

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SEGUNDA CALZADA ENTRE EL TÚNEL DE OCCIDENTE Y SANTA FE DE ANTIOQUIA



Elaborado para:



Elaborado por:



Consultoría Colombiana S.A.

Bogotá D.C.
Febrero de 2017

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones
V1		Diciembre 2016	
V2	Todas las secciones	Febrero de 2017	Ajuste según Requerimientos de la ANLA del 16-12-2016

REGISTRO DE RESPONSABLES

Número de Revisión		1
Responsable por Elaboración	Nombre	Juan Carlos Vargas Espinosa
	Firma	
Responsable por Elaboración	Nombre	Andrés Fernando Cortes Rodríguez Ibonne Lisette Henao Tarache
	Firma	
Responsable por Revisión Coordinador Ambiental	Nombre	Sandra Gutiérrez Henao
	Firma	
Responsable por Aprobación Gerente del Proyecto	Nombre	Gildardo Méndez Sandoval
	Firma	
Fecha		17-02-2017

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SEGUNDA CALZADA ENTRE EL TÚNEL DE OCCIDENTE Y SANTA FE DE ANTIOQUIA

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
3.1 LOCALIZACIÓN.....	2
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	7
3.2.1 Infraestructura existente	8
3.2.2 Fases y actividades del proyecto	27
3.2.3 Diseño del proyecto.....	1
3.2.4 Trazado y características geométricas de las vías a construir objeto del proyecto ⁹	
3.2.5 Infraestructura asociada al proyecto.....	136
3.2.6 Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto.....	150
3.2.7 Insumos del proyecto.....	175
3.2.8 Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición.....	183
3.2.9 Residuos peligrosos y no peligrosos.....	242
3.2.10 Costos del proyecto	247
3.2.11 Cronograma del proyecto	247
3.2.12 Organización del proyecto.....	249

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SEGUNDA CALZADA ENTRE EL TÚNEL DE OCCIDENTE Y SANTA FE DE ANTIOQUIA

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 3-1 Unidades Funcionales del Proyecto	1
Tabla 3-2 Relación unidades territoriales del Área de Influencia	6
Tabla 3-3. Coordenadas puntos de inicio y final – Unidades funcionales 1 y 3.	6
Tabla 3-4 Puentes en la Unidad Funcional 1	9
Tabla 3-5 Identificación de fuentes	15
Tabla 3-6 Sitios propuestos para vertimiento	26
Tabla 3-7 Actividades a desarrollar en el proyecto	1
Tabla 3-8 Longitud Unidades Funcionales.....	9
Tabla 3-9 Requisitos técnicos Unidad Funcional 1	14
Tabla 3-10 Puentes y viaductos a construir Unidad Funcional 1	23
Tabla 3-11 Obras hidráulicas menores Unidad Funcional 1	46
Tabla 3-12 Localización de muros de contención en la UF 1	51
Tabla 3-13 Taludes UF 1	55
Tabla 3-14 Necesidad de carga para construcción Unidad Funcional 1	58
Tabla 3-15 Localización y tipo de galerías de conexión	60
Tabla 3-16 Requisitos técnicos Unidad Funcional 3.....	62
Tabla 3-17 Características Geométricas y Técnicas Túnel	62
Tabla 3-18 Obras hidráulicas menores en la Unidad Funcional 3.....	65
Tabla 3-19 Localización de muros de contención en la UF 3	71
Tabla 3-20 Clasificación de estabilidad según RMR.....	74
Tabla 3-21 Clasificación de sostenimiento según RMR obtenido.....	74
Tabla 3-22 Sostenimiento asignado por tramos al nuevo tubo del túnel	74
Tabla 3-23 Sostenimientos tipo	87
Tabla 3-24 Porcentaje de aplicación de cada sostenimiento tipo.....	88
Tabla 3-25 Sostenimiento tipo S1	89
Tabla 3-26 Sostenimiento tipo S2.....	90
Tabla 3-27 Sostenimiento tipo S3.....	91
Tabla 3-28 Sostenimiento tipo S4.....	92
Tabla 3-29 Sostenimiento tipo S5.....	93
Tabla 3-30 Sostenimiento tipo S6.....	94
Tabla 3-31 Necesidades de energía en portal de entrada.....	102
Tabla 3-32 Necesidades de energía en el frente de trabajo (boca de entrada)	103
Tabla 3-33 Dimensionamiento red de agua por frente de trabajo.....	104
Tabla 3-34 Alturas de los vertederos.	109
Tabla 3-35 Sostenimientos adoptados para las galerías del Túnel de Occidente.	133

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Tabla 3-36 Taludes UF3	134
Tabla 3-37 Necesidad de carga para construcción Unidad Funcional 3	136
Tabla 3-38 Consolidado de áreas consideradas en el proyecto.....	137
Tabla 3-39 Localización de sitios de acopio de materiales y operaciones	142
Tabla 3-40 Plantas de triturado, concreto y asfalto	145
Tabla 3-41 Títulos mineros para explotación de materiales de construcción con licencia ambiental vigente.....	148
Tabla 3-42 Niveles de tensión	156
Tabla 3-43 Parametros de diseño	157
Tabla 3-44 Clasificación de la red vial según INVIAS	165
Tabla 3-45 Vías cruzan la Unidad Funcional - 1	166
Tabla 3-46 Vías cruzan la Unidad Funcional - 3	169
Tabla 3-47 Resumen predios Unidad Funcional 1-	171
Tabla 3-48 Resumen predios Unidad Funcional - 3	173
Tabla 3-49 Relación de SBG y MDC requeridas para la Unidad Funcional 1	176
Tabla 3-50 Relación de SBG y MDC requeridas para la Unidad Funcional 3	176
Tabla 3-51 Relación de concretos requeridos por unidad funcional.....	180
Tabla 3-52 ZODME para las Unidades Funcionales.....	183
Tabla 3-53 Volumen de excavación Unidad Funcional 1	185
Tabla 3-54 Volumen de terraplenes Unidad Funcional 1	185
Tabla 3-55 Balance de masa Unidad Funcional 1	186
Tabla 3-56 Volumen de excavación Unidad Funcional 3.....	186
Tabla 3-57 Volumen de terraplenes Unidad Funcional 3	187
Tabla 3-58 Balance de masa Unidad Funcional 3	187
Tabla 3-59 Balance de masa general Unidades Funcionales 1 y 3	190
Tabla 3-60 Coordenadas ZODME 8.....	191
Tabla 3-61. Coeficientes de Seguridad de Cálculo ZODMES 8	194
Tabla 3-62 Coordenadas ZODME 9	202
Tabla 3-63 Coeficientes de Seguridad de Cálculo ZODMES 9	206
Tabla 3-64 Coordenadas ZODME 10	210
Tabla 3-65 Coeficientes de Seguridad de Cálculo ZODMES 10	214
Tabla 3-66 Coordenadas ZODME 14	222
Tabla 3-67 Coeficientes de Seguridad de Cálculo ZODMES 14	226
Tabla 3-68 Coordenadas ZODME 1	232
Tabla 3-69 Coeficientes de Seguridad de Cálculo ZODMES 1	236
Tabla 3-70 Resumen aprovechamiento forestal por cobertura.....	245
Tabla 3-71 Estimación cuantía de volúmenes de residuos ordinarios generados.....	246
Tabla 3-72 Volúmenes estimados de residuos Industriales.....	246
Tabla 3-73 Costos estimados para la construcción de calzadas en Unidades funcionales 1 y 3.	247

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SEGUNDA CALZADA ENTRE EL TÚNEL DE OCCIDENTE Y SANTA FE DE ANTIOQUIA

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁG.

