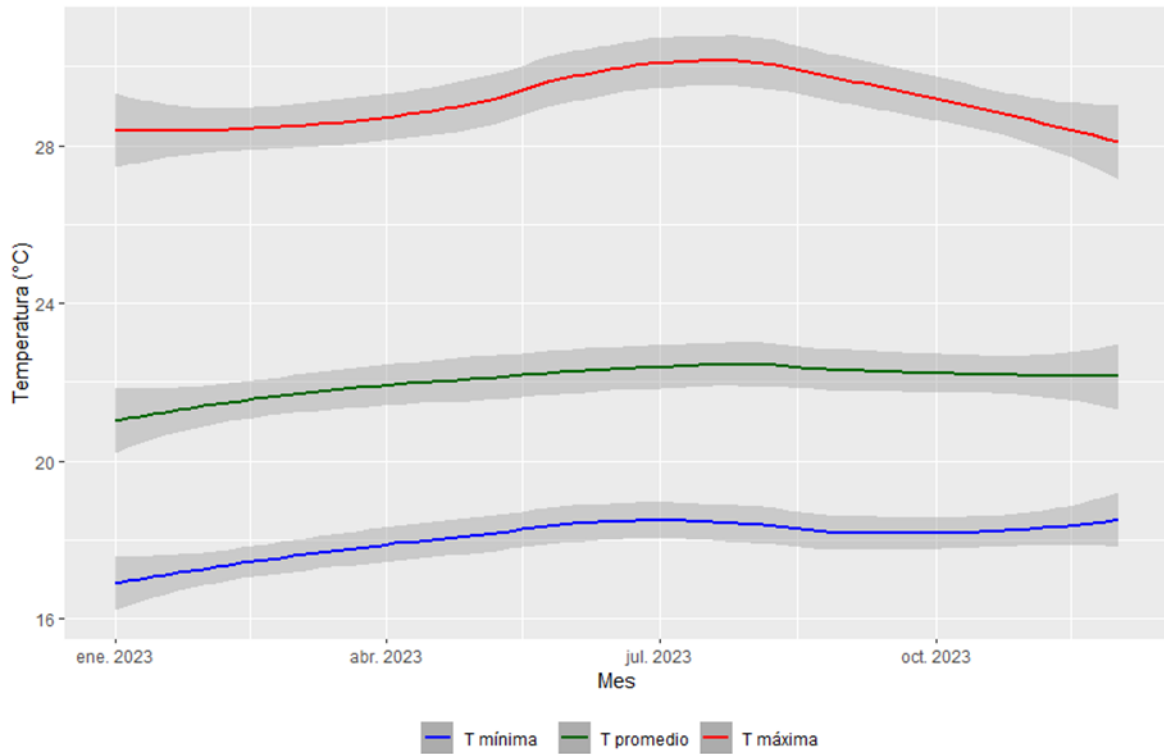
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.2.2 Temperatura

En la Figura 4-43, se puede observar el comportamiento de la temperatura promedio, los máximos y los mínimos diarios. La línea muestra el comportamiento suavizado, mientras que las áreas sombreadas el intervalo de confianza del 95%. En promedio la temperatura es de 21.9°C, observando mínimos cercanos a los 17°C y máximos de 30.6°C, lo anterior debido al piso altitudinal en el que se encuentra lo anterior debido al piso altitudinal en el que se encuentra.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	146

**Figura 4-43 Temperatura Promedio.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

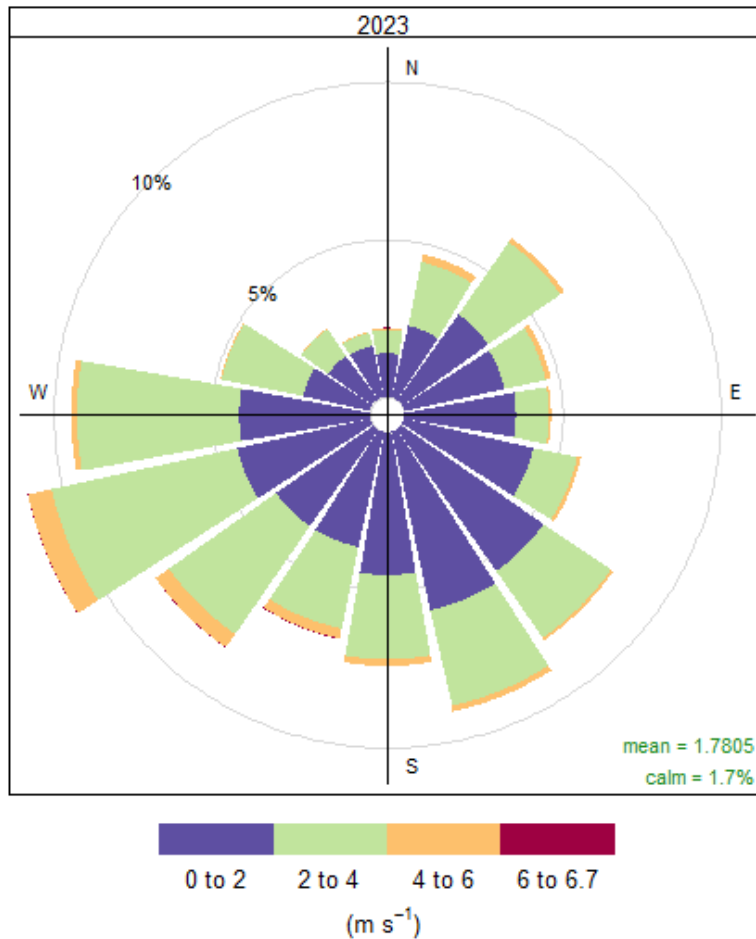
#### 4.8.2.3 Velocidad y dirección del viento

La distribución de los contaminantes en la atmósfera requiere del conocimiento de la frecuencia y distribución de la dirección y de la velocidad del viento, ya que cuantifican el rigor y la incidencia del transporte de contaminantes en diferentes direcciones a partir del foco de emisión.

Para representar la dirección y la velocidad del viento se realiza la rosa de vientos, la cual se analiza en las siguientes figuras para diferentes escalas de tiempo, en la Figura 4-44 se observa la rosa de vientos anual, donde se evidencia que la dirección predominante del viento es Oeste-suroeste (OSO).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	147

Figura 4-44 Rosa de los vientos anual.



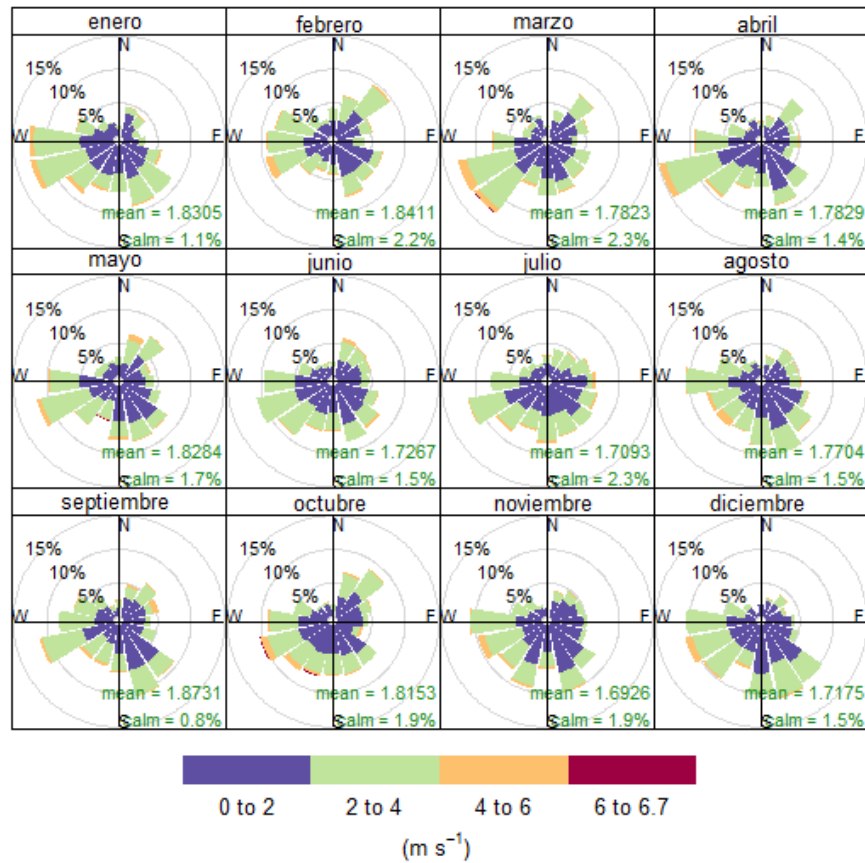
**Frequency of counts by wind direction (%)**

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

En la Figura 4-45, se observa el comportamiento mensual de los vientos, donde se evidencia que a lo largo del año la dirección predominante se mantiene constante, con vientos que vienen del Oeste-suroeste (OSO), adicional a este se observa una variación de predominancia en la dirección del viento para el mes de agosto donde claramente los vientos provienen desde el Oeste (O).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	148

Figura 4-45 Rosas de vientos promedio mensual.



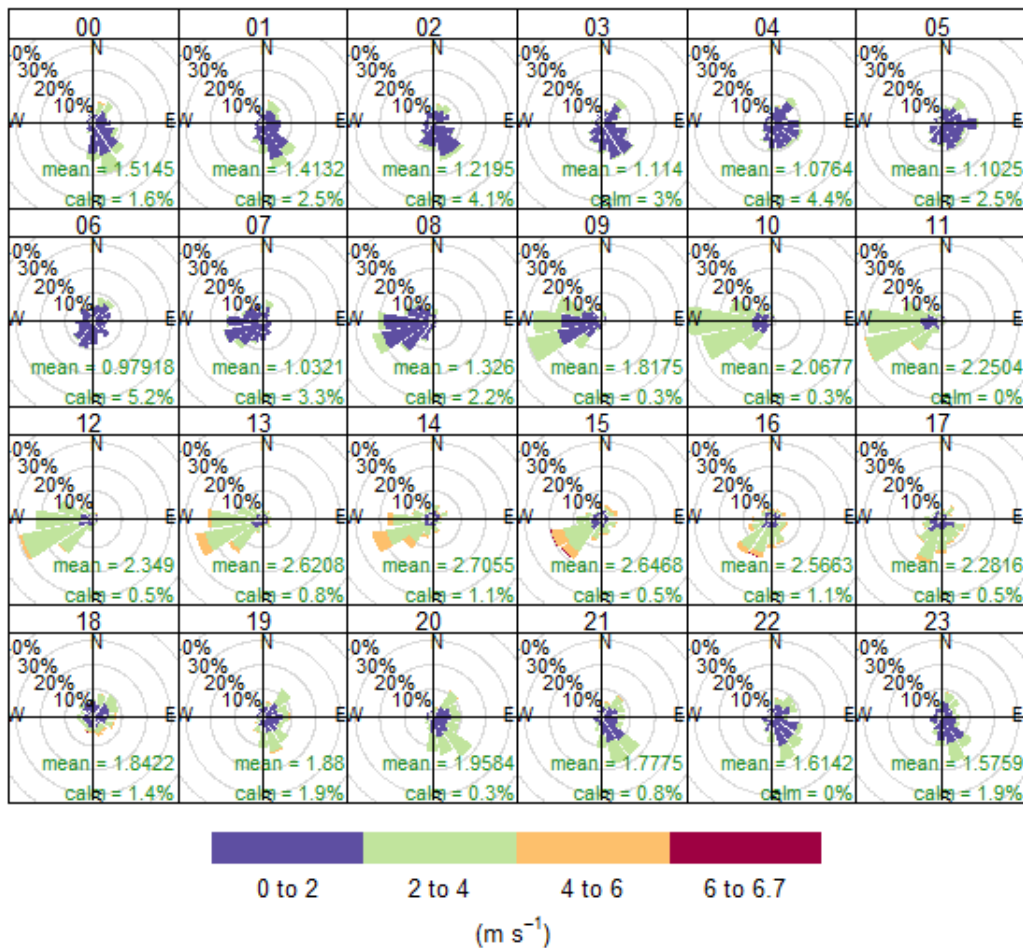
Frequency of counts by wind direction (%)

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para el comportamiento horario en la Figura 4-46 se evidencia que la dirección predominante desde las 00:00 hasta las 06:00 horas es desde el Sur (S) con ligeras variaciones, ya desde las 07:00 hasta las 17:00 horas se marca una fuerte predominancia de vientos desde el Oeste-suroeste (OSO), y pasadas las 18:00 horas se observa una perturbación de vientos desde la dirección Sureste (SE) y Noreste (NE).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	149

Figura 4-46 Rosas de vientos horaria.



Frequency of counts by wind direction (%)

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

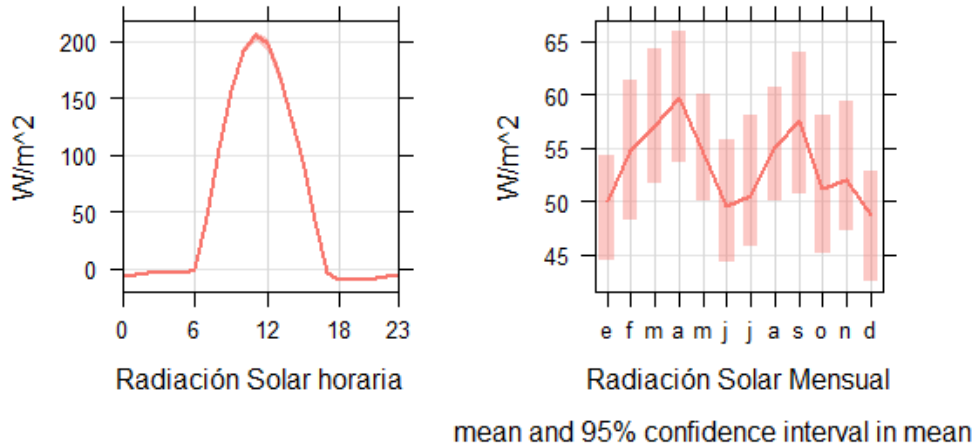
#### 4.8.2.4 Radiación solar

La radiación solar se expresa como la emisión, propagación y absorción de energía en forma de onda electromagnética, la radiación depende de diferentes factores; la distancia entre la tierra y el sol, la longitud del día y la nubosidad.

Según la Figura 4-47, se observa que evidentemente a medio día se encuentra el valor más elevado con 205 W/m<sup>2</sup>, además, el mes de abril tiene la radiación solar promedio más elevada del año.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	150

**Figura 4-47 Variabilidad radiación solar.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.2.1 Altura de capa de mezcla

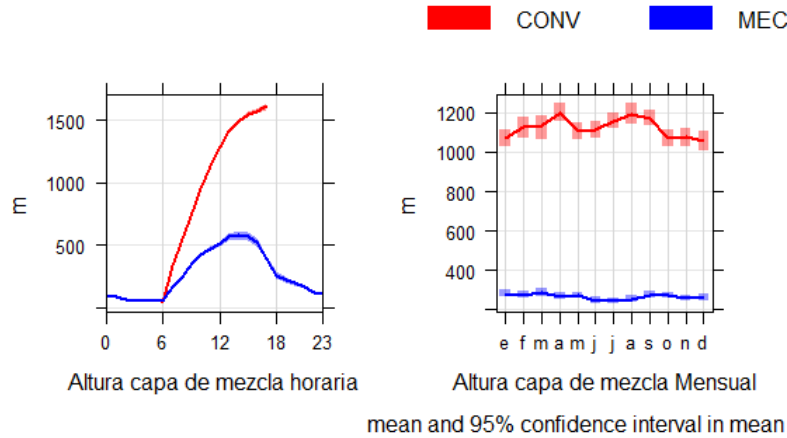
Las variables anteriormente descritas, en conjunto crean escenarios en los cuales la dispersión del contaminante puede ser más eficiente o por el contrario la interacción entre penacho y atmósfera hace que los niveles de inmisión sean más elevados, lo anterior se representa con la altura de la capa de mezcla, que es la altura donde los contaminantes se mezclan con la atmósfera y la estabilidad atmosférica, que es la propiedad que hace que la emisión se disperse con más facilidad o por el contrario se precipite.

Como parte de la capa de mezcla, son determinados los parámetros de altura capa límite convectiva (CBL) y la altura estable de la capa límite (SBL). La CBL se manifiesta en horas del día, mientras que la SBL se presenta en cualquier momento, pero se hace más importante en las noches, en las cuales los fenómenos de dispersión se realizan en una atmósfera estable, donde el fenómeno turbulento es determinante, mientras el fenómeno de convección es despreciable.

Se observa en la Figura 4-48 que la CBL empieza a las 6:00 horas, creciendo hasta los 2400 metros sobre las 17:00 horas., en este mismo orden, la SBL existente durante todo el día alcanza su máximo sobre las 15:00 horas.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	151

**Figura 4-48 Variabilidad CBL y SBL.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

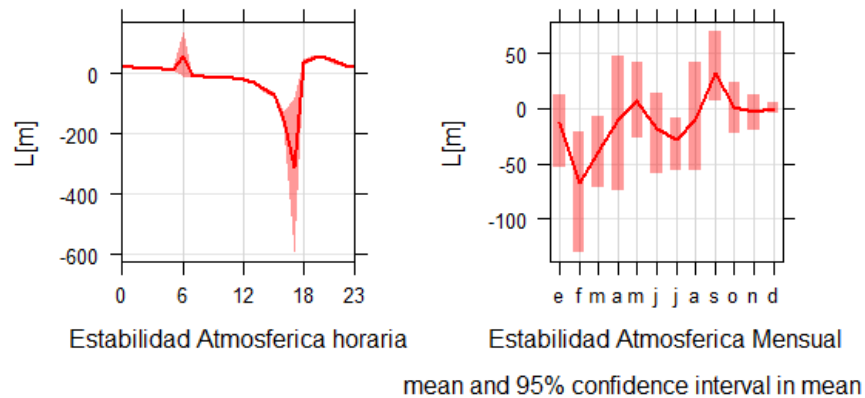
#### 4.8.2.1 Estabilidad atmosférica

La longitud de Monin-Obukhov es una variable que representa la estabilidad atmosférica, su interpretación indica que en horas de luz solar cuando existe calentamiento, la atmósfera es inestable y presenta valores negativos, caso contrario en horas de la noche donde los valores positivos indican el enfriamiento de la atmósfera por ende las condiciones de estabilidad.

Como se observa en la Figura 4-49, en horas de ausencia de luz la estabilidad es bastante fuerte y a lo largo del día las condiciones de inestabilidad son muy marcadas, a una escala mensual la predominancia de estabilidad se presenta en el mes de noviembre, siendo el mes de febrero el de inestabilidad más fuerte

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	152

**Figura 4-49 Variabilidad de la estabilidad atmosférica.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Las variables de superficie tenidas en cuenta para el pre-procesamiento de la información meteorológica, se seleccionaron con base en la ubicación de donde se solicitó dicha información, para el caso del ECG Palestina, y según el mapa de coberturas de la zona, la predominancia es de territorios agrícolas (cultivos), que según las variables de la EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos) puede homologarse de la siguiente manera, tomando como referencia la temporada de verano por las condiciones climáticas de la zona de estudio.

#### 4.8.2.1 Variables de superficie

##### 4.8.2.1.1 Albedo

El albedo es la radiación que cualquier superficie puede reflejar respecto a la radiación que incide sobre la misma. Esta variable depende del suelo, las superficies claras poseen valores superiores a las oscuras. La medición varía entre 0, que se refieren a superficies totalmente absorbentes y 1 que son superficies totalmente reflectivas.

La zona de estudio está principalmente constituida por cultivos permanentes, por ende, el valor que se tomó se basó en los valores por defecto que la EPA propone (Ver Tabla 4-72).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	153

**Tabla 4-72 Valores de albedo**

USO DEL SUELO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	PROMEDIO
Agua	0,2	0,12	0,1	0,14	0,14
Bosque Deciduo	0,5	0,12	0,12	0,12	0,21
Bosque de Coníferas	0,35	0,12	0,12	0,12	0,18
Tierra Cultivada	0,6	0,14	0,12	0,18	0,28
Grassland	0,6	0,18	0,18	0,2	0,29
Desierto	0,45	0,3	0,28	0,28	0,33

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.2.1.2 Relación de Bowen

Se refiere a la razón entre la transferencia de calor sensible y latente de una superficie, en la zona de estudio se tomó valores por defecto de la EPA, según las coberturas predominantes de la zona (Ver Tabla 4-73).

**Tabla 4-73 Valores relación de Bowen**

USO DEL SUELO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	PROMEDIO
Agua	1,5	0,1	0,1	0,1	0,45
Bosque Deciduo	1,5	0,7	0,3	1	0,87
Bosque de Coníferas	1,5	0,7	0,3	8	0,82
Tierra Cultivada	1,5	0,3	0,5	0,7	0,75
Grassland	1,5	0,4	0,8	1	0,92
Desierto	6	3	4	6	4,75

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.2.1.3 Rugosidad superficie

Se define como la altura sobre el suelo en el que la velocidad del viento tiende a cero. Entre más grande es el valor más grande es la turbulencia generada.

Al igual que para las variables anteriores, se tomó el valor por según la predominancia de coberturas en la zona de estudio (Ver Tabla 4-74).

**Tabla 4-74 Valores relación de Bowen**

USO DEL SUELO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	PROMEDIO
Agua	0,0001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bosque Deciduo	0,5	1	1,3	0,8	0,9
Bosque de Coníferas	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Tierra Cultivada	0,01	0,03	0,2	0,05	0,07
Grassland	0,001	0,05	0,1	0,01	0,04
Desierto	0,15	0,3	0,3	0,3	0,26

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	154

#### 4.8.3 Fuentes de emisión

Tomando en consideración la legislación colombiana aplicada a la calidad del aire, Decreto 948 de 1995, la Resolución 2254 de 2017 y el protocolo para el monitoreo y seguimiento de calidad del aire expedidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (en adelante MAVDT) hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, las fuentes de emisiones atmosféricas se categorizan y se definen de la siguiente manera:

- Fuente fija: Son las fuentes que se encuentran en un espacio determinado e inamovible, esto independientemente de si la descarga ocurre de manera dispersa o puntual.
- Fuente fija puntual: Son fuentes que generan la descarga de gases contaminantes por medio de ducto o chimeneas, esto debido a la magnitud de las emisiones producto de sus procesos productivos, tal es el caso de las industrias, esto siempre y cuando se encuentre un solo foco de descarga, ya que en el caso de que exista un agrupamiento de descargas de magnitud leve se considerara como fuentes difusas. Las cuales en este caso están asociadas a la infraestructura necesaria para actividades de exploración, explotación y producción de hidrocarburos, tales como pozos y facilidades, así como la industria de extracción de aceite de palma.
- Fuentes Fijas Lineales: En estas fuentes se consideran las vías y en especial aquellas que se encuentran en mayoría sin pavimentar ya que flujo vehicular sobre ellas genera resuspensión de partículas sólidas en la atmósfera, que para el caso del proyecto se relaciona con las vías internas de acceso al proyecto.
- Fuente fija dispersa o difusa: En este caso la fuente de emisión se dispersa dentro de un área por causa del desplazamiento de esta, tal es el caso de las quemas controladas, las canteras, las plantas de tratamiento de agua, entre otros.
- Fuentes móviles: Estas se caracterizan por no tener una ubicación fija, es decir que es imposible de puntualizar y definir dado a su carácter de traslado contante. Este tipo de fuentes está constituido por motos, automóviles, camiones, autobuses, y en especial aquellos de carga pesada empleados en las actividades petroleras o de la industria de palma de aceite.
- Fuente Naturales: Se consideran fuentes naturales las biogénicas y los volcanes en actividad por la resuspensión del polvo.

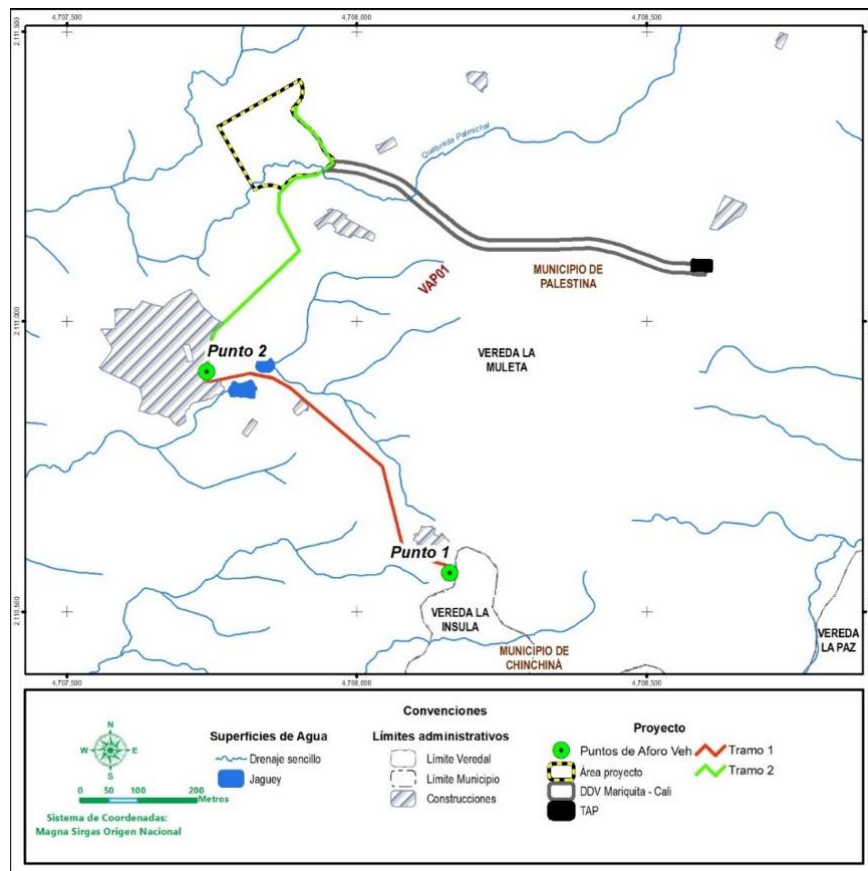
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	155

Para el caso particular del área de influencia de la Modificación de Licencia para la construcción de la estación de compresión de Gas Palestina (ECG) y de acuerdo con el monitoreo realizado por MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. en el año 2024 las principales fuentes de contaminación del aire son: Fuentes lineales y fuentes móviles.

#### 4.8.3.1 Fuentes lineales y móviles

De acuerdo con el modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos realizado, las fuentes lineales y móviles tenidas en cuenta corresponden con la vía a utilizar por el proyecto, estas, se aforaron en 3 estaciones y se dividieron posteriormente en dos tipos de tramos (Ver Figura 4-50).

Figura 4-50 Ubicación de fuentes lineales y móviles.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	156

De los aforos realizados se obtuvo un conteo total de 29 vehículos distribuidos como se presenta en la Tabla 4-75 en cada uno de los tramos:

**Tabla 4-75 Vehículos Aforo Vehicular**

NOMBRE/ ID VÍA	SUPERFICIE	CANTIDAD DE VEHÍCULOS
Tramo 1	Sin Pavimentar	22
Tramo 2	Sin Pavimentar	7
<b>Total</b>		<b>29</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.4 Potenciales Receptores

Se consideran como potenciales receptores los asentamientos, centros educativos e infraestructura del área de estudio para la modificación de licencia de la Estación de Compresión de Gas Palestina (ECG). Teniendo en cuenta anterior y de acuerdo con el modelo de calidad del aire ubicado en *ANEXOS\K. MODELACIONES\1.Aire\*, se identificaron 9 receptores sensibles, ubicados bajo las coordenadas de la Tabla 4-76 y como se muestra en la Figura 4-51.

**Tabla 4-76 Receptores Sensibles**

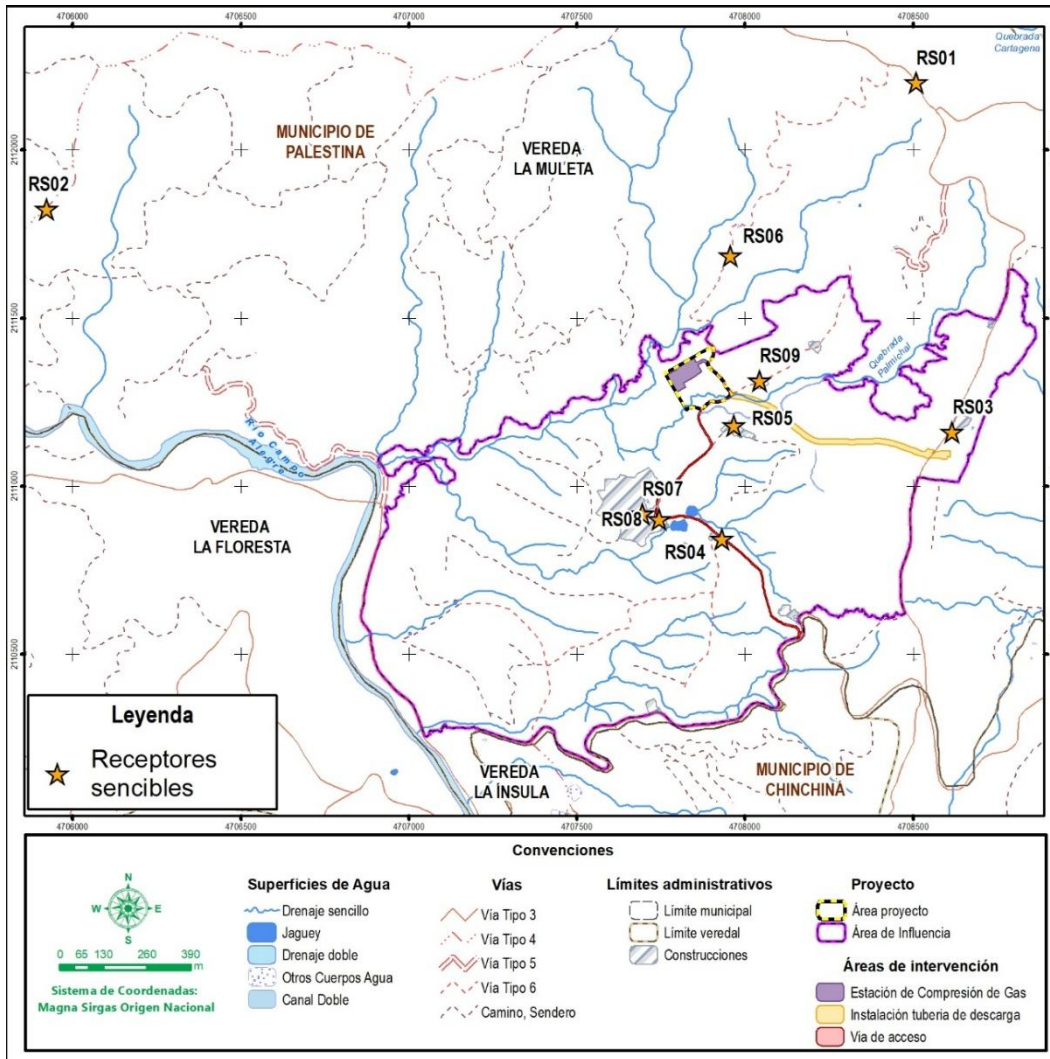
ID	Nombre	Este	Norte	Localización
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	611 m del AI*
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	1.233 m del AI*
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	Dentro del AI*
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	Dentro del AI*
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	Dentro del AI*
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	165 m del AI*
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	Dentro del AI*
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	Dentro del AI*
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	Dentro del AI*

*AI: Área de Influencia del estudio*

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	157

**Figura 4-51 Receptores Sensibles.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.5 Modelo de dispersión de contaminantes

La elaboración de los modelos de dispersión de contaminantes se realizó por medio del software AERMOD, el cual es un modelo gaussiano de estado estacionario. Se ha elaborado por la versión comercial denominada AERMOD ViewTM 9.0 y a su vez se utilizó el software ArcGIS para la representación gráfica de los mapas.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	158

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos considera el uso de modelos tipo “screening” y modelos refinados. Los modelos tipo “screening” realizan una primera aproximación a la dispersión de contaminantes que permita determinar si se requiere realizar modelación avanzada. Entre los modelos avanzados recomendados por la EPA para propósitos regulatorios se encuentra el modelo AERMOD, con el cual es posible hacer un procesamiento más refinado incluyendo modelos digitales de elevación, características de la superficie, información meteorológica en superficie y en altura, entre otros, obteniendo superficies de concentración promedio anuales y máximos de concentración (horaria, 24 horas) para el dominio de simulación.

AERMOD es un modelo de dispersión de pluma gaussiana de estado estacionario, lo cual implica que para cada hora la tasa de emisión y condiciones meteorológicas se consideran uniformes dentro del dominio de modelación (Bluett et al., 2004; U.S. Environmental Protection Agency., 2004). En la capa límite estable el modelo asume una distribución gaussiana de las concentraciones en la dirección vertical y horizontal, mientras que en la capa límite convectiva se asume distribución gaussiana en la dirección horizontal y una distribución vertical descrita a través de una función de densidad de probabilidad bi-gaussiana. Los detalles de la formulación del modelo se encuentran en United States Environmental Protection Agency (USEPA), (2016).

El software cuenta con dos preprocesadores (AERMET y AERMAP) y un procesador principal (AERMOD), los cuales se describen a continuación.

- AERMET: El primer preprocesador es el AERMET, el cual se encarga de la meteorología de la zona de estudio, esta es adquirida bajo modelos a mesoescala (WRF). Estos modelos además de proporcionar las propiedades físicas superficiales, los datos modelados entregan también las propiedades físicas de la columna del aire (meteorología de altura), importante para determinar propiedades de los gradientes verticales de temperatura (potencial de aire seco, equivalente de aire húmedo y virtual de aire seco), y demás propiedades relacionadas con la capa límite de mezclado y estabilidad atmosférica (fenómenos de turbulencia) de los contaminantes. Este modelo fue desarrollado por la Universidad Estatal de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	159

Pennsylvania (Penn State University, PSU) y el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (National Center for Atmospheric Research, NCAR). Fue seleccionado por el Servicio Meteorológico Nacional (System Meteorological National), por su alta definición en la detección de sistemas atmosféricos de mesoescala, y cuenta con todas las características necesarias para su adaptación a las condiciones específicas del territorio Colombiano, este modelo se puede aplicar a cualquier zona del mundo, ya que es posible desarrollar la información de entrada (campos meteorológicos, topografía y uso de suelo) necesaria para su funcionamiento, inclusive para zonas con alta resolución espacial que con topografía compleja, como nuestras cordilleras.

En el numeral 4.8.2 Condiciones meteorológicas se describen las principales variables meteorológicas y en *Anexos\K. MODELACIONES\1. Aire\Anexo 2 - Meteorología* se encuentra los archivos de entrada y salida.

AERMAP: El segundo preprocesador es el encargado de procesar la información topográfica, la cual es adquirida a través del modelo de elevación digital (DEM) proporcionado por el satélite de la NASA denominado SRTM con resolución de 30 metros, en el numeral 4.8.5.1 Modelo de elevación del terreno y coberturas se presenta el DEM utilizado.

AERMOD: Por último, se procesa toda la información necesaria para calcular las concentraciones de inmisión en la zona de estudio.

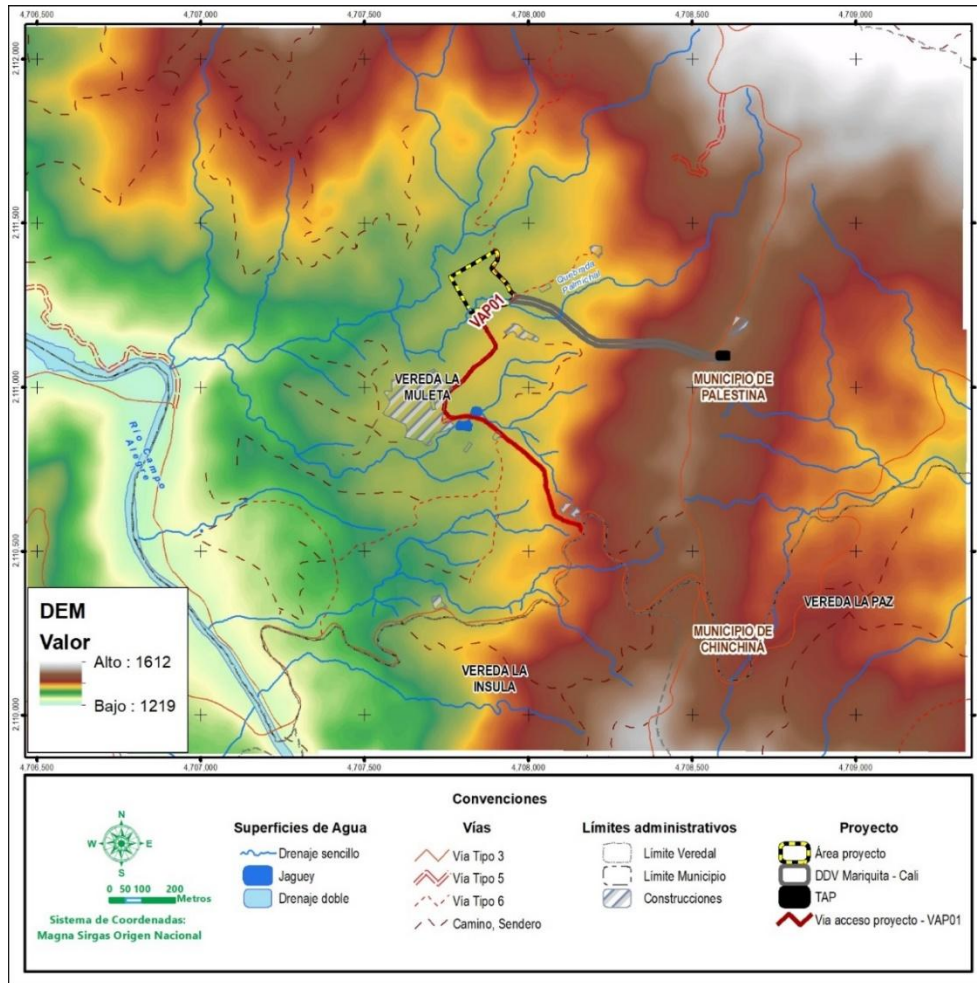
#### 4.8.5.1 Modelo de elevación del terreno y coberturas

La Estación de Compresión de Gas Palestina (ECG), presenta un terreno en su mayoría plano, con una zona montañosa en la parte nororiental del área a intervenir, como se evidencia en la Figura 4-52 según la topografía de la zona, la cual fue obtenida por medio del DEM de la NASA (SRTM), con resolución de 30 metros, esta información fue procesada en el AERMAP para obtener la altura de todos los elementos incluidos en la simulación, por

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	160

otro lado, según el mapa de coberturas (Ver Figura 4-53) la predominancia en el proyecto es de territorios agrícolas.

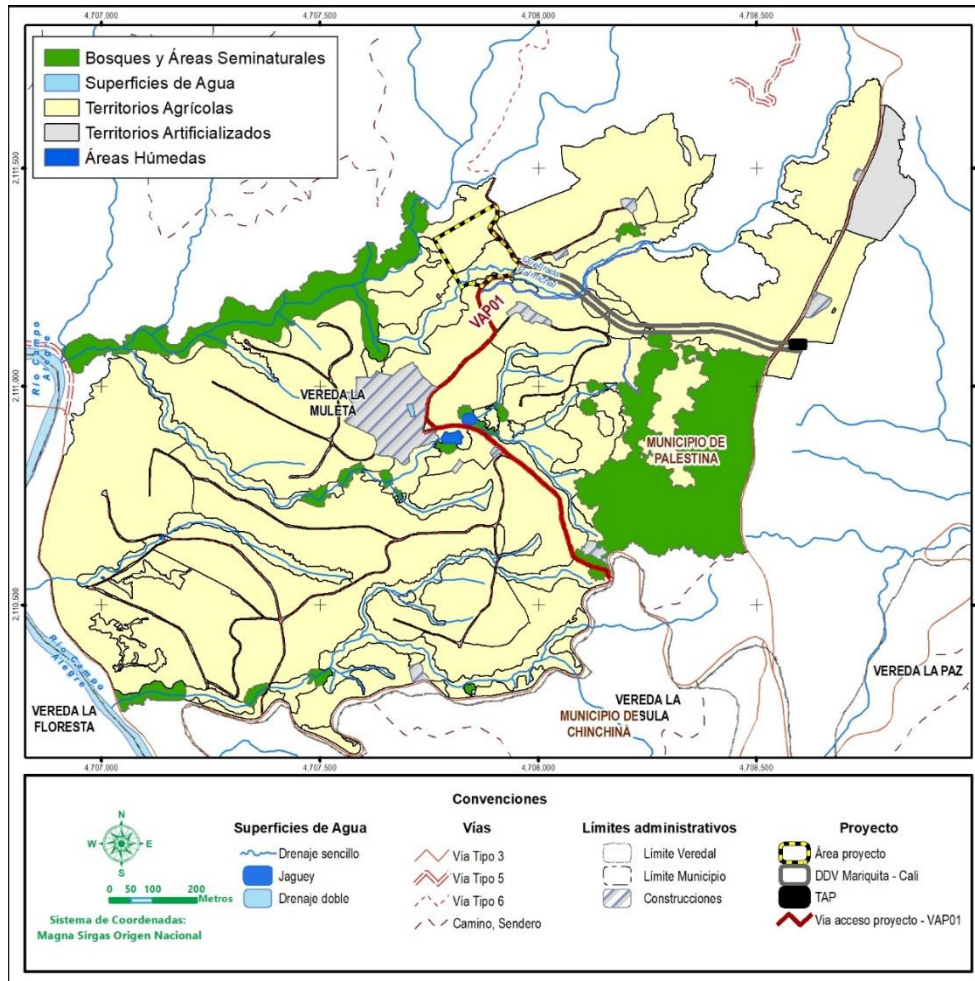
Figura 4-52 Modelo de elevación digital.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	161

Figura 4-53 Mapa de Coberturas.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.5.2 Emisión de contaminantes del aire

Para cada escenario se tipificaron las fuentes y se cuantificaron como se describe a continuación. En el documento Modelo de dispersión de aire se describe a mayor detalle las características de cada fuente y escenario analizado (Ver Anexos\K. MODELACIONES\1. Aire).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	162

#### 4.8.5.2.1 Escenario 1: Línea Base

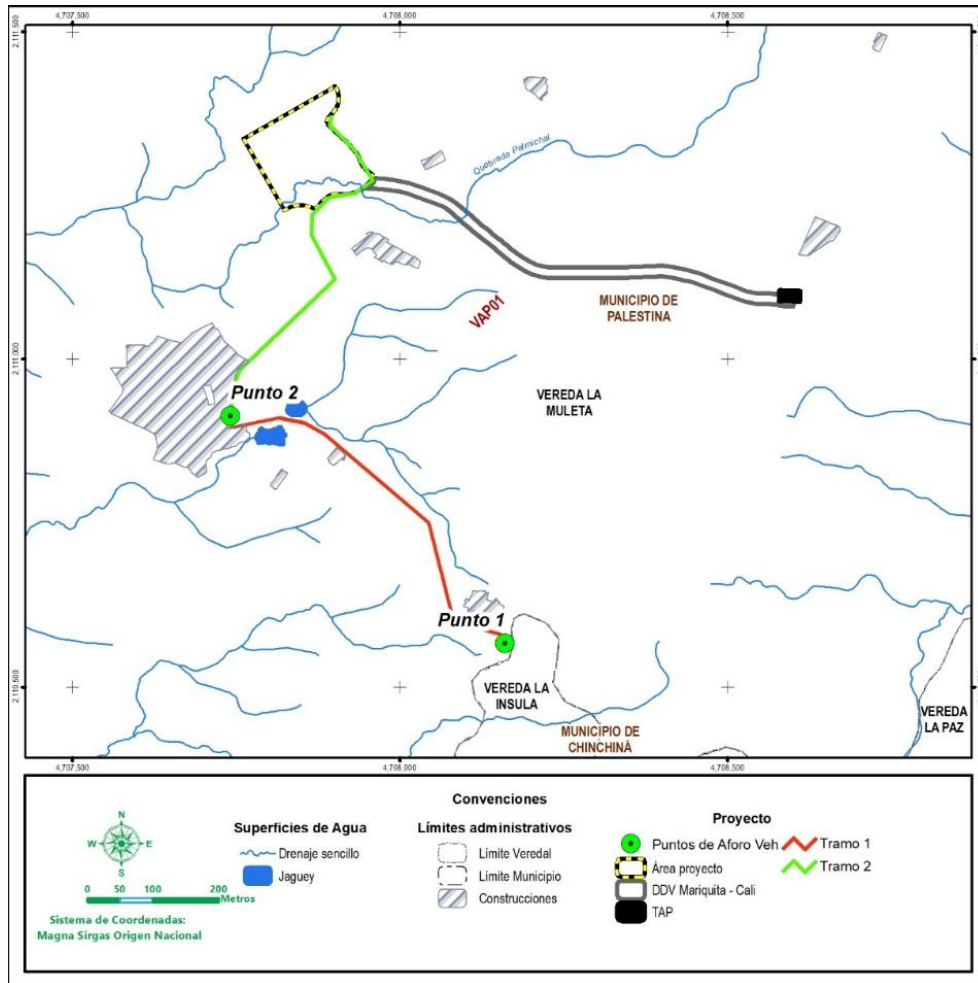
Para el escenario base se identificó en campo la vía a utilizar en el proyecto como fuente de emisión asociada a las actividades actuales (Ver Figura 4-54). En este escenario no se incluyeron fuentes de área y fijas de emisión de otros proyectos y actividades de la zona, puesto que no se cuenta con un inventario formal de fuentes de emisión de material particulado, sin embargo, cabe mencionar que metodológicamente hablando se realizó un inventario cuantitativo de las posibles fuentes generadoras de material particulado presentes en la zona, pero debido a la ausencia de información propiamente de las fuentes de emisión, es decir, tipo de fuente, fichas técnicas, potencias, horarios de operación, etc, éstas no fueron idealizadas dentro de la simulación del escenario Línea Base.

##### 4.8.5.2.1.1 Fuentes lineales y móviles

La vía se aforó en 2 estaciones y se dividieron posteriormente en dos tipos de tramos, como se muestra en la Figura 4-54.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	163

**Figura 4-54 Fuentes de Emisión - Escenario Línea Base**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para los dos tramos evaluados, se tuvo en cuenta el estudio de aforo vehicular realizado, el cual se resume en las Tabla 4-77 y Tabla 4-78.

**Tabla 4-77 Aforo vehicular – Tramo 1 – Línea Base**

HORA		AUTOS	C2P	MOTOS
6	7	0	0	1
7	8	1	0	3
8	9	0	1	1
9	10	0	0	0
10	11	1	0	0
11	12	0	0	0
12	13	0	0	1

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	164

HORA		AUTOS	C2P	MOTOS
13	14	0	0	3
14	15	0	0	0
15	16	0	0	3
16	17	1	0	1
17	18	0	1	4
18	19	0	0	0
19	20	0	0	0

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

**Tabla 4-78 Aforo vehicular – Tramo 2 – Línea Base**

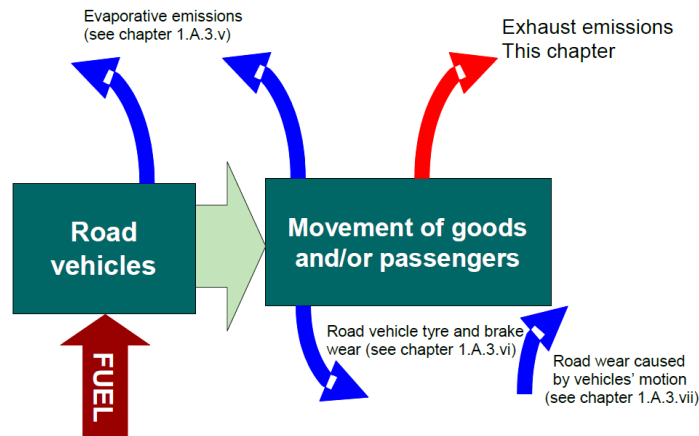
HORA		AUTOS	MOTOS
6	7	0	1
7	8	0	0
8	9	0	0
9	10	0	0
10	11	0	0
11	12	0	0
12	13	0	1
13	14	0	1
14	15	0	0
15	16	0	2
16	17	1	0
17	18	0	1
18	19	0	0
19	20	0	0

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Las fuentes móviles que transitan por la vía de acceso al proyecto es la tenida en cuenta en el presente estudio, en primera instancia se dividieron las emisiones en dos categorías: La primera es la emisión propia de la combustión de vehículos y que sale por el ducto de escape, la segunda es la emisión de partículas resuspendidas que generan los vehículos al rodar por las carreteras sin pavimentar (ver Figura 4-55).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	165

**Figura 4-55 Diagrama de flujo emisiones por tráfico rodado**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

La Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA por sus siglas en inglés) nos proporciona un documento (European Environment Agency, 2021) donde nos brinda factores de emisión para cada una de las categorías de emisión y diferenciadas por tipo de vehículo, por lo cual se dividió el flujo vehicular en las categorías descritas en la Tabla 4-79.

**Tabla 4-79 Homologación tipos de vehículos**

TIPO DE VEHÍCULO	CARACTERÍSTICA
Passenger Cars	Son todo tipo de automóvil. Camioneta o SUV que transporta máximo 6 pasajeros incluido el conductor
Motos	Vehículos de dos ruedas – 4 tiempos
Buses	Vehículos de transporte de pasajeros
Light duty trucks	Vehículos usados para el transporte de mercancía con un peso máximo de 3,5 toneladas
Heavy duty vehicles	Vehículos usados para el transporte de mercancía con un peso mayor a 3,5 toneladas

Fuente: European Environment Agency, 2021

Con el fin de identificar el aporte de contaminantes se procedió a determinar los factores de emisión, los cuales se presentan en la Tabla 4-80.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	166

**Tabla 4-80 Factores de emisión fuentes móviles**

TIPO VEHÍCULO	COMBUSTIBLE	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (g/km)	COMBUSTIÓN – EXOSTO <sup>A</sup>					
			CO	VOC	NOX	CO <sub>2</sub>	PM10	PM2.5 <sup>B</sup>
Passenger Cars	Gasolina	70	84,70	10,05	8,73	3,17	0,03	0,03
Motos	Gasolina	35	497,70	131,40	6,64	3,17	2,20	2,20
Buses	Diésel	80	5,70	0,26	13,00	3,17	0,02	0,02
Light duty vehicles	Diésel	80	7,40	1,54	14,91	3,17	1,52	1,52
Heavy duty vehicles	Diésel	240	7,58	1,92	33,37	3,17	0,94	0,94

Nota:

- a: Todos los valores están en g/kg de combustible por vehículo  
 b: El factor de emisión para PM10 se asume que es igual al factor de emisión de PM<sub>2.5</sub>

Fuente: European Environment Agency, 2021.

El cálculo se realiza teniendo en cuenta el consumo de combustible teórico para cada categoría vehicular y asumiendo una concentración de azufre en el combustible como se observa en la Tabla 4-81.

**Tabla 4-81 Factores de emisión fuentes móviles**

COMBUSTIBLE	DENSIDAD (g/L)	AZUFRE (ppm)	AZUFRE (g S/g combustible)
Gasolina	720	50	0,00007
Diesel	850	13	0,00002

Fuente: Ecopetrol, 2022

Para el SO<sub>x</sub>, la determinación del factor de emisión se realiza con base en la siguiente ecuación.

### Ecuación 1

$$\text{Factor de Emisión} \left[ \frac{g \text{ SO}_x}{km} \right] = 2 \times S \text{ en el combustible} \left[ \frac{g \text{ S}}{g \text{ combustilbe}} \right] \times \text{Consumo} \left[ \frac{g \text{ combustilbe}}{km} \right]$$

Con la información que se presenta en las tablas anteriores, se determina el factor de emisión en gramos de contaminante por kilómetro transitado, el cual se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 4-82 Factores de emisión fuentes móviles**

TIPO VEHÍCULO	COMBUSTIBLE	COMBUSTIÓN – EXOSTO <sup>A</sup>						
		CO	VOC	NOX	CO <sub>2</sub>	PM10	PM2.5	SOX
Passenger Cars	Gasolina	5,929	0,704	0,611	0,222	0,002	0,002	0,010
Motos	Gasolina	17,420	4,599	0,232	0,111	0,077	0,077	0,005
Buses	Diesel	0,456	0,021	1,040	0,254	0,002	0,002	0,002
Light duty vehicles	Diesel	0,592	0,123	1,193	0,254	0,122	0,122	0,002

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	167

TIPO VEHÍCULO	COMBUSTIBLE	COMBUSTIÓN – EXOSTO <sup>A</sup>						
		CO	VOC	NOX	CO <sub>2</sub>	PM10	PM2.5	SOX
Heavy duty vehicles	Diesel	1,819	0,461	8,009	0,761	0,226	0,226	0,007

Nota:

a: Todos los valores están en g/km por vehículo

Fuente: European Environment Agency, 2021

Al recopilar la información de la cantidad de vehículos, la longitud (teniendo en cuenta que algunos tramos son sin pavimentar) y las características de las vías se puede inferir cuantos kilómetros son transitados al día y asociando este recorrido al factor de emisión se puede obtener cuantos gramos de contaminante se emiten diariamente en cada uno de los ejes viales evaluados, los resultados se observan en la Tabla 4-83.

**Tabla 4-83 Emisiones gramo por día fuentes móviles**

TRAMO	ESTADO	CO	VOC	NOX	CO <sub>2</sub>	PM10	PM2.5	SOX
Tramo 1	Sin Pavimentar	191,9	49,1	5,0	1,9	0,9	0,9	0,1
Tramo 2	Sin Pavimentar	70,97	18,18	1,29	0,57	0,30	0,30	0,02

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Adicionalmente a las emisiones por el ducto de escape, los tramos evaluados son destapados (ver Tabla 4-84) y dependiendo de las características de los vehículos se determinó la emisión por la resuspensión de material particulado, con la Ecuación 2 y Ecuación 3.

**Ecuación 2 - – Para accesos públicos (Pesos ponderados entre 1.5 y 3 toneladas).**

$$FE = \frac{k * \left(\frac{S}{12}\right)^1 * \left(\frac{S}{30}\right)^{0,5}}{\left(\frac{M}{0,5}\right)^{0,2}} \frac{lb}{VMT} * ((365 - P)/365)$$

Fuente: AP 42 – Chapter 13.2.2. Unpaved Roads

Donde:

FE: Factor de emisión para material particulado por tránsito vehicular

k: Constante asociada al tamaño de partículas

s: Es el porcentaje de finos de la vía

S: Es la velocidad en mph

M: Es la humedad de la carretera

P: número de días en el año con precipitaciones mayores a 0.254 mm

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	168

**Ecuación 3 - Para accesos industriales (Pesos ponderados entre 2 y 290 toneladas).**

$$FE = k * \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} * \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} \frac{lb}{VMT} * ((365 - P)/365)$$

**Fuente:** AP 42 – Chapter 13.2.2. Unpaved Roads

Donde:

FE: Factor de emisión para material particulado por tránsito vehicular

k: Constante asociada al tamaño de partículas

s: Es el porcentaje de finos de la vía

W: Es el peso ponderado de los vehículos que transitan por la vía

P: número de días en el año con precipitaciones mayores a 0,254 mm

**Tabla 4-84 Emisiones gramo por día fuentes móviles**

TRAMO	SUPERFICIE	CANTIDAD VEHICULOS	PESO PONDERADO (T)	ECUACIÓN
Tramo 1	Sin Pavimentar	22	1,6	Ecuación 1
Tramo 2	Sin Pavimentar	7	0,2	Ecuación 1

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Con el fin de convertir el factor de emisión de lb/VMT a g/VKT se multiplica por 281,9 y para la aplicación de mitigación por lluvia se determina el número de días en el año (2023) con precipitaciones mayores a 0,254 mm, siendo en total 302.

Las variables tomadas en cuenta para este estudio se describen en la Tabla 4-85.

**Tabla 4-85 Variables emisión de material particulado por resuspensión**

VARIABLE	VALOR	FUENTE
k – Ecuación 1	PM10:1.8 y PM2.5: 0.18	Tabla 13.2.2-2 Constantes Ecuación
s	4,8%	Tabla 13.2.2-1 Contenido Finos

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Una vez se tiene el factor de emisión, los kilómetros transitados y la cantidad de vehículos, se traduce en la siguiente emisión de material particulado (ver Tabla 4-86).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	169

**Tabla 4-86 Variables emisión de material particulado por resuspensión - Escenario  
 Línea Base**

TRAMO	PM10 g/s*m <sup>2</sup>	PM2.5 g/s*m <sup>2</sup>
Tramo 1	1,76E-06	1,75E-07
Tramo 2	1,76E-06	1,75E-07

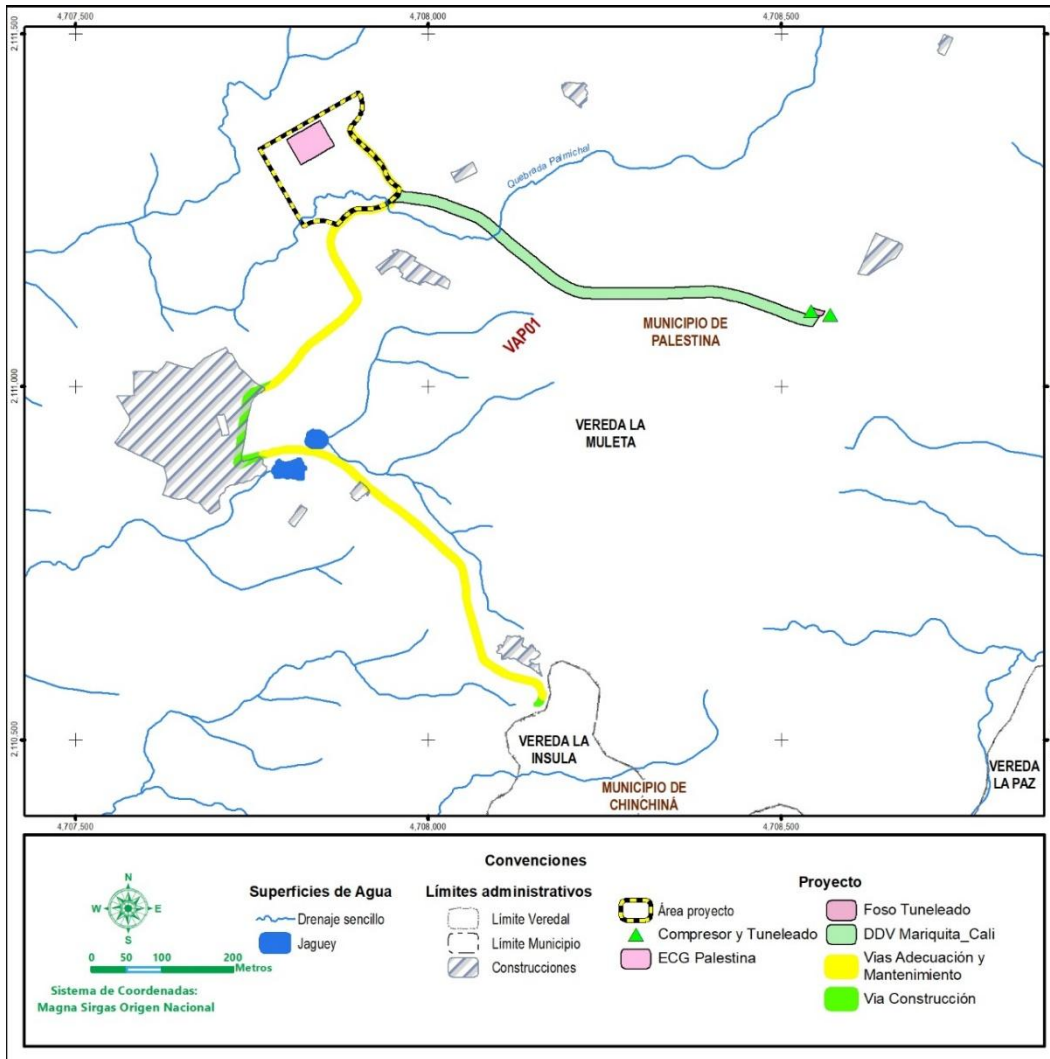
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.5.2.2 Escenario 2a: Construcción sin medidas de control

Este escenario enmarca las mismas fuentes del escenario Línea Base, más la construcción de la Estación de Compresión de Gas (ECG), el DDV Mariquita – Cali, El Foso Tuneleado, el TAP, la construcción, adecuación y mantenimiento de la vía de acceso y el uso de dos compresores.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	170

Figura 4-56 Fuentes de Emisión - Escenario Construcción



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Cabe mencionar que las actividades se idealizaron con una temporalidad de siete meses acorde se plantea duren las obras civiles.

#### 4.8.5.2.2.1 Fuentes lineales y móviles

Las fuentes móviles adicionales en este escenario se definieron acorde a la vía de acceso y asociado a los vehículos que transitaran por esta.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	171

Para este escenario, sobre el corredor existente a utilizar, se asume un tráfico adicional de 5 vehículos livianos y 11 vehículos pesados distribuidos como se observa en la Tabla 4-87.

**Tabla 4-87 Tráfico Vehicular – Escenario Construcción**

HORA		LIVIANOS	PESADOS
7	8		2
8	9	1	1
9	10		2
10	11	1	1
11	12		1
12	13	1	1
13	14		1
14	15	1	1
15	16		2
16	17	1	1
17	18		2

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Siguiendo la misma metodología explicada en el numeral 4.8.5.2.1.1, se procedió a calcular la emisión de contaminantes de los vehículos en esta etapa, que transitarán por los tramos existentes, resultado que se observa en la Tabla 4-88, la cual describe la emisión asociada al tubo de escape por la combustión.

**Tabla 4-88 Emisiones gramo por día tramos evaluados – Escenario Construcción**

TRAMO	ESTADO	CO	VOC	NOX	CO2	PM10	PM2.5	SOX
Tramo 1	Sin Pavimentar	226,6	55,4	80,0	9,5	3,0	3,0	0,2
Tramo 2	Sin Pavimentar	107,6	24,9	80,4	8,6	2,5	2,5	0,1

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Adicionalmente a las emisiones por el ducto de escape, los tramos evaluados son destapados y dependiendo de las características de los vehículos se determinó la emisión por la resuspensión de material particulado, con la Ecuación 4.

**Ecuación 4 - Para accesos públicos**

$$FE = \frac{k * \left(\frac{S}{12}\right)^1 * \left(\frac{S}{30}\right)^{0,5}}{\left(\frac{M}{0,5}\right)^{0,2}} \frac{lb}{VMT} * ((365 - P)/365)$$

Fuente: AP 42 – Chapter 13.2.2. Unpaved Roads

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	172

Donde:

FE: Factor de emisión para material particulado por tránsito vehicular

k: Constante asociada al tamaño de partículas

s: Es el porcentaje de finos de la vía

S: Es la velocidad en mph

M: Es la humedad de la carretera

P: número de días en el año con precipitaciones mayores a 0.254 mm

Con el fin de convertir el factor de emisión de lb/VMT a g/VKT se multiplica por 281,9 y para la aplicación de mitigación por lluvia se determina el número de días en el año (2023) con precipitaciones mayores a 0,254 mm, siendo en total 302.

Una vez se tiene el factor de emisión, los kilómetros transitados y la cantidad de vehículos, se traduce en la siguiente emisión de material particulado (ver Tabla 4-89).

**Tabla 4-89 Emisiones material particulado por resuspensión – Escenario  
Construcción**

TRAMO	PM10 g/s*m <sup>2</sup>	PM2.5 g/s*m <sup>2</sup>
Tramo 1	5,27E-06	5,24E-07
Tramo 2	5,27E-06	5,24E-07

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.5.2.2 Fuentes de área

Las fuentes de área idealizadas para este escenario se enmarcan en la construcción de la Estación de Compresión de Gas (ECG), el DDV Mariquita – Cali, El Foso Tuneleado, el TAP, la construcción, adecuación y mantenimiento de la vía de acceso, para las cuales asociando el movimiento de tierra con las actividades de “Despejado general de la tierra”, “Cargue de Material” y “Descargue de Material”. Para el cálculo de las emisiones se utilizó las ecuaciones consignadas en el documento proporcionado por la EPA (EPA, 2023), donde en el Capítulo 13.2.3 “Heavy Construction Operations” referencia que el movimiento de tierras para despejar la materia orgánica en una zona constructiva se puede utilizar el Capítulo 11.9 “Western Surface Coal Mining” según la actividad denominada “General land clearing – Bulldozing”, por otro lado para el descargue y cargue de material de volquetas se utilizó el factor de emisión consignado en el Capítulo 13.2.4 “Aggregate Handling And Storage Piles”, ecuaciones que se describen en la Tabla 4-90.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	173

**Tabla 4-90 Factores de emisión fuentes de área**

ACTIVIDAD	ECUACIÓN/FACTOR PM2.5	ECUACIÓN/FACTOR PM10
General land clearing - Bulldozing	$0,105 * \frac{2,6 (s)^{1,2}}{(M)^{1,3}}$ kg/h	$0,75 * \frac{0,45 (s)^{1,5}}{(M)^{1,4}}$ kg/h
Loading of debris into trucks	$0,0000848 * \frac{(\frac{U}{2,2})^{1,3}}{(\frac{U}{2,2})^{1,4}}$ kg/tn	$0,00056 * \frac{(\frac{U}{2,2})^{1,3}}{(\frac{U}{2,2})^{1,4}}$ kg/tn

Fuente: EPA, 2023

Las variables de finos y humedad del material tenidas en cuenta para el cálculo de la emisión fueron estimadas de acuerdo con la tabla 11.9-3 “Typical values for correction factors applicable to the predictive emission factor equations” del AP42 y la variable de velocidad del viento se calculó con la información meteorológica adquirida.

**Tabla 4-91 Variables cálculos emisiones**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALOR	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
S	Porcentaje finos del material	6.9	Bulldozer Overburden	Remoción de Cobertura Vegetal
M	Porcentaje de humedad	7.9	Bulldozer Overburden	Remoción de Cobertura Vegetal
U	Velocidad del viento media	1.8	NA	NA

Fuente: CONSGA S.A.S. con base en EPA, 1998.

Para estimar la cantidad de contaminante se determinó una operación de 11 horas al día, sobre el área de cada infraestructura, con un descapote de 20 centímetros y una densidad del material estimada en 0,9 g/cm<sup>3</sup>.

Como resultado se obtuvieron las emisiones para cada actividad como se detallan en la Tabla 4-92.

**Tabla 4-92 Emisión fuentes de área – Escenario Construcción y Operación**

ZONA	ACTIVIDAD	PM <sub>10</sub> (g/s)	PM <sub>2.5</sub> (g/s)
DDV Mariquita Cali	General land clearing bulldozing	9,41E-02	5,24E-02
	Loading of debris into trucks	1,37E-05	2,08E-06
ECG Palestina	General land clearing bulldozing	9,41E-02	5,24E-02
	Loading of debris into trucks	3,03E-06	4,59E-07
ZODME	General land clearing bulldozing	9,41E-02	5,24E-02
	Loading of debris into trucks	2,38E-06	3,61E-07
Foso Tuneleado	General land clearing bulldozing	9,41E-02	5,24E-02
	Loading of debris into trucks	2,81E-07	4,25E-08
TAP	General land clearing bulldozing	9,41E-02	5,24E-02
	Loading of debris into trucks	4,60E-08	6,96E-09
Vías Adecuación y Mantenimiento	General land clearing bulldozing	9,41E-02	5,24E-02
	Loading of debris into trucks	9,90E-06	1,50E-06
Vías Construcción	General land clearing bulldozing	9,41E-02	5,24E-02
	Loading of debris into trucks	2,44E-07	3,70E-08

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	174

Adicional a la emisión por movimiento de tierras se determinó la emisión por la utilización de la Maquinaria en cada una de las zonas como se detalla a continuación.

- **Construcción infraestructura (DDV Mariquita – Cali)**

Para la emisión de los gases asociado a la maquinaria se utilizaron los siguientes equipos y factores de emisión para la construcción (Ver Tabla 4-93 ).

**Tabla 4-93 Listado Maquinaria y factores de emisión – Construcción de infraestructura (DDV Mariquita – Cali)**

EQUIPO	POTENCIA (hp)	NOX g/hp-hr	SO2 g/hp-hr	CO g/hp-hr	PM10 g/hp-hr	PM2,5 g/hp-hr
Retroexcavadora	172	0,3	0,0204875	3,7	0,22	(a)

Nota:(a): Se asume que el PM2.5 es el 97% del PM10

Fuente: Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling - Compression-Ignition, EPA, 2010.

Como resultado de la aplicación de los factores de emisión se obtuvieron los siguientes resultados de flujo másico de contaminantes (Ver Tabla 4-94).

**Tabla 4-94 Emisiones de contaminantes asociados a la maquinaria – Construcción de infraestructura (DDV Mariquita – Cali)**

EQUIPO	POTENCIA (hp)	NOX g/s	SO2 g/s	CO g/s	PM10 g/s	PM2,5 g/s
Retroexcavadora	172	0,0143	0,00098	0,1768	0,0105	0,0102

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

- **Construcción Infraestructura (TAP y Foso Tuneleado)**

Para la emisión de los gases asociado a la maquinaria se utilizaron los siguientes equipos y factores de emisión para la construcción (Ver Tabla 4-95).

**Tabla 4-95 Listado Maquinaria y factores de emisión – Construcción de infraestructura (TAP y Foso Tuneleado)**

EQUIPO	POTENCIA (hp)	NOX g/hp-hr	SO2 g/hp-hr	CO g/hp-hr	PM10 g/hp-hr	PM2,5 g/hp-hr
Retroexcavadora	172	0,3	0,0204875	3,7	0,22	(a)
Tuneleado	189	0,3	0,0204875	3,7	0,22	(a)

Nota: (a): Se asume que el PM2.5 es el 97% del PM10

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	175

Fuente: Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling - Compression-Ignition, EPA, 2010.

Como resultado de la aplicación de los factores de emisión se obtuvieron los siguientes resultados de flujo másico de contaminantes (Ver Tabla 4-96).

**Tabla 4-96 Emisiones de contaminantes asociados a la maquinaria – Construcción de infraestructura (TAP y Foso Tuneleado)**

EQUIPO	POTENCIA (hp)	NOX g/s	SO2 g/s	CO g/s	PM10 g/s	PM2.5 g/s
Retroexcavadora	172	0,0143	0,00098	0,1768	0,0105	0,0102
Tuneleado	189	0,0158	0,00098	0,1953	0,0116	0,0113

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

- **Construcción Infraestructura (ECG Palestina, ZODME y Construcción de vías)**

Para la emisión de los gases asociado a la maquinaria se utilizaron los siguientes equipos y factores de emisión para la construcción de la ECG Palestina y para la construcción de vías (Ver Tabla 4-97).

**Tabla 4-97 Listado Maquinaria y factores de emisión – Construcción de infraestructura (ECG Palestina, ZODME y Construcción de vías)**

EQUIPO	POTENCIA (hp)	NOX g/hp-hr	SO2 g/hp-hr	CO g/hp-hr	PM10 g/hp-hr	PM2,5 g/hp-hr
Retroexcavadora	172	0,3	0,0204875	3,7	0,22	(a)
Bulldozer	172	0,3	0,0204875	3,7	0,22	
Vibrocompactador	150	0,3	0,0204875	3,7	0,22	

Nota: (a): Se asume que el PM2.5 es el 97% del PM10

Fuente: Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling - Compression-Ignition, EPA, 2010.

Como resultado de la aplicación de los factores de emisión se obtuvieron los siguientes resultados de flujo másico de contaminantes (Ver Tabla 4-98 ).

**Tabla 4-98 Emisiones de contaminantes asociados a la maquinaria – Construcción de infraestructura (ECG Palestina, ZODME y Construcción de vías)**

EQUIPO	POTENCIA (hp)	NOX g/s	SO2 g/s	CO g/s	PM10 g/s	PM2,5 g/s
Retroexcavadora	172	0,0143	0,00098	0,1768	0,0105	0,0102
Bulldozer	172	0,0143	0,00098	0,1768	0,0105	0,0102
Vibrocompactador	150	0,0125	0,00085	0,1542	0,0092	0,0089

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	176

- **Construcción Infraestructura (Adecuación y Mantenimiento de Vías)**

Para la emisión de los gases asociado a la maquinaria se utilizaron los siguientes equipos y factores de emisión para la Adecuación y Mantenimiento de Vías (Ver Tabla 4-99).

**Tabla 4-99 Listado Maquinaria y factores de emisión – Construcción de  
infraestructura (Adecuación y Mantenimiento de Vías)**

EQUIPO	POTENCIA (hp)	NOX g/hp-hr	SO2 g/hp-hr	CO g/hp-hr	PM10 g/hp-hr	PM2.5 g/hp-hr
Motoniveladora	172	0,3	0,0204875	3,7	0,22	(a)
Cargador	150	0,3	0,0204875	3,7	0,22	

Nota: (a): Se asume que el PM2.5 es el 97% del PM10

Fuente: Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling - Compression-Ignition, EPA, 2010.

Como resultado de la aplicación de los factores de emisión se obtuvieron los siguientes resultados de flujo másico de contaminantes (Ver Tabla 4-100).

**Tabla 4-100 Emisiones de contaminantes asociados a la maquinaria – Construcción  
de infraestructura (Parque Solar y Helipuerto)**

EQUIPO	POTENCIA (hp)	NOX g/s	SO2 g/s	CO g/s	PM10 g/s	PM2,5 g/s
Motoniveladora	172	0,0143	0,00098	0,1768	0,0105	0,0102
Cargador	150	0,0125	0,00085	0,1542	0,0092	0,0089

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.5.2.2.3 Escenario 2b: Construcción con medidas de control

Este escenario enmarca las mismas actividades y fuentes del escenario anterior, sin embargo, se tienen en cuenta las medidas de mitigación con el fin de minimizar el impacto generado en la construcción.

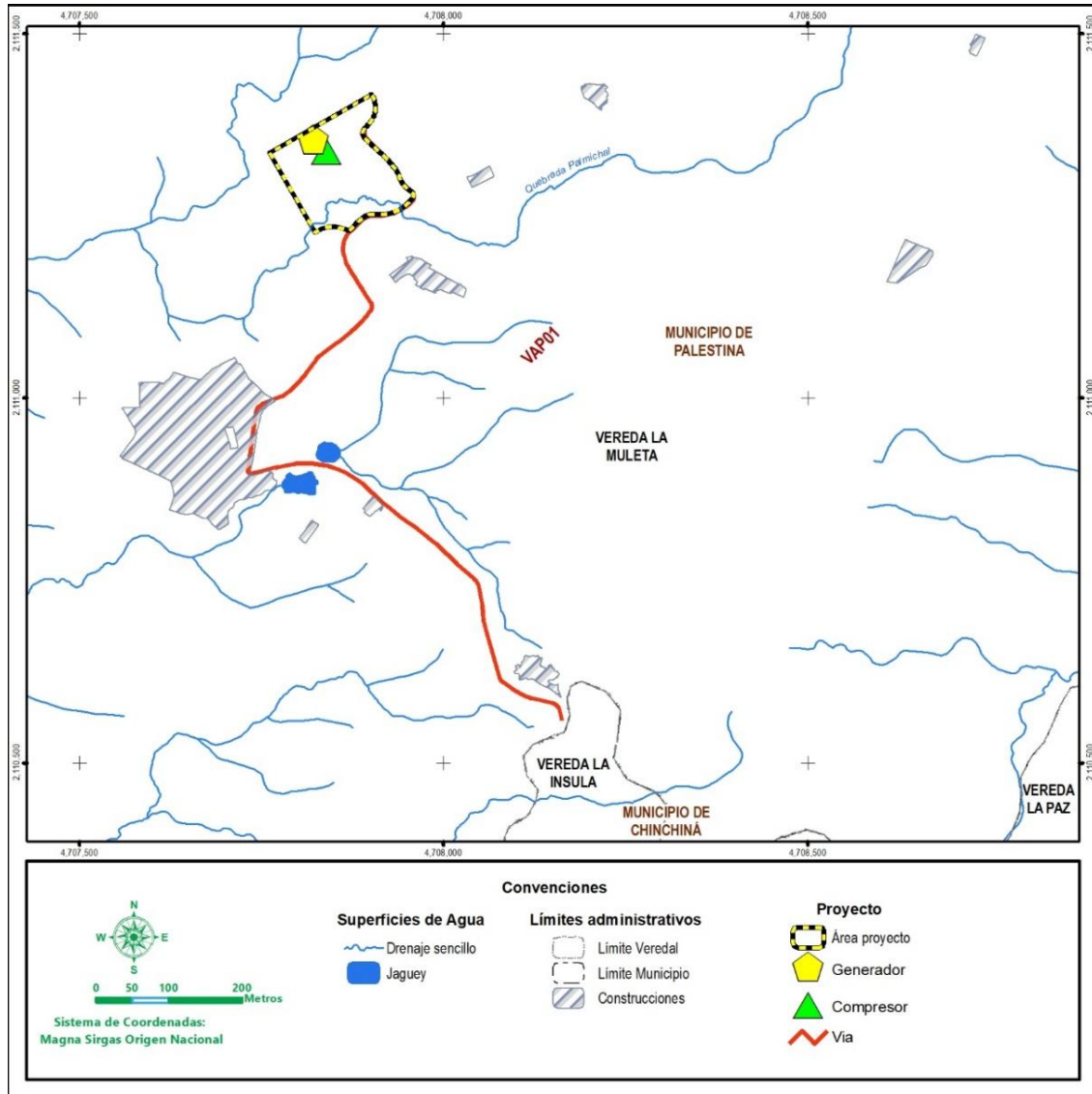
Las medidas se encaminan al riego de vías para evitar dispersión de material particulado, la cual según el NPI Emission estimation technique manual for mining del Gobierno Australiano (Australian Government, 2012), se reduce el 50% del material particulado (Con una tasa de riego de máximo 2 litros/m<sup>2</sup>-h) y en general las medidas para mitigar el material particulado se idealizaron con una reducción del 50% de emisiones sobre las áreas de intervención.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	177

4.8.5.2.2.4 Escenario 3a: Operación sin medidas de control

Este escenario tiene en cuenta las mismas actividades y fuentes del escenario Línea Base, más la operación de la infraestructura construida.

**Figura 4-57 Fuentes de Emisión - Escenario Operación**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

• **Fuentes Lineales y Móviles**

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	178

Este escenario tiene en cuenta las mismas actividades y fuentes del escenario Línea Base, más la operación de la infraestructura construida.

Para este escenario, sobre el corredor existente a utilizar en este escenario, se asume un tráfico adicional de 1 vehículos livianos distribuido como se observa en la Tabla 4-101.

**Tabla 4-101 Emisiones de contaminantes asociados a la maquinaria – Construcción de infraestructura (Parque Solar y Helipuerto)**

HORA		LIVIANOS
7	8	
8	9	1
9	10	
10	11	
11	12	
12	13	
13	14	
14	15	
15	16	
16	17	1
17	18	

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Siguiendo la misma metodología explicada en el numeral 4.8.5.2.1.1 se procedió la emisión de contaminantes de los vehículos en esta etapa, que transitarán por los tramos nuevos y además se adicionan a los tramos existentes, resultado que se observa en la Tabla 4-102 la cual describe la emisión asociada al tubo de escape por la combustión.