Figura 3-1. Localización General Unidades Funcionales proyecto Autopista al Mar 1.....	3
Figura 3-2 Localización del proyecto en las unidades territoriales	5
Figura 3-3 Localización del Proyecto (Área de Influencia)	7
Figura 3-4 Ubicación de las captaciones	16
Figura 3-5 Captación No. 1: CAP 4 Río Aurrá	17
Figura 3-6 Captación No.2: CAP 7 Quebrada La Volcana	19
Figura 3-7 Captación No. 4: CAP 8 Quebrada La Frisola	21
Figura 3-8 Captación No.4: Captación Portal Medellín - Quebrada La Culebra	23
Figura 3-9 Captación No. 5: Captación Portal Medellín (Infiltración)	24
Figura 3-10 Captación No. 6: Captación Portal Santa Fé (Infiltración).....	25
Figura 3-11 Localización sitios de vertimiento	26
Figura 3-12 Cambios de ubicación de calzada nueva Unidad Funcional 1 respecto a la calzada existente. Tramo 13+560	3
Figura 3-13 Cambios de ubicación de calzada nueva Unidad Funcional 1 respecto a la calzada existente. Tramo 14+500	4
Figura 3-14 Cambios de ubicación de calzada nueva Unidad Funcional 1 respecto a la calzada existente. Tramo 15+400	5
Figura 3-15 Unidad Funcional 3 - Antes del túnel de occidente	7
Figura 3-16 Unidad Funcional 3.....	8
Figura 3-17 Localización inicio – fin de las Unidades Funcionales (Diseño)	10
Figura 3-18 Peaje perteneciente a la UF3.....	11
Figura 3-19 Perfil longitudinal Trazado aproximado Unidad Funcional 1.	12
Figura 3-20 Sección típica doble calzada a nivel con aprovechamiento en corte	13
Figura 3-21 Ubicación de retornos a desarrollar	16
Figura 3-22 Intercambiador La Aldea	17
Figura 3-23 Acercamiento Intercambiador La Aldea.....	17
Figura 3-24 Enlace Ebéjico	18
Figura 3-25 Acercamiento Enlace Ebéjico.....	19
Figura 3-26 Retorno K12.....	20
Figura 3-27 Dimensiones vehículo tipo 3S-2.....	21
Figura 3-28 Ramales K12.....	22
Figura 3-29 Puentes a construir Unidad Funcional 1	24
Figura 3-30 Puente 1: Puente 0+160 (La Frisola)	25
Figura 3-31 Puente 2: Puente 0+980	25
Figura 3-32 Puente 3: Puente 1+940	26

Figura 3-33 Puente 4: Puente 2+100	26
Figura 3-34 Puente 5: Puente 2+920	27
Figura 3-35 Puente: Puente Ramal La Aldea	28
Figura 3-36 Puente 7: Puente 5+240	28
Figura 3-37 Puente 8: Puente 5+240	29
Figura 3-38 Viaducto 9: Viaducto 5+825.....	30
Figura 3-39 Viaducto 10: Viaducto 6+040.....	31
Figura 3-40 Puente 11: Puente 6+240	32
Figura 3-41 Puente 12: Puente 6+900	33
Figura 3-42 Puente 13: Puente 7+000	34
Figura 3-43 Puente 14: Puente 7+920	35
Figura 3-44 Puente 15: Puente 8+080	35
Figura 3-45 Puente 16: Puente 8+240	36
Figura 3-46 Puente 17: Puente 8+380	37
Figura 3-47 Puente 18: Puente 8+680	38
Figura 3-48 Puente 19: Puente 8+900	38
Figura 3-49 Puente 20: Puente 9+120	39
Figura 3-50 Puente 21: Puente 9+420	40
Figura 3-51 Puente 22: Puente 9+880	41
Figura 3-52 Viaducto 23: Viaducto 10+120.....	42
Figura 3-53 Puente 24: Puente Quebrada LA San Juana (10+460).....	43
Figura 3-54 Puente Quebrada La Murrupala (11+040)	43
Figura 3-55 Puente 26: Puente Quebrada La Guaracu (17+370)	44
Figura 3-56 Obras hidráulicas menores en UF 1	48
Figura 3-57 Planta de la Plataforma La Frisola (Box culvert y relleno)	49
Figura 3-58 Perfil box culvert La Frisola	50
Figura 3-59 Intervenciones sobre Quebrada La Frisola	50
Figura 3-60 Localización de muros de contención en la UF1	52
Figura 3-61 Muro de contención	53
Figura 3-62 Taludes UF 1.....	57
Figura 3-63 Perfil longitudinal Unidad Funcional 3	59
Figura 3-64 Sección típica para Túnel.....	60
Figura 3-65 Localización Galerías de conexión	61
Figura 3-66 Obras hidráulicas menores Unidad Funcional 3	66
Figura 3-67 Localización de box culvert de 3x3 y encauzamiento	68
Figura 3-68 Rellenos necesarios en trasdós del canal	68
Figura 3-69 Intervenciones sobre Quebrada La Culebra.....	69
Figura 3-70 Localización Peaje San Cristóbal	70
Figura 3-71 Distribución del Peaje.....	71
Figura 3-72 Localización de muros de contención en la UF3	72
Figura 3-73 Métodos de excavación.....	76
Figura 3-74 Fase 01: Perforación	77
Figura 3-75 Fase 02: Carga de explosivo	77
Figura 3-76 Fase 03: Voladura	78