**Tabla 4-102 Emisiones gramo por día tramos evaluados – Escenario Operación**

TRAMO	ESTADO	CO	VOC	NOX	CO2	PM10	PM2.5	SOX
Tramo 1	Sin Pavimentar	199,1	49,9	5,7	2,1	1,0	1,0	0,1
Tramo 2	Sin Pavimentar	78,6	19,1	2,1	0,9	0,3	0,3	0,0

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Adicionalmente a las emisiones por el ducto de escape, los tramos evaluados son destapados (Ver Tabla 4-103), y dependiendo de las características de los vehículos se determinó la emisión por la resuspensión de material particulado, con la Ecuación 5.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	179

**Ecuación 5 - Para accesos públicos (Pesos ponderados entre 1.5 y 3 toneladas).**

$$FE = \frac{k * \left(\frac{S}{12}\right)^1 * \left(\frac{S}{30}\right)^{0,5}}{\left(\frac{M}{0,5}\right)^{0,2}} \frac{lb}{VMT} * ((365 - P)/365)$$

Fuente: AP 42 – Chapter 13.2.2. Unpaved Roads

Donde:

FE: Factor de emisión para material particulado por tránsito vehicular

k: Constante asociada al tamaño de partículas

s: Es el porcentaje de finos de la vía

S: Es la velocidad en mph

M: Es la humedad de la carretera

P: número de días en el año con precipitaciones mayores a 0,254 mm

**Tabla 4-103 Características tramos evaluados**

TRAMO	SUPERFICIE	CANTIDAD VEHÍCULOS	PESO PONDERADO (t)	ECUACIÓN
Tramo 1	Sin Pavimentar	24	1,5	Ecuación 1
Tramo 2	Sin Pavimentar	9	0,4	Ecuación 1

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Con el fin de convertir el factor de emisión de lb/VMT a g/VKT se multiplica por 281,9 y para la aplicación de mitigación por lluvia se determina el número de días en el año (2023) con precipitaciones mayores a 0,254 mm, siendo en total 302.

Una vez se tiene el factor de emisión, los kilómetros transitados y la cantidad de vehículos, se traduce en la siguiente emisión de material particulado (Ver Tabla 4-104).

**Tabla 4-104 Emisiones material particulado por resuspensión – Escenario Operación**

TRAMO	PM10 g/s*m <sup>2</sup>	PM2.5 g/s*m <sup>2</sup>
Tramo 1	3,52E-06	3,50E-07
Tramo 2	3,52E-06	3,50E-07

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

- Fuentes fijas**

La fuente fija idealizada en este escenario se asocia al generador de respaldo, que para efectos de la simulación se idealizó con una operación 24 horas y 365 días del año (Ver Tabla 4-105).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	180

**Tabla 4-105 Fuentes Fijas – Escenario Operación**

EQUIPO	CAP.	UBIC.	Cb	Cs	Ha (m)	Dd (m)
Generador energía	100 kW	ECG Palestina	Diésel	7,7 gal/h	1,5	0,1

Nota: Cap: Capacidad; Cb: Tipo de combustible; Cs: Consumo de combustible; Ha: Altura de emisión; Dd:

Diámetro de chimenea

Fuente: CONSGA S.A.S., 2024.

De acuerdo con el tipo de fuente se aplicaron los factores observados en las siguientes tablas según la EPA.

**Tabla 4-106 Factor de emisión combustión interna (generadores) a diésel**

CONTAMINANTE	F.E. g/hp-hr
NOx	4,9
CO	3,7
PM10	0,22
PM2.5	(A)

Nota: (A) Según el documento de la EPA, la emisión de PM2.5 es el 97% de la emisión de PM10

Fuente: Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling - Compression-Ignition, EPA.

La siguiente tabla presenta las características de los combustibles utilizados:

**Tabla 4-107 Características combustible**

CARACTERÍSTICAS	DIÉSEL
Densidad Combustible	0,83 g/cm <sup>3</sup>
Capacidad Calorífica	19234 Btu/lb

Fuente: (A): Tabla 3.5 Combustion Source evaluation - Ley 1205 de 2008

Como resultado de la aplicación del balance de masas y los factores de emisión se obtuvieron los siguientes resultados de flujos máscicos de contaminantes.

**Ecuación 6**

$$Emisión \left[ \frac{g}{s} \right] = F.E. \left[ \frac{g}{hp \cdot h} \right] \times Potencia [hp] \times \left( \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right) \quad \text{Eq 2}$$

**Ecuación 7**

$$Emisión SO_2 \left[ \frac{g}{s} \right] = C \left[ \frac{kg}{h} \right] \times Contenido \text{ de Azufre } (\%) \times \left( \frac{Peso \text{ Molecular } SO_2}{Peso \text{ Molecular } S} \right) \times \left( \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right) \times \left( \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) \quad \text{Eq 3}$$

Donde:

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	181

F.E.: Factor de emisión  
C: Consumo estimado de combustible  
F.E.: Factor de emisión

**Tabla 4-108 Emisiones fuentes fijas**

EQUIPO	CAPACIDAD	UBICACIÓN	CB	ECUACIÓN	PM10	PM2.5	CO	NO2	SO2
Generador energía	100 kW	ECG Palestina	Diésel	Eq 2 y Eq 3	0,0083	0,0081	0,1400	0,1854	0,0070

Nota:\*Emisiones en g/s

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.5.2.2.5 Escenario 3b: Operación con medidas de control

Este escenario enmarca las mismas actividades y fuentes del escenario anterior, sin embargo, se tienen en cuenta las medidas de mitigación con el fin de minimizar el impacto generado por las vías sin pavimentar.

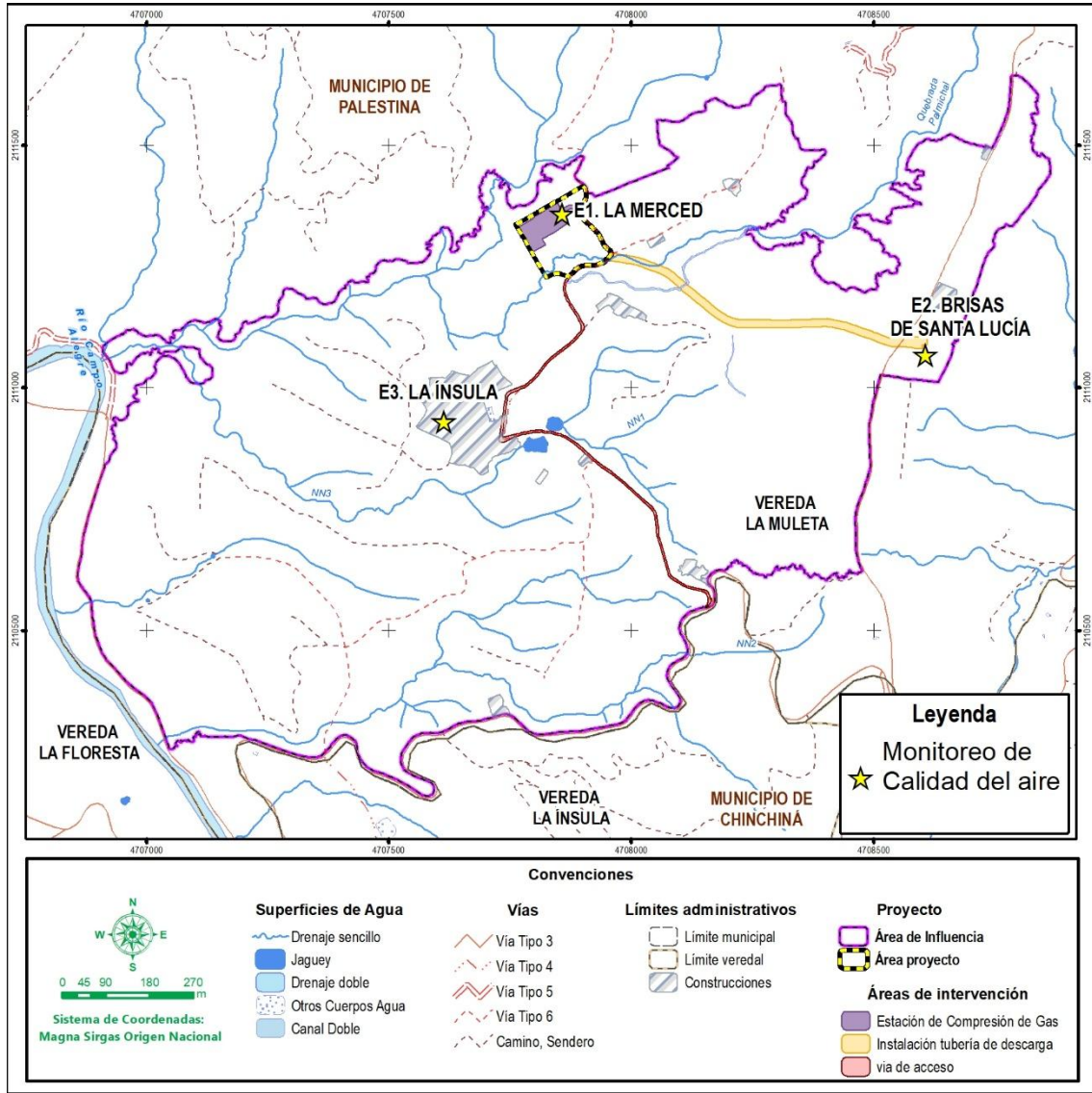
Las medidas se encaminan al riego de vías para evitar dispersión de material particulado, la cual según el NPI Emission estimation technique manual for mining del Gobierno Australiano (Australian Government, 2012), se reduce el 50% del material particulado (Con una tasa de riego de máximo 2 litros/m<sup>2</sup>-h).

#### 4.8.6 Concentración de fondo

Para el análisis de la concentración de fondo se tuvo en cuenta el monitoreo de calidad de aire realizado sobre el proyecto realizado del 11 al 29 de junio del 2024 (Figura 4-58).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	182

Figura 4-58 Estaciones de calidad de aire



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para determinar la concentración de fondo en la zona se identificó según la rosa de vientos que la estación que menos influenciada estaría por las actividades a llevar a cabo y que meno influenciada estaría por las fuentes simuladas en la Línea Base, sería la Estación 3. En la Tabla 4-109 se observan las concentraciones promedio tomadas como fondo.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	183

**Tabla 4-109 Concentraciones de fondo ug/m<sup>3</sup>**

ESTACIÓN	ESTE	NORTE	PM10	PM2.5	SO2	NO2	CO
EA3	4707614	2110930	16.79	5.10	20.59	6.31	149.10

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.7 Descripción del modelo

La elaboración de los modelos de dispersión de contaminantes se realizó por medio del software AERMOD, el cual es un modelo gaussiano de estado estacionario. Se ha elaborado por la versión comercial denominada AERMOD View™ 9.0 y a su vez se utilizó el software ArcGIS para la representación gráfica de los mapas.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos considera el uso de modelos tipo “screening” y modelos refinados. Los modelos tipo “screening” realizan una primera aproximación a la dispersión de contaminantes que permita determinar si se requiere realizar modelación avanzada. Entre los modelos avanzados recomendados por la EPA para propósitos regulatorios se encuentra el modelo AERMOD, con el cual es posible hacer un procesamiento más refinado incluyendo modelos digitales de elevación, características de la superficie, información meteorológica en superficie y en altura, entre otros, obteniendo superficies de concentración promedio anuales y máximos de concentración (horaria, 24 horas) para el dominio de simulación.

AERMOD es un modelo de dispersión de pluma gaussiana de estado estacionario, lo cual implica que para cada hora la tasa de emisión y condiciones meteorológicas se consideran uniformes dentro del dominio de modelación (Bluett et al., 2004; U.S. Environmental Protection Agency, 2004). En la capa límite estable el modelo asume una distribución gaussiana de las concentraciones en la dirección vertical y horizontal, mientras que en la capa límite convectiva se asume distribución gaussiana en la dirección horizontal y una distribución vertical descrita a través de una función de densidad de probabilidad bi-gaussiana. Los detalles de la formulación del modelo se encuentran en United States Environmental Protection Agency (USEPA), (2016).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	184

El software cuenta con dos preprocesadores (AERMET y AERMAP) y un procesador principal (AERMOD), los cuales se describen a continuación:

- **AERMET:** El primer preprocesador es el AERMET, el cual se encarga de la meteorología de la zona de estudio, esta es adquirida bajo modelos a mesoescala (WRF). Estos modelos además de proporcionar las propiedades físicas superficiales, los datos modelados entregan también las propiedades físicas de la columna del aire (meteorología de altura), importante para determinar propiedades de los gradientes verticales de temperatura (potencial de aire seco, equivalente de aire húmedo y virtual de aire seco), y demás propiedades relacionadas con la capa límite de mezclado y estabilidad atmosférica (fenómenos de turbulencia) de los contaminantes. Este modelo fue desarrollado por la Universidad Estatal de Pennsylvania (Penn State University, PSU) y el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (National Center for Atmospheric Research, NCAR). Fue seleccionado por el Servicio Meteorológico Nacional (System Meteorological National), por su alta definición en la detección de sistemas atmosféricos de mesoescala, y cuenta con todas las características necesarias para su adaptación a las condiciones específicas del territorio Colombiano, este modelo se puede aplicar a cualquier zona del mundo, ya que es posible desarrollar la información de entrada (campos meteorológicos, topografía y uso de suelo) necesaria para su funcionamiento, inclusive para zonas con alta resolución espacial que con topografía compleja, como nuestras cordilleras.

La información adquirida, se entrega procesada a condiciones locales en formato editable (Excel, Bloc de Notas, Word), datos horarios de las siguientes variables:

- Calor sensible ( $W/m^2$ ).
- Velocidad de fricción superficial (m/s)
- Velocidad convectiva (m/s).
- Gradiente de Temperatura vertical potencial sobre la capa limite planetaria
- Altura de convección generada sobre la capa limite (m).
- Altura mecánica generada en la capa límite (m).
- Longitud de Monin Obukhov (m).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	185

- Longitud de rugosidad superficial (m).
- Relación de Bowen.
- Albedo.
- Velocidad del viento (m/s)
- Dirección del viento (°).
- Temperatura (K)
- Velocidad de precipitación (mm/hr)
- Humedad relativa (%)
- Presión barométrica (mb)
- Cobertura de nubes (decimas)

En el capítulo 4.8.2 se describen las principales variables meteorológicas y en *Anexos\K. MODELACIONES\1. Aire\Anexo 2 – Meteorología* se encuentran los archivos de entrada y salida.

AERMAP: El segundo preprocesador es el encargado de procesar la información topográfica, la cual es adquirida a través del modelo de elevación digital (DEM) proporcionado por el satélite de la NASA denominado SRTM con resolución de 30 metros, en el Capítulo 4.8.5.1 se presenta el DEM utilizado.

AERMOD: Por último, se procesa toda la información necesaria para calcular las concentraciones de inmisión en la zona de estudio.

#### 4.8.8 Diseño modelo de dispersión escenarios

Con la información procesada y completa, se corrieron los modelos descritos en la Tabla 4-110, para cada escenario modelado.

- Escenario línea base: Corresponde a la simulación de los corredores viales que sirven de acceso a la ECG Palestina y las fuentes fijas de emisión que se encuentran en cercanías a la zona de estudio, con base en el inventario de fuentes de emisión.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	186

- Escenario 2a construcción sin medidas de control: Corresponde a la simulación de la adición de todas las fuentes nuevas que garantizan la construcción de la infraestructura dentro de la ECG Palestina, sin tener en cuenta ninguna medida de control, esto con el objetivo de vislumbrar el escenario más crítico en cuanto a emisión de contaminantes se refiere.
- Escenario 2b construcción con medidas de control: Corresponde a la simulación del mismo escenario anterior, sin embargo, en este escenario si se tienen en cuenta todas las medidas de mitigación de contaminantes, esto con el fin de vislumbrar el escenario crítico más real posible.
- Escenario 3a operación sin medidas de control: Corresponde a la simulación de la adición de todas las fuentes nuevas que garantizan la operación de la ECG Palestina, sin tener en cuenta ninguna medida de control, esto con el objetivo de vislumbrar el escenario más crítico en cuanto a emisión de contaminantes se refiere.
- Escenario 3b operación con medidas de control: Corresponde a la simulación del mismo escenario anterior, sin embargo, en este escenario si se tienen en cuenta todas las medidas de mitigación de contaminantes, esto con el fin de vislumbrar el escenario crítico más real posible.

**Tabla 4-110 Contaminantes modelados**

CONTAMINANTE	ANUAL	24 HORAS	1 HORA	8 HORAS
PM <sub>10</sub>	X	X		
PM <sub>2,5</sub>	X	X		
CO			X	X
NO <sub>2</sub>	X		X	
SO <sub>2</sub>		X	X	

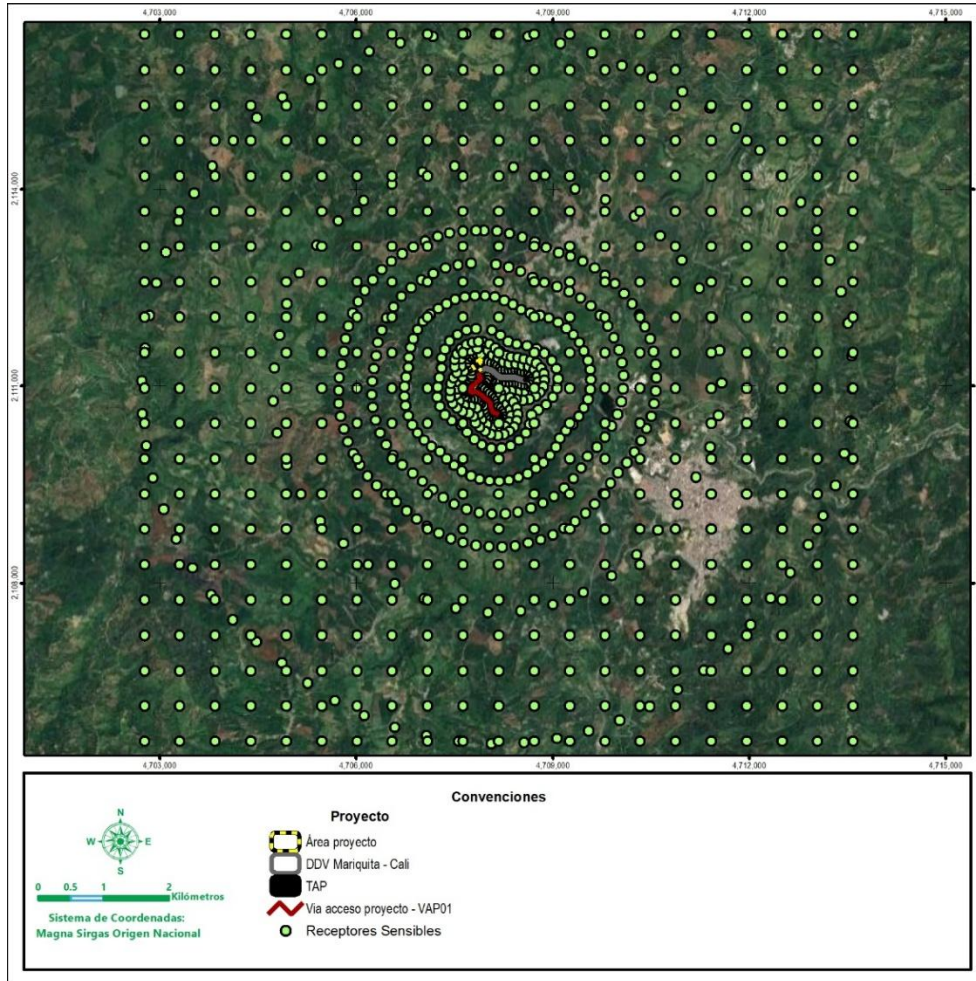
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para los cinco escenarios se creó una grilla con un total de 1042 receptores abarcando una distancia de hasta 5 km de las fuentes de emisión, como se evidencia en la Figura 4-59, la distribución de los receptores se realizó bajo la premisa técnica de que en cercanía a las fuentes se puede obtener las concentraciones más elevadas por ende el espaciamiento de los receptores es menor entre más cerca este a las fuentes y a medida que la distancia aumenta el distanciamiento entre receptores proporcionalmente también, al final se obtiene un dominio donde predominan la resolución más alta en las cercanía a la infraestructura y

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	187

vías, por otro lado para garantizar que se evaluarán los resultados sobre la infraestructura social, sobre el dominio de modelación se idealizaron estos receptores.

**Figura 4-59 Dominio de modelación**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9 Análisis de resultados

A continuación, se presentan los mapas de isopletas para cada contaminante evaluado.

Los resultados se presentan para cada contaminante y tiempo de exposición. Los resultados para tiempo de exposición anual corresponden a la concentración promedio del año simulado. Para tiempos de exposición cortos los resultados se presentan empleando

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	188

el percentil 98, el cual se refiere a la octava concentración máxima simulada durante el año. Esta forma de presentación de resultados para tiempos de exposición cortos obedece a las recomendaciones de la EPA, que fueron recientemente acogidas en los términos de referencia de los Proyectos Piloto de Investigación Integral, según las cuales para los tiempos de exposición cortos la presentación de resultados del modelo no debe ser realizada con el primer máximo. Sin embargo, el modelo fue configurado para reportar el primer y octavo máximo. Estos datos pueden ser consultados en los anexos correspondientes a las salidas del modelo de dispersión.

Los resultados presentados en esta sección incluyen la concentración de fondo.

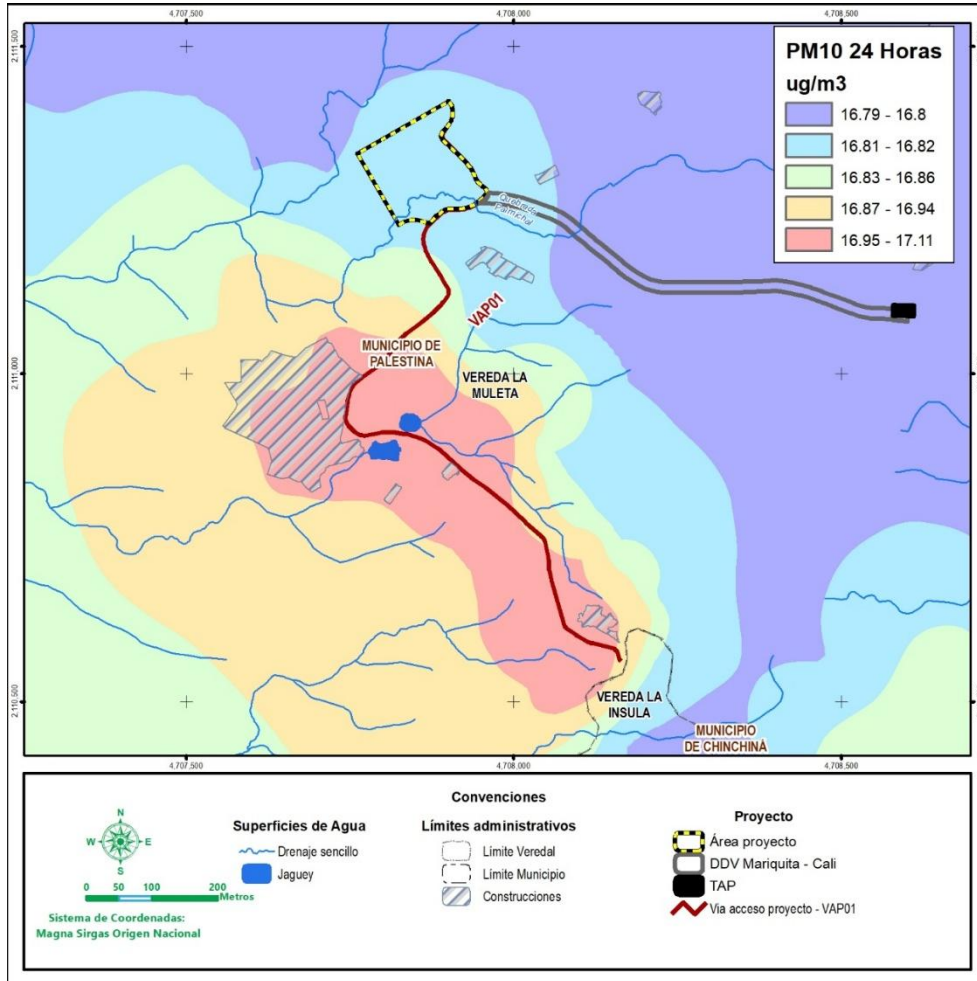
#### **4.8.9.1 Escenario 1: Línea Base**

##### 4.8.9.1.1 Material particulado

Se evidencia que la vía de acceso es la principal fuente de emisión de material particulado en este escenario, esto por la resuspensión de este contaminante al rodar los vehículos por la carretera (ver Figura 4-60, Figura 4-61 y Figura 4-63 ).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	189

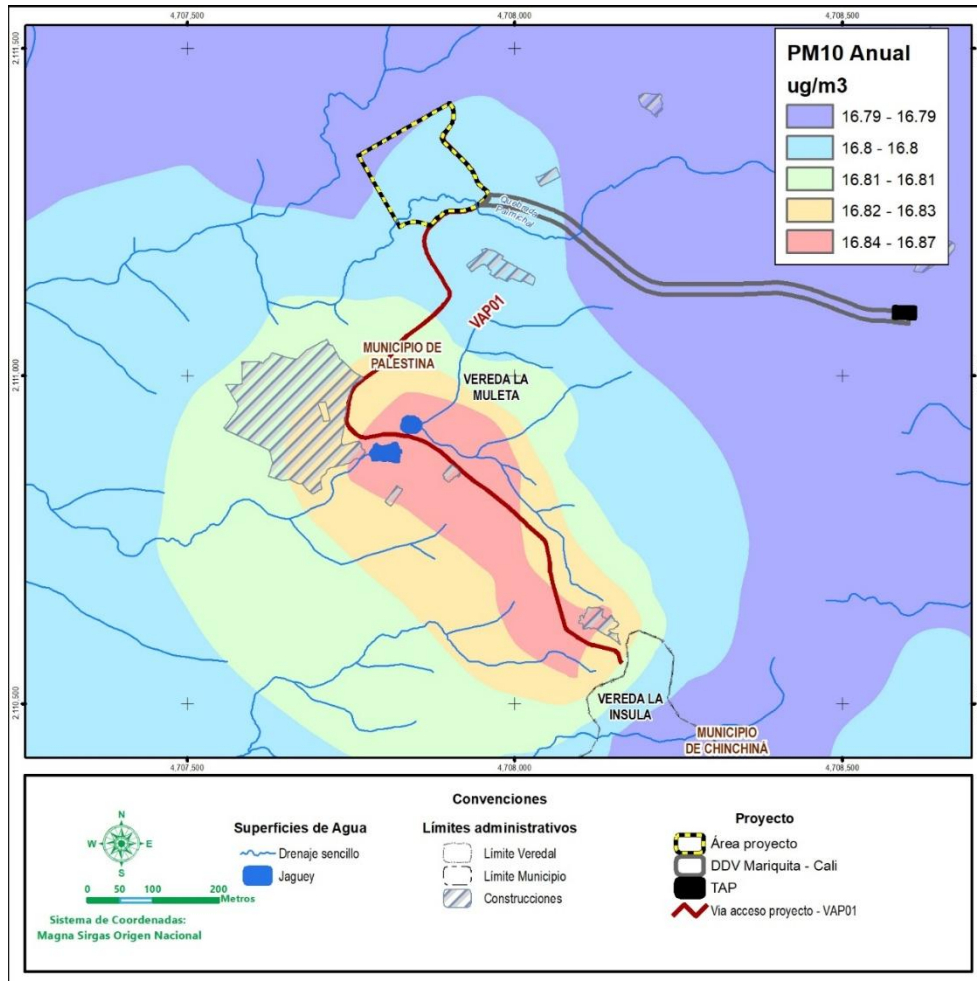
Figura 4-60 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 24 horas – Escenario 1



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	190

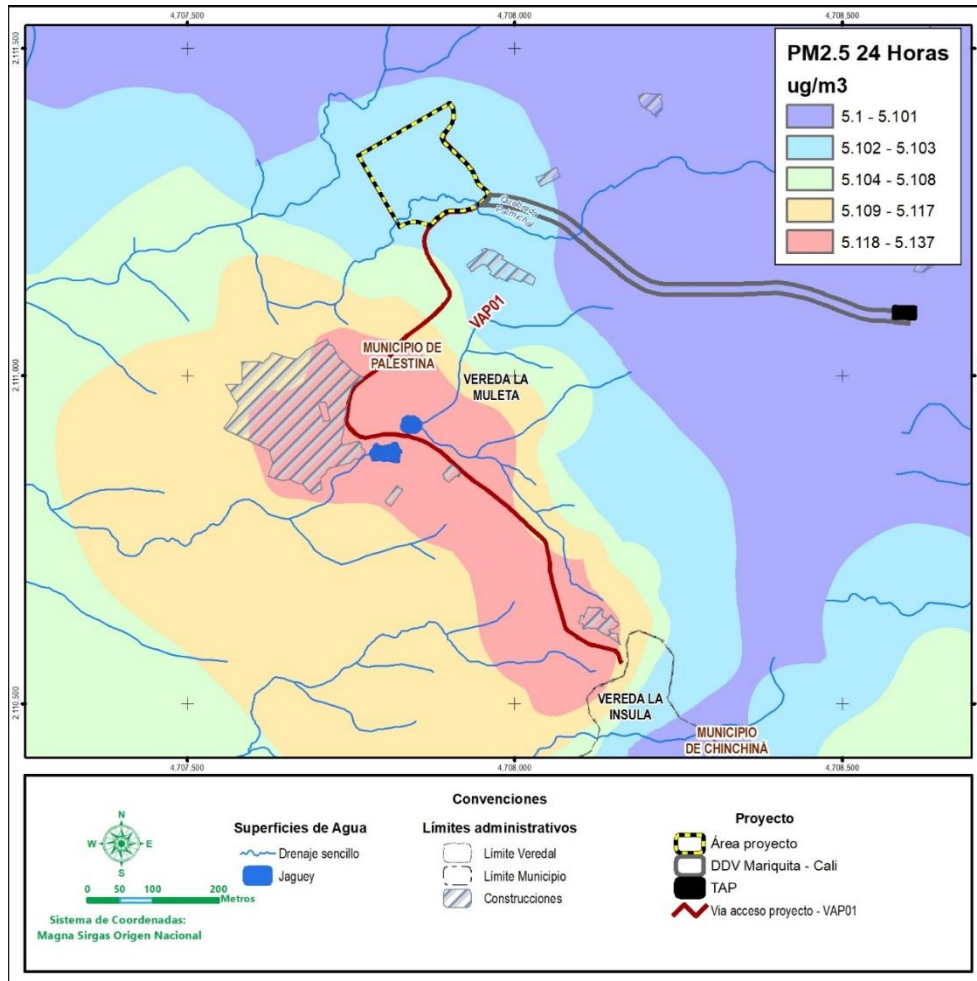
Figura 4-61 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 anual – Escenario 1



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	191

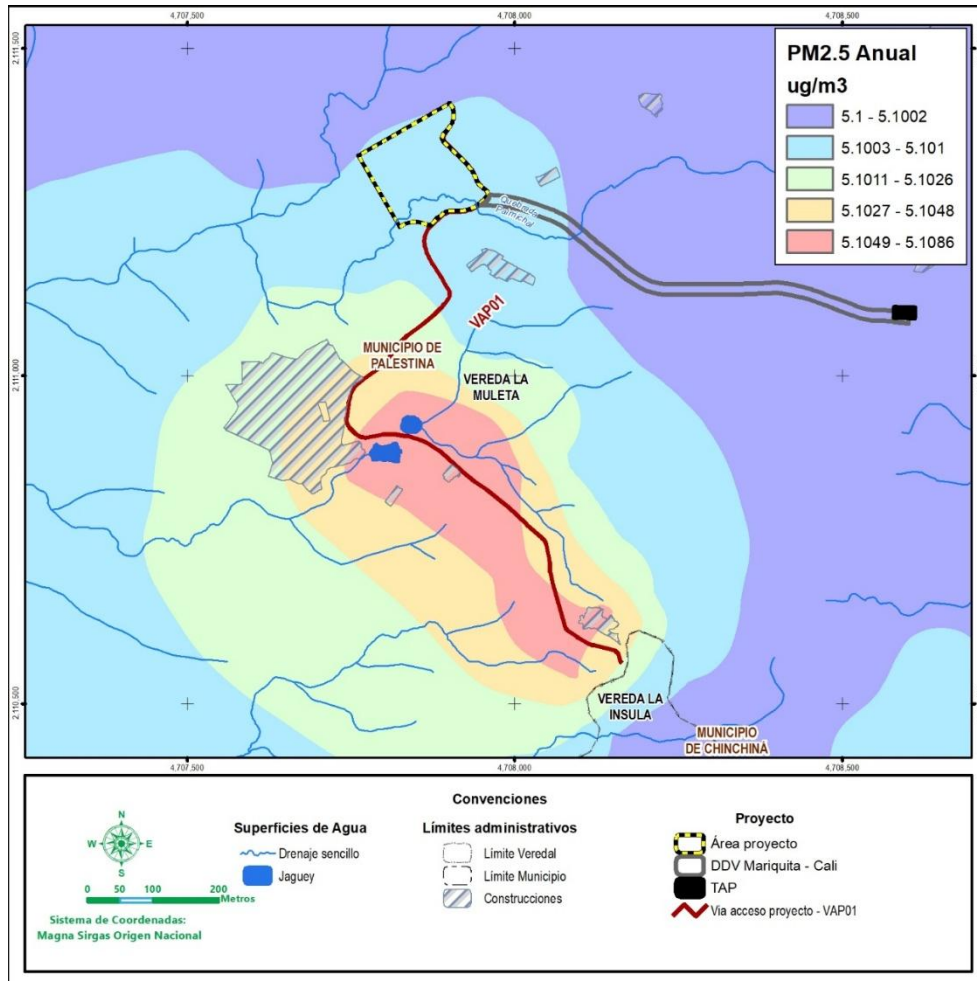
Figura 4-62 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 24 horas – Escenario 1



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	192

Figura 4-63 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 anual – Escenario 1



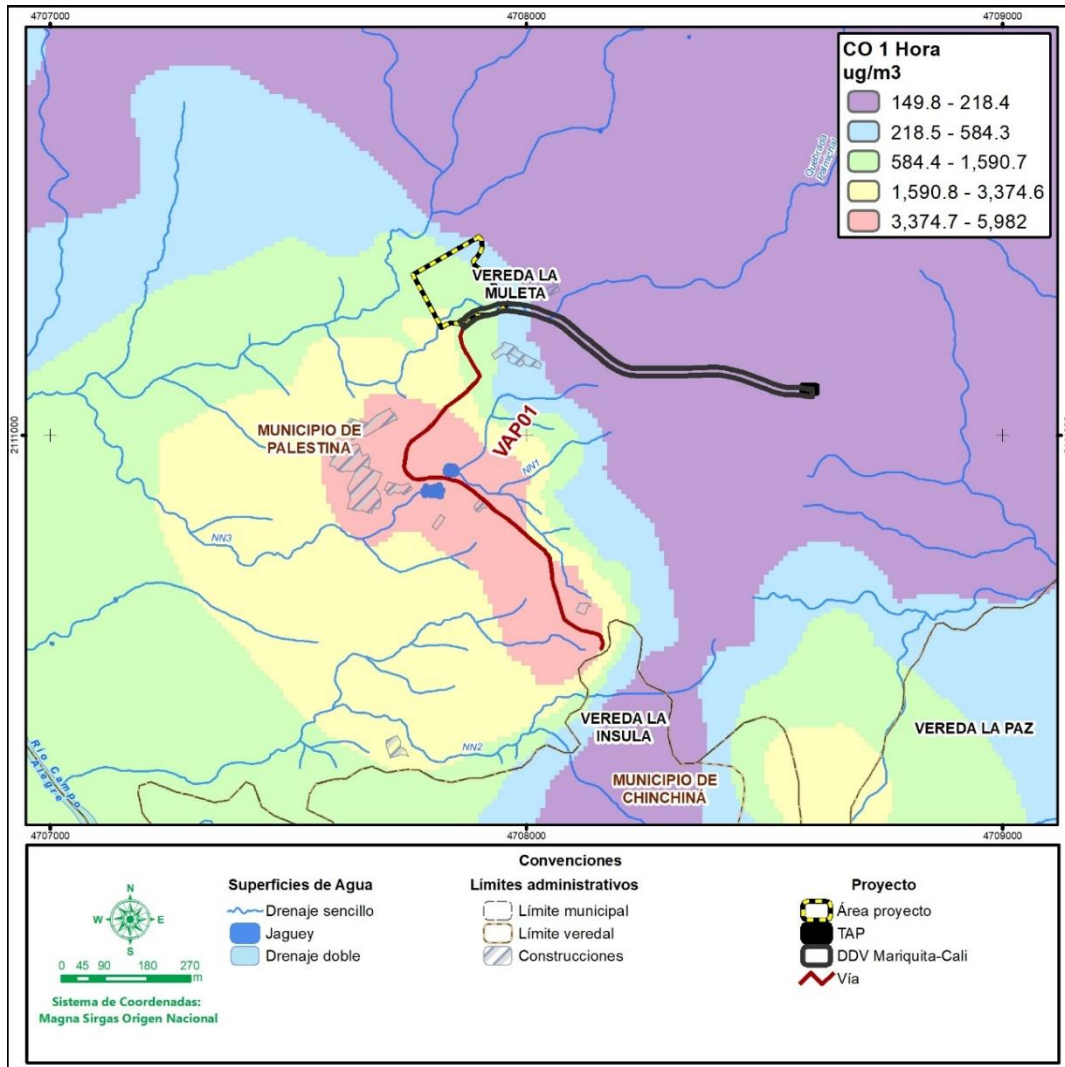
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.1.2 Monóxido de carbono (CO)

Para el CO, se observan en la línea base concentraciones bajas, principalmente debido a las fuentes móviles actuales en el proyecto (Ver Figura 4-64 y Figura 4-65).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	193

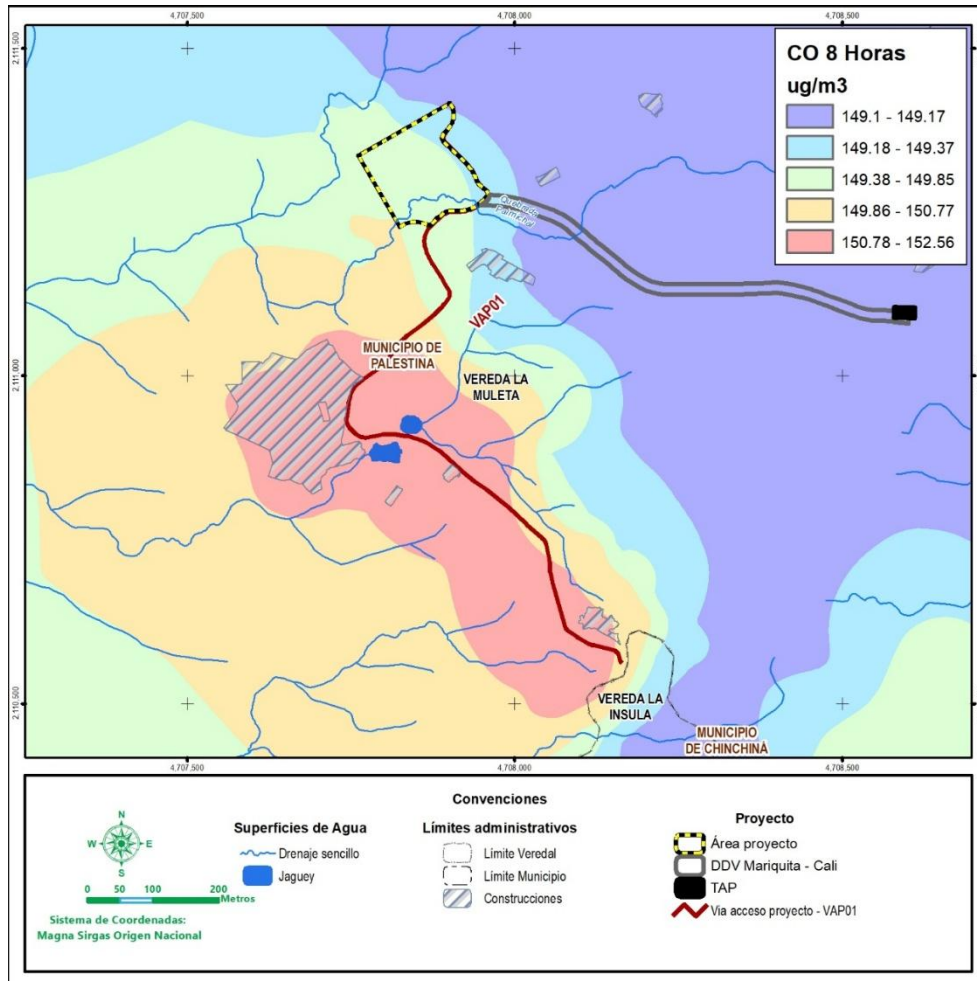
Figura 4-64 Modelo de dispersión de contaminantes CO 1 hora – Escenario 1



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	194

Figura 4-65 Modelo de dispersión de contaminantes CO 8 horas – Escenario 1



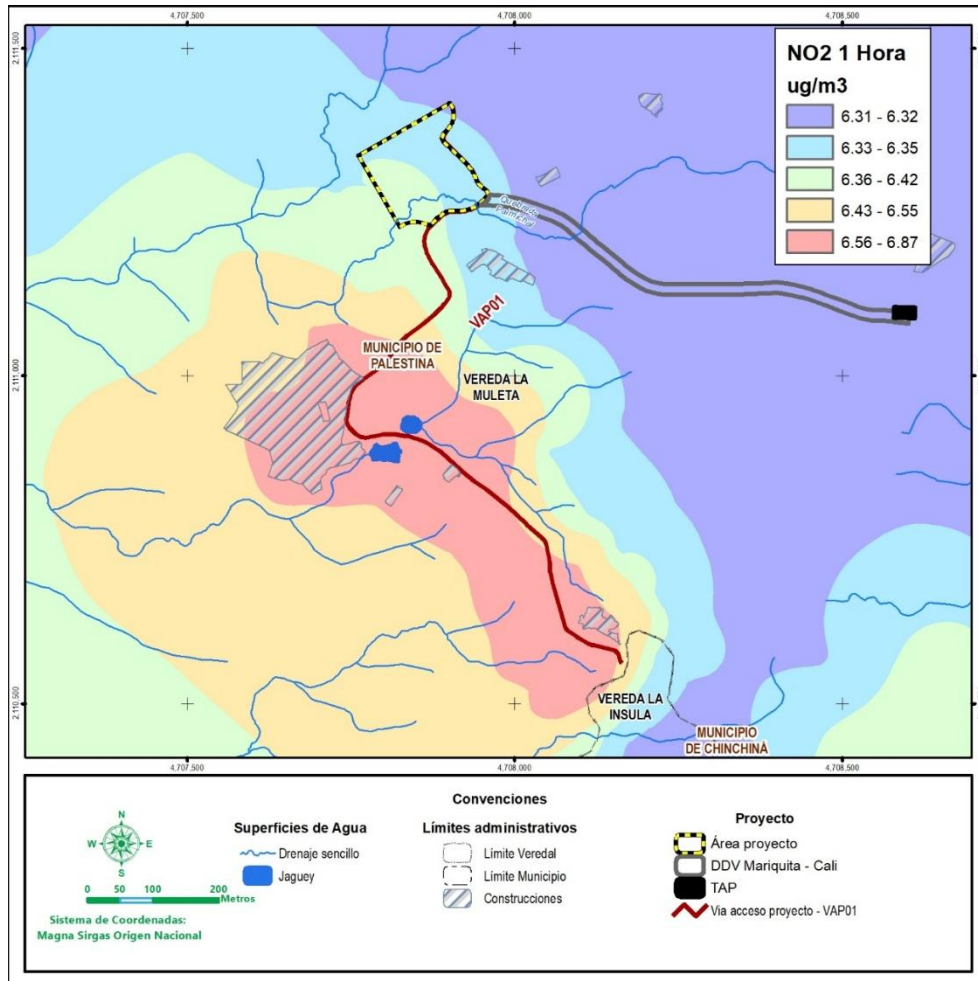
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.1.3 Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Para el NO<sub>2</sub> al igual que para CO la concentración es principalmente debido a las fuentes móviles actuales dentro del proyecto (Ver Figura 4-66 y Figura 4-67 )

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	195

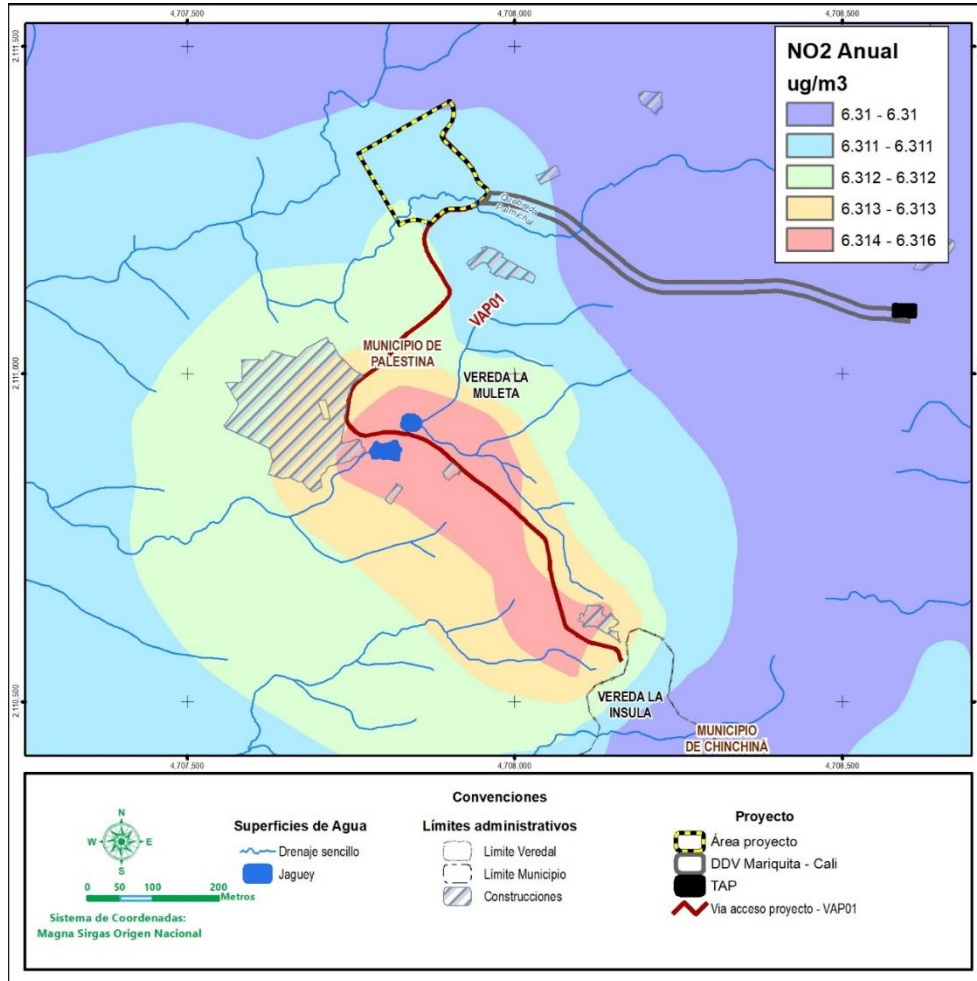
Figura 4-66 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 1 hora – Escenario 1



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	196

Figura 4-67 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 Anual – Escenario 1



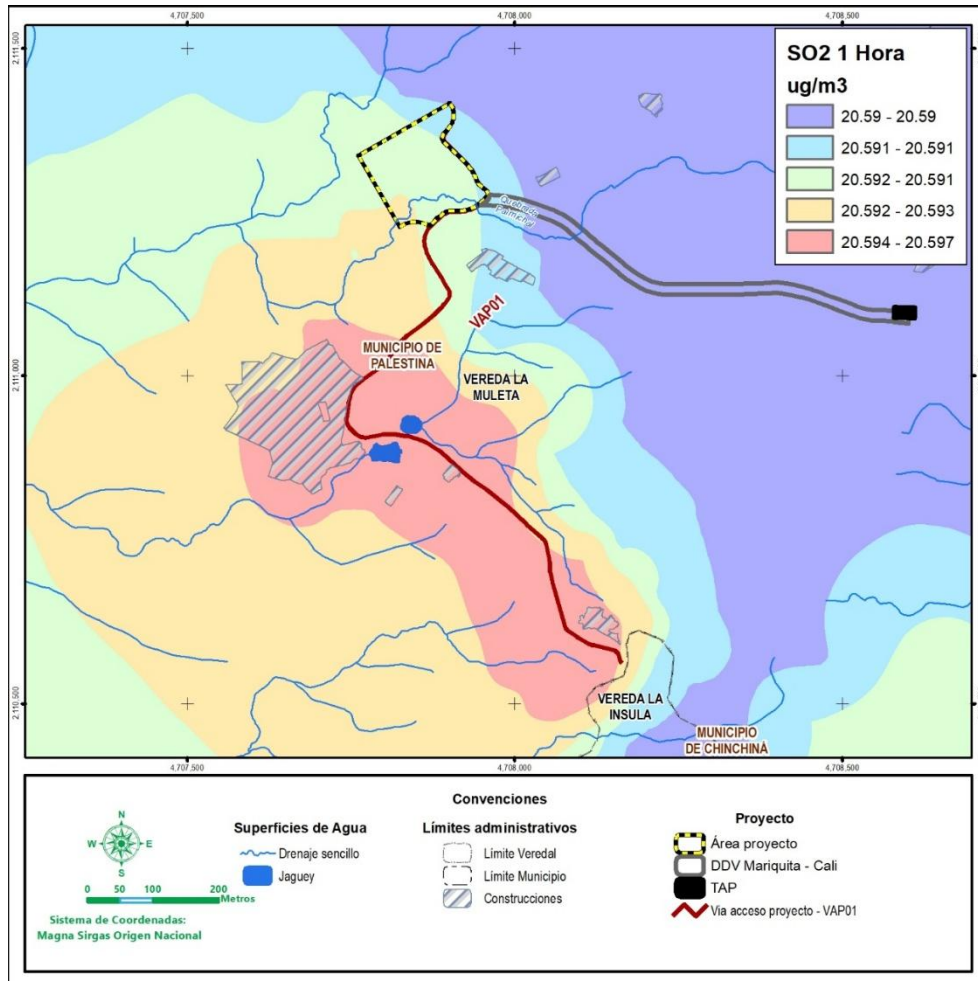
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.1.4 Dióxido de azufre (SO2)

Finalmente para SO2 se observan concentraciones bajas, principalmente debido a que las fuentes móviles no son una fuente considerable de este contaminante (Ver Figura 4-68 y Figura 4-69)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	197

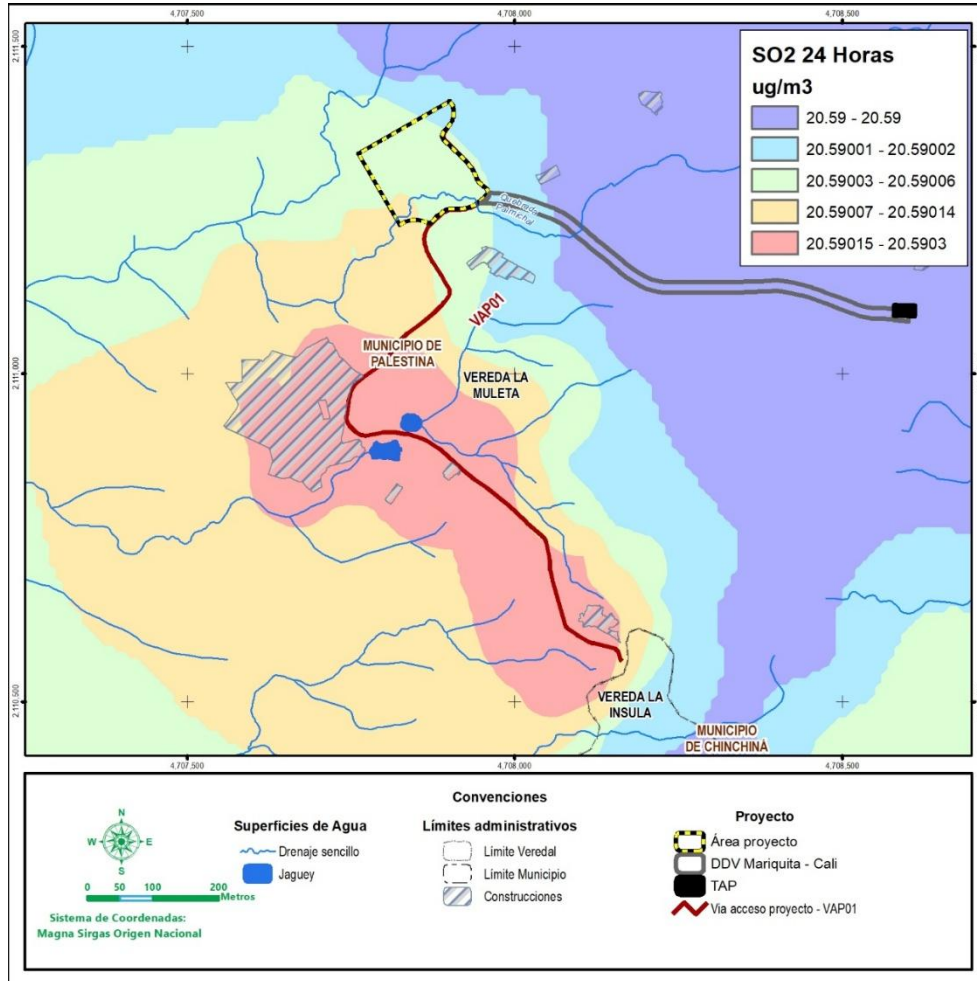
Figura 4-68 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 1 hora – Escenario 1



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	198

Figura 4-69 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 24 Horas – Escenario 1



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

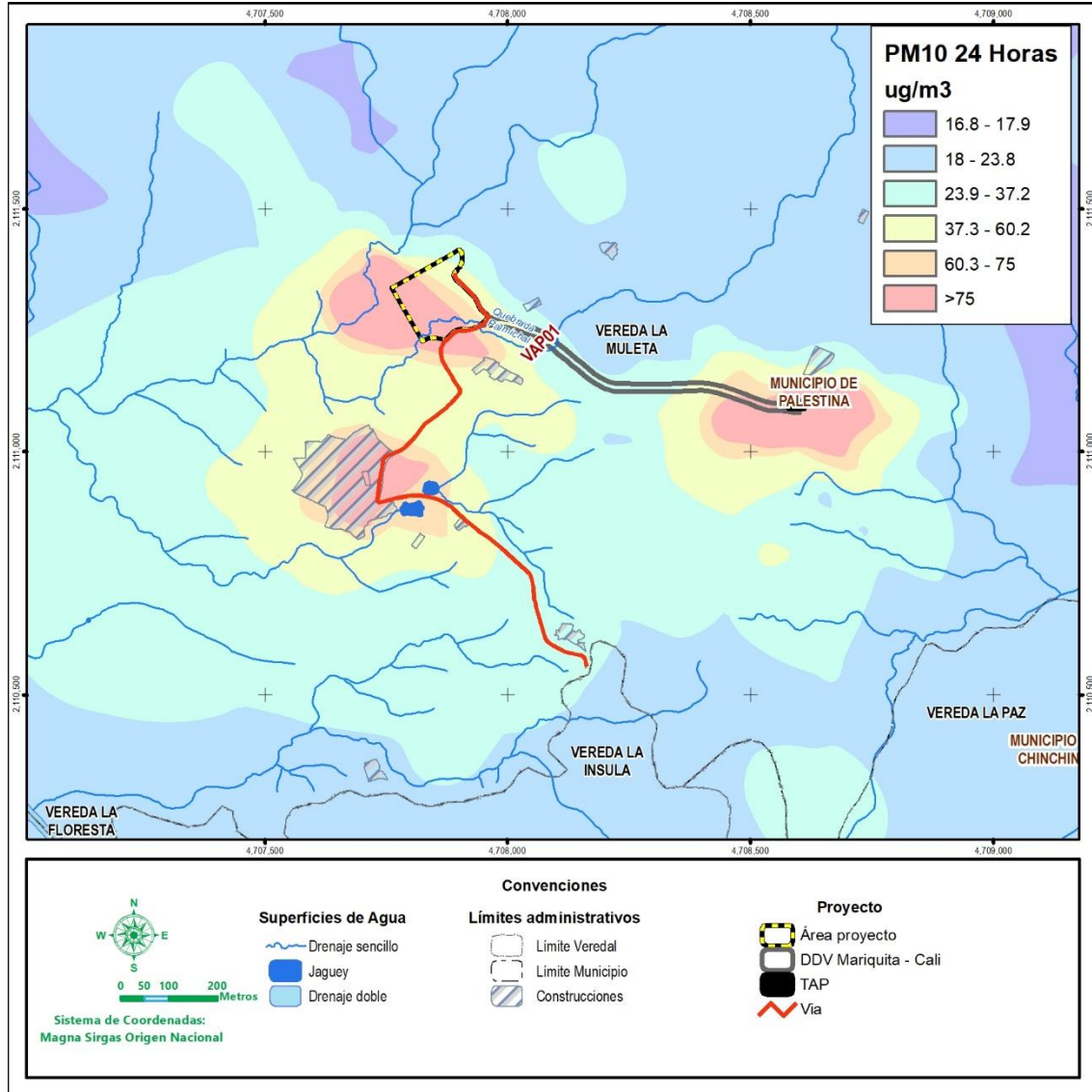
#### 4.8.9.2 Escenario 2: Construcción

##### 4.8.9.2.1 Material particulado

Se evidencia el aumento de las concentraciones, principalmente debido a la construcción de la infraestructura (Ver Figura 4-70, Figura 4-71, Figura 4-72 y Figura 4-73).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	199

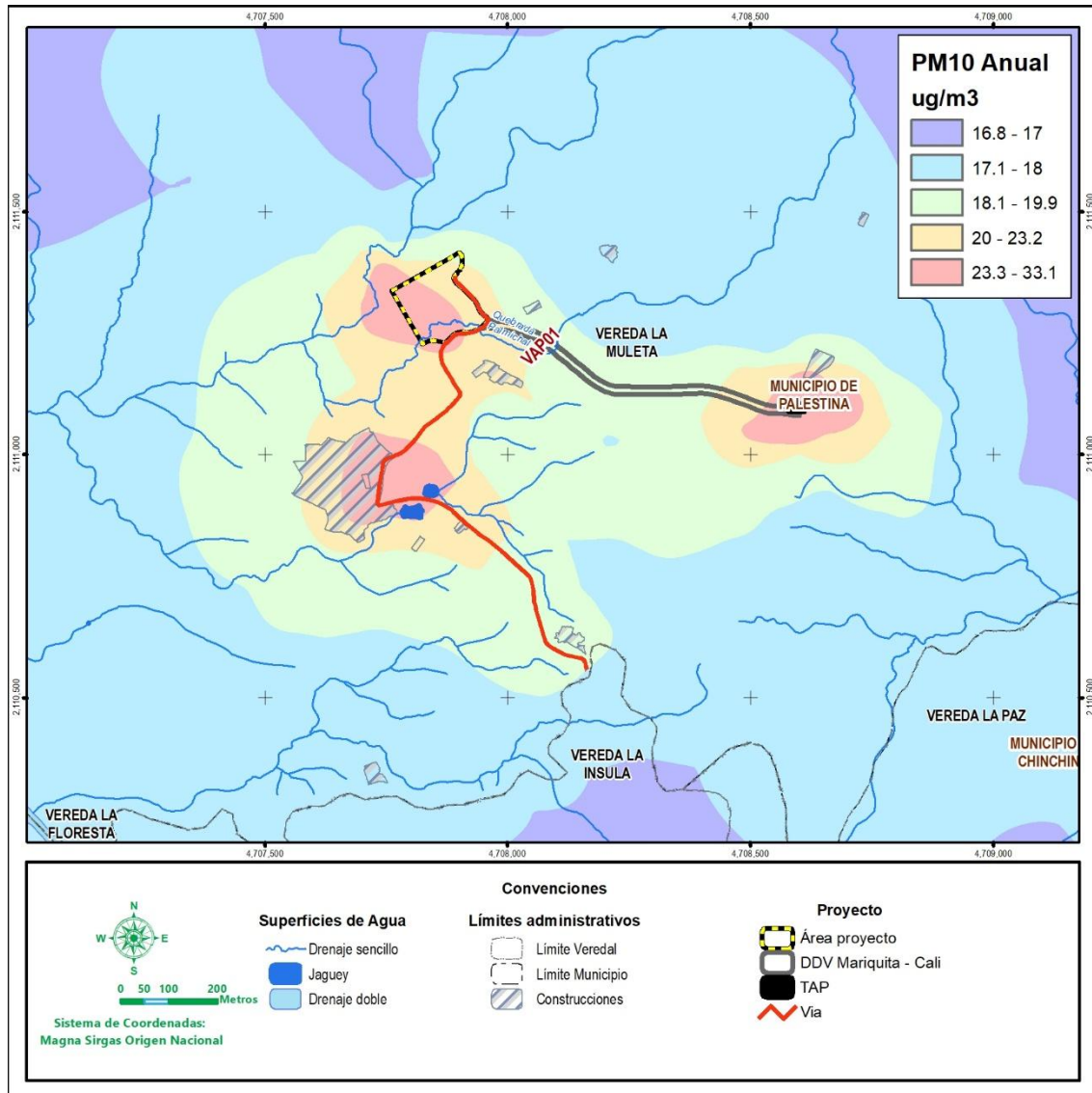
Figura 4-70 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 24 horas – Escenario 2 – sin medidas de control



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	200

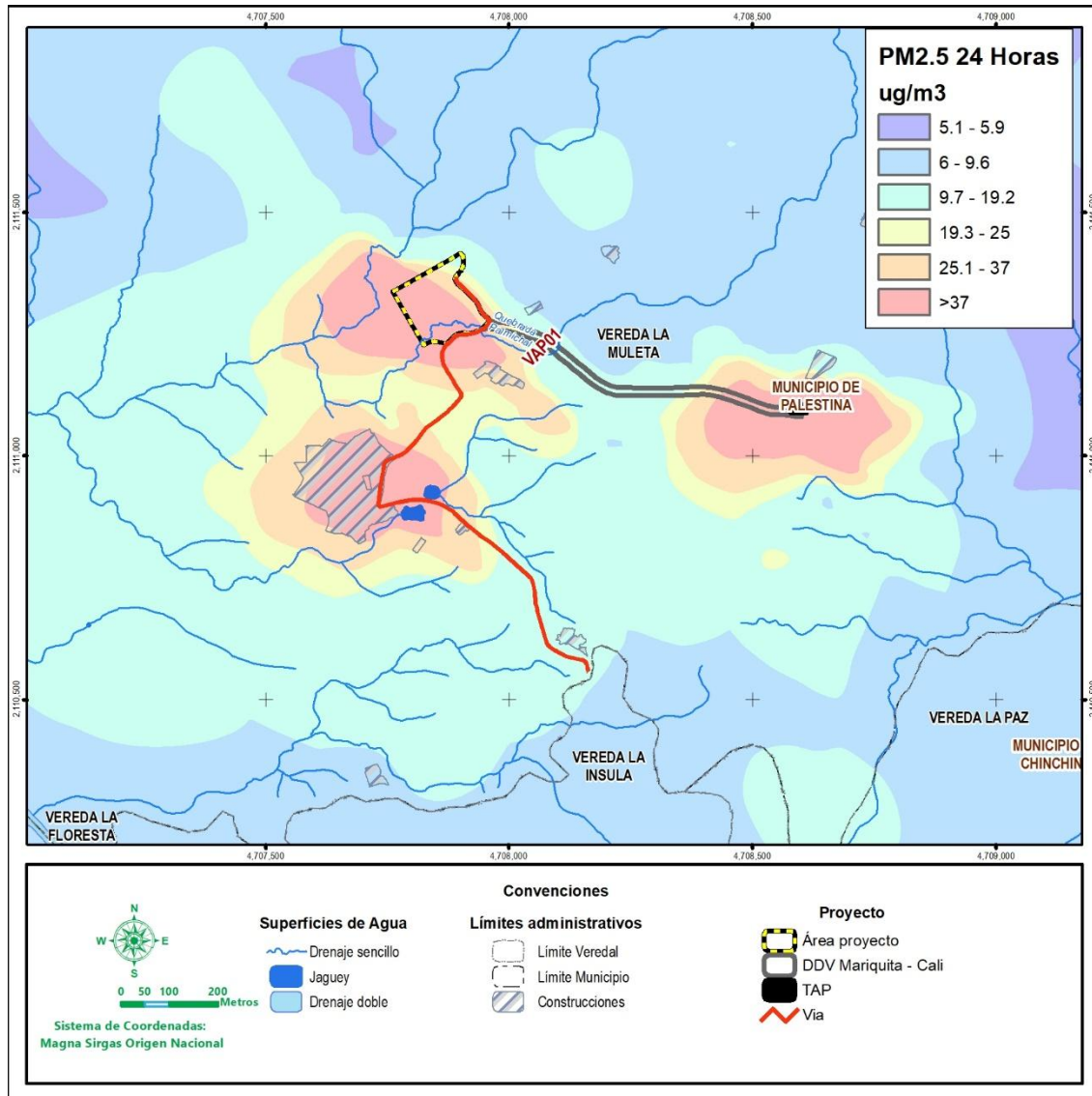
**Figura 4-71 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 anual – Escenario 2 – sin medidas de control**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	201

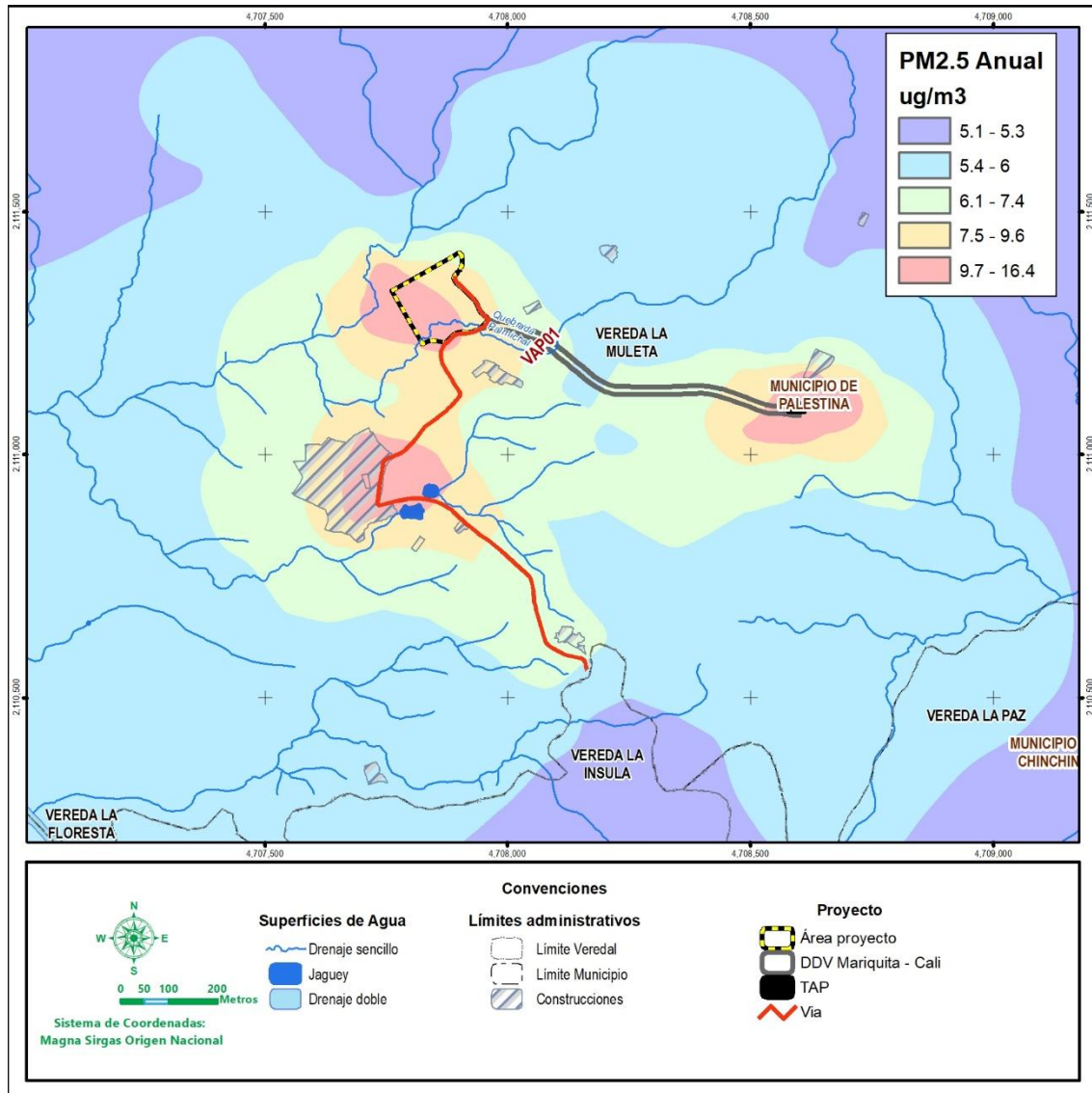
**Figura 4-72 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 24 horas – Escenario 2 – sin medidas de control**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	202

**Figura 4-73 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 anual – Escenario 2 – sin medidas de control**

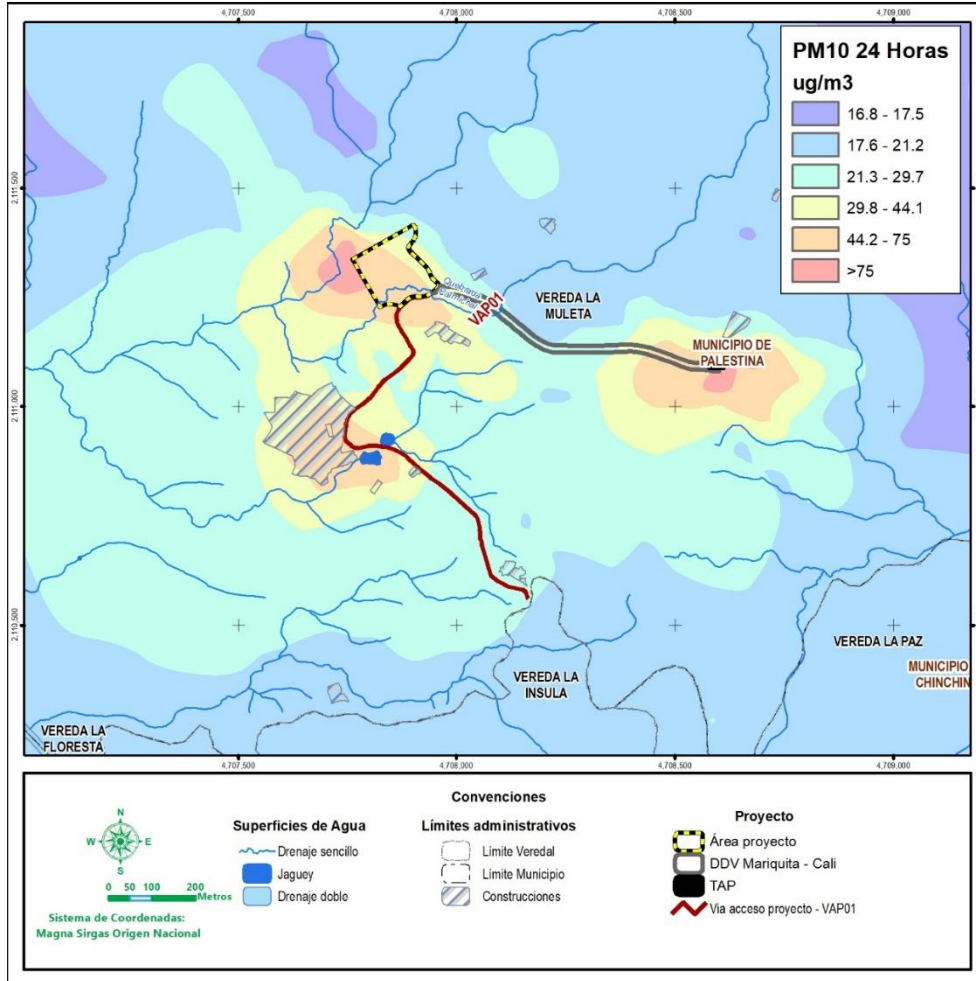


Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para este escenario se plantea la aplicación de medidas de control, encaminadas a la mitigación del material particulado principalmente por el riego de vías y material en las zonas de construcción, esto se traduce en una disminución considerable en los resultados de concentración que se evidencian en las siguientes figuras (Figura 4-74, Figura 4-75, Figura 4-76 y Figura 4-77)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	203

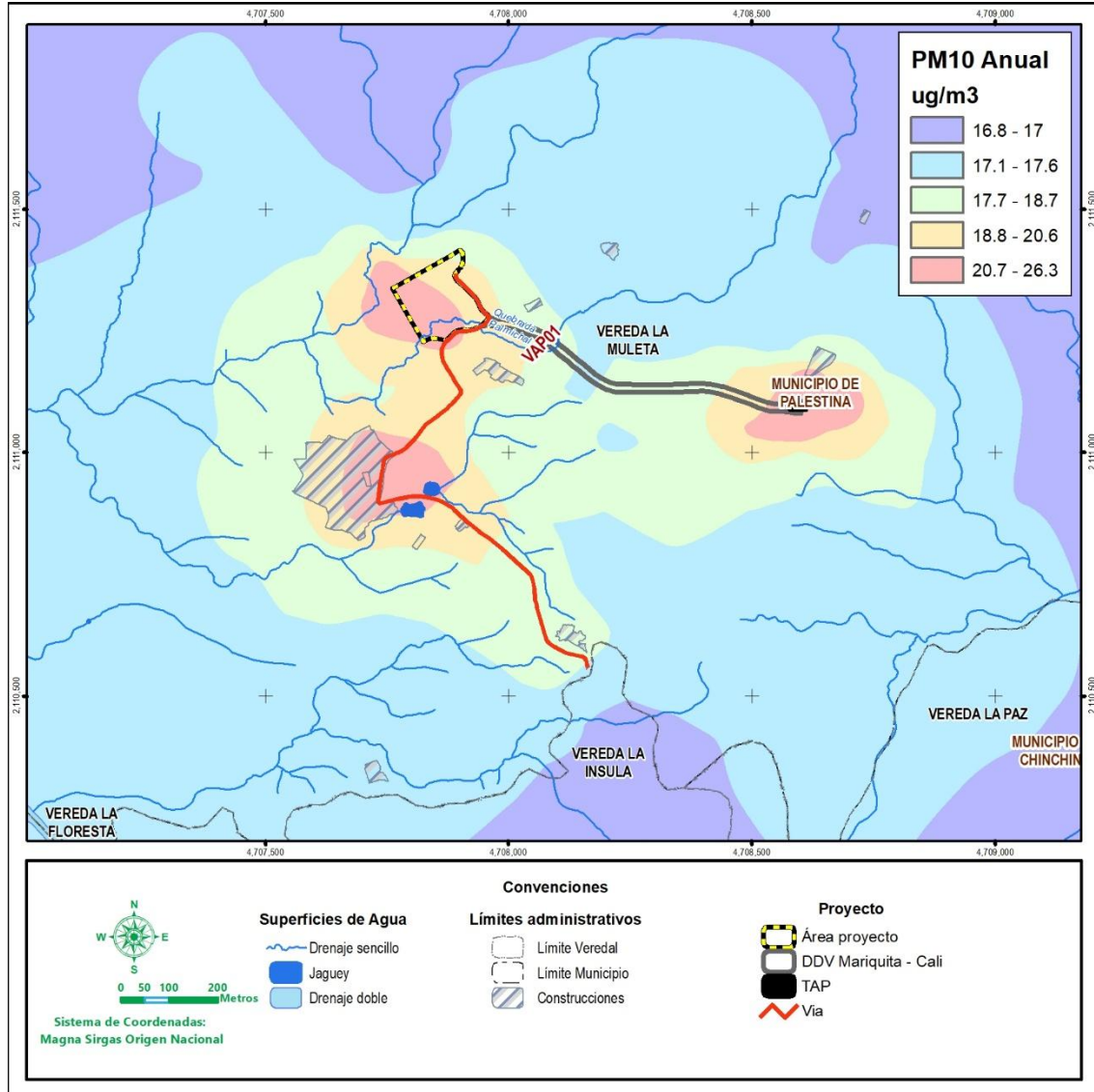
Figura 4-74 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 24 horas – Escenario 2 –  
con medidas de control



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	204

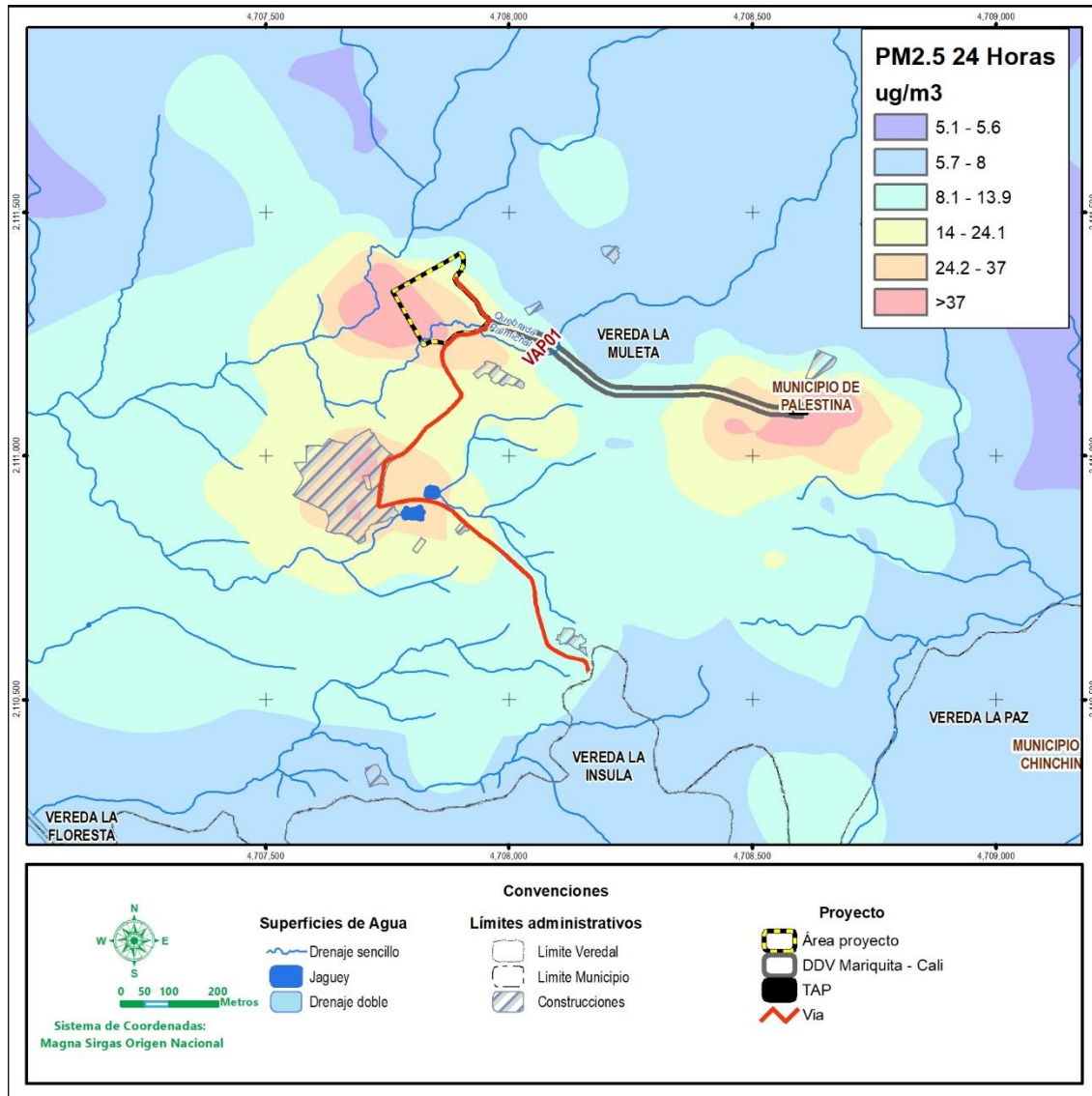
**Figura 4-75 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 anual – Escenario 2 – con medidas de control**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	205