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.2		

Figura 3-77	Fase 04: Ventilación	78
Figura 3-78	Fase 05: Desescombro	78
Figura 3-79	Fase 06: Colocación del sostenimiento.....	79
Figura 3-80	Esquema de voladura nuevo tubo túnel de occidente.....	84
Figura 3-81	Gálibo de la sección típica	87
Figura 3-82	Sistema de ventilación por frente de trabajo.....	100
Figura 3-83	Esquema red de agua y desagüe.....	105
Figura 3-84	Portales del Túnel	111
Figura 3-85	Fase 1: Ejecución de las pantallas frontal y lateral.....	112
Figura 3-86	Fase 2: Excavación del terreno en zona superior.....	112
Figura 3-87	Fase 3 – Ejecución de las zanjas y relleno con concreto.....	113
Figura 3-88	Fase 4 – Colocación del costillar de arcos metálicos.....	114
Figura 3-89	Ejemplo de colocación de costillar de arcos metálicos.....	114
Figura 3-90	Fase 5 – Colocación del anillo de concreto bombeado.....	115
Figura 3-91	Visera de protección	115
Figura 3-92	Fase 6 – Corte de la pantalla y ejecución de micropilotes horizontales.....	116
Figura 3-93	Pantalla de micropilotes.....	117
Figura 3-94	Pilotes	118
Figura 3-95	Maquinaria de perforación.....	119
Figura 3-96	Inyección en micropilotes.....	121
Figura 3-97	Anclajes	122
Figura 3-98	Paraguas de micropilotes	124
Figura 3-99	Elementos de roto-percusión	124
Figura 3-100	Lavado del taladro	125
Figura 3-101	Taladro.....	126
Figura 3-102	Corte longitudinal y transversal del desmonte frontal del portal lado Santa Fe.	127
Figura 3-103	Secciones de las galerías.....	131
Figura 3-104	Taludes UF3.....	135
Figura 3-105	Distribución áreas del Proyecto UF1 y UF3.....	138
Figura 3-106	Distribución PLANTA 1.....	140
Figura 3-107	Zona de acopio.....	141
Figura 3-108	Localización de sitios de acopio de materiales y operaciones.....	143
Figura 3-109	Localización preliminar del polvorín.....	144
Figura 3-110	Distribución de talleres de mantenimiento	146
Figura 3-111	Localización Fuentes de material	149
Figura 3-112	Conducciones bajo viaducto	151
Figura 3-113	Conducciones bajo viaducto	152
Figura 3-114	Conducciones bajo vial existente.....	152
Figura 3-115	Conducciones bajo vial existente.....	153
Figura 3-116	Conducciones bajo vial existente.....	153
Figura 3-117	Localización del ZODME No. 1 frente al DDV del Poliducto Sebastopol- Medellín-Cartago.....	155
Figura 3-118	Vías cruzan la Unidad Funcional - 1	168

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	 Devimar SOMOS TU VÍA	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.2		

Figura 3-119 Vías cruzan la Unidad Funcional - 3	170
Figura 3-120 Predios Unidad Funcional 1.....	172
Figura 3-121 Predios Unidad Funcional 3.....	173
Figura 3-122 Planta de trituración	176
Figura 3-123 Esquema de voladura.....	182
Figura 3-124 Localización ZODMEs.....	184
Figura 3-125 Balance de masas vía en superficie – Unidad funcional 3.....	188
Figura 3-126 Balance de masas construcción segundo tubo Túnel de Occidente – Unidad funcional 3.....	189
Figura 3-127 ZODME 8.....	191
Figura 3-128 Ubicación de los Cortes analizados en la ZODME 8	193
Figura 3-129 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 8.....	195
Figura 3-130 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 8.....	196
Figura 3-131 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte B-B del ZODME 8.....	197
Figura 3-132 Estabilidad con Carga Sísmica del Corte B-B del ZODME 8.....	198
Figura 3-133 Planta general ZODME 08.....	200
Figura 3-134 Secciones transversales ZODME 8.....	201
Figura 3-135 ZODME 9	203
Figura 3-136 Ubicación de los Cortes analizados en la ZODME 9	205
Figura 3-137 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte BB del ZODME 9	206
Figura 3-138 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte BB del ZODME 9	207
Figura 3-139 Planta general ZODME 9.....	208
Figura 3-140 Secciones transversales ZODME 9.....	209
Figura 3-141 ZODME 10	211
Figura 3-142 Ubicación de los Cortes analizados en el ZODME 10	213
Figura 3-143 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 10.....	215
Figura 3-144 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 10.....	216
Figura 3-145 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte B-B del ZODME 10.....	217
Figura 3-146 Estabilidad con Carga Sísmica del Corte B-B del ZODME 10.....	218
Figura 3-147 Planta general ZODME 10.....	220
Figura 3-148 Secciones transversales ZODME 10.....	221
Figura 3-149 ZODME 14	223
Figura 3-150 Ubicación de los Cortes analizados en la ZODME 14	225
Figura 3-151 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 14.....	226
Figura 3-152 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 14.....	227
Figura 3-153 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte BB del ZODME 14	228
Figura 3-154 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte BB del ZODME 14	229
Figura 3-155 Planta general ZODME 14.....	230
Figura 3-156 Secciones transversales ZODME 14.....	231
Figura 3-157 ZODME 1	233
Figura 3-158 Ubicación de los Cortes analizados en el ZODME 1	235
Figura 3-159 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 1	237
Figura 3-160 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 1	238
Figura 3-161 Planta general ZODME 1.....	240

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Figura 3-162	Secciones transversales ZODME 1.....	241
Figura 3-163	Esquema del cronograma.....	248
Figura 3-164	Organigrama de obra – Proyecto Autopista al Mar 1	250

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SEGUNDA CALZADA ENTRE EL TÚNEL DE OCCIDENTE Y SANTA FE DE ANTIOQUIA

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	PÁG.
Fotografía 3-1. Especificaciones vía - Unidad Funcional 1	9
Fotografía 3-2. Salida túnel – Puente Qda. La Negra - Unidad Funcional 1.....	10
Fotografía 3-3. Puente Qda. Miserenga - Unidad Funcional 1.....	11
Fotografía 3-4. Manejo de taludes - Unidad Funcional 1.....	11
Fotografía 3-5. Paso alto - Unidad Funcional 1	12
Fotografía 3-6. San Jerónimo – Fin Unidad Funcional 1	12
Fotografía 3-7. Inicio Unidad Funcional 3	13
Fotografía 3-8. Salida túnel – Fin Unidad Funcional 3	14
Fotografía 3-9. Quebrada El Uvito en la Unidad Funcional 3.....	14
Fotografía 3-10. Río Aurrá	17
Fotografía 3-11. Acceso al Río Aurrá	18
Fotografía 3-12. Captación quebrada La Volcana.....	19
Fotografía 3-13. Acceso captación quebrada La Volcana.....	20
Fotografía 3-14. Quebrada La Frisola	21
Fotografía 3-15. Acceso captación Qda. La Frisola.....	22
Fotografía 3-16 Entrada Boxculvert.....	67
Fotografía 3-17 Salida Boxculvert	67
Fotografía 3-18 Perforación en el frente	80
Fotografía 3-19 Martillo COP 1838.....	81
Fotografía 3-20 Vista de iluminación de un túnel.....	101
Fotografía 3-21. Drenaje artificial próximo a ZODME 8 que está paralelo al camino para ingreso a pie.....	192
Fotografía 3-22. Tipo de cobertura ZODME 8.....	192
Fotografía 3-23. Distancia a la Qda. Murrapala al ZODME 9	204
Fotografía 3-24. Tipo de cobertura ZODME 9.....	204
Fotografía 3-25. Drenaje cercano a la ZODME 10	212
Fotografía 3-26. Tipo de cobertura ZODME 10.....	212
Fotografía 3-27. Drenaje cercano a la ZODME 14	224
Fotografía 3-28. Tipo de cobertura ZODME 14.....	224
Fotografía 3-29. Acceso a ZODME 1	234
Fotografía 3-30. Canal artificial – ZODME 1	234

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Autopistas para la Prosperidad hace parte del programa de cuarta generación de concesiones viales y el tramo **Autopista al Mar 1**, corresponde al proceso licitatorio de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) VJ-VE-IP-LP-022-2013, y cuyo contrato de concesión bajo esquema de Asociaciones Público Privadas (APP) con el No. 014 de 2015 tiene un alcance físico descrito en el Apéndice Técnico 1 “*Alcance del Proyecto*” que se transcribe parcialmente en la Tabla 3-1, donde se incluyen las Unidades Funcionales 1 y 3 (objeto del presente documento), caracterizadas respectivamente por la construcción de la segunda calzada y el mejoramiento de la antigua calzada; y la construcción del segundo tubo del túnel de Occidente y el acceso de 700 metros en doble calzada.