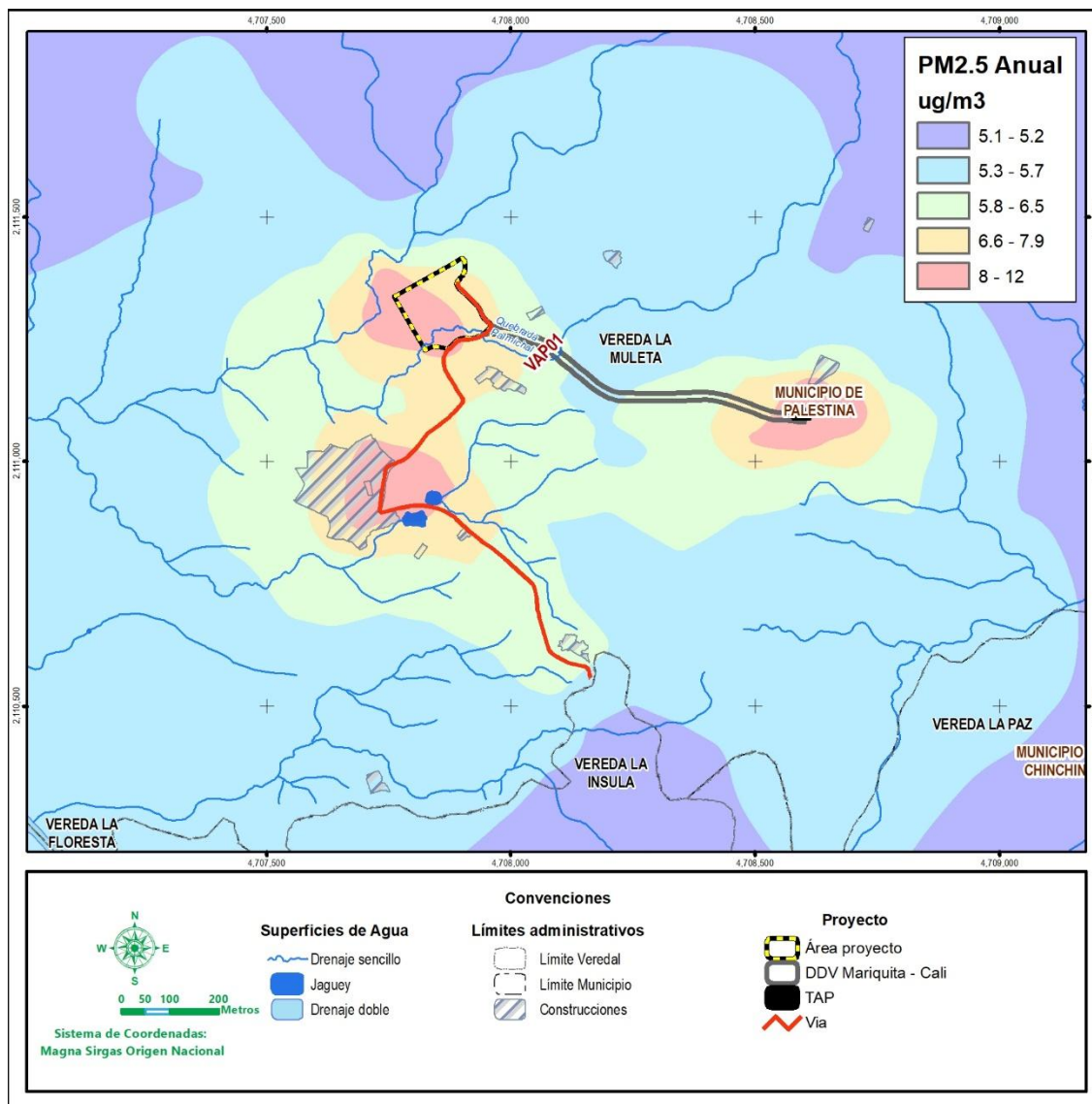
Figura 4-76 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 24 horas – Escenario 2 – con medidas de control



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	206

**Figura 4-77 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 anual – Escenario 2 – con medidas de control**



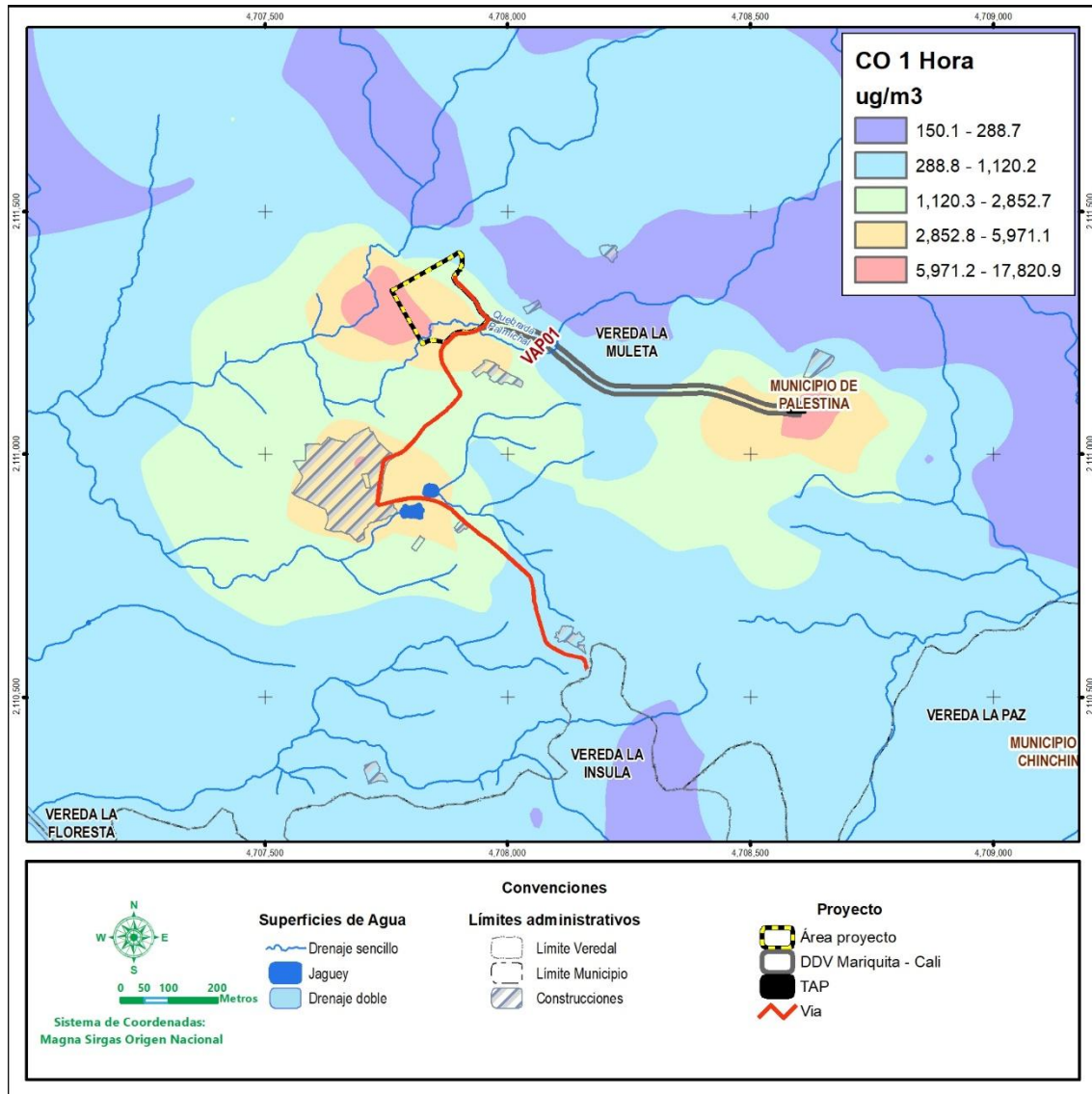
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.2.2 Monóxido de carbono (CO)

Para el CO, se evidencia un aumento en la concentración, principalmente por el uso de la maquinaria en las zonas de construcción, sin embargo los resultados corroboran un bajo impacto respecto a este contaminante (Ver Figura 4-78 y Figura 4-79)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	207

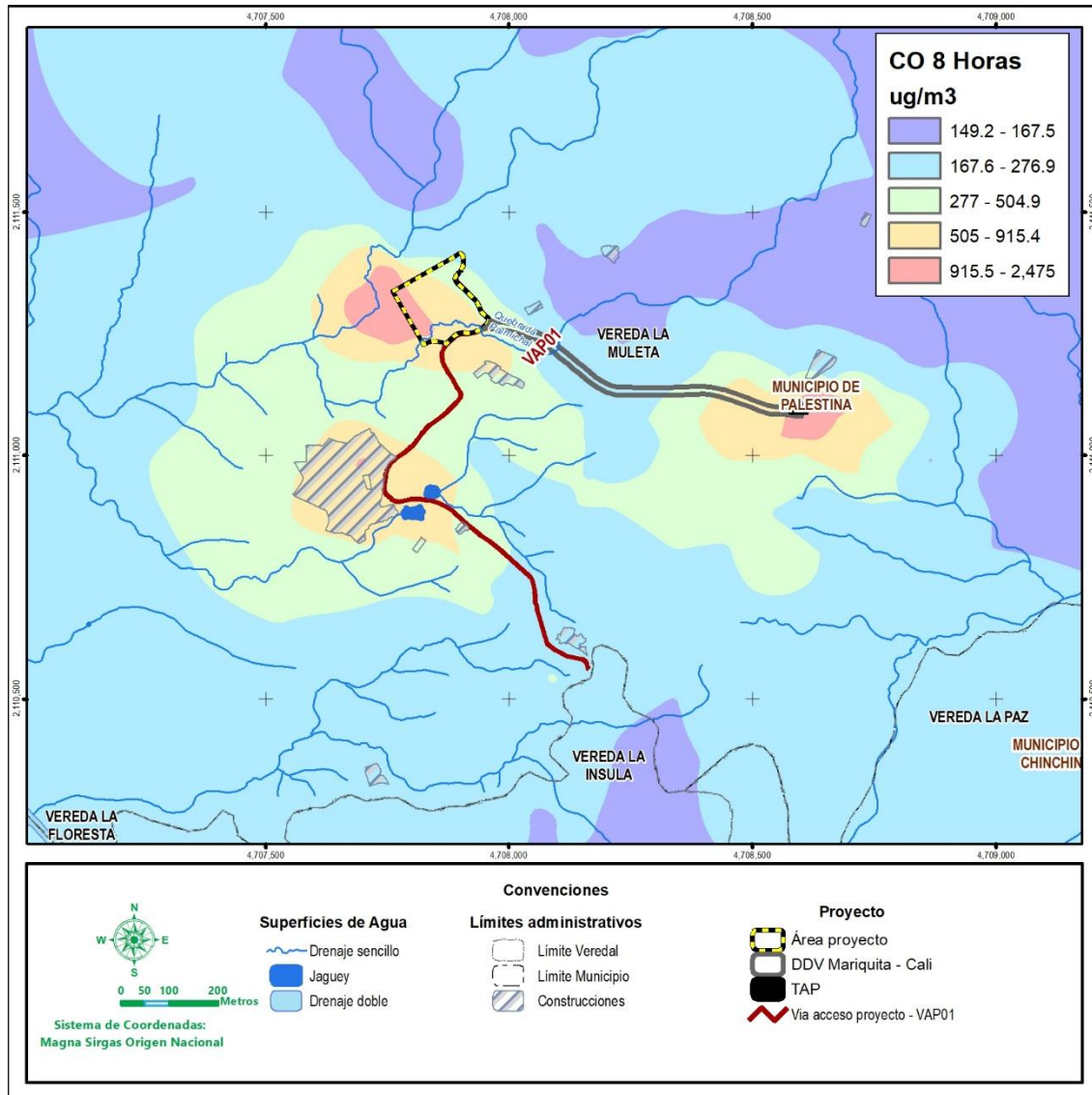
Figura 4-78 Modelo de dispersión de contaminantes CO 1 hora – Escenario 2



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	208

**Figura 4-79 Modelo de dispersión de contaminantes CO 8 Horas – Escenario 2**



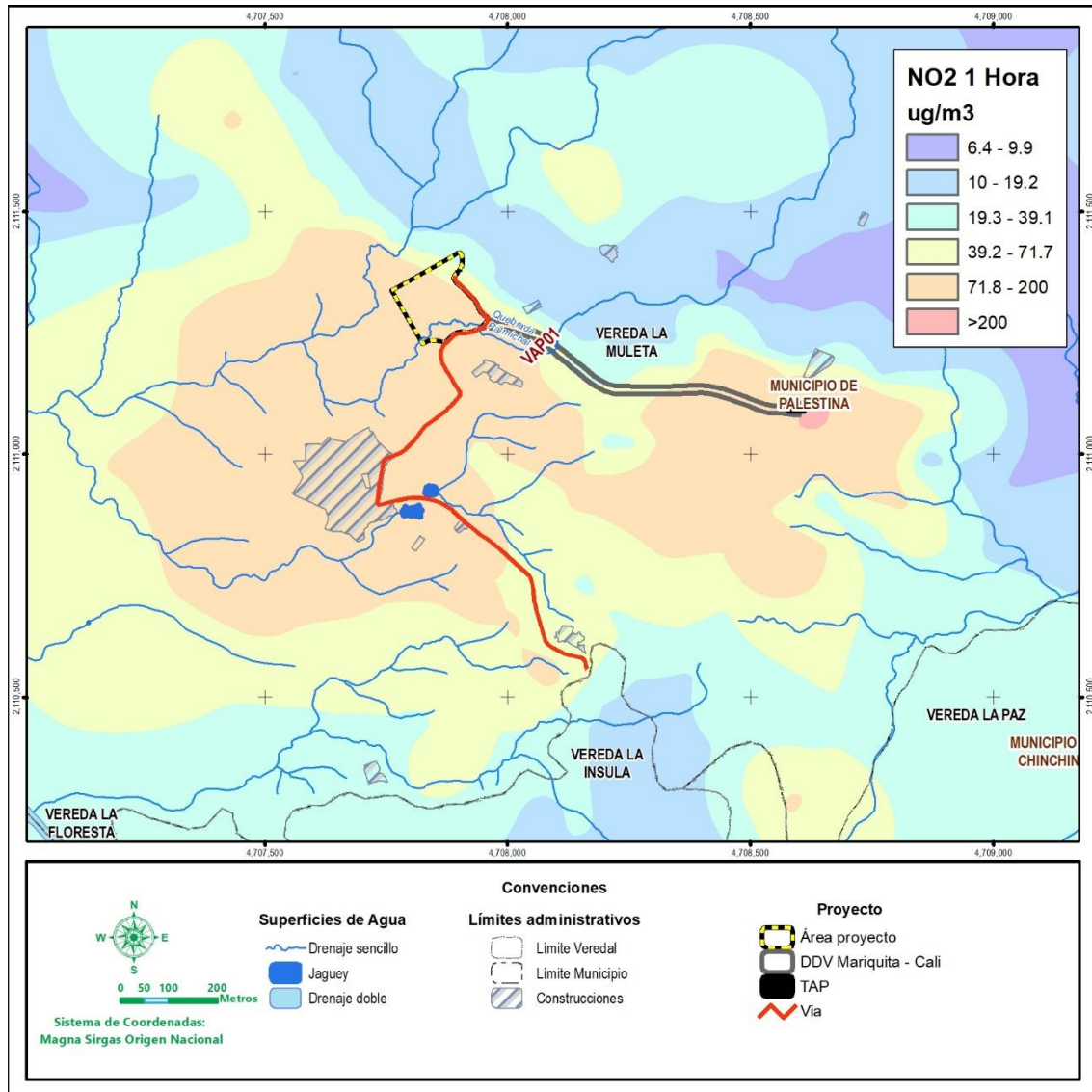
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.2.3 Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Para el NO<sub>2</sub> se observa un aumento en la concentración, principalmente debido a la maquinaria en las labores constructivas, sin embargo, se corrobora que la concentración máxima es inferior a los estándares expuestos en la Resolución 2254 de 2017, lo que implicaría que NO existiría afectación por este contaminante (Ver Figura 4-80 y Figura 4-81)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	209

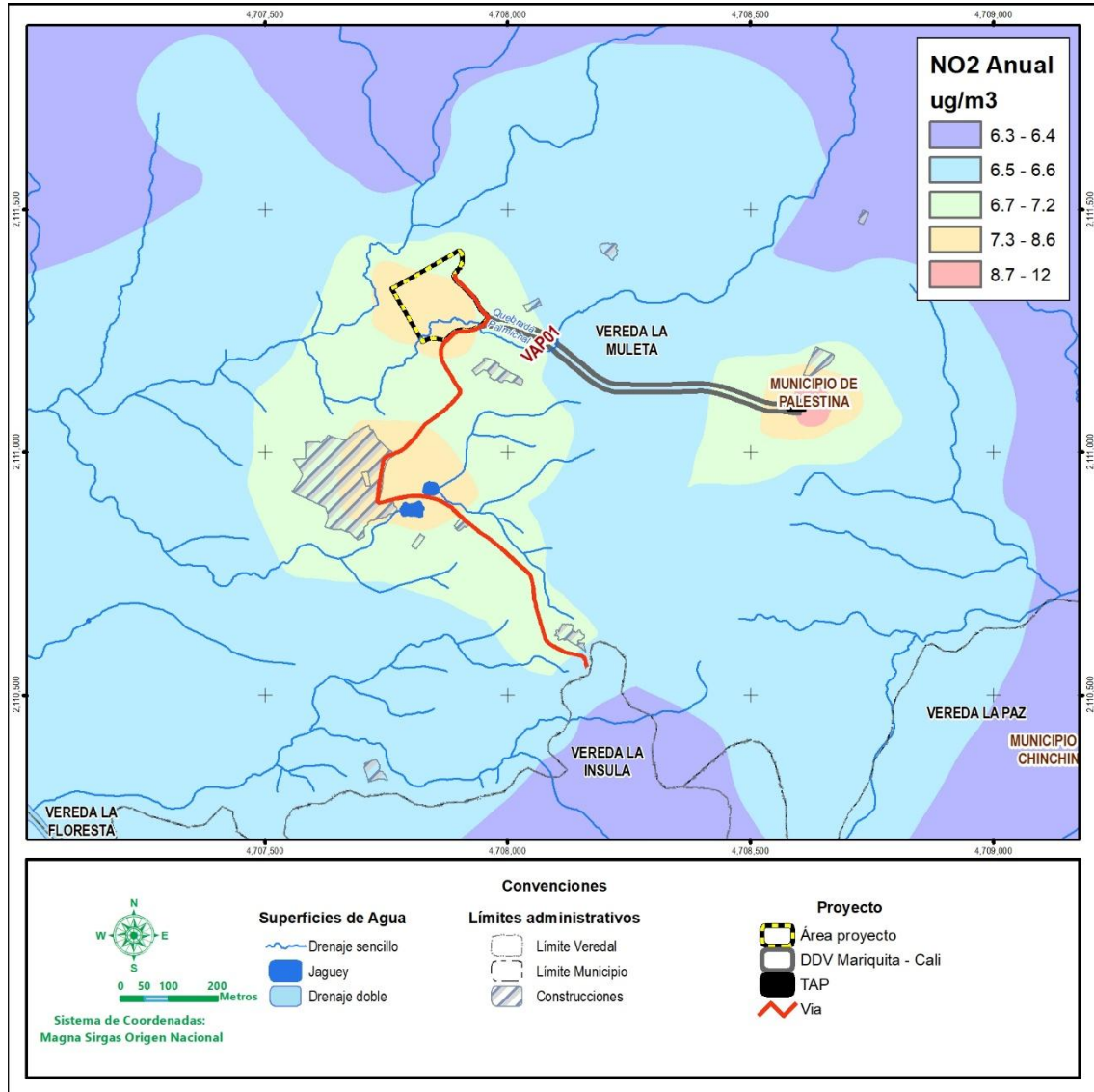
Figura 4-80 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 1 hora – Escenario 2



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	210

**Figura 4-81 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 Anual – Escenario 2**



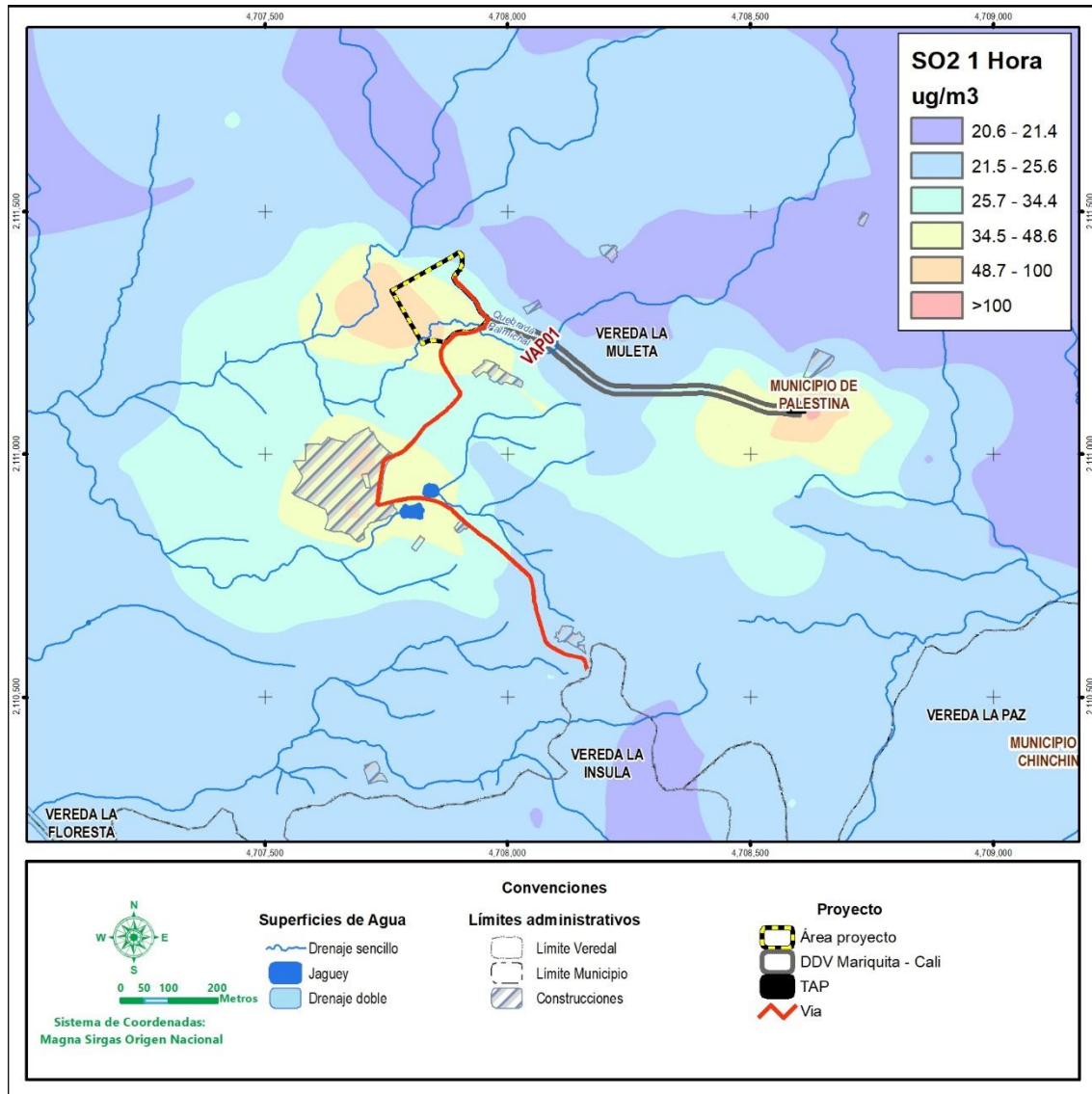
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.2.4 Dióxido de Azufre (SO2)

Finalmente, para SO<sub>2</sub> se observan concentraciones elevadas para tiempos de exposición cortos, principalmente por el uso de la maquinaria en las zonas de intervención (ver Figura 4-82 y Figura 4-83).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	211

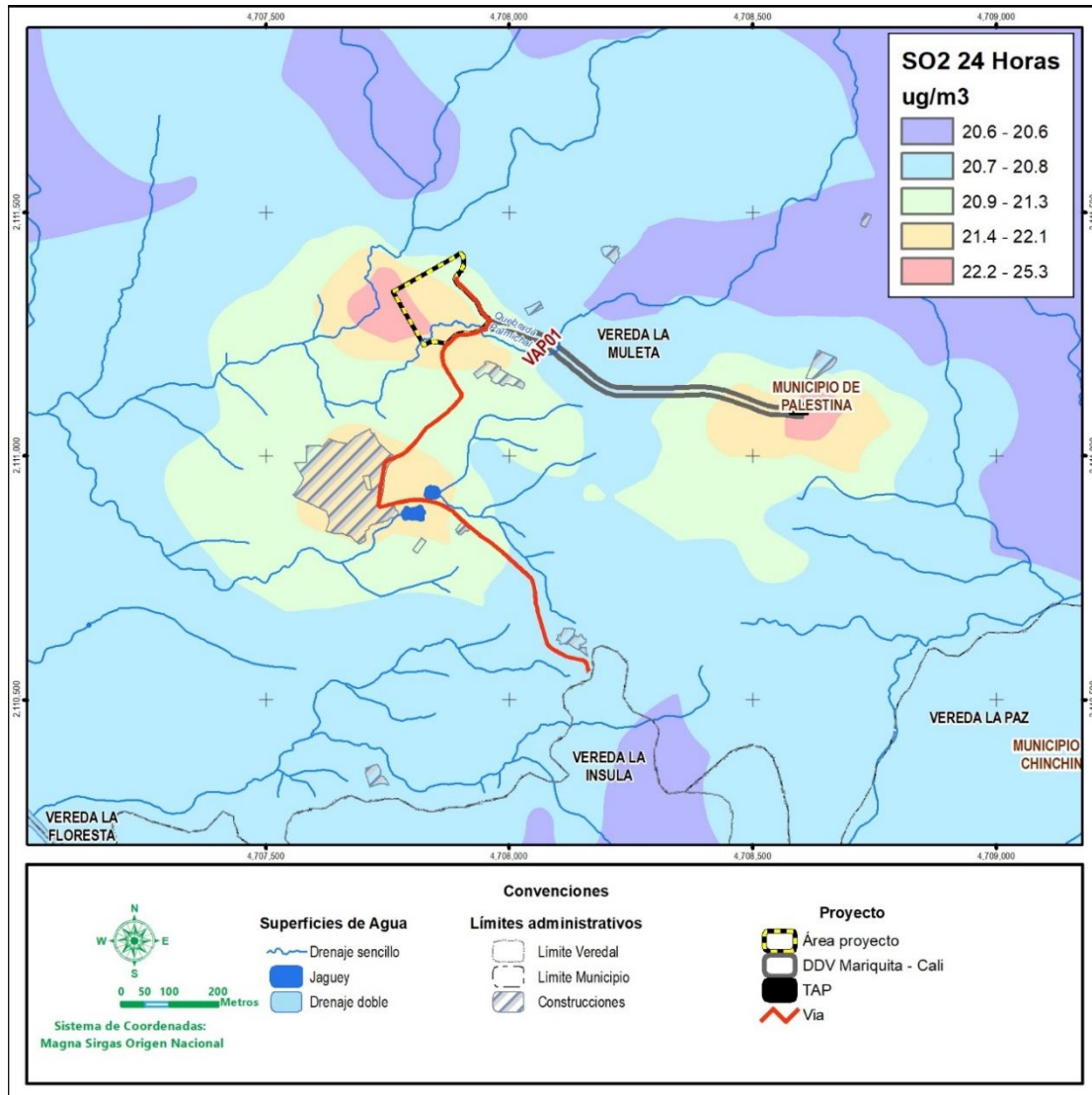
Figura 4-82 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 1 hora – Escenario 2



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	212

**Figura 4-83 Modelo de dispersión de contaminantes SO<sub>2</sub> 24 horas – Escenario 2**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

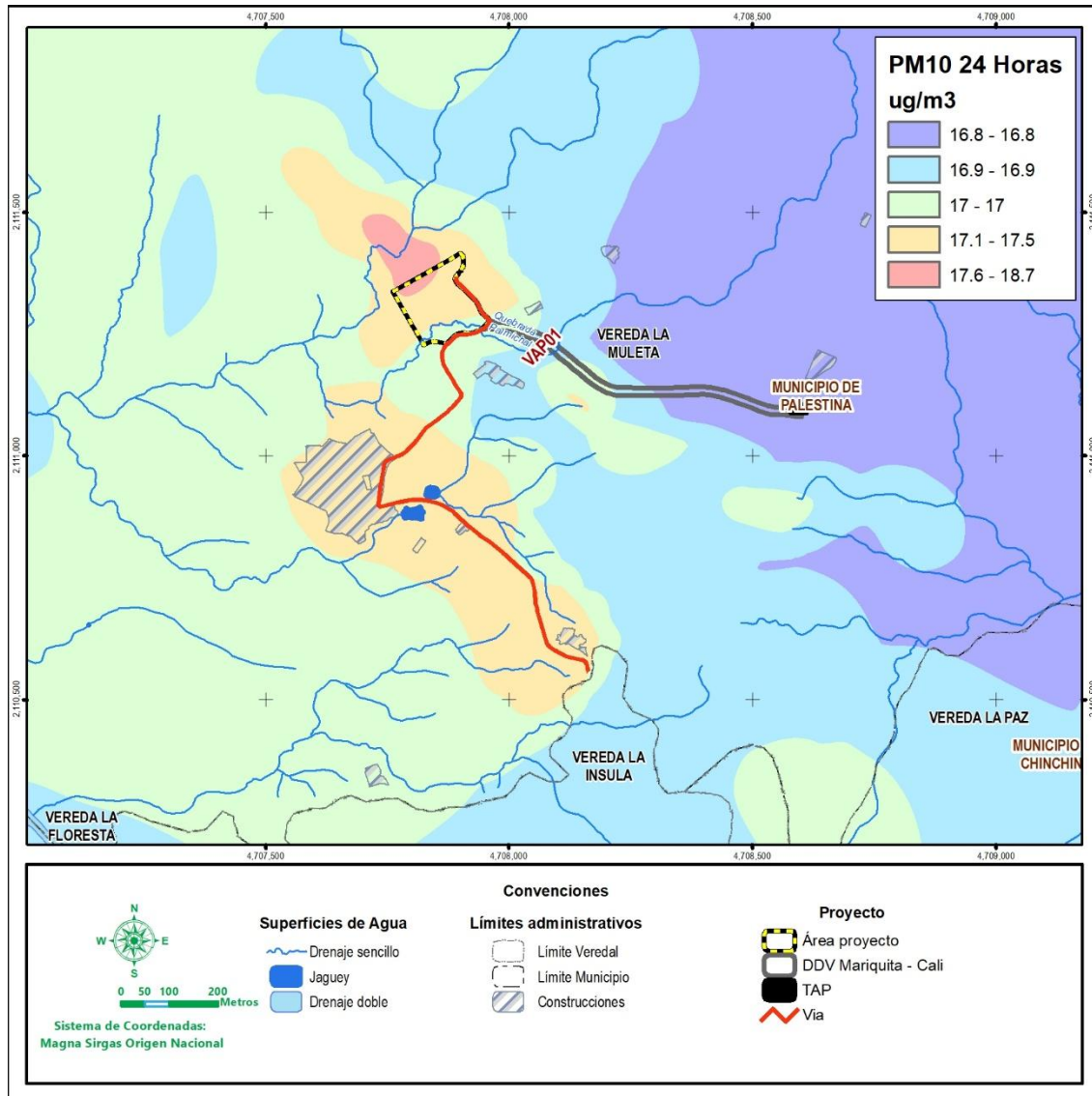
### 4.8.9.3 Escenario 3: Operación

#### 4.8.9.3.1 Material particulado

Se evidencia que el principal impacto es por las fuentes fijas dentro de la ECG Palestina, sin embargo las concentraciones son muy bajas lo que indican la no afectación a las comunidades aledañas (Ver Figura 4-84, Figura 4-85, Figura 4-86 y Figura 4-87).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	213

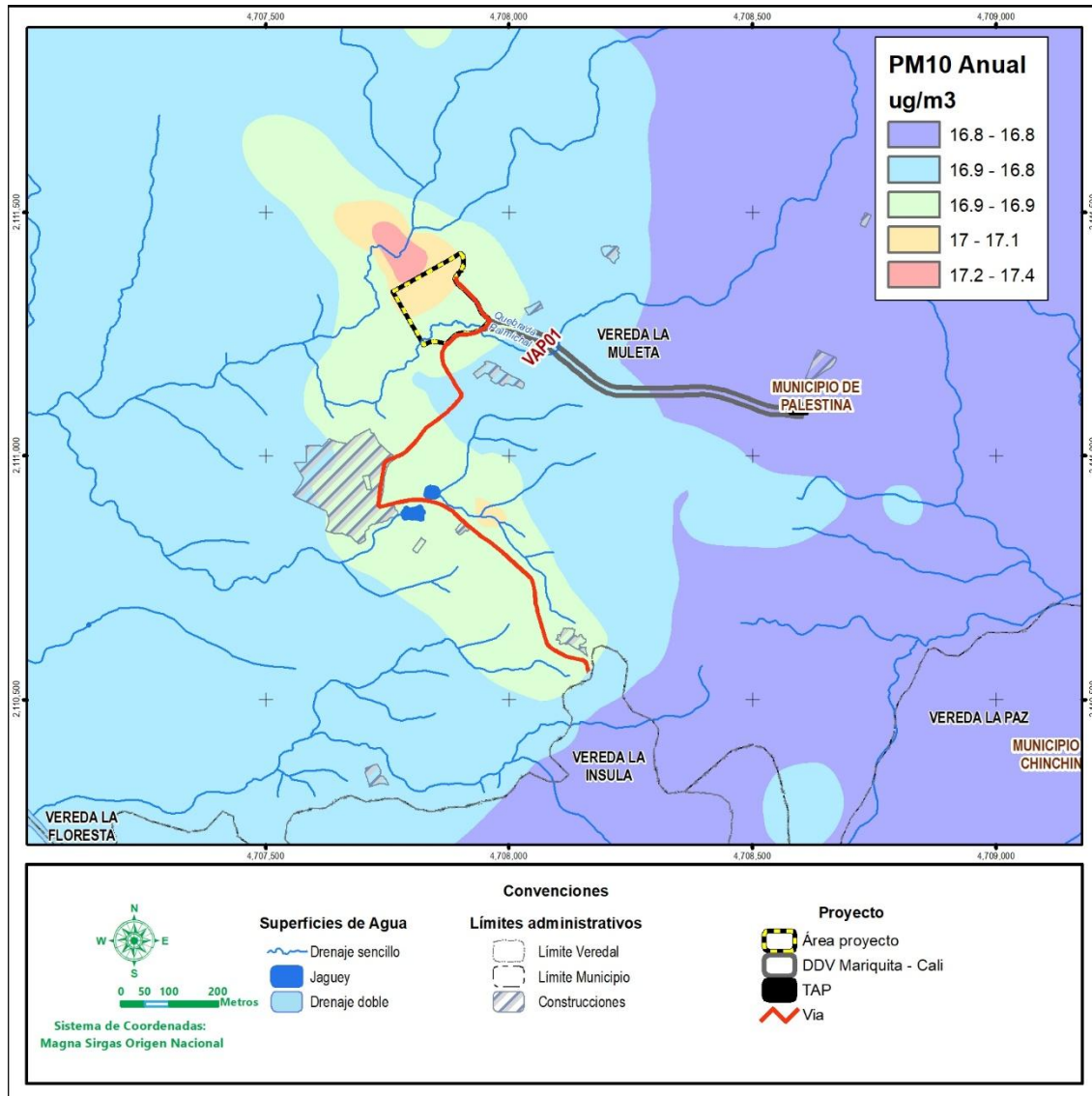
Figura 4-84 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 24 horas – Escenario 3 – sin medidas de control



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	214

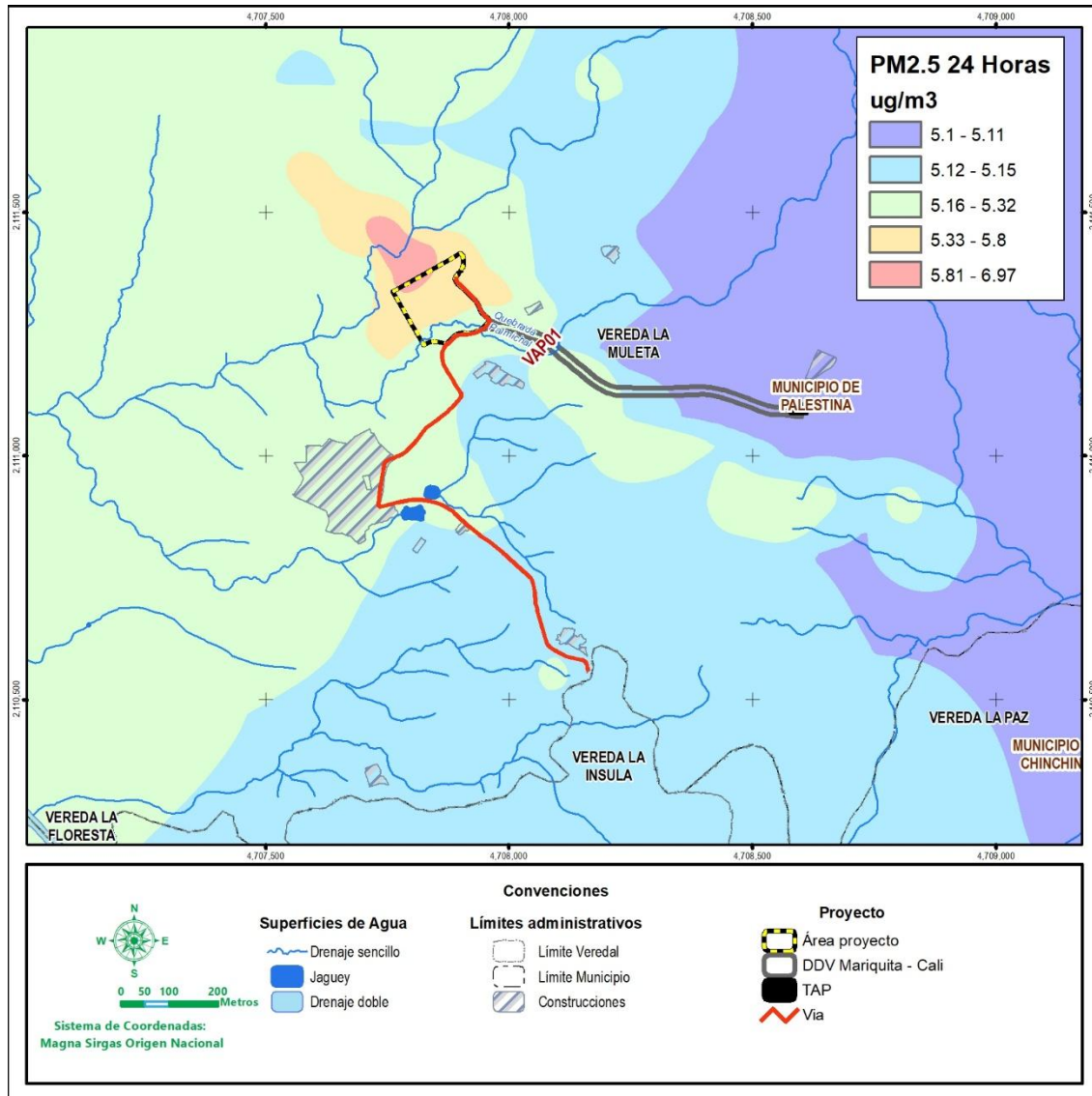
**Figura 4-85 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 anual – Escenario 3 – sin medidas de control**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	215

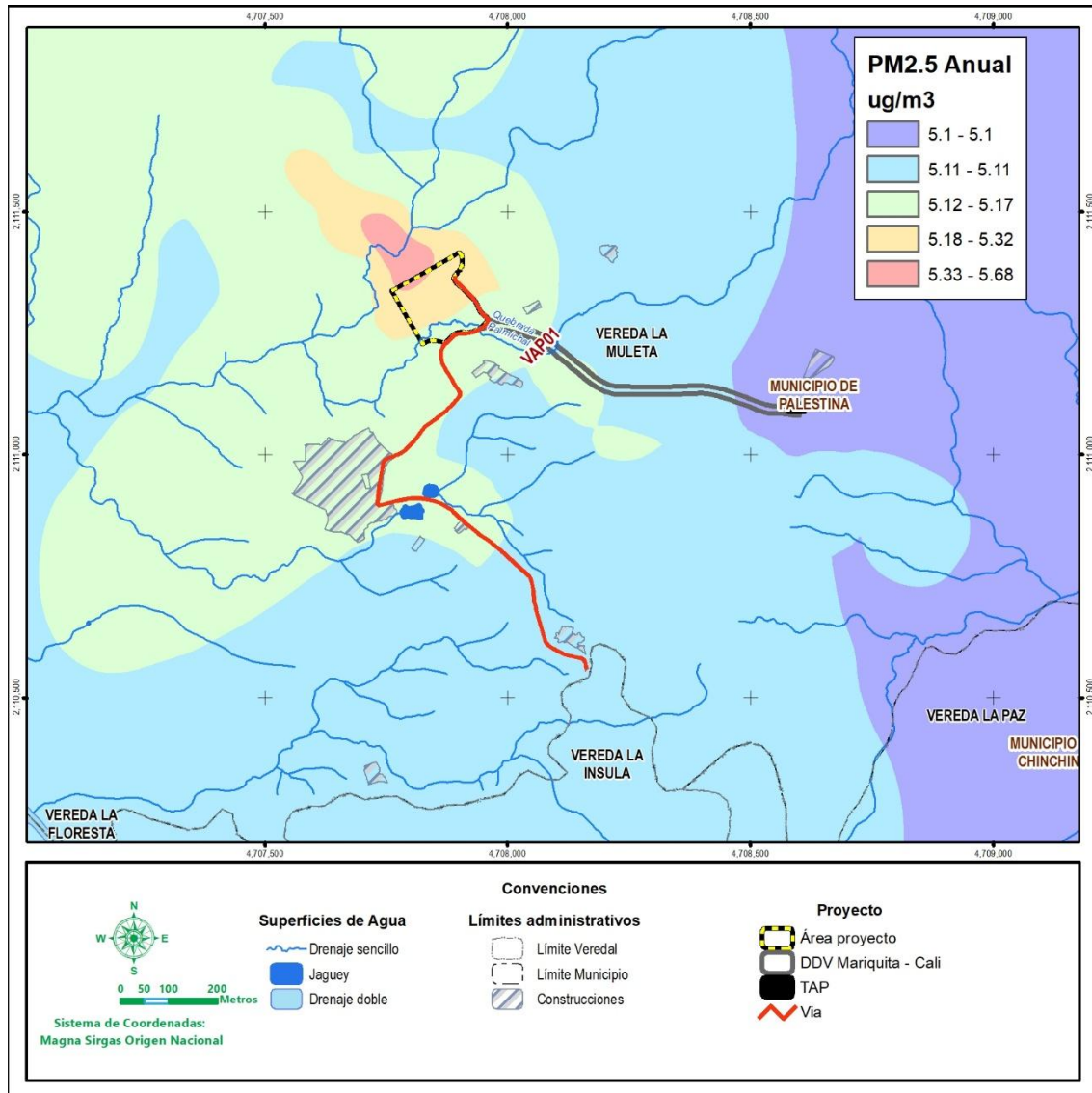
**Figura 4-86 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 24 horas – Escenario 3 – sin medidas de control**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	216

**Figura 4-87 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 anual – Escenario 3 – sin medidas de control**

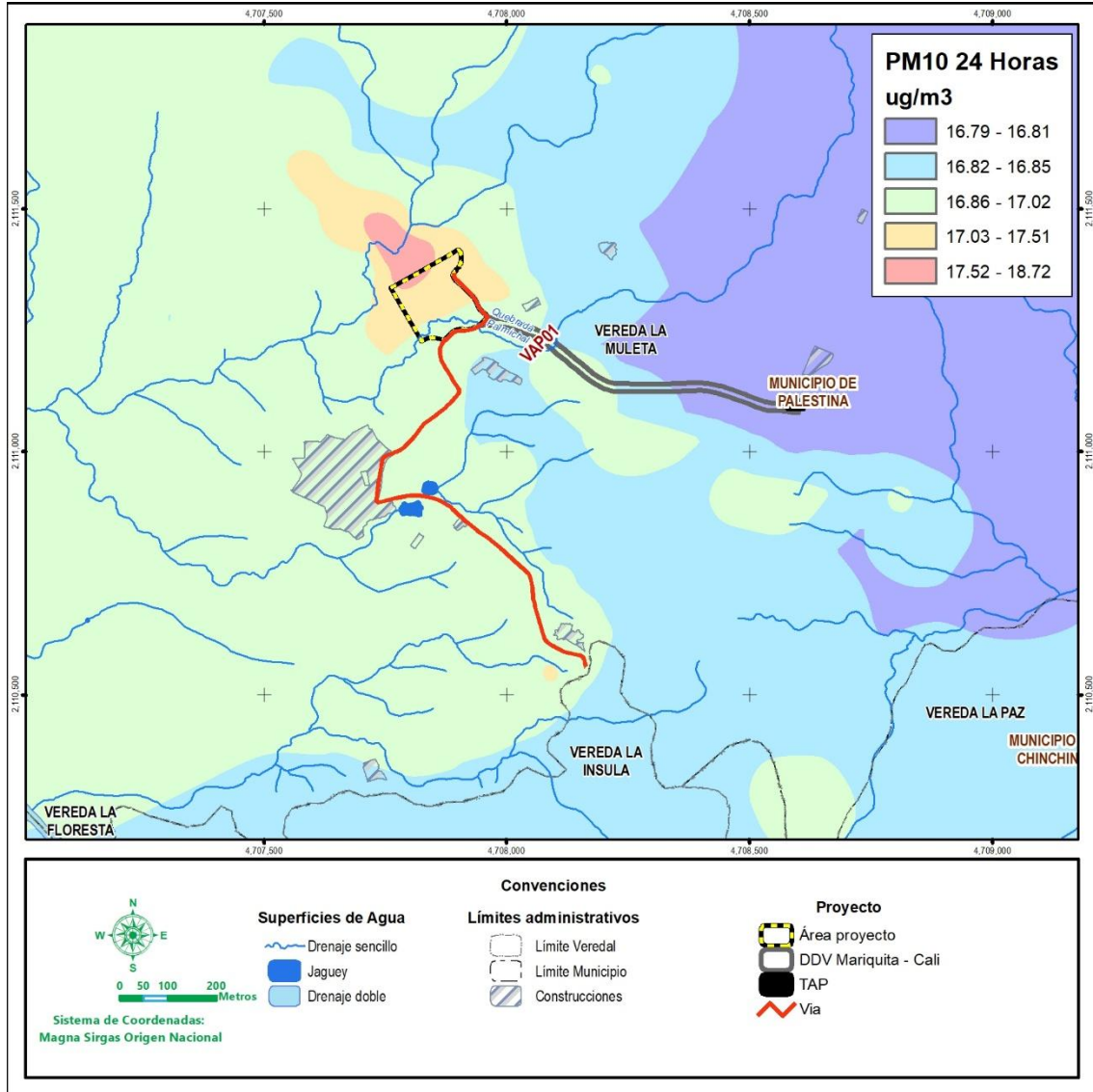


Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para este escenario se plantea la aplicación de medidas de control, encaminadas a la mitigación del material particulado por el riego de vías, esto se traduce en una disminución considerable en los resultados de concentración que se evidencian en las siguientes figuras (Figura 4-88, Figura 4-89, Figura 4-90 y Figura 4-91).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	217

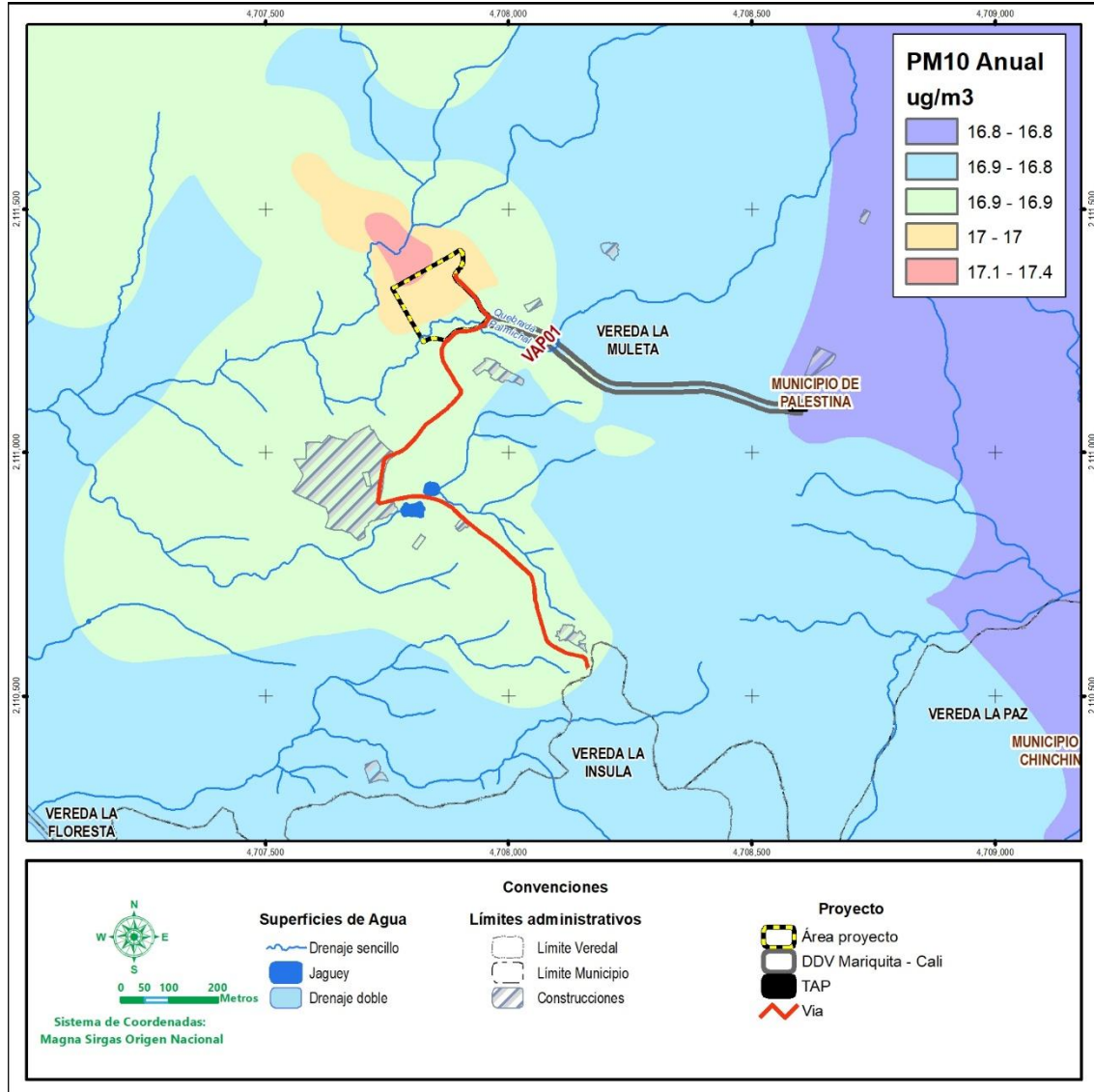
**Figura 4-88 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 24 horas – Escenario 3 – con medidas de control**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	218

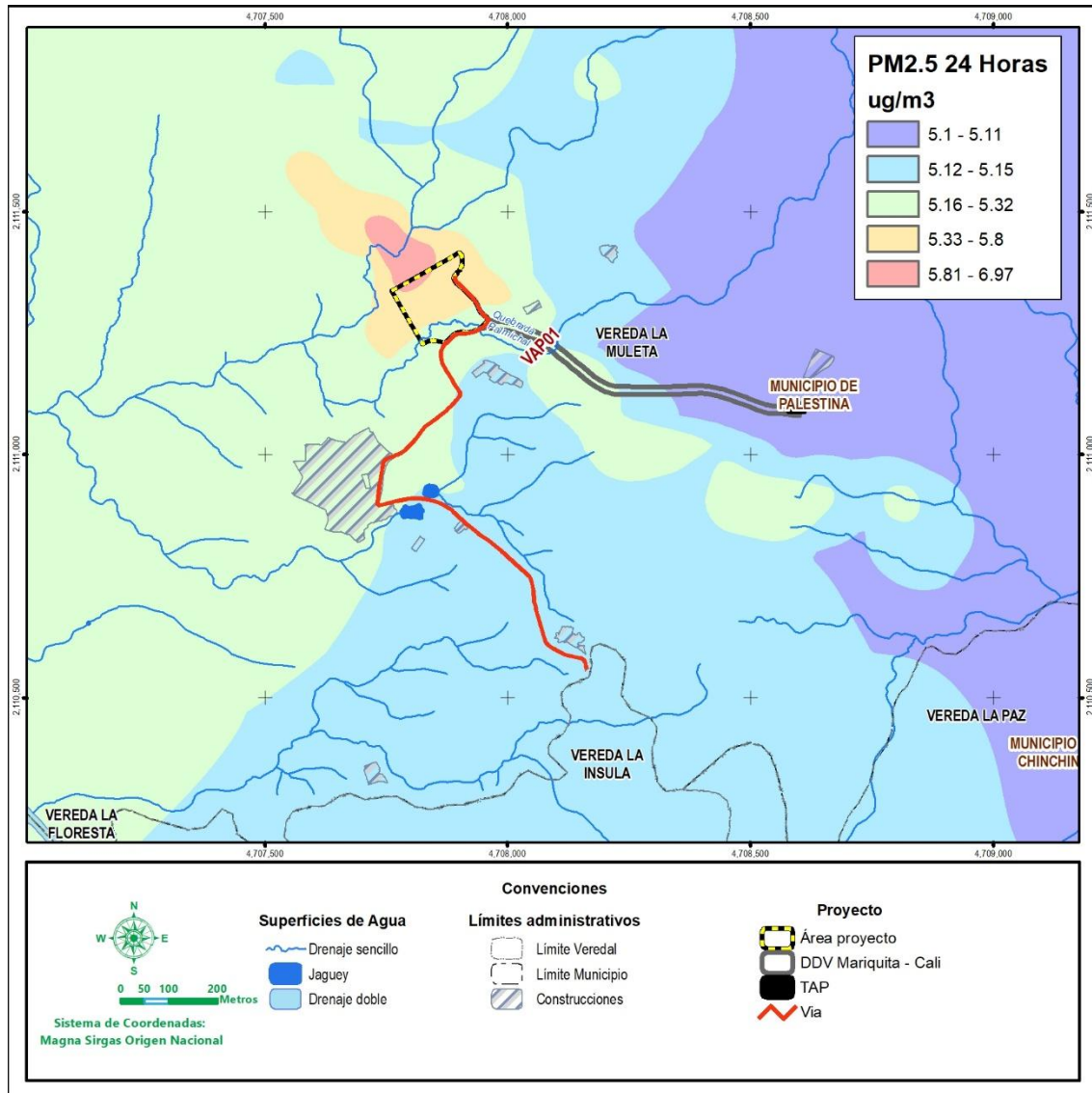
**Figura 4-89 Modelo de dispersión de contaminantes PM10 anual – Escenario 3 – con medidas de control**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	219

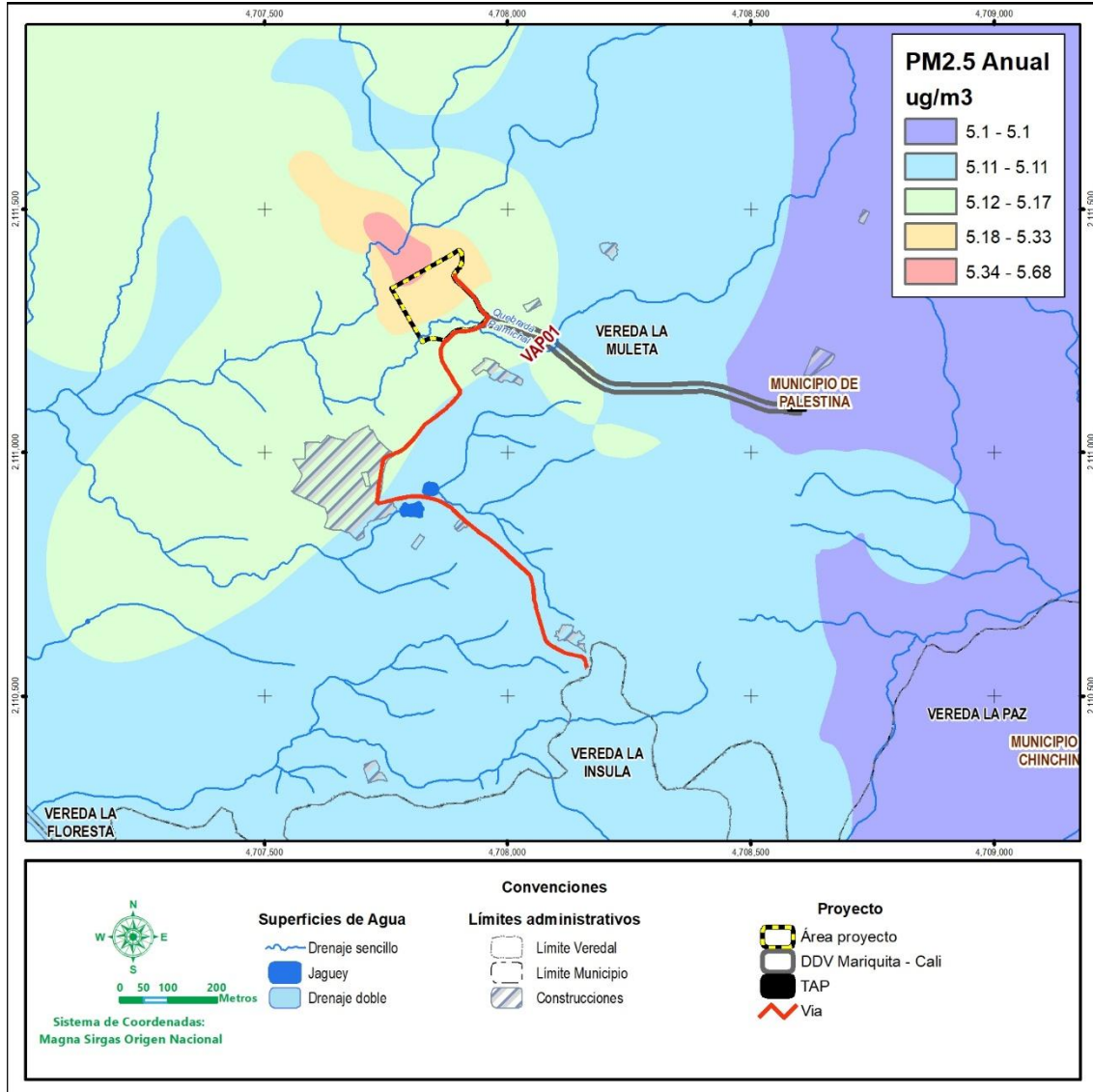
Figura 4-90 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 24 horas – Escenario 3 – con medidas de control



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	220

**Figura 4-91 Modelo de dispersión de contaminantes PM2.5 anual – Escenario 3 – con medidas de control**



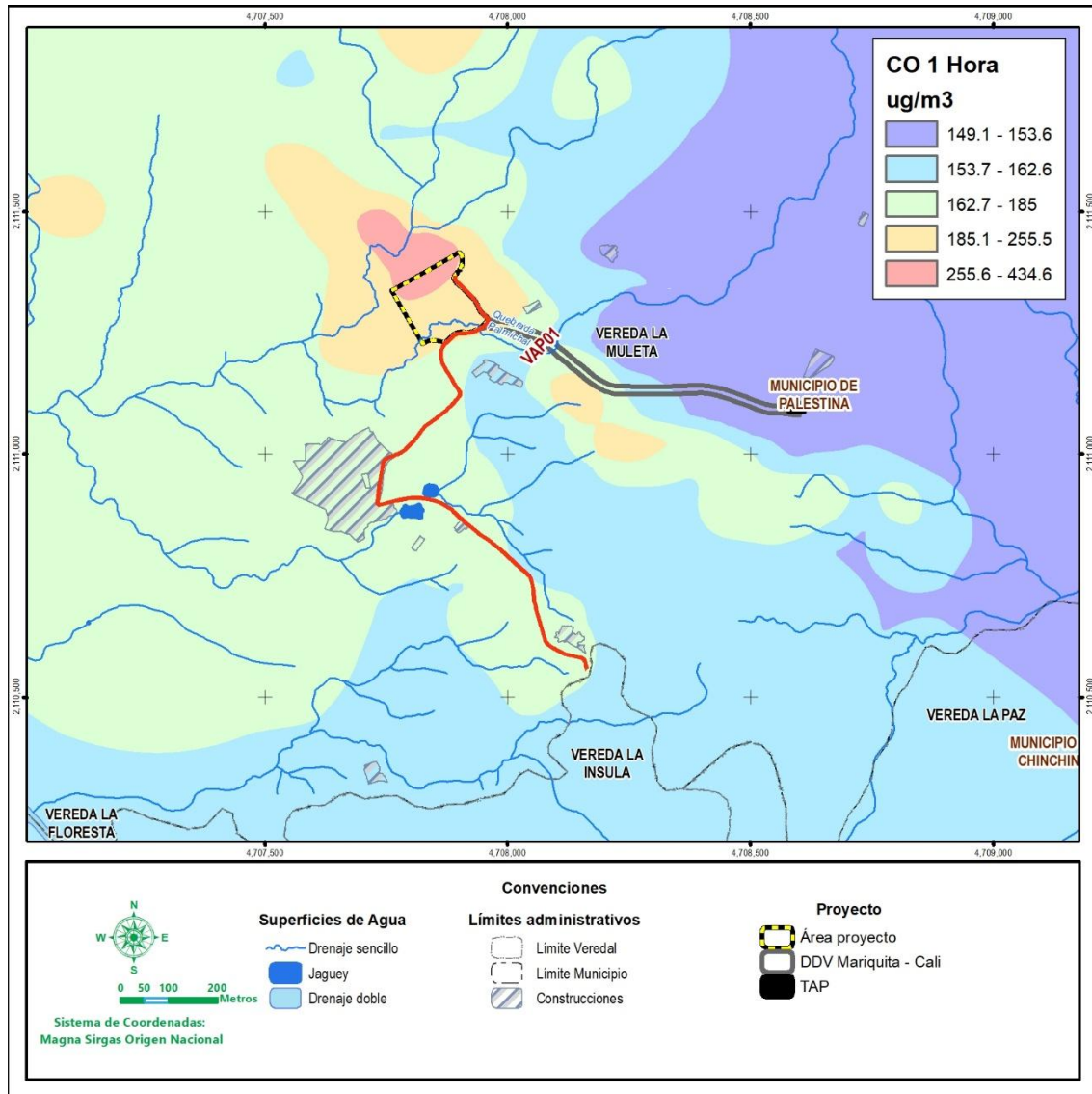
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.3.2 Monóxido de carbono (CO)

Para el CO, se evidencia un aumento en la concentración, principalmente por el generador dentro de la ECG Palestina (Ver Figura 4-92 y Figura 4-93).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	221

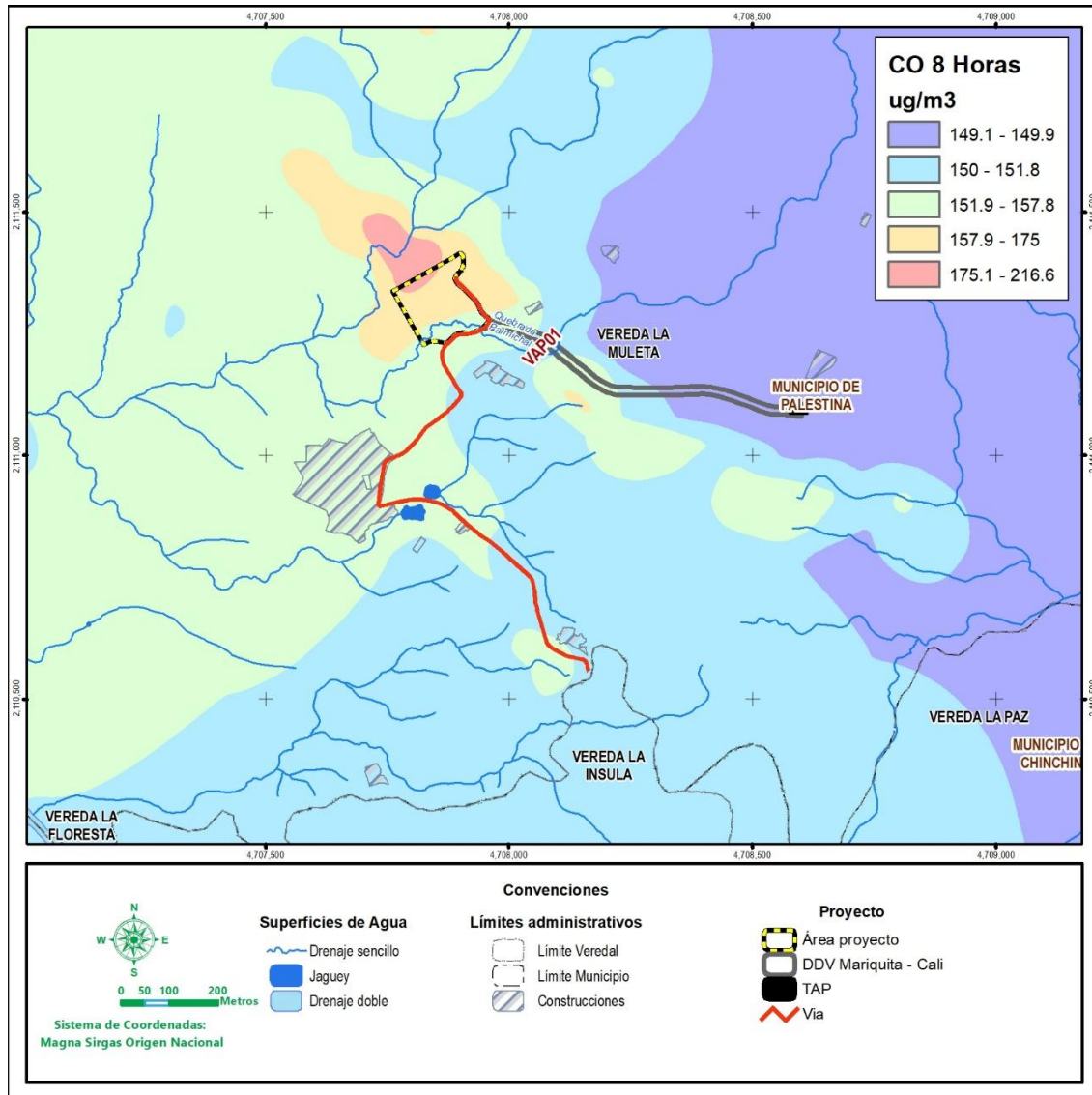
Figura 4-92 Modelo de dispersión de contaminantes CO 1 hora – Escenario 3



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	222

**Figura 4-93 Modelo de dispersión de contaminantes CO 8 Horas – Escenario 3**



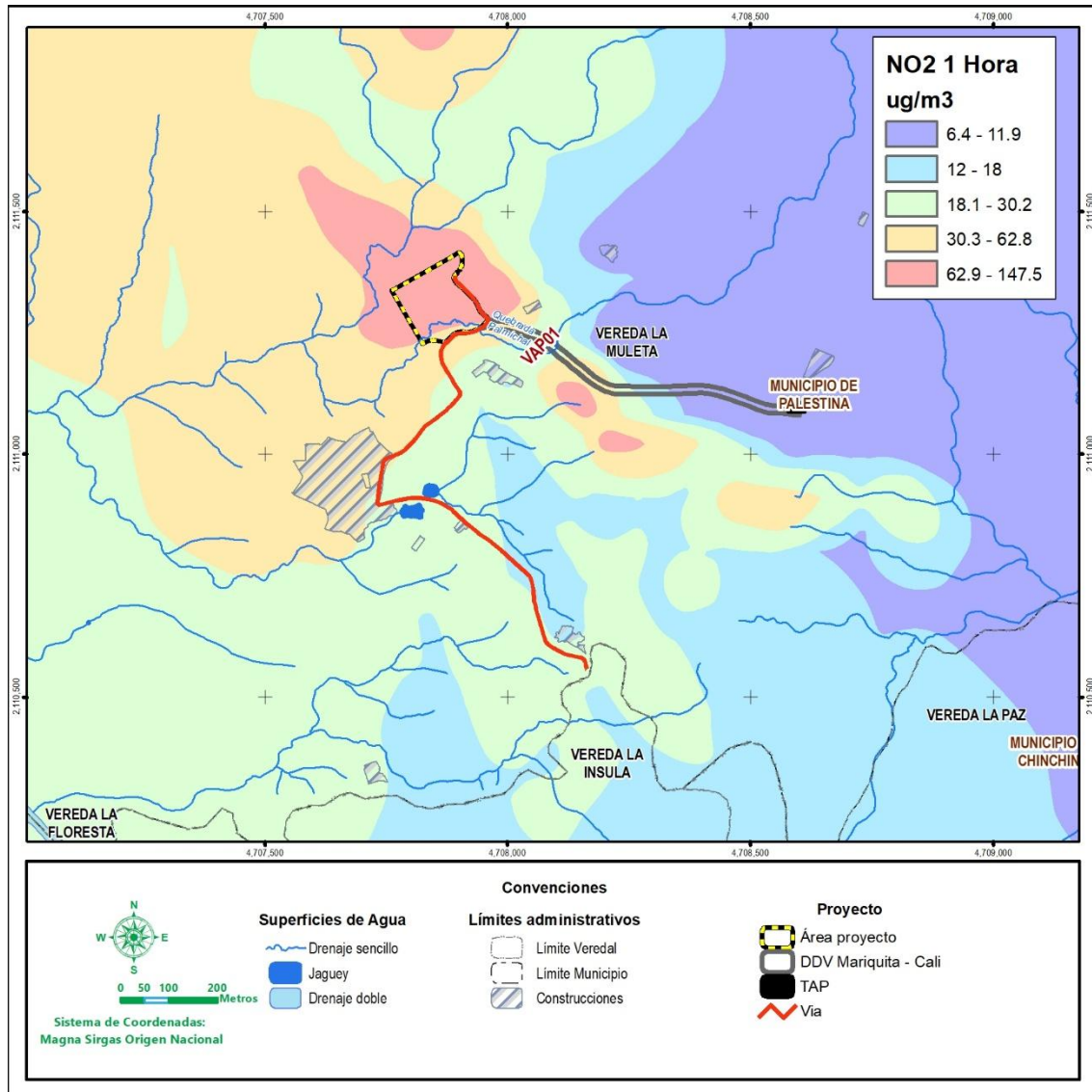
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.3.3 Dióxido de Nitrógeno (NO2)

Para el NO2 se observa un aumento en la concentración, principalmente debido al generador de energía, concentraciones inferiores a la Resolución 2254 de 2017 (Ver Figura 4-94 y Figura 4-95).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	223

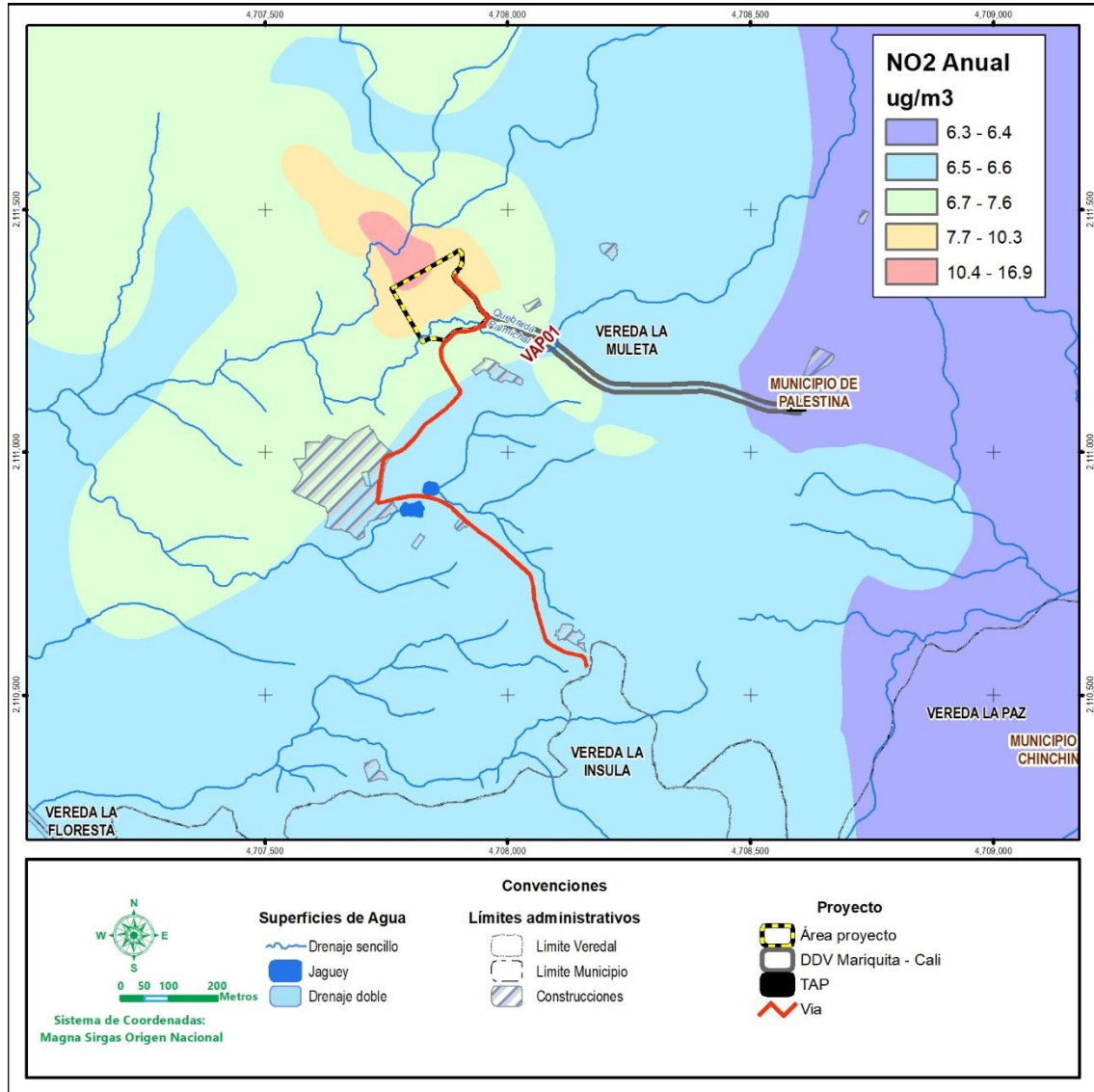
Figura 4-94 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 1 hora – Escenario 3



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	224

**Figura 4-95 Modelo de dispersión de contaminantes NO2 Anual – Escenario 3**



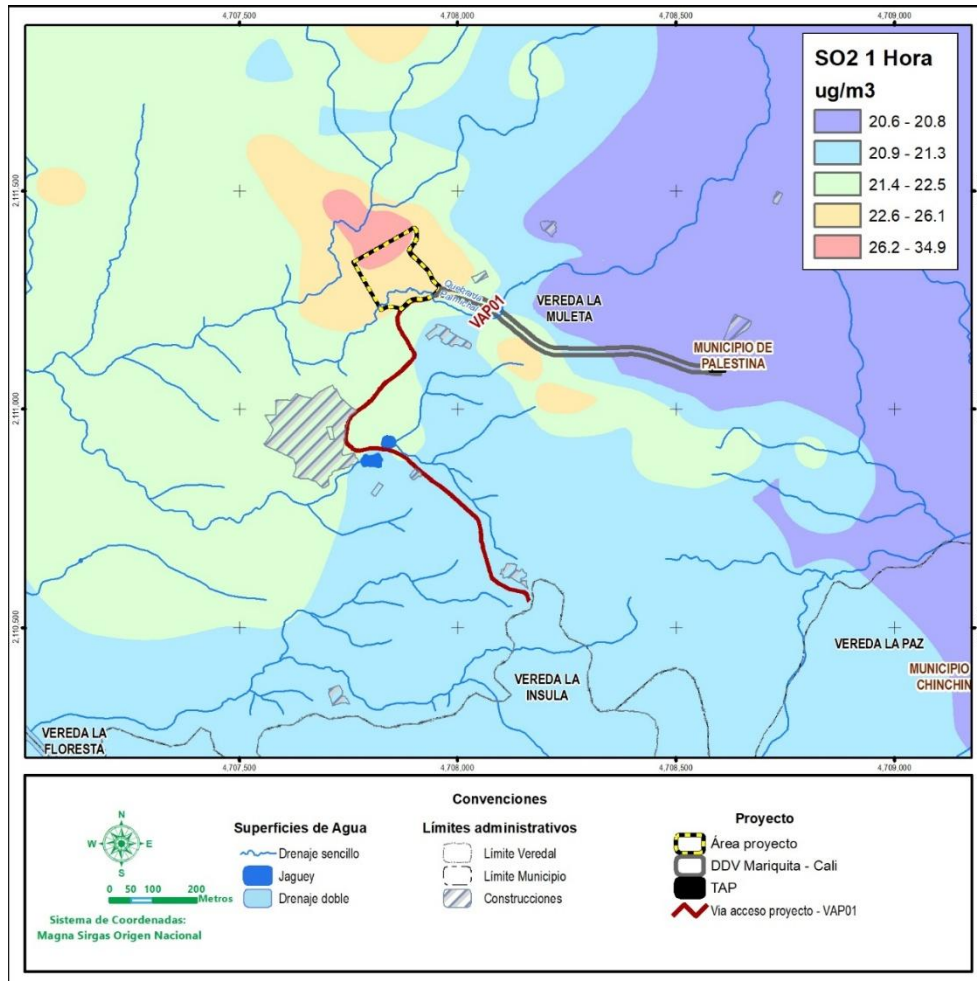
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

4.8.9.3.4 Dióxido de Azufre (SO2)

Finalmente, para SO2 se observan concentraciones bajas que implican bajo impacto en las comunidades aledañas (Ver Figura 4-96 y Figura 4-97).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	225