Tabla 3-1 Unidades Funcionales del Proyecto

UF	Tramo	De	A	Alcance	Abscisa Origen	Abscisa final	Long. (km)
UF 1	1	Túnel de Occidente	San Jerónimo	Mejoramiento calzada actual	PK+107 (PK5+352)	PK19+200	19
				Construcción segunda calzada	PK+107 (PK5+352)	PK19+200	19
UF2	2.1	San Jerónimo	Santa Fe de Antioquia	Mejoramiento calzada actual	PK19+200	PK1+300	14
				Construcción segunda da calzada	PK19+200	PK1+300	14
	2.2	Santa Fe de Antioquia	Cañagordas	Operación y Mantenimiento	PR6+735	PR59+600	62
UF 3	3	Conexión vial Aburrá-Cauca	Conexión tramo túnel occidente-Santa Fe de Antioquia	Construcción segundo túnel Operación y mantenimiento túnel y vía	PK+000	PK5+352	5
UF4	4.1	Bolombolo	Bolombolo	Construcción de calzada nueva	PK1+085	PK5+075	4
	4.2	Bolombolo	Santa Fe de Antioquia	Rehabilitación vía existente	PK5+075	PR73+000	66

 Tramo para rehabilitación del proyecto Autopista al Mar 1, descrito en el presente documento.

Fuente: Apéndice Técnico 1 Contrato de Concesión No. 014 de 2015, modificado Consultoría Colombiana S.A., 2016

El proyecto Autopista al Mar 1 hace parte de los corredores de Autopistas para la Prosperidad que a su vez pertenece al programa de cuarta generación de concesiones viales. El proyecto de Autopistas de la Prosperidad en Antioquia lo conforman 8 concesiones y una variante.

De acuerdo con la ANI (Agencia Nacional de Infraestructura) el proyecto Autopista al Mar 1 se dividió en Unidades Funcionales (UF), para este documento se acordó presentar dos (2) Unidades Funcionales que son:

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

- Unidad Funcional – 1: Desde la salida del túnel de Occidente hasta el municipio de San Jerónimo.
- Unidad Funcional – 3: Desde el paso a desnivel de la vereda El Uvito (700 metros antes del portal Medellín) hasta la salida del nuevo túnel.

Las vías que hacen parte de la concesión, se han sectorizado por Unidades Funcionales (UF), basadas en la estructuración y diseños realizados con anterioridad por parte de las entidades Interconexión Eléctrica, S.A. (ISA), TYPESA e IDOM.

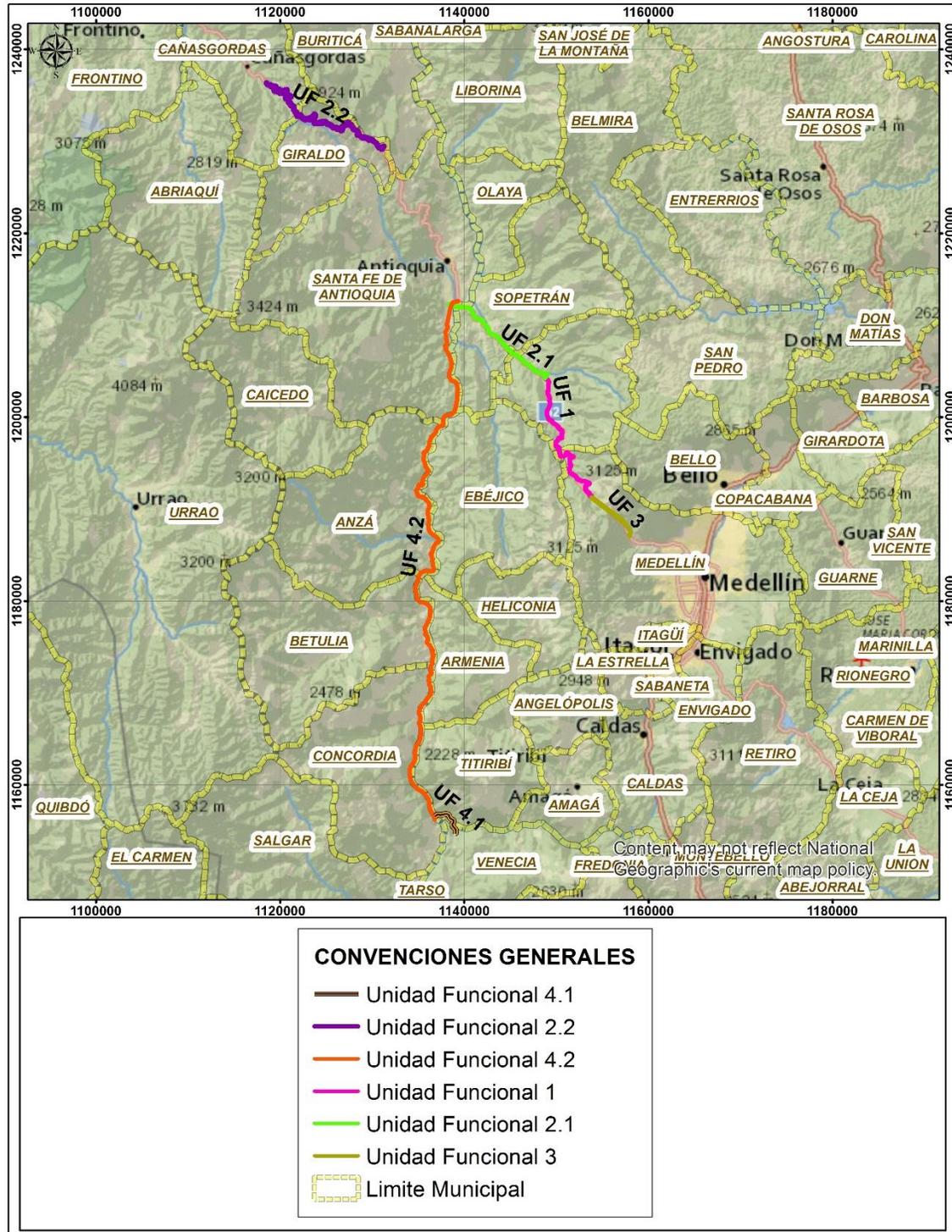
La construcción de esta nueva calzada de la Ruta Nacional 62 tiene como objetivo duplicar la capacidad actual de la vía, con el fin de facilitar el intercambio vehicular entre los municipios de Medellín y Santa Fe de Antioquia. A continuación se realizará la descripción detallada de las características técnicas más relevantes del proyecto.