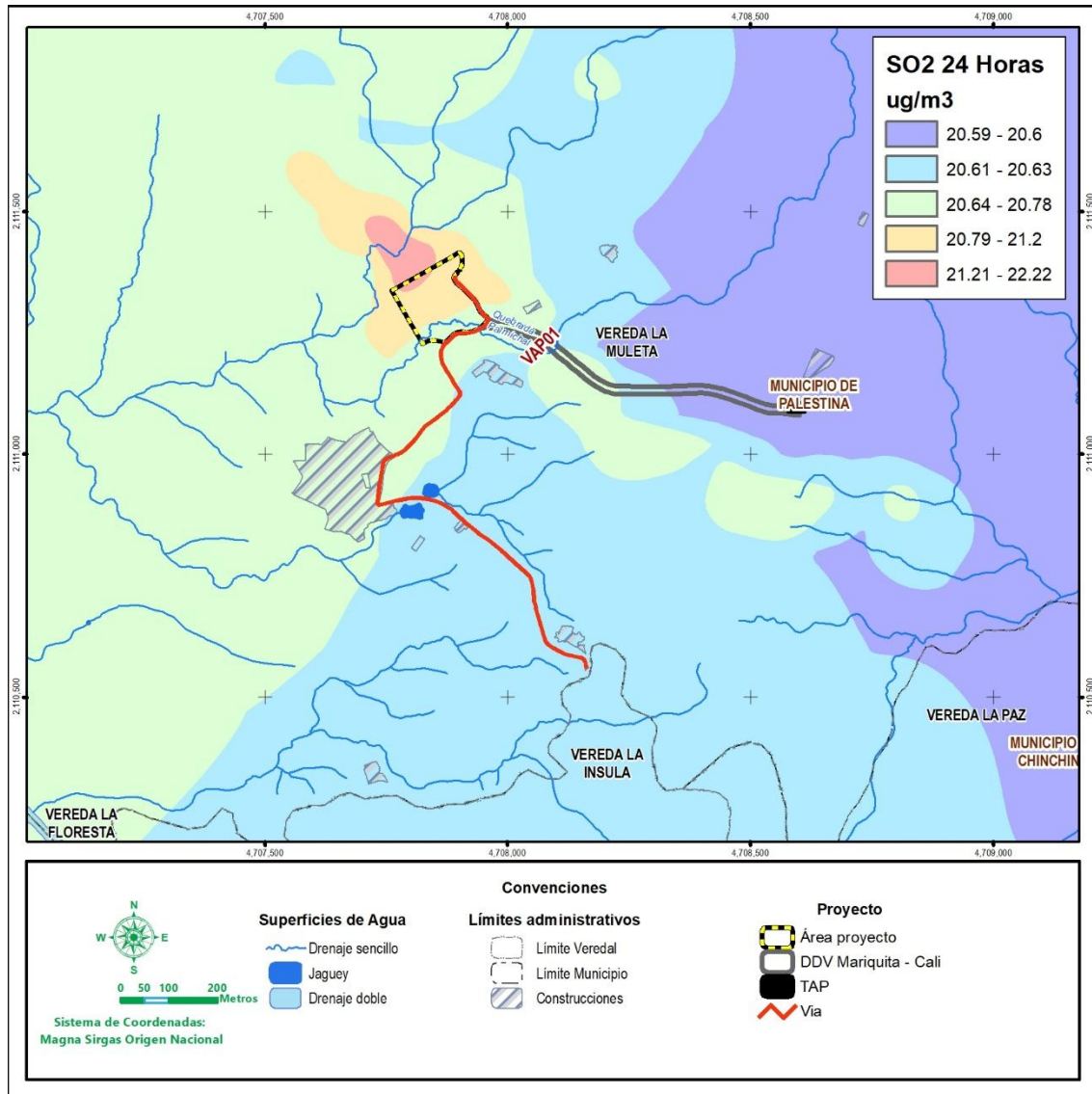
Figura 4-96 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 1 hora – Escenario 3



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	226

Figura 4-97 Modelo de dispersión de contaminantes SO2 24 Horas – Escenario 3



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	227

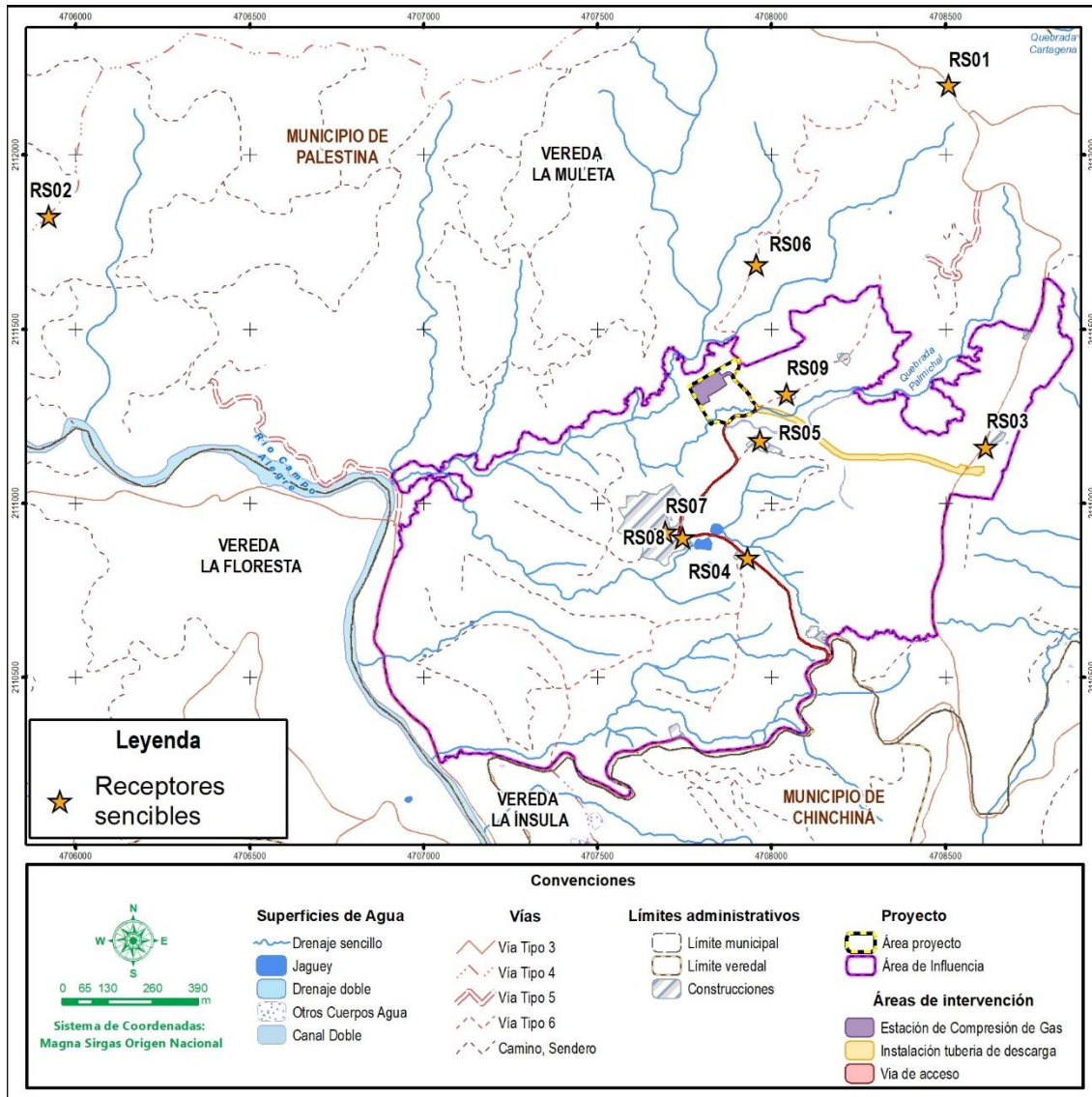
#### 4.8.9.4 Análisis de receptores sensibles

En esta sección se presenta el análisis de resultados, con especial énfasis en los receptores sensibles (centros educativos e infraestructura comunitaria). Los análisis presentados se centran en los promedios anuales, pues estos son los tiempos de exposición que representan de una mejor manera los impactos. Lo anterior teniendo en cuenta que es ampliamente reconocido que los modelos de dispersión son más confiables para estimar las concentraciones de tiempos exposición largos que para tiempos de exposición cortos (Barrat, 2001). Además, el promedio anual es más representativo que la concentración máxima diaria u horaria, pues estas últimas corresponden a los días del año que presentan las condiciones meteorológicas más críticas, y pueden estar impactadas por la incertidumbre del modelo meteorológico y la incertidumbre propia de los modelos gaussianos.

Un total de 9 receptores sensibles fueron identificados en la zona del proyecto, los cuales se presentan en la Figura 4-98.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	228

Figura 4-98 Receptores Sensibles



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Las siguientes secciones presentan los aportes de las fuentes simuladas a la concentración anual de cada contaminante en receptores sensibles. El contaminante SO<sub>2</sub> no cuenta con norma anual, por lo cual el análisis para este contaminante se realiza con el mayor tiempo de exposición (24 horas). De la misma forma el contaminante CO no cuenta con norma anual, por lo cual para este se toma el tiempo de exposición de 8 horas. Esta sección presenta el resultado de los diez mayores aportes de concentraciones a receptores.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	229

#### 4.8.9.4.1 Material Particulado (PM10)

Para el escenario constructivo en la Tabla 4-111, se presentan los receptores con concentraciones más elevadas, donde se observa que principalmente el impacto es por la construcción del proyecto, por otro lado, una vez se aplican las medidas de control, ningún receptor tendría un impacto significativo para este contaminante.

**Tabla 4-111 Concentración receptores sensibles – PM10 Anual – Escenario  
Construcción**

ID	NOMBRE	ESTE	NORTE	PM10 ANUAL (ug/m <sup>3</sup> )		
				E1	E2a	E2b
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	16,79	16.85	16,82
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	16,79	16.88	16,83
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	16,79	26.10	20,95
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	16,85	20.64	18,67
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	16,79	21.22	18,48
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	16,79	17.20	16,97
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	16,82	25.37	20,45
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	16,83	24.45	20,29
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	16,79	18.53	17,55

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para el escenario de operación, se observan concentraciones más bajas que la construcción, lo que indica que no existiría afectación a las comunidades aledañas.

**Tabla 4-112 Concentración receptores sensibles – PM10 Anual – Escenario  
Operación**

ID	NOMBRE	ESTE	NORTE	PM10 ANUAL (ug/m <sup>3</sup> )		
				E1	E3a	E3b
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	16,79	16,79	16,79
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	16,79	16,80	16,80
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	16,79	16,79	16,79
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	16,85	16,90	16,85
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	16,79	16,82	16,81
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	16,79	16,80	16,80
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	16,82	16,84	16,82
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	16,83	16,85	16,83
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	16,79	16,83	16,82

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.4.2 Material particulado (PM2.5)

Para el escenario constructivo, en Tabla 4-113 se presentan los receptores con concentraciones más elevadas, donde se observa que principalmente el impacto es por la

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	230

construcción del proyecto, por otro lado, una vez se aplican las medidas de control, ningún receptor tendría un impacto significativo para este contaminante.

**Tabla 4-113 Concentración receptores sensibles – PM2.5 Anual – Escenario  
Construcción**

ID	NOMBRE	ESTE	NORTE	PM2.5 ANUAL (ug/m <sup>3</sup> )		
				E1	E2a	E2b
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	5,10	<b>5.14</b>	5,12
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	5,10	<b>5.16</b>	5,13
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	5,10	<b>11.54</b>	7,85
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	5,11	<b>7.60</b>	6,39
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	5,10	<b>8.05</b>	6,27
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	5,10	<b>5.38</b>	5,22
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	5,10	<b>10.98</b>	7,77
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	5,10	<b>10.32</b>	7,64
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	5,10	<b>6.26</b>	5,63

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para el escenario de operación, se observan concentraciones más bajas que la construcción, lo que indica que no existiría afectación a las comunidades aledañas.

**Tabla 4-114 Concentración receptores sensibles – PM2.5 Anual – Escenario  
Operación**

ID	NOMBRE	ESTE	NORTE	PM2.5 Anual (ug/m <sup>3</sup> )		
				E1	E3a	E3b
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	5,10	5,10	5,10
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	5,10	5,11	5,11
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	5,10	5,10	5,10
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	5,11	5,12	5,11
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	5,10	5,12	5,12
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	5,10	5,11	5,11
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	5,10	5,12	5,12
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	5,10	5,12	5,11
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	5,10	5,13	5,13

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.4.3 Monóxido de Carbono (CO)

Para el escenario constructivo se presenta en la Tabla 4-115 los receptores con concentraciones más elevadas, donde se observa que principalmente el impacto es por la construcción del proyecto, por otro lado, una vez se aplican las medidas de control, ningún receptor tendría un impacto significativo para este contaminante.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	231

**Tabla 4-115 Concentración receptores sensibles – CO 8 Horas – Escenario  
Construcción**

ID	NOMBRE	ESTE	NORTE	CO 8 HORAS (ug/m <sup>3</sup> )	
				E1	E2a
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	149,10	151.64
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	149,22	154.96
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	149,11	347.18
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	151,69	397.47
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	149,27	537.46
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	149,11	176.36
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	152,26	766.08
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	151,87	690.73
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	149,14	183.03

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para el escenario de operación, se observan concentraciones más bajas que la construcción, lo que indica que no existiría afectación a las comunidades aledañas.

**Tabla 4-116 Concentración receptores sensibles – CO 8 Horas – Escenario  
Operación**

ID	NOMBRE	ESTE	NORTE	CO 8 HORAS (ug/m <sup>3</sup> )	
				E1	E3a
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	149,10	149,41
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	149,22	150,60
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	149,11	149,31
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	151,69	152,07
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	149,27	150,82
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	149,11	150,81
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	152,26	154,06
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	151,87	153,10
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	149,14	154,60

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.4.4 Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Para el escenario constructivo, se presentan en la Tabla 4-117 los receptores con concentraciones más elevadas, donde se observa que principalmente el impacto es por la construcción del proyecto, por otro lado, una vez se aplican las medidas de control, ningún receptor tendría un impacto significativo para este contaminante.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	232

**Tabla 4-117 Concentración receptores sensibles – NO2 Anual – Escenario  
Construcción**

ID	NOMBRE	ESTE	NORTE	NO2 ANUAL (ug/m <sup>3</sup> )	
				E1	E2a
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	6,31	<b>6.32</b>
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	6,31	<b>6.33</b>
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	6,31	<b>8.09</b>
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	6,31	<b>7.02</b>
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	6,31	<b>6.97</b>
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	6,31	<b>6.39</b>
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	6,31	<b>7.58</b>
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	6,31	<b>7.52</b>
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	6,31	<b>6.64</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para el escenario de operación, se observan concentraciones más bajas que la construcción, lo que indica que no existiría afectación a las comunidades aledañas (Tabla 4-118).

**Tabla 4-118 Concentración receptores sensibles – NO2 Anual – Escenario  
Operación**

ID	NOMBRE	ESTE	NORTE	NO2 ANUAL (ug/m <sup>3</sup> )	
				E1	E3a
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	6,31	6,34
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	6,31	6,45
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	6,31	6,34
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	6,31	6,41
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	6,31	6,61
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	6,31	6,52
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	6,31	6,59
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	6,31	6,52
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	6,31	6,88

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.9.4.5 Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

Para el escenario constructivo en la Tabla 4-119 se presentan los receptores con concentraciones más elevadas, donde se observa que principalmente el impacto es por la construcción del proyecto, por otro lado, una vez se aplican las medidas de control, ningún receptor tendría un impacto significativo para este contaminante.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	233

**Tabla 4-119 Concentración receptores sensibles – SO2 24 Horas – Escenario  
Construcción**

ID	NOMBRE	ESTE	NORTE	SO2 24 HORAS (ug/m <sup>3</sup> )	
				E1	E2a
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	20,59	20,59
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	20,59	20,60
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	20,59	20,88
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	20,59	20,87
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	20,59	20,91
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	20,59	20,62
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	20,59	21,92
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	20,59	21,74
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	20,59	20,64

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para el escenario de operación, se observan concentraciones más bajas que la construcción, lo que indica que no existiría afectación a las comunidades aledañas (Ver Tabla 4-120).

**Tabla 4-120 Concentración receptores sensibles – SO2 24 Horas – Escenario  
Operación**

ID	NOMBRE	ESTE	NORTE	SO2 24 HORAS (ug/m <sup>3</sup> )	
				E1	E3a
RS01	Escuela La Merced	4.708.509,3	2.112.200,9	20,59	<b>20.60</b>
RS02	Escuela El Salado	4.705.922,8	2.111.824,9	20,59	<b>20.60</b>
RS03	Condominio Las Palmas	4.708.616,5	2.111.161,6	20,59	<b>21.17</b>
RS04	Casa Insula	4.707.931,0	2.110.844,5	20,59	<b>21.06</b>
RS05	El aplique la Insula	4.707.966,5	2.111.182,3	20,59	<b>21.31</b>
RS06	Hacienda La Merced	4.707.956,3	2.111.685,5	20,59	<b>20.64</b>
RS07	Mayoría La Insula	4.707.694,8	2.110.918,3	20,59	<b>21.71</b>
RS08	vivienda La Insula	4.707.745,3	2.110.901,5	20,59	<b>21.59</b>
RS09	Vivienda La Merced	4.708.042,8	2.111.314,2	20,59	<b>20.67</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.8.10 Conclusiones

- Para material particulado se evidencia un aumento en las concentraciones en los escenarios de construcción y operación, respecto a la Línea Base, sin embargo, es evidente que las máximas concentraciones son atribuidas a las obras civiles del proyecto.
- Para SO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>2</sub> se evidencia que la principal fuente en los escenarios evaluados son las fuentes fijas evaluadas y se observa que ningún receptor sensible se vería afectado por las actividades a llevar a cabo.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	234

- Se observa que ningún receptor evaluado presenta concentración altas o superiores a los límites expuestos en la Resolución 2254 de 2017, para ningún contaminante, esto concluye que las actividades a llevar a cabo en la construcción y operación NO implican una afectación a los receptores sensibles.
- Se evidencia que por el tipo de fuentes el efecto de la dirección y velocidad del viento NO es significativo, la dispersión es concéntrica a las actividades y focalizadas en el área a intervenir, por lo que NO existe una dispersión a receptores lejanos.

#### 4.9 Residuos Sólidos

En el marco del Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de Licencia para la construcción de la estación de compresión de Gas Palestina, a continuación, se establecen los lineamientos para el manejo integral de residuos sólidos acorde con las actividades a realizar y con la finalidad de prevenir, reducir y controlar su generación, aumentar el aprovechamiento, y garantizar su adecuada disposición final.

##### 4.9.1 Clasificación de residuos sólidos

Los residuos generados en el proyecto serán clasificados en la fuente, en puntos ecológicos ubicados en las instalaciones del proyecto con su respectiva señalización e identificación, para posteriormente ser llevados al sitio de almacenamiento temporal para su recolección, transporte, tratamiento y disposición final a través de terceros autorizados.

Con el objetivo de minimizar, caracterizar, manejar, y disponer adecuadamente los residuos sólidos generados por el proyecto y alineado con lo establecido en el Decreto 2981 de 2013 y la Norma Técnica Colombiana – GTC 24, referente a la clasificación de los residuos de acuerdo con el origen y a las características de los elementos generados, se presenta la Tabla 4-121. **En cuanto al manejo y disposición de los residuos, se tiene en cuenta tanto la normatividad vigente como los lineamientos establecidos por TGI SAS ESP**

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	235

dentro de su Plan de Gestión de Residuos (PGIR) (Ver. Anexos 10. USO Y APROVECHAMIENTO 9. Residuos Sólidos 9.1 PL-ASI-007\_PGIR).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	236

**Tabla 4-121. Clasificación de Residuos Sólidos**

TIPO DE RESIDUO	FUENTE	CLASIFICACIÓN	MATERIAL	DISPOSICIÓN FINAL
Residuos No Peligrosos	Residuos del funcionamiento de los campamentos, oficinas, frentes de obra	Residuos Aprovechables	Papel, periódico, cartón, plegadizas, botellas de vidrio, botellas plásticas, bolsas plásticas, chatarra, papel, vasos desechables, plásticos sucios de alimentos, papel Kraft (Los materiales deben estar limpios)	Su almacenamiento debe realizarse de tal manera que no se deteriore su calidad ni se pierda su valor, deben estar almacenados de manera que no afecten el entorno físico, la salud humana y la seguridad. Los residuos deben evitar el contacto con el piso por lo cual se usarán estibas para su almacenamiento, se debe salvaguardar no solo las condiciones físicas de los residuos sino también las de su entorno.
		Residuos No Aprovechables (Ordinarios o Comunes)	Residuos de unidades sanitarias, servilletas, papel y cartón húmedos, papel y cartones contaminados con comida, papeles metalizados, barrido de piso, icopor,	Deben estar almacenados de manera que no afecten el entorno físico, la salud humana y la seguridad. Los residuos deben evitar el contacto con el piso por lo cual se usarán estibas para su almacenamiento, se debe salvaguardar no solo las condiciones físicas de los residuos sino también las de su entorno.
		Residuos Orgánicos o Biodegradables	Residuos de alimentos, Materia Vegetal, Jabones biodegradable y otros residuos que puedan ser transformados fácilmente en materia orgánica	Los residuos deben evitar el contacto con el piso por lo cual se usarán estibas para su almacenamiento, se debe salvaguardar no solo las condiciones físicas de los residuos sino también las de su entorno.
Residuos Peligrosos (RESPEL)	Producto de actividades administrativas y operativas	Residuos Químicos	Restos de sustancias químicas, sus empaques, embalajes y cualquier otro residuo contaminado	Para estos residuos se deberán determinar sus incompatibilidades químicas, mediante la utilización de las fichas de seguridad de la sustancia o compuesto inicial, y las cuales deberán ser suministradas por el proveedor y ubicadas en los lugares donde se determine su almacenamiento. Cuando los residuos sean incompatibles se deberán manipular por separado, así como también se debe tener cuidado de los factores naturales como la humedad, el calor o el tiempo que puedan afectar su estabilidad, por lo cual se deben tomar medidas como la ventilación de los lugares de almacenamiento. Cuando los residuos sean envases su almacenamiento se podrá realizar en estantes ubicados de abajo hacia arriba, dejando en la parte inferior los de mayor riesgo para evitar derrames.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	237

TIPO DE RESIDUO	FUENTE	CLASIFICACIÓN	MATERIAL	DISPOSICIÓN FINAL
		Residuos Administrativos	Lámparas fluorescentes, cartuchos y tóner	Son almacenados temporalmente y de forma separada de los demás residuos, en cajas o contenedores que eviten el deterioro y que permitan ser manipulados de forma segura. Se debe gestionar su disposición con un tercero autorizado.
		RAEE	Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos	Son almacenados temporalmente y de forma separada de los demás residuos, en cajas o contenedores que eviten deterioro y que permitan ser manipulados de forma segura. Se debe gestionar su devolución al proveedor o ser entregados a un gestor autorizado para su reúso, reciclaje y disposición final.
		Materiales contaminados con sustancias peligrosas (EPP)	Guantes, tapabocas, trajes especiales, EPP desechables, estopas y en general los implementos que resulten impregnados de sustancias peligrosas y grasas	Se deben depositar en los recipientes designados para residuos peligrosos ubicados en los diferentes frentes de trabajo y finalmente ser entregados al gestor autorizado.
Residuos Especiales	Producto de actividades administrativas y operativas		Escritorios, sillas, tableros acrílicos, estibas en desuso, llantas, etc.	Por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, necesidades de transporte, condiciones de almacenamiento y compactación, no puede ser manejado, dispuesto, tratado o dispuesto por el prestador del servicio público. El precio del servicio será pactado libremente entre el prestador y el usuario, sin perjuicio de los que sean objeto de regulación del sistema de gestión post consumo.
<b>Residuos de Construcción y Demolición – RCD</b>	<b>Producto de Actividades de construcción, mantenimiento y demolición</b>		<b>Residuos de cimentaciones y pilotajes, Materiales Pétreos, No pétreos</b>	<b>Se debe garantizar que el material dispuesto presente un carpado evitando la dispersión del material particulado. Deberá darse su manejo según la Resolución 1257 de 2021 que modifica a la resolución 0472 de 2017.</b>  <b>No se hará almacenamiento temporal o permanente de RCD en zonas verdes, áreas arborizadas, reservas forestales, áreas de recreación y parques, ríos, quebradas, playas, canales, caños, páramos, humedales, manglares y zonas ribereñas. No se dispondrán escombros en las ZODME; En caso de que los RCD no puedan ser reutilizados, su disposición final deberá realizarse mediante terceros autorizados y presentar los respectivos soportes de disposición (fecha, volúmenes, etc.), en los informes ICA correspondientes.</b>






Fuente: (TGI, 2024) adaptado por CONSGA BIC S.A.S

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	238

#### 4.9.2 Separación en la Fuente

La separación de los residuos sólidos en la fuente se deberá llevar a cabo de conformidad con el código de colores como dispone el artículo 4° de la Resolución No. 2184 del 2019 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2019) Teniendo en cuenta las actividades propias del desarrollo del proyecto, se busca garantizar la adecuada segregación en la fuente por cada tipo de residuo, apoyado en la correcta aplicación de dicha separación, evitando la contaminación de residuos no peligrosos.

**Tabla 4-122. Clasificación de Residuos sólidos por código de colores**

CLASIFICACIÓN DEL RESIDUO	CONTENIDO DE LOS RESIDUOS	UBICACIÓN RECIPIENTE
Residuos Aprovechables o Reciclables	Papel, periódico, cartón, plegadizas, botellas de vidrio, botellas plásticas, bolsas plásticas, vasos desechables, envolturas de alimentos (limpios)	
Aprovechables Orgánicos o Biodegradables	Residuos vegetales, restos de comida.	
Residuos No Aprovechables (ordinarios)	Papel higiénico, servilletas, papeles y cartones contaminados con comida, papeles metalizados, Tetrapak, barrido de piso, icopor.	
Residuos peligrosos	Lonas, guantes, estopas o trapos contaminados con grasas y aceites; los materiales utilizados para contener o recoger derrames de combustibles o aceites; los filtros de aceite y gasolina; empaques de sellos de caucho impregnados de aceites; empaques y envases de sustancias químicas, residuos de sustancias químicas.; Residuos biosanitarios u hospitalarios.	
	En caso de generarse otros residuos industriales, peligrosos o contaminados, se almacenarán temporalmente para luego ser entregados a terceros autorizados para su manejo y disposición final.	
	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	

Fuente: Resolución 2184 de 2019., modificado por CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	239

#### 4.9.2.1 Estimación de volúmenes

##### 4.9.2.1.1 Residuos No Peligrosos (Domésticos)

El volumen de residuos domésticos previsto para cada una de las etapas del proyecto, se calcula como el producto de la cantidad de residuos per cápita, que para este caso se tomará igual a la de un municipio de complejidad alta, que es de 1,10 kg/hab-día de acuerdo con el título F del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, y la cantidad promedio de trabajadores día durante cada una de las etapas. De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 4-123 se pueden evidenciar estos valores, los cuales se encuentran de acuerdo con el Cronograma de ejecución del proyecto.

**Tabla 4-123 Volumen de residuos sólidos domésticos estimado**

VOLUMEN DE RESIDUOS DOMESTICOS ESTIMADO (kg)			
Etapa	Actividad	Personal Requerido	Cantidad diaria (kg/día) (para 1,10 kg/persona/día)
Constructiva	Construcción ECG	47	51,7
	Construcción Línea de Flujo	54	59,4
	Construcción, adecuación y mantenimiento de vías	19	20,9
	Distribución de Energía Eléctrica	10	11
TOTAL			143

Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

El resultado estimado es de 143 kg/día de residuos convencionales a generar durante la etapa constructiva del proyecto, sin embargo, se contempla la posibilidad de que, en caso de tener personal extra durante las operaciones, se presentará un aumento en el volumen de residuos.

En relación con el volumen de residuos sólidos convencionales generados durante la operación y mantenimiento de la estación, se prevé la presencia de dos vigilantes, quienes generarán un máximo de 2,20 kg/día. Además, cada dos meses habrá un recorredor, y un equipo de mantenimiento se presentará cada vez que se requiera, sin embargo, su impacto en la generación de residuos será mínimo. Por último, se estima que durante la etapa de desmantelamiento y abandono se alcanzará un volumen de residuos similar al de la fase constructiva.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	240

#### 4.9.2.1.2 Residuos Peligrosos

En cuanto a la generación de residuos sólidos peligrosos (RESPEL), es importante tener en cuenta que estos corresponden principalmente a elementos empleados para la contención y tratamiento de derrames y/o fugas de aceites, hidrocarburos, solventes y pinturas. Dentro de esta categoría también se incluyen los Elementos de Protección Personal (EPP) utilizados por el personal encargado de atender dichos eventos, siempre que resulten contaminados durante su uso.

Adicionalmente, se consideran residuos peligrosos los recipientes que hayan contenido estas sustancias, así como las baterías averiadas que puedan generarse durante las distintas fases del proyecto.

Debido a la alta variabilidad en la generación de este tipo de residuo, su estimación en términos de volumen resulta compleja. Por esta razón, y con el fin de proporcionar una aproximación lo más precisa posible, se toman como referencia los volúmenes de RESPEL generados durante el año 2024 en la Estación de Compresión de Gas (ECG) Padua, como parte del Expediente LAM0299 – Gasoducto Mariquita–Cali, del cual hace parte la presente modificación de licencia ambiental.

Con base en dicha información, se estima que la generación de RESPEL durante la fase constructiva será de aproximadamente 363,68 kg. Para la fase de operación y mantenimiento, este valor podría ascender a 540,34 kg y para la fase de desmantelamiento y abandono se espera un volumen similar al estimado para la fase constructiva.

Es importante resaltar que las cantidades indicadas corresponden a estimaciones preliminares, por lo que no deben considerarse como límites máximos para la ejecución del proyecto. El volumen de residuos generado será reportado en los respectivos Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA), conforme avance la ejecución de las actividades.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	241

La gestión de estos residuos se realizará conforme a lo establecido en el Decreto No. 1076 de 2015, la Resolución No. 1362 de 2007 y demás disposiciones vigentes. A modo de resumen, los RESPEL generados deberán ser almacenados en condiciones seguras, en áreas debidamente señalizadas, cubiertas y contenedores rotulados, evitando riesgos de derrame, exposición o mezclas incompatibles, hasta su entrega a los gestores autorizados y deberán ser gestionados de manera diferenciada mediante la contratación de terceros autorizados para su recolección, transporte, tratamiento y disposición final, la cual se realizará de forma periódica, con una frecuencia definida de acuerdo con la generación observada en campo, evitando su acumulación.

#### 4.9.2.1.3 Residuos Especiales (RCD)

De acuerdo con la Resolución No. 472 de 2017 “Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones”, se consideran como RCD lo siguiente:

- Productos de cimentaciones y pilotajes: arcillas, bentonitas y demás.
- Pétreos: hormigón, arenas, gravas, gravillas, cantos, pétreos asfálticos, trozos de ladrillos y bloques, cerámicas, sobrantes de mezcla de cementos y concretos hidráulicos, entre otros.
- No pétreos: vidrio, metales como acero, hierro, cobre, aluminio, con o sin recubrimientos de zinc o estaño, plásticos tales como PVC, polietileno, policarbonato, acrílico, espumas de poliestireno y de poliuretano, gomas y cauchos, compuestos de madera o cartón-yeso (drywall), entre otros.

En este sentido y considerando los procesos constructivos requeridos para la ECG así como de la como la ocupación de cauce, en la Tabla 4-124 se estima el volumen y/o la cantidad de material requerido para la ejecución de las actividades, con base en la información inicial del proyecto (*Ver Anexos V. DESCRIPCIÓN TÉCNICA \1. DISEÑOS PAL-ECG-551002343-GEN-LT-002-MO*), así como un rango de porcentaje de desperdicio tipo para cada material.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	242

**Tabla 4-124 Materiales de Construcción y porcentaje de desperdicio**

MATERIAL	CANTIDAD	PORCENTAJE DE DESPERDICIO (%)
Concreto	292,06 m3	2 – 5
Mampostería (bloques, ladrillos)	68,13 m3	2 - 5
Tubería de acero al carbón	42,68 Ton	2 - 3
Subbase granular	281,97 m3	10 - 15
Base granular	85,41 m3	10 – 15
Acero de refuerzo	30969,48 kg	2 - 3
Recebo común	1524 m3	10 – 15

Fuente: (Faisal, 2024) adaptado por CONSGA BIC S.A.S, 2025

Finalmente, con la cantidad estimada de cada material a emplear durante la fase constructiva del proyecto y el porcentaje medio o máximo de desperdicio para cada uno, se calcula el volumen de RCD a generar por cada material (Tabla 4-125) (Ver. Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\9. Residuos Sólidos\9.2 Calculo Volumen Máximo RCD).

**Tabla 4-125 Volumen de residuos por material**

MATERIAL	CANTIDAD POR MATERIAL	PORCENTAJE DE DE DESPERDICIO DEFINIDO (%)	CANTIDAD DE RESIDUO
Concreto	292,06 m3	4	11,68 m3
Mampostería (bloques, ladrillos)	68,13 m3	4	2,75 m3
Tubería de acero al carbón	42,68 Ton	3	1,28 Ton
Subbase granular	281,97 m3	13	36,66 m3
Base granular	85,41 m3	13	11,10 m3
Acero de refuerzo	30969,48 kg	3	929,08 kg

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	243

MATERIAL	CANTIDAD POR MATERIAL	PORCENTAJE DE DE DESPERDICIO DEFINIDO (%)	CANTIDAD DE RESIDUO
Recebo común	1524 m3	13	198,12 m3

Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2025

En cuanto a las fases operativa y de desmantelamiento, se considera que durante la fase operativa la generación de RCD es poco probable. No obstante, en la fase de desmantelamiento se estima que los volúmenes de residuos generados serán iguales o similares a los proyectados para la fase constructiva descrita anteriormente.

#### 4.9.2.2 Manejo y transporte

Los residuos sólidos ordinarios serán recolectados en los diferentes puntos ecológicos ubicados en el área del proyecto, para posteriormente ser transportados por medio de un tercero autorizado hacia su disposición final. La cantidad de residuos sólidos convencionales o domésticos que se generen dependerá de las características de la operación que se esté desarrollando en el momento y del número de personas en el lugar.

En cuanto a los residuos sólidos peligrosos que podrían llegar a generarse, estos se encuentran relacionados con Guantes, tapabocas, trajes especiales, EPP desechables, estopas y en general los implementos que resulten impregnados de sustancias peligrosas y grasas, así como, viruta de soldadura, bolsas de cemento, escombros, residuos de pintura y alquitrán de hulla, los cuales al igual que los residuos sólidos ordinarios serán recolectados por terceros autorizados. En este sentido es importante destacar que cuando se realiza la recolección de los residuos, estos son pesados, con el fin de llevar el control de la generación de residuos y de su entrega para disposición final. Lo anterior se acoge a las medidas de manejo para el proyecto establecidas en la Ficha AMS-6 Manejo de Residuos Sólidos y Especiales del Plan de Manejo Ambiental.

#### 4.9.2.3 Alternativas de tratamiento y Disposición de residuos

Teniendo en cuenta las consideraciones planteadas para la recolección, manejo y disposición final de los residuos descritas anteriormente, se estipula su entrega a terceros

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	244

autorizados que cuentan con todos los permisos y licencias ambientales vigentes para tal fin. De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 4-126 se presenta algunas empresas autorizadas con licencia vigente ubicadas en áreas cercanas al proyecto.

**Tabla 4-126 Posibles gestores de residuos sólidos domésticos y peligrosos**

TIPO DE RESIDUO	CLASIFICACIÓN	NOMBRE	LOCALIZACIÓN
Residuos No Peligrosos	Domésticos	Emas Veolia	Km 2 Vía a Neira - Relleno Sanitario Parque tecnológico ambiental 'LA ESMERALDA' Manizales
Residuos Peligrosos (RESPEL)	RESPEL	Emas Veolia	Km 2 Vía a Neira - Relleno Sanitario Parque tecnológico ambiental 'LA ESMERALDA' Manizales
Residuos Especiales	RCD		En la Tabla 4-45 se muestra el listado de los posibles gestores de RCD inscritos a CORPOCALDAS

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

#### 4.9.3 Material sobrante de excavación

El material generado durante los procesos de descapote y remoción de la cobertura vegetal será dispuesto en la ZODME, con el propósito de preservar sus características, prevenir su contaminación y garantizar su uso en futuros procesos de revegetalización y reconformación del terreno. Se estima que aproximadamente el 3% del total del volumen del material excavado podría clasificarse como residuo, el cual también será dispuesto en la ZODME. Esta disposición no afecta las condiciones del proyecto, debido a que la ZODME es una infraestructura permanente asociada al mismo.

Es importante destacar que, en caso de que este material presente contaminación, será clasificado como residuo peligroso, por lo que no podrá ser empleado en procesos de reconformación ni en la revegetalización del terreno.

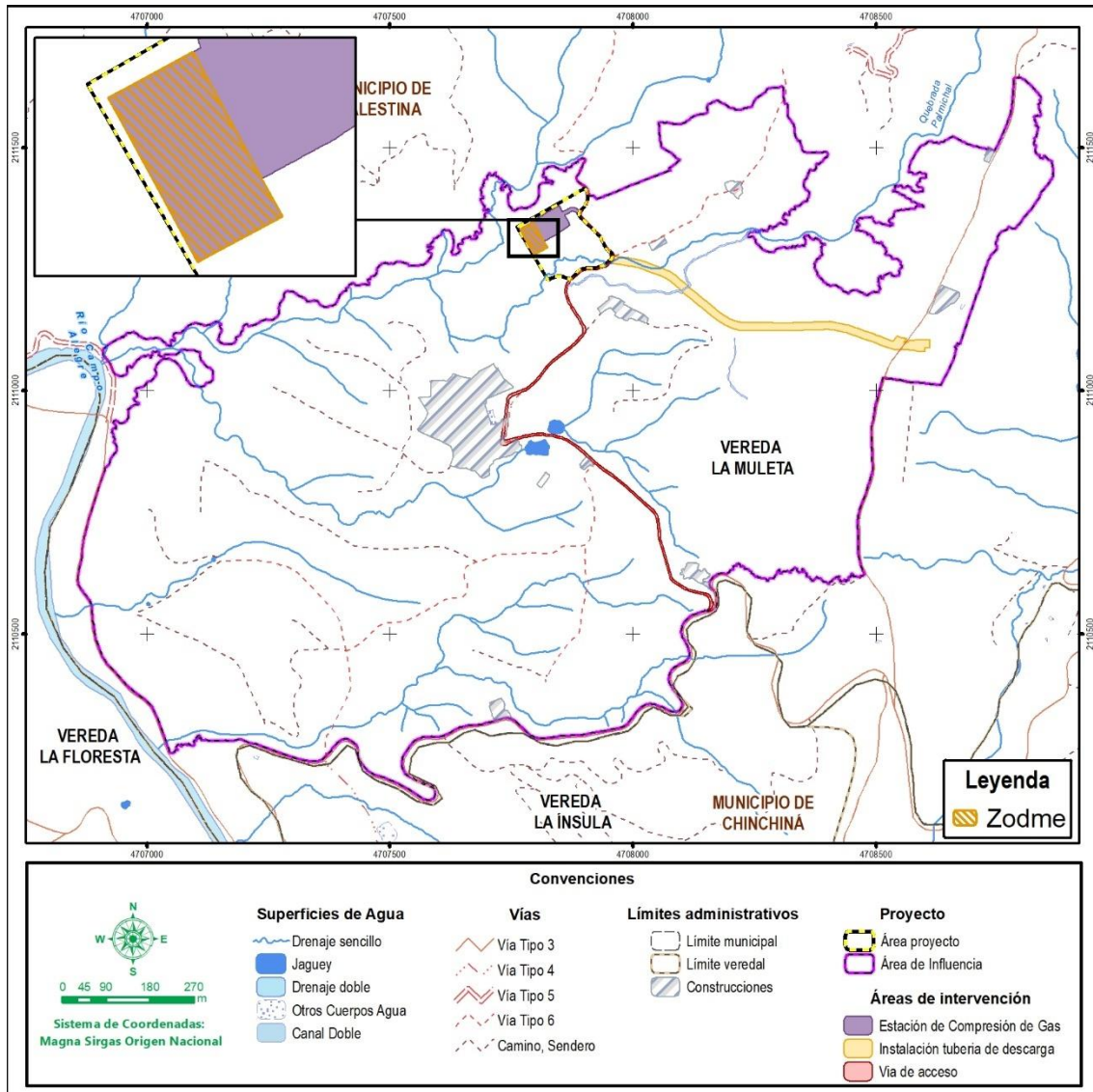
##### 4.9.3.1 Localización y volumen a disponer

La Zona de Manejo de Escombros y Material de Excavación (ZODME) estará ubicada junto a la Estación de Compresión de Gas, como se ilustra en la Figura 4-99. Esta zona contará con una capacidad de almacenamiento de hasta 4.308,04 m<sup>3</sup> en un área de 0,19 ha. En esta ZODME se dispondrá el material generado durante las actividades de descapote,

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	245

remoción de cobertura vegetal y suelos exógenos en la etapa constructiva, así como el material vegetal resultante de las actividades de limpieza de la estación, hasta alcanzar su capacidad máxima de disposición.