Es importante indicar que algunas de las especificaciones de vías, materiales y cantidades presentadas en este documento son susceptibles de cambio durante la construcción por condiciones particulares de los procesos constructivos y del entorno que se va a intervenir.

3.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto Autopista al Mar 1 se compone de las Unidades Funcionales presentadas anteriormente en la Tabla 3-1, las cuales se localizan en el departamento de Antioquia tal como se muestra en la Figura 3-1.

Figura 3-1. Localización General Unidades Funcionales proyecto Autopista al Mar 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

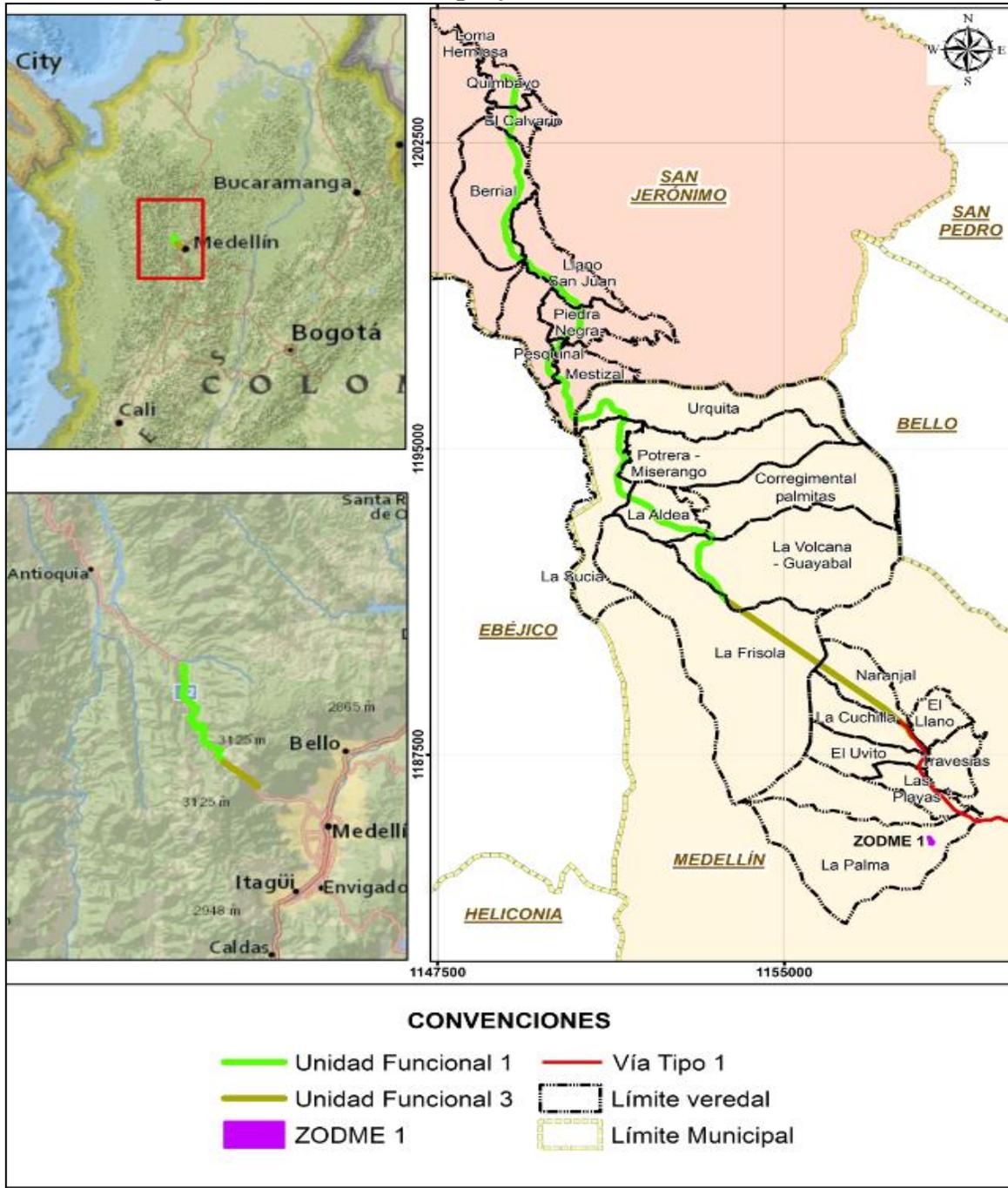
Las Unidades Funcionales 1 y 3 a las que se refiere el presente documento se encuentran localizadas en su totalidad en el departamento de Antioquia (Figura 3-2). Este departamento está situado en la parte noreste del país, limita al norte con el mar Caribe y con el departamento de Córdoba; al occidente con el departamento del Chocó; al oriente con los departamentos de Bolívar, Santander y Boyacá; y al sur con los departamentos de Caldas y Risaralda.

En específico, el recorrido de la Unidad Funcional 1 transita por los municipios de Medellín y San Jerónimo mientras que la Unidad Funcional 3 únicamente está presente dentro del municipio de Medellín.

En atención al Requerimiento 6 presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde solicita: *“Ajustar el EIA y la geodatabase en el sentido de incluir en el Área de Influencia , el tramo de vía existente que conecta la Unidad Funcional 3 con la ZODME 1”* y el Requerimiento 7: *“Ajustar la caracterización para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, en el sentido de incluir la información inherente al tramo comprendido entre la Zodme 1 y 700 metros antes del Túnel, para lo cual se deberá actualizar, en caso de requerirse, la documentación que hace parte integral del EIA (Certificación del Ministerio del Interior, ICANH, Cartografía, etc)”*, se realizó el ajuste al Área de Influencia que incluye las veredas Travesías, El Uvito y Las Playas, pertenecientes al municipio de Medellín.

Asimismo, en respuesta al Requerimiento 2(7) presentado por la Autoridad Ambiental, que refiere *“Ajustar la descripción del proyecto de acuerdo con lo indicado en los términos de referencia M-M-INA-02 versión 02, en el aspecto: reubicación y/o Nuevos Peajes”*, se realizó un ajuste a los diseños del Peaje San Cristóbal, cuyo traslado se realizará en inmediaciones de las veredas La Cuchilla y el Llano, pertenecientes a Medellín; en este sentido, la vereda El Llano se incluye en el Área de Influencia. En la Figura 3-2 se presenta la localización general de las Unidades Funcionales 1 y 3 con los ajustes mencionados anteriormente; y en la Tabla 3-2 su distribución por unidades territoriales.

Figura 3-2 Localización del proyecto en las unidades territoriales



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Tabla 3-2 Relación unidades territoriales del Área de Influencia

Departamento	Unidad Funcional	Municipio	Unidad territorial
Antioquia	1	San Jerónimo	El Rincón
			Quimbayito
			El Calvario
			Pantanillo
			Loma Hermosa
			Piedra Negra
			Murrapala
			Mestizal
	1 y 3	Medellín	Cabecera Corregimental - Vereda
			La Aldea
			La Sucia
			Potrero - Miserenga
			Urquitá
			La Frisola
			La Volcana - Guayabal
			La Palma
			La Cuchilla
			Naranjal
			El Llano
3	Medellín	El Uvito	
		Las Playas	
		Travesías	
	Vía Nacional Ruta 62		El Uvito
	Vía Nacional Ruta 62		Las Playas
	Vía Nacional Ruta 62		Travesías

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Las coordenadas de inicio y final para cada Unidad Funcional (1 y 3) que compone el presente documento según el Apéndice Técnico 1 del Contrato de Concesión No. 014 de 2015 son las mostradas en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3. Coordenadas puntos de inicio y final – Unidades funcionales 1 y 3.

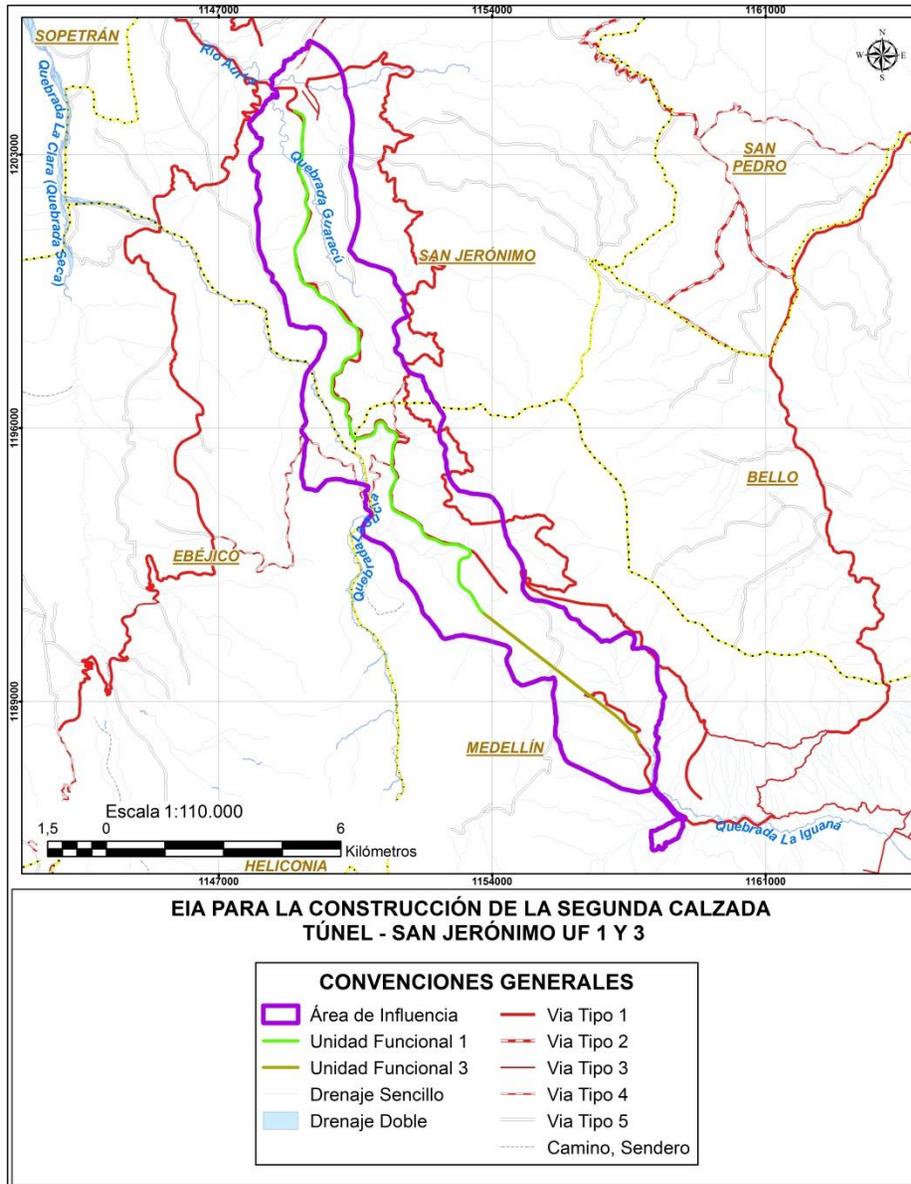
Unidad Funcional	Coordenadas Magna Sirgas Colombia Oeste	
	Punto Inicio	Punto Final
1	Túnel de Occidente N=1.191.257, E=1.153.844	San Jerónimo N=1.204.275, E=1.148.738
3	Conexión vial Aburrá-Cauca N=1.187.800, E=1.157.876	Conexión tramo Túnel Occidente - Santa Fe de Antioquia N=1.191.257, E=1.153.844

Fuente: Apéndice Técnico 1 del Contrato de Concesión No. 014 de 2015.

Se señala que para la Unidad Funcional 3, el K+0+00 inicia justo después de terminar el Peaje, sin embargo dicho Peaje hace parte de la UF 3 (K0+00 = Este = 1.157.767,62, Norte = 1.187.946,87),.

En la Figura 3-3 se muestra la localización del Proyecto y se señala que el Área del Proyecto corresponde a 64,306 ha (Tabla 3-38 Consolidado de áreas consideradas en el proyecto) y el Área de Influencia a 5.356,190 ha (Ver Capítulo 4 Área de Influencia)

Figura 3-3 Localización del Proyecto (Área de Influencia)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

El mapa temático de localización en escala 1:25.000 se presenta en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Localización)*.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Este proyecto incluye la construcción de la segunda calzada desde Medellín hasta Santa Fe de Antioquia y la construcción de un segundo tubo del túnel paralelo al existente. Con estos

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.2</p>	

trabajos se pretende duplicar la capacidad actual de la Ruta Nacional 62, tramo 04, que permite el intercambio vehicular entre los municipios de Medellín y Santa Fe de Antioquia.

3.2.1 Infraestructura existente

A continuación se presenta una breve descripción por cada Unidad Funcional de la infraestructura existente. Esta infraestructura está compuesta principalmente por la calzada actual de la Ruta Nacional 62 - tramo 04, cuya segunda calzada es el objetivo del presente proyecto, y las vías y caminos también existentes para acceder a los sitios de captación considerados para estas Unidades Funcionales. Esta infraestructura existente vial está en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Infraestructura Existente e Infraestructura Social Comunitaria)*.

Complementaria a esta información está todo lo relacionado con infraestructura de servicios públicos interceptados por el proyecto (Acueducto, eléctricas tecnologías e información, alumbrado público, oleoductos y gas, redes viales) los cuales están descritos en el numeral 3.2.6. *Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto*.

Además, está toda la asociada a lo social, específicamente a sitios de salud, educación, comercio, viviendas, parques, instituciones gubernamentales, entre otros. Esta infraestructura está ampliamente descrita en el capítulo 5.3 Socioeconómico del presente documento, y su ubicación se muestra en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Infraestructura Existente)*.

3.2.1.1 Infraestructura existente cerca de la Unidad Funcional 1

De manera aproximadamente paralela a la UF 1 discurre la calzada actual de la Ruta Nacional 62 - tramo 04, que realiza la conectividad vial entre el Valle de Aburrá y la región del Urabá Antioqueño. Particularmente interesa a esta UF 1 el tramo entre el PK 0+000 y el PK 19+200 de dicha vía. Para el abscisado de diseño de la UF1, el PK 0+000 coincide con el PK 5+532 de la UF3 en el portal Noroccidental del segundo tubo del Túnel de Occidente, a partir de este punto incrementa en el sentido hacia San Jerónimo.