Figura 4-99 Localización ZODME



Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	246

#### 4.9.3.2 Análisis de la capacidad portante

La capacidad portante del suelo se define como la máxima carga que el suelo tiene de soporte antes de experimentar deformaciones o fallas, en este sentido, se realiza el análisis para la construcción y operación de la ZODME, de lo cual se obtiene que la capacidad portante es de 176,38 kPa de acuerdo con los siguientes parámetros:

**Tabla 4-127 Parámetros capacidad portante**

PARAMETRO	VALOR	CONCEPTO
Densidad del material	17 kN/m <sup>3</sup>	Se calcula contemplando que es un material compactado durante el proceso de conformación.
Carga puntual	102 kN	Se calcula en función de la densidad del material ejercida en un metro cuadrado del terreno y la altura máxima que tendría la ZODME que es de 6.00 m.

Fuente: TGIS S.A ESP adaptado por CONSGA BIC S.A.S, 2025

Bajo los anteriores parámetros se define que la carga solicitada por la ZODME es de **102 kPa**. Adicionalmente, se realizó la revisión de asentamientos que se podrían presentar, y el resultado fue de 0,974 cm de los 2,54 cm permitidos por la norma (NSR10).

Todo lo anterior se encuentra soportado con la información indicada en la Figura 4-100.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	247

### Figura 4-100 Soportes Calculo de la Capacidad Portante

#### ESTIMACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE EN SUELOS - CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Expresión general  $P_{vh} = q \cdot N_q + c \cdot N_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma$

Fórmula polinómica  $P_{vh} = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot e_q \cdot r_q + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot e_c \cdot r_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot e_\gamma \cdot r_\gamma$

#### ESTIMACIÓN DE LOS FACTORES DE LA EXPRESIÓN GENERAL

Características geométricas

B (m)	L (m)	D (m)	$\alpha$ (°)	b (m)	$\eta$ (°)
1,00	1,00	6	0	1000	0

Características geotécnicas del terreno de apoyo (hasta 1.5 · B)

$c_u$ (kPa)	$c'$ (kPa)	$\phi$ (°)	$\gamma_{ap}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	Prof. NF (m)
20,0	0,2	20,0	17	7	3,5

Sobrecarga sobre el plano de cimentación

¿Freático?	D (m)	q (kPa)
Si	6	77

Factores de capacidad de carga

	$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$
Largo plazo	6,40	14,83	3,93
Corto plazo	1,00	5,14	0,00

FIGURA 4.5. ESQUEMA DE CIMENTACIÓN TIPO

#### Determinación de la cimentación rectangular equivalente y la inclinación de las cargas

Acciones				Excentricidad		Dimensiones equivalentes		C. inclinación		
V (kN)	$M_B$ (kN·m)	$M_L$ (kN·m)	$H_B$ (kN)	$H_L$ (kN)	$e_B$ (m)	$e_L$ (m)	B* (m)	L* (m)	$tg \delta_B$	$tg \delta_L$
102,000	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Solicitado por la estructura kPa  
102,00

#### ESTIMACIÓN DE LOS FACTORES DE LA FÓRMULA POLINÓMICA

Factor d (resistencia del terreno)			Factor i (inclinación de las cargas)			Factor s (forma de la cimentación)			Factor t (proximidad de un talud)			Factor r (inclinación del plano de apoyo)		
$d_q$	$d_c$	$d_\gamma$	$i_q$	$i_c$	$i_\gamma$	$s_q$	$s_c$	$s_\gamma$	$t_q$	$t_c$	$t_\gamma$	$r_q$	$r_c$	$r_\gamma$
1,44	1,53	1,00	1,00	1,00	1,00	1,43	1,43	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,19	1,19	0,70	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00

#### CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE

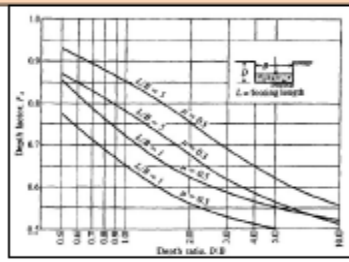
	P <sub>vh</sub> (kPa)	
	Expresión general	Fórmula polinómica
Largo plazo (condiciones drenadas)	529	1048
Corto plazo (condiciones no drenadas)	180	215

#### CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE

	P <sub>vh</sub> (kPa)	
	Expresión general	Fórmula polinómica
Largo plazo (condiciones drenadas)	176	349
Corto plazo (condiciones no drenadas)	69	83
Sismo	265	524

Valor P<sub>adm</sub> adoptado

176,38 kPa  
17,64 Ton/m<sup>2</sup>

1. PARÁMETROS DEL SUELO		
Tipo suelo =	COHESIVO	Es ponderado= 7500 kPa $\mu = 0,4$
2. GEOMETRÍA DEL CIMIENTO		
$D_f =$	0,30	$B =$ 1,00 <b><math>Q = 102,0</math> kN</b>
Base =	Rectangular	$L =$ 1,00
3. ASENTAMIENTO ELÁSTICO		
Metodología = <u>Timoshenko and Goodier, 1951</u>		
$q_0 =$	102,00	$B'_{\text{centro}} =$ 0,50 $M_{\text{centro}} =$ 1,00 $M_{\text{esquina}} =$ 1,00
$H =$	5,00	$B'_{\text{esquina}} =$ 1,00 $N_{\text{centro}} =$ 10,00 $N_{\text{esquina}} =$ 5,00
$L/B =$	1,00	$m_{\text{centro}} =$ 4 $l_{1\text{ centro}} =$ 0,50 $l_{1\text{ esquina}} =$ 0,44
$D_f/B =$	0,30	$L'_{\text{centro}} =$ 0,50 $l_{2\text{ centro}} =$ 0,02 $l_{2\text{ esquina}} =$ 0,03
		$L'_{\text{esquina}} =$ 1,00 $l_{f\text{ centro}} =$ 0,91 $l_{f\text{ esquina}} =$ 0,91
		$m_{\text{esquina}} =$ 1
4. MÓDULOS DE REACCIÓN		
<b>ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS</b>		
$\Delta H_{\text{centro}} =$	0,974	cm
$K_{s_{\text{centro}}} =$	10471,3	kN/m <sup>2</sup>
		
$\gamma$ : Peso unitario (t/m <sup>3</sup> )	B: ancho del cimiento, m	$l_1, l_2$ y $l_f$ : factores de influencia.
$\mu$ : relación de poisson	L: Largo del cimiento, m	$B'_{\text{centro}} = B/2, m$
$E_s$ : módulo de elasticidad, t/m <sup>2</sup>	Q: carga vertical aplicada, ton	$B'_{\text{esquina}} = B, m$
$D_f$ : Profundidad de desplante, m	$q_0$ : presión de contacto, t/m <sup>2</sup>	$L'_{\text{centro}} = L/2, m$
Base: forma base	H: profundidad de influencia de la carga, m	$L'_{\text{esquina}} = L, m$

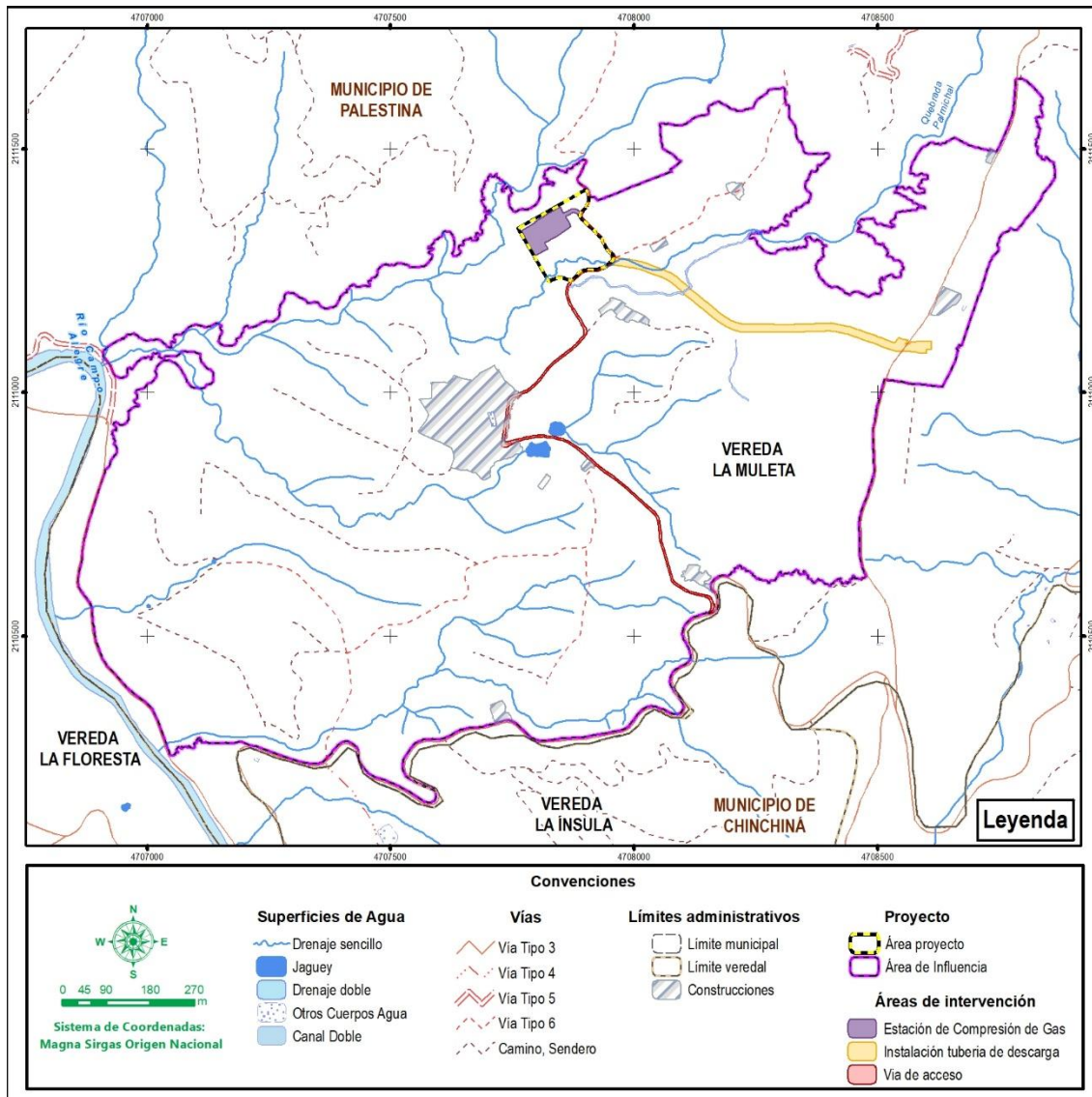
Fuente: TGIS S.A ESP, 2025

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	249

### 4.9.3.3 Ubicación de las vías de acceso al sitio

La vía de acceso al área de intervención (vía VAP01) tiene una longitud de 1,23 Km, será la única vía de acceso al proyecto y sobre la cual se realizará el tránsito de equipos, maquinaria y vehículos requeridos para el desarrollo del proyecto, la vía VEAP01 que se muestra en la Figura 4-101 se encuentra descrita en el *Capítulo 02.DESCRIP PROY.*

**Figura 4-101 Ubicación vía de acceso**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S, 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	250

#### 4.9.3.4 Medidas de Manejo Ambiental

Las medidas de Manejo Ambiental aplicables para la Construcción y Operación de la ZODME están estipuladas en las Fichas ASM-1 Manejo y disposición de material sobrante, AMS-3 Manejo Paisajístico y ASM-4 Manejo de Materiales de Construcción establecidas en el *Capítulo 7. Plan de Manejo Ambiental*.

#### 4.9.3.5 Diseño paisajístico

El diseño paisajístico incluye la adecuación final del área y su revegetalización, para lo cual se siguen los procedimientos y medidas establecidos en el *Capítulo 10 Plan de Abandono y Restauración Final*. Este plan establece que la conformación morfológica y paisajística debe considerar aspectos como las características del proceso de regeneración natural circundante, las condiciones ecológicas de las especies seleccionadas y la integración del paisaje en función de las coberturas presentes, con el objetivo de generar conectividad y preservar la estructura natural del entorno.

Durante la reconfiguración y nivelación del área, se debe evitar la formación de depresiones en zonas compactadas o cualquier otra alteración del suelo, dentro de estos procesos de reconfiguración, como se mencionó con anterioridad, se reincorporará la capa superficial del suelo previamente removida y almacenada, asegurando un espesor suficiente para crear condiciones adecuadas para los procesos de siembra y revegetalización. Las especies seleccionadas seguirán las directrices establecidas en la Ficha *BR 1, Revegetalización*, del *Capítulo 7 Plan de Manejo Ambiental*.

Estas actividades tienen como objetivo lograr la integración paisajística del área intervenida, minimizando los impactos visuales que alteren la dinámica natural del paisaje y considerando factores como la representatividad, singularidad y calidad del entorno.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	251

#### 4.10 Permiso Individual de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Biodiversidad

Como parte del Plan de Manejo Ambiental (*Capítulo 7*) se estableció el manejo de Fauna en la ficha PMA-BMS-3 del Programa de manejo del suelo, en donde se determina la necesidad de realizar actividades de ahuyentamiento, rescate, rehabilitación y reubicación de fauna, con el fin de mitigar el impacto que puede generarse sobre las poblaciones de fauna localizadas en el área de intervención del proyecto durante las actividades de aprovechamiento forestal, desmonte y limpieza.

Lo anterior, implica una eventual captura y manipulación de especímenes de la diversidad biológica, de aquellas especies de baja movilidad o susceptibilidad a eventos de muerte por no encontrarse en condiciones óptimas para alejarse de forma voluntaria de los frentes de obra que lleguen a requerir las actividades del proyecto. De igual forma, dentro del Plan de Seguimiento y Monitoreo (*Capítulo 8*), se plantea el plan de monitoreo de fauna, el cual también implica la eventual aplicación de métodos de captura y manipulación de especímenes de la diversidad biológica para evaluar la composición y abundancia de la fauna silvestre.

Por otro lado, el Programa de conservación de especies vegetales y faunísticas en peligro crítico, veda o no identificadas, contempla el manejo de flora arbórea y faunística en veda (PMA-BCV-1), así como el manejo de flora no vascular y vascular en veda (PMA-BCV-2 y PMA-BCV-3), cuyas medidas de manejo se describen de forma detallada en el *Numeral 4.7 Medidas de Manejo para Especies en Veda*, donde dichas medidas incluyen las actividades de rescate, traslado y reubicación de especies vasculares en veda nacional previo a la remoción de cobertura vegetal y aprovechamiento forestal. Por esta razón, también es necesaria la colecta temporal de especímenes de la diversidad biológica de este grupo., para su posterior traslado al sitio de reubicación, donde posteriormente se llevará a cabo el seguimiento y monitoreo.

En línea con lo anterior, en la Tabla 4-128 se presenta el Listado de actividades que requieren recolección o manipulación de individuos de flora y fauna.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	252

Manejo de especies de flora arbórea y faunística en veda, endémicas y/o amenazadas

**Tabla 4-128 Listado de actividades que requieren recolección o manipulación de individuos de flora y fauna**

PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL DONDE SE REQUIERE RECOLECCIÓN O MANIPULACIÓN DE INDIVIDUOS			
ID DE MEDIDA	NOMBRE DEL PROGRAMA	FICHA DE MANEJO	NOMBRE DE MEDIDA
PMA-B-MS-01	Programa de manejo del suelo	Manejo de remoción de cobertura vegetal y descapote y del aprovechamiento forestal.	Remoción de la cobertura vegetal, descapote y aprovechamiento forestal
PMA-B-MS-02		Manejo de flora, fauna y protección y conservación de hábitats.	Manejo de fauna y la protección y conservación de hábitats
PMA-B-RH-01	Programa de manejo del recurso hídrico	Manejo de ecosistemas acuáticos	Manejo de ecosistemas acuáticos
PMA-B-CV-01	Programa de conservación de especies vegetales y faunísticas en peligro crítico, veda o no identificadas	Manejo de especies de flora arbórea y faunísticas en veda, endémicas y/o amenazadas	Manejo de flora arbórea y fauna en veda, endémica y/o amenazada
PMA-B-CV-03		Manejo de flora no vascular en veda (no arbórea)	Programa de manejo para el rescate y reubicación de individuos de la población de especies vasculares en veda
PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DONDE SE REQUIERE RECOLECCIÓN O MANIPULACIÓN DE INDIVIDUOS			
ID DE MEDIDA	NOMBRE DEL PROGRAMA	FICHA DE MANEJO	NOMBRE DE MEDIDA
PSM-B-SM-01	Seguimiento y monitoreo a los programas de manejo del medio biótico	Flora y fauna (incluyendo especies endémicas o en cualquier categoría de amenaza)	Seguimiento a las actividades de manejo de flora en veda y/o amenaza
			Seguimiento y monitoreo a la fauna
			Registro de especies en amenaza
PSM-B-SM-03	Comunidades hidrobiológicas	Seguimiento las comunidades hidrobiológicas	
PSM-CM-B-01	Seguimiento y monitoreo de la calidad para el medio biótico	Flora	Monitoreo parcelas de flora - EIA línea base
PSM-CM-B-02		Fauna	Monitoreo de fauna
PSM-CM-B-03		Ecosistemas Acuáticos	Análisis multitemporal de las comunidades hidrobiológicas
PLAN DE COMPENSACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO			

Fuente: CONSGA S.A.S., 2024.

Conforme a lo anterior, y según lo dispuesto en La Circular Externa No. 00001, emitida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA, 2022) (Ver Anexo 0 / USO Y APORVECHAMIENTO/6. CIRCULAR EXTERNA No 00001) donde se precisa la aplicación en el marco del licenciamiento ambiental de las actividades de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad, en consecuencia y según la interpretación normativa del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, tal como se detalla en la Circular Externa No. 00001, cuando se requiere la recolección de especímenes con fines de manejo en proyectos que se encuentran en la fase de elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	253

(EIA) o en la etapa de evaluación, **no se debe incluir la solicitud de un permiso**, En su lugar, se deben incorporar medidas de manejo específicas en el EIA (Tales medidas se encuentran en el capítulo 7 Plan de Manejo Ambiental). Estas medidas deben abordar aspectos relacionados con la prevención, mitigación, corrección y/o compensación, según sea necesario, derivados de los procesos de captura, remoción o extracción temporal o definitiva de especímenes de la diversidad biológica durante la ejecución del proyecto, obra o actividad.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	254

## BIBLIOGRAFÍA

- AJOVER. (2023). Sistema Séptico ECOAJOVER. *Sistemas Ecológicos para tratamiento de aguas residuales*.
- American Orchid Society. (25 de Septiembre de 2024). *El cultivo de Oncidium*. Orchid Care: <https://www.aos.org/orchid-care/care-sheets/ocnidium-culture-sheet>
- Anderson, M. (1953). *Plantación de grupos espaciados*. Edimburgo: Universidad de Edimburgo.
- ANLA. (2019). Decreto-Ley 2106 de 2019: Para el desarrollo o ejecución de proyectos, obras o actividades que requieran licencia, permiso, concesión o autorización ambiental y demás instrumentos de manejo y control ambiental. Bogotá D.C., Colombia: ANLA.
- ASOHECA. (2009). *FICHA TÉCNICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIÓN DE CAUCHO NATURAL*. Ibagué: ASOHECA.
- Australian Government. (2012). *NATIONAL POLLUTANT INVENTORY - EMISSION ESTIMATION TECHNIQUE MANUAL FOR MINING*.
- Baptiste, M., Castaño, N., Cárdenas-Lopez, D., Gutiérrez, F., Gil, D., y Lasso, C. (2010). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Barrat, R. (2001). Atmospheric Dispersion Modelling: An Introduction to Practical Applications. *Taylor & Francis*.
- Bernal, R., S.R. Gradstein, & Celis, M. (2023). *Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia* (Vol. V1. 1.). Universidad Nacional de Colombia. <https://doi.org/10.15472/7avdhn>
- Botero, G., & González, H. (1983). Algunas localidades fosilíferas cretáceas de la cordillera central. Antioquia y Caldas. *Geología Norandina*, 133-138.
- Botero, G., & González, H. (1983). Algunas localidades fosilíferas cretáceas de la cordillera central. Antioquia y Caldas. *Geología Norandina*, 133-138.
- Bungartz, F., Dután, V., & Elix, J. (2013). The lichen genera *Cryptothecia*, *Herpothallon* and *Helminthocarpon* (Arthoniales) in the Galapagos Islands, Ecuador. *The Lichenologist*, 45(6), 739-762. <https://doi.org/doi:10.1017/S0024282913000522>

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	255

- Cárdenas, D., y Salinas, N. (2019). *Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas. Primera parte* (Vol. Vol 7 Helechos arborescentes). Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [https://doi.org/https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR\\_MADERABLES.pdf](https://doi.org/https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR_MADERABLES.pdf)
- Carmona, J. C. (2016). *Germinación y proliferación de Oncidium unguiculatum (Orchidaceae), con fines de conservación ex situ*. Tlalnepantla: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Carvajal, J. H. (2008). Propuesta metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos.
- Casas, C. (2006). Brioteca Hispánica 2000-2004. *Boletín de la Sociedad Española de Biología*(28), 1-10. <https://doi.org/doi: 10.58469/bseb.2006.60.92.001>
- Cavelier, J., y Santos, C. (1999). Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *Revista de Biología Tropical*.
- Cedeño, M., & Chinchilla, I. (2021). Rasgos de los forófitos de *Guazuma ulmifolia* y *Samanea saman* y su influencia en la distribución espacial, abundancia y diversidad de plantas epífitas. *SCIENTIA. Journal of Basic Science and Technology (SJBST)*, 31(2), 68-84.
- Chacón, T. (1993). *Estabilidad de laderas y el impacto del terremoto de Limón*. Costa Rica: Escuela de Ciencias Geográficas, 121 páginas.
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*.
- CITES. (2023). Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres. Apéndices I, II y III. *Apéndices I, II y III de la CITES*. Ginebra, Suiza: CITES.
- Corbin , J., y Holl, K. (2012). Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management*, 265, 37-46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.10.013>
- CORPOCALDAS. (26 de Agosto de 1996). Resolución No. 810 de 1996: Por la cual se expide el regimen de administración del recurso forestal de la Corporación

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	256

Autónoma Regional de Caldas - CORPOCALDAS. Manizales, Colombia:  
Corporación Autónoma Regional de Caldas.

EPA. (2023). AP 42.

Estrabou, C., & Adler, M. (1999). Novedades sobre Parmeliaceae sensu stricto (Ascomycota liquenizados) de la Provincia de Córdoba, República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica.*, 1-2(34), 63-73. <https://doi.org/https://botanicaargentina.org.ar/wp-content/uploads/2018/08/63-73008.pdf>

Estrada, J., Viana, R., & González, H. (2001). Memoria explicativa del mapa geológico de la Plancha 205 Chinchiná.

Estrada, J. J., Viana, R., & González, H. (2001). Memoria explicativa del mapa geológico de la Plancha 205 Chinchiná.

European Environment Agency. (2021). *EMEP/EEA - Air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021.*

Faisal, L. (24 de Agosto de 2024). Porcentajes de desperdicio estándar para materiales de construcción comunes - PART-01.

Finegan. (1992). *El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. Col. Silvicultura y Manejo.* Costa Rica: COSUDE. [https://doi.org/https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1589/El\\_potencial\\_de\\_manejo\\_de\\_los\\_bosques\\_humedos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://doi.org/https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1589/El_potencial_de_manejo_de_los_bosques_humedos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Fuertes, E., Álvares, L., & Prada, C. (2016). Aportaciones a la brioflora de la Argentina (Lunulariales, Marchantiales, Marchantiophyta). *Botánica Complutensis*(40), 43-52. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.5209/BCOM.53198>

Gradstein, R. (2013). Afro-American hepatics revisited. *Polish Botanic Journal*, 1(58), 149-177. <https://doi.org/DOI: 10.2478/pbj-2013-0016>

Hernández, M. (2002). *Cedrela montana Turcz. - Meliaceae.* Bogotá D.C.: UN.

Hernández, M. (25 de Junio de 2024). *Flickr.* Quiche, cardo, chupalla: <https://www.flickr.com/photos/16895199@N04/9217259373>

Herrera, Y. (2023). Ejemplo del marcaje de individuos vasculares rescatados. *Ejemplo del marcaje de individuos vasculares rescatados.* Bogotá D.C., Colombia: Herrera, Yeison.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	257

- Hornung, C., & Gaviria, J. (22 de Enero de 1999). Clave y glosario ilustrado para la determinación de las Bromeliaceae del Estado Mérida, Venezuela. *Plántula*, 3(2), 119-140.  
[https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/26409724\\_Novedades\\_para\\_la\\_Flora\\_del\\_Estado\\_Merida\\_1\\_Nuevos\\_Registros\\_de\\_Bromeliaceae](https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/26409724_Novedades_para_la_Flora_del_Estado_Merida_1_Nuevos_Registros_de_Bromeliaceae)
- IDEAM. (2008). *IDEAM*.  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021143/metodologia-calculo.pdf>
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá.
- INDERENA. (24 de Junio de 1977). Resolución 0801 de 1977: Por la cual se declara planta protegida una especie de flora silvestre y se establece una veda. Bogotá D.C., Colombia: Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables - INDERENA.
- INDERENA. (01 de Febrero de 1977). Resolución No. 213 de 1977: Por la cual se establece veda para algunas especies y productos de la flora silvestre. Bogotá D.C., Colombia: INDERENA.
- INECOL. (1998). Fascículo 67. En G. Calderón, & J. Rzedowski, *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* (p. 34). Pátzcuaro: Inecol.
- Ingeniería S.A.S. (2024). Ejemplo del proceso de limpieza en el área a rehabilitar. *Ejemplo del proceso de limpieza en el área a rehabilitar*. Bogotá D.C., Colombia: Ingeniería S.A.S.
- Instituto Nacional de Ecología. (2013). *Manual 1 Principios de Medición de la Calidad del Aire*. Mexico.
- INVIAS. (2011). *Manual de drenaje para carreteras*. Instituto Nacional de Vias.
- ITCR. (1999). HCANALES v3.0. Escuela de Ingeniería Agrícola. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Jadan, O., Cedillo, H., Pillacela, P., Gualpa, D., Gordillo, A., Zea, P., . . . Vaca, C. (2019). Regeneración de árboles en ecosistemas naturales y plantaciones de *Pinus patula* (Pinaceae) dentro de un gradiente altitudinal andino (Azuay, Ecuador). *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 182-195.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i1.32940>.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	258

- Johansson, D. (1974). *Ecology of vascular epiphytes in west african rain forest*. SVENSKA VAXTGEOGRAFISKA SALLSKAPET . <https://doi.org/https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:565496/FULLTEXT01.pdf>
- Kometter, R., Reynel, C., Chavesta, M., & Vargas, C. (2023). *Caracterización dendrológica y anatómica de las especies del género Cedrela*. Lima: Bio Modus Tropical. [https://doi.org/https://cites.org/sites/default/files/timber\\_id\\_materials/files/Peru\\_cedrela\\_2023.pdf](https://doi.org/https://cites.org/sites/default/files/timber_id_materials/files/Peru_cedrela_2023.pdf)
- Li, J., Changming, L., Zhonggen, W., & Liang, K. (2015). Two universal runoff yield models: SCS vs. LCM. *ournal of Geographical Sciences*, 25, 311-318.
- Linsley, R. (1986). Flood estimates. How good are they? *Water Resources Research*, 159S-164S.
- Llamas, J. (1993). *Hidrología general: Principios y Aplicaciones*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. p635.
- MADS. (4 de Octubre de 1996). Decreto 1791 de 1996: Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal. Bogotá D.C, Colombia: MADS.
- MADS. (2011). *Plan Nacional para la Prevención, el Control y Manejo de las Especies Introducidas, Transplantadas e Invasoras*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-República de Colombia.
- MADS. (2015). *Resolución 63 de 2015*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MADS. (23 de Diciembre de 2016). Resolución No. 2182 de 2016: Por la cual se modifica y consolida el Modelo de Almacenamiento Geográfico contenido en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales y en el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Bogotá D.C., Colombia: MADS.
- MADS. (2019). *Metodología para la caracterización de especies de flora en veda*. Bogotá D.C.: MADS.
- MADS. (2019). *Metodología para la Caracterización de Especies de Flora en Veda*. Bogotá D.C., Colombia: MADS.
- MADS. (04 de Junio de 2019). Resolución No. 083 de 2019: Por medio de la cual se registra la Reserva Natural de la Sociedad Civil "La Cascada" RNSC 002-18. Bogotá D.C., Colombia: MADS.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	259

- MADS. (26 de Diciembre de 2019). Resolución No. 2184 de 2019: Por la cual se modifica la resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. Bogotá D.C., Colombia: MADS.
- MADS. (06 de Febrero de 2024). Resolución No 0126: Por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Marcano, V., & Sipman, H. (2021). Diversidad y distribución de líquenes del Cerro Duida y sus áreas adyacentes, Alto Orinoco, Amazonas, Venezuela. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 2(78), 1-27. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0002-0068-6642>
- Martínez, N., Perez, M., & Flores, A. (2008). Estratificación vertical y preferencia de hospedero de las epífitas vasculares de un bosque nublado de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 2069-2086. [https://doi.org/http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442008000400037&Ing=en&nrm=iso](https://doi.org/http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000400037&Ing=en&nrm=iso). ISSN 0034-7744.
- Martínez, N., Perez, M., & Flores, A. (2008). Estratificación vertical y preferencia de hospedero de las epífitas vasculares de un bosque nublado de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 2069-2086. [https://doi.org/http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442008000400037&Ing=en&nrm=iso](https://doi.org/http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000400037&Ing=en&nrm=iso). ISSN 0034-7744.
- MAVDT. (2004). *Resolución 865*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Maza, J. (1968). *Socavación en Cauces Naturales*. Secretaría de Obras Públicas.
- MCS. (2024). *MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE MODIFICACIÓN DE LICENCIA DE LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS PALESTINA (ECG)*. Bogotá, D.C: MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S.
- MCS. (2024). *MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E HIDROBIOLÓGICA DE AGUA SUPERFICIAL EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS PALESTINA (ECG) - MODIFICACIÓN DE LICENCIA*. MCS CONSULTORÍA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S.
- MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S. (JUNIO de 2024). *MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E*

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	260

HIDROBIOLÓGICA DE AGUA SUPERFICIAL EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS PALETINA (ECG) - MODIFICACIÓN DE LICENCIA. COLOMBIA.

- Meléndez-Ackerman, E. (2011). Las especies exóticas invasoras: Una amenaza para la Reserva Natural de Mona. *Revista Ambiental Marejada*, 7(1), 6-7.
- Mercado, J., Arroyo, J., & Álvarez, P. (2023). Diversidad y distribución espacial de epífitas vasculares en fragmentos de bosque seco tropical del Caribe colombiano. *Colombia Forestal*, 26(1), 5-21. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/2256201X.19375>
- Mercado, J., Arroyo, J., & Álvarez, P. (2023). Diversidad y distribución espacial de epífitas vasculares en fragmentos de bosque seco tropical del Caribe colombiano. *Colombia Forestal*, 26(1), 5-21. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/2256201X.19375>
- MinDesarrollo. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS: Título A Aspectos Generales de los Sistemas de Agua potable y Saneamiento básico*. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico.
- Minga, D., Guzmán, N., & Jiménez, M. (2019). *Árboles de los bosques de las estribaciones orientales de la cuenca del Río Paute*. Universidad del Azuay. <https://doi.org/978-9942-822-25-3>
- Minvivienda. (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS*. Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- MMA. (2019). *Teloschistes flavicans (Sw.) Norman*. Gobierno de Chile.
- Moreno Sánchez , M., Gómez Cruz , A., & Toro, L. (2008). *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (22), 27-38.
- Morillo, G., Briceño, B., & Oliva, F. (2009). Bromeliaceae de los páramos y subpáramos andino venezolanos. *ACTA BOTÁNICA VENEZUELICA*, 32(1), 179-224. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/862/86211776008.pdf>
- MVCT. (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS: Título B Sistemas de acueducto*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- MVCT. (2017). *Resolución No. 0330 de 08 de junio de 2017*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Norden, N. (2014). Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*, 17(2), 247-261. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a08>

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	261

- Ortiz, I. R. (2014). *Determinación de Caudales en cuencas con poca Información Hidrológica*.
- Padilla, F., & Pugnaire, F. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4, 196-202. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0196:TRONPI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0196:TRONPI]2.0.CO;2)
- Paez, L. E. (2005). *Biología de Tillandsia recurvata L. (Bromeliaceae) y su importancia en aplicaciones prácticas y ecológicas*. Ciudad de México: UNAM.
- Parra, J. D., Callejas, R., & Churchill, S. (2002). Los Musci (musgos) del Departamento de Antioquia. *Biota Colombiana*, 1(3), 163-192. [https://doi.org/https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/22163/1/CallejasRicardo\\_2002\\_MusgosDepartamentoAntioquia.pdf](https://doi.org/https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/22163/1/CallejasRicardo_2002_MusgosDepartamentoAntioquia.pdf)
- Passos, J., & Gradstein, R. (2020). The genus *Lejeunea* Lib. (Lejeuneaceae, Marchantiophyta) in Brazil. *Phytotaxa*, 453(2), 55-107. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.453.2.1>
- Peñate, L., Gil, J., & Carrillo, M. (2022). Diversidad taxonómica y funcional de briófitos en diferentes coberturas de un bosque seco tropical, Córdoba (Colombia). *SAB: Sociedad Argentina de Botánica*.(57), 687-704. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0001-6092-0472>
- Perfecto, I., Rice, R., Greenberg, R., & Van der Voort, M. (1996). Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 46(8), 598-608. <https://doi.org/10.2307/1312989>
- Philpott, S., Arendt, W., Armbrrecht, I., Bichier, P., Diestch, T., Gordon, C., . . . Zolotoff, J. (2008). Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: review of the evidence on ants, birds, and trees. *Conserv Biol*, 22(5), 1093-1105. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01029.x>
- Quiceno, D. (2017). *Efecto de las plantaciones de Acacia mangium Willd. y Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake sobre la trayectoria sucesional de la vegetación, en áreas de explotación minera a cielo abierto*. UN.
- Reina, G., Otero, T., Soriano, I., Ortiz, P., & Ospina, N. (2011). *Guía ilustrada de las orquídeas del Valle Geográfico del río Cauca y Piedemonte Andino Bajo*. Palmira.: Universidad Nacional de Colombia.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	262

- [https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/306169113\\_Guia\\_ilustrada\\_de\\_orquideas\\_del\\_Valle\\_geografico\\_del\\_rio\\_Cauca\\_y\\_piedemonte\\_andino\\_bajo](https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/306169113_Guia_ilustrada_de_orquideas_del_Valle_geografico_del_rio_Cauca_y_piedemonte_andino_bajo)  
Reina, G., Otero, T., Soriano, I., Ortiz, P., & Ospina, N. (2011). *Guía ilustrada de las orquídeas del Valle Geográfico del río Cauca y Piedemonte Andino Bajo*. Palmira.: Universidad Nacional de Colombia.  
[https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/306169113\\_Guia\\_ilustrada\\_de\\_orquideas\\_del\\_Valle\\_geografico\\_del\\_rio\\_Cauca\\_y\\_piedemonte\\_andino\\_bajo](https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/306169113_Guia_ilustrada_de_orquideas_del_Valle_geografico_del_rio_Cauca_y_piedemonte_andino_bajo)
- Ríos, M. V. (2017). *Diversidad de musgos de los Biotopos Cerro Cahuí y San Miguel La Palotada-El Zotz, Petén*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rodríguez, G., & Zapata, G. (2013). Análisis comparativo entre la dormacion barroso y el complejo Quebradagrande; un arco volcanico toelitico- calcoalcalino, segmentado por el sistema de fallas Romeral en los andes del Norte. *Boletín ciencias de la tierra*, (33), 39-58.
- Rosabal, D., Burgaz, A. R., & Reyes, O. (2012). Diversidad y distribución vertical de líquenes corticícolas en la pluvisilva montana de la Gran Piedra, Cuba. *Botánica Complutensis*(36), 19-30.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.5209/rev\\_BOCM.2012.v36.39439](https://doi.org/https://doi.org/10.5209/rev_BOCM.2012.v36.39439)
- Rueda, J., Ortega-Jiménez, E., Hernández-Garay, A., Enríquez-Quiroz, J., Guerrero-Rodríguez, J., & Quero-Carrillo, A. (2016). Growth, yield, fiber content and lodging resistance in eight varieties of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone intended as energy crop. *Biomass and Bioenergy*, 88, 59-65.  
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.03.007>
- Sandoval, W. &. (2014). Determinación de caudales en cuencas con poca información hidrológica. *Ciencia UNEMI*.
- SGC. (2018). *Sistema de consulta de la amenaza sísmica de Colombia*. Bogotá.
- Sierra, J., Baquero, J., Molina, L., & Reina, G. (2018). *PROTOCOLO PARA EL RESCATE, TRASLADO Y MONITOREO DE EPÍFITAS VASCULARES EN COLOMBIA: MÉTODOS Y EXPERIENCIAS*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.  
<https://doi.org/https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/download/79/105/3479?inline=1>

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	263

- Sinchi, & CORPOAMAZONIA. (2007). *Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento*. Bogota D.C: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Soto, E., Díaz, D., & Lozano, J. D. (2021). Catálogo de líquenes de la Ciudad de Cali-Colombia. *Revista de Ciencias*, 24(1), 1-27. <https://doi.org/10.25100/rc.v24i1.9214>
- Soto, L., Perfecto, I., Castillo, J., & Caballero, J. (2000). Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, México. *ELSEVIER*, 80, 61-69.
- Spence, J. (2022). Studies in Austral Bryaceae (Bryopsida). IV New records from the Falkland Islands (Islas Malvinas), with a phytogeographic analysis of the family. *Cryptogamie Bryologie.*, 15(43), 211-224. <https://doi.org/https://sciencepress.mnhn.fr/sites/default/files/articles/pdf/bryologie2022v43a15.pdf>
- Suárez, G., Reiner, M. E., & Flores, J. (2022). Fertile plants of *Lejeunea capensis* (Lejeuneaceae, Marchantiophyta) in the Chaco Serrano forest from Tucumán (Argentina). *Lilloa*, 59(2), 221-226. <https://doi.org/10.30550/j.lil/2022.59.2/2022.10.23>
- Summun Projects S.A.S. (2024). Ingeniería básica para el proyecto Dosquebradas estación de compresión de gas Palestina.
- TGI. (30 de Enero de 2024). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Bogotá D.C., Colombia: TGI.
- Toapaxi J et al. (2015). *Análisis de la Socavación en Cauces Naturales*.
- Vargas M., R., & Diaz-Granados, M. (1998). Curvas sintéticas regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia. *Universidad de los Andes*.
- Villagrán, C. (2020). Historia biogeográfica de las briófitas de Chile. *GAYANA BOTÁNICA*, 77(2), 73-114. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432020000200073>
- Villaseñor, A., & Gonzalez, H. (2016). *Manual de Mejores Practicas para el Aprovechamiento Forestal Sustentable*. Mexico: Dicos, Bioasesores y The Nature Conservancy. <https://doi.org/https://opsaa.iica.int/resource-286-manual-de-buenas-practicas-de-aprovechamiento-forestal>
- Wetzel, R. a. (2000). *Limnological Analyses*. Nueva York: Springer Science+Business Media, Inc.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	264

Yulianti, S., Mulyaningrum, E., & Rahayu, P. (2022). Species Diversity and Distribution Area of Lichen in Baturraden Botanical Garden, Banyumas. *Journal of Biotechnology and Natural Science*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.12928/jbns.v2i1.5226>

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 4. Demanda, Uso y/o Aprovechamiento de Recursos Naturales	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	265