La infraestructura existente en el tramo de la Unidad Funcional 1 está compuesta principalmente desde la salida del túnel de Occidente hasta el municipio de San Jerónimo en un recorrido de 19 kilómetros en el cual se va a construir la segunda calzada.

En el área del proyecto la vía existente es de tipo primaria de acuerdo con la clasificación del INVIAS. Este corredor permite la comunicación de Medellín hasta Santa Fe de Antioquia en una calzada y las vías que llevan a los centros poblados existentes en el trayecto, veredas, fincas y zona de producción económica de la región, asimismo, conectando algunas carreteras secundarias o terciarias.

La vía existente en el área de intervención del proyecto corresponde a los 19 kilómetros de la vía que de Medellín conduce a San Jerónimo. Por ser una vía de tipo nacional o primaria, tiene carácter de troncal debido a que integra a las principales zonas de producción y consumo como son la ciudad de Medellín y la costa caribe, específicamente el Urabá antioqueño, conectando las fronteras con los puertos de comercio internacional.

Esta vía mantiene las especificaciones establecidas por INVIAS: rodadura en capa asfáltica o flexible que consiste en una mezcla bituminosa apoyada en material no ligado, tiene un derecho de vía mayor a 30 metros, ancho de calzada 7,30 metros, el ancho de berma es de 1,00 metro, el ancho de la cuneta es de 1,00 metro como se muestra en la Fotografía 3-1.

Fotografía 3-1. Especificaciones vía - Unidad Funcional 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la vía se encuentran veintiún (21) puentes (ver la Fotografía 3-2 y Fotografía 3-3) de diferentes dimensiones establecidas para cada quebrada. En la Tabla 3-4 se relacionan dichas estructuras y las quebradas asociadas.

Tabla 3-4 Puentes en la Unidad Funcional 1

N°	Inicio	Final	Nombre del cauce	No luces	Ancho tablero (m)	Longitud total (m)	Estribo 1	Estribo 2
1	0+150	0+247	Quebrada La Negra	4	9,4	96,5	N 6,32438° W 75,68725°	N 6,32539° W 75,68754°
2	2+135	2+197	Quebrada La Volcana	3	9,8	61,5	N 6,33727° W 75,68957°	N 6,33782° W 75,68964°
3	2+453	2+515	Quebrada La Cola	3	9,0	62,0	N 6,33896° W 75,69166°	N 6,33921° W 75,69224°
4	2+635	2+717	Quebrada La Nuez	3	9,2	82,0	N 6,33957° W 75,69312°	N 6,33981° W 75,69377°
5	3+180	3+252	Quebrada La Causala	3	9,0	71,5	N 6,34066° W 75,69805°	N 6,34100° W 75,69870°
6	5+467	5+683	Quebrada La Potrera	6	9,2	143,0	N 6,35551° W 75,70762°	N 6,35656° W 75,70804°
7	6+740	6+859	Quebrada La Miserenga	5	9,2	119,0	N 6,36320° W 75,70571°	N 6,36395° W 75,70515°
8	7+770	7+888	Quebrada Saltos y Pisquines	4	9,3	118,0	N 6,36829° W 75,71088°	N 6,36846° W 75,71212°

Nº	Inicio	Final	Nombre del cauce	No luces	Ancho tablero (m)	Longitud total (m)	Estribo 1	Estribo 2
9	7+980	9+345	Quebrada San Gregorio	5	9,1	136,5	N 6,36772° W 75,71265°	N 6,36659° W 75,71287°
10	8+235	8+266	Quebrada La Iris	1	10,8	30,5	N 6,36630° W 75,71292°	N 6,36602° W 75,71301°
11	8+820	8+876	Quebrada La Roncha	2	9,0	56,0	N 6,36505° W 75,71791°	N 6,36549° W 75,71807°
12	9+000	9+031	Quebrada La Mula	1	10,8	30,5	N 6,36665° W 75,71825°	N 6,36690° W 75,71827°
13	9+270	9+341	Quebrada La Rochela	3	9,0	71,0	N 6,36903° W 75,71846°	N 6,36935° W 75,71878°
14	9+840	9+931	Quebrada La Seca	3	9,0	91,0	N 6,37307° W 75,71976°	N 6,37329° W 75,72043°
15	10+130	10+181	Quebrada La Yola	2	9,0	50,5	N 6,37418° W 75,72207°	N 6,37464° W 75,72243°
16	10+340	10+376	Quebrada Meztizal	2	9,0	36,0	N 6,37606° W 75,72255°	N 6,37643° W 75,72249°
17	10+520	10+586	Quebrada La Madera	3	9,1	66,0	N 6,37753° W 75,72229°	N 6,37814° W 75,72239°
18	11+540	11+592	Quebrada La San Juana I	3	9,1	51,5	N 6,38227° W 75,71680°	N 6,38278° W 75,71636°
19	12+240	12+381	Quebrada La Murrupala	6	9,2	141,0	N 6,38869° W 75,71571°	N 6,38979° W 75,71628°
20	14+080	14+156	Quebrada La San Juana II	3	9,0	75,5	N 6,39978° W 75,72676°	N 6,39981° W 75,72754°
21	16+190	16+271	Quebrada La Guaracú I	4	9,1	81,0	N 6,42701° W 75,73033°	N 6,42769° W 75,73032°

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 3-2. Salida túnel – Puente Qda. La Negra - Unidad Funcional 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.2</p>	

Fotografía 3-3. Puente Qda. Miserenga - Unidad Funcional 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Para todos los puentes, la superestructura está conformada por una placa de concreto apoyada sobre vigas postensadas.

Durante el recorrido por los 19 kilómetros de vía de la Unidad Funciona 1 se encuentran las obras de contención que se han realizado con el fin de contener o estabilizar sitios vulnerables a derrumbes con obras como las presentadas en la Fotografía 3-4.

Fotografía 3-4. Manejo de taludes - Unidad Funcional 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

La vía de la Unidad Funcional 1 contará con puentes para cruzar adecuadamente sitios con pendientes pronunciadas y características geomorfológicas de cañón, como se observa en la Fotografía 3-5.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Fotografía 3-5. Paso alto - Unidad Funcional 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

El final de la Unidad Funcional 1 se encuentra en la entrada de la población de San Jerónimo. La concentración de los centros vacacionales hasta el municipio de Santa Fe de Antioquia genera un aumento en el volumen del tráfico, llegando a saturar las vías durante los fines de semana o festivos. Lo anterior hace que este punto sea uno de los más vulnerables a accidentes vehiculares (ver Fotografía 3-6). La principal causa es el giro que deben hacer los vehículos que ingresan al pueblo y la proximidad de la vía de servicio adyacente, a pesar de la muy buena señalización existente.

Fotografía 3-6. San Jerónimo – Fin Unidad Funcional 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

3.2.1.2 Infraestructura existente cerca de la Unidad Funcional 3

En la UF 3 discurre la calzada actual de la Ruta Nacional 62 - tramo 04, que realiza la conectividad vial entre el Valle de Aburrá y la región del Urabá Antioqueño. Particularmente interesa a esta UF 3 el tramo entre el PK 0+000 y el PK 5+352 de dicha vía, en donde está en operación el túnel de occidente entre PK 0+700 y PK 5+352.

La infraestructura existente en el tramo de la Unidad Funcional 3 (ver Fotografía 3-7) está

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

compuesta principalmente por la vía de Medellín – Santa Fe de Antioquia, el túnel de occidente, dos poliductos de Ecopetrol y algunas viviendas aisladas.

En el área del proyecto la vía existente es de tipo primaria de acuerdo con la clasificación del INVIAS. Este corredor permite la comunicación de Medellín hasta Santa Fe de Antioquia en una calzada y un túnel de 5 kilómetros y las vías que llevan a los centros poblados existentes en el trayecto, veredas, fincas y zonas de producción económica de la región, asimismo, conectando algunas carreteras secundarias o terciarias.

La vía existente en área de intervención de proyecto corresponde a 700 metros de la vía que de Medellín conduce a Santa Fe de Antioquia antes de ingresar al túnel de Occidente. Por ser una vía de tipo nacional o primaria, tiene carácter de troncal que integra a las principales zonas de producción y consumo, y conecta las fronteras con los puertos de comercio internacional.

En la Fotografía 3-7 se observa el sitio donde se realizará la construcción del acceso al segundo tubo del túnel de occidente, el cual inicia en el paso a desnivel de la vereda El Uvito.

Fotografía 3-7. Inicio Unidad Funcional 3



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Esta vía mantiene las especificaciones establecidas por INVIAS: rodadura en capa asfáltica o flexible que consiste en un bituminosa apoyada en material no ligado, tiene un derecho de vía mayor a 30 metros, ancho de calzada 7,30 metros, el ancho de berma es de 1,00 metro, el ancho de la cuneta es de 1,00 metro como se muestra en las Fotografía 3-8.

Fotografía 3-8. Salida túnel – Fin Unidad Funcional 3



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

La Unidad Funcional 3 antes del peaje de Occidente como se muestra en la Fotografía 3-7 y avanza en terreno montañoso, en zona rural, con bermas y calzada en pavimento flexible, con su respectiva cuneta en concreto y con buena señalización horizontal y vertical. Finaliza en la boca Santa Fe (salida) del túnel como se muestra en Fotografía 3-8.

En estos 700 metros existentes se encuentran las estructuras hidráulicas como la que se observa en la Fotografía 3-9 de la quebrada El Uvito, además de las diferentes estructuras diseñadas para permitir el paso de la quebrada y hacer los retornos de forma segura para los usuarios de la vía. Los principales cruces para las pequeñas quebradas que son:

- Box-culvert en la quebrada La Culebra.
- Box-cullvert en la quebrada La Tenche.
- Box-culvert en la quebrada El Uvito

Fotografía 3-9. Quebrada El Uvito en la Unidad Funcional 3



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

3.2.1.2.1 Túnel de occidente existente

El nuevo tubo del túnel de occidente se construirá a un promedio de 100 metros de distancia entre ejes del tubo actual. Las secciones específicas del túnel actual y del proyectado, además de su localización relativa entre ambas estructuras se presenta en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Secciones túneles)*.

3.2.1.3 Accesos existentes a sitios de captación

En atención al Requerimiento 2(11) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “*Puntos de captación y vertimiento.*”, a continuación se describen las vías de acceso para cada una de las captaciones y para mayor detalle se sugiere ver el *Capítulo 7: Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales.*

En la Tabla 3-5 y en la Figura 3-4 se indica la ubicación de las cuatro (4) captaciones contempladas para el Proyecto y el aprovechamiento de agua de infiltración en dos (2) puntos:

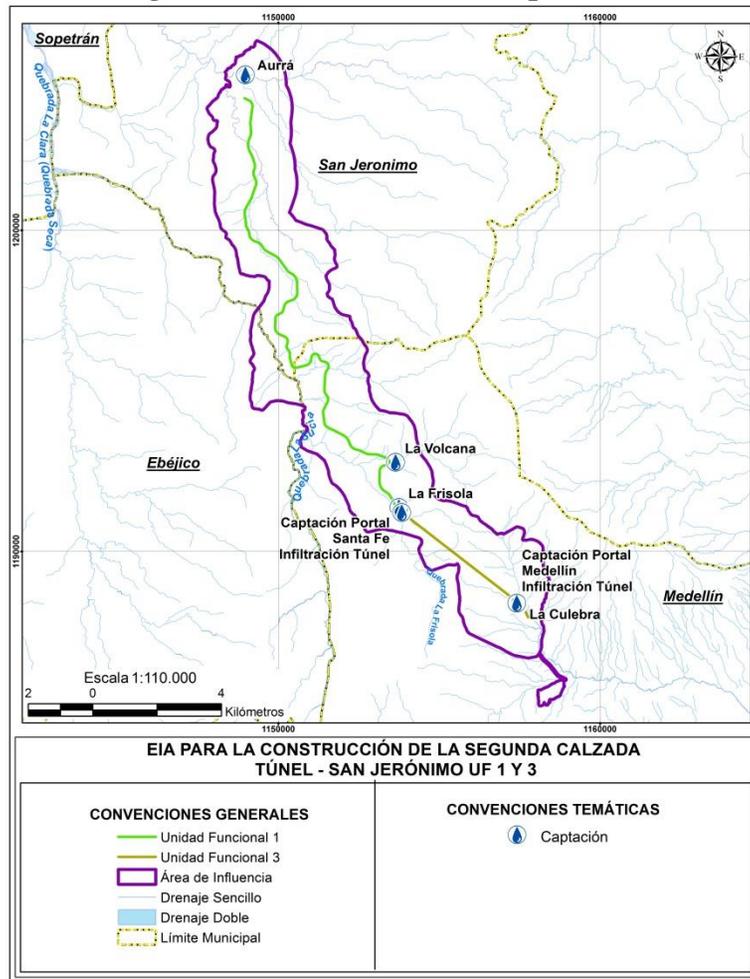
Tabla 3-5 Identificación de fuentes

No.	Nombre	Corriente	Vereda Municipio	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste		Uso	
				Norte	Este	I	D
1	CAP 4	Rio Aurrá	El Rincón / San Jerónimo	1204843,4	1148972,6	X	
2	CAP 7	Quebrada la Volcana	Corregimiento Las Palmitas / Medellín	1192776,6	1153642,3	X	
3	CAP 8	Quebrada la Frisola	La Volcana - Guayabal / Medellín	1191373,3	1153746,6	X	X
4	Captación Portal Medellín	Quebrada La Culebra	Naranjal /Medellín	1188356,0	1157426,0	X	
5	Captación Portal Medellín (Infiltración)	Infiltración – Túnel	Naranjal/Medellin	1157413	1188391	X	
6	Captación Portal Santa Fe (Infiltración)	Infiltración - Túnel	La Volcana/Guayabal	1153836,18	1191213,47	X	

I: Industrial D: Domestico

Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

Figura 3-4 Ubicación de las captaciones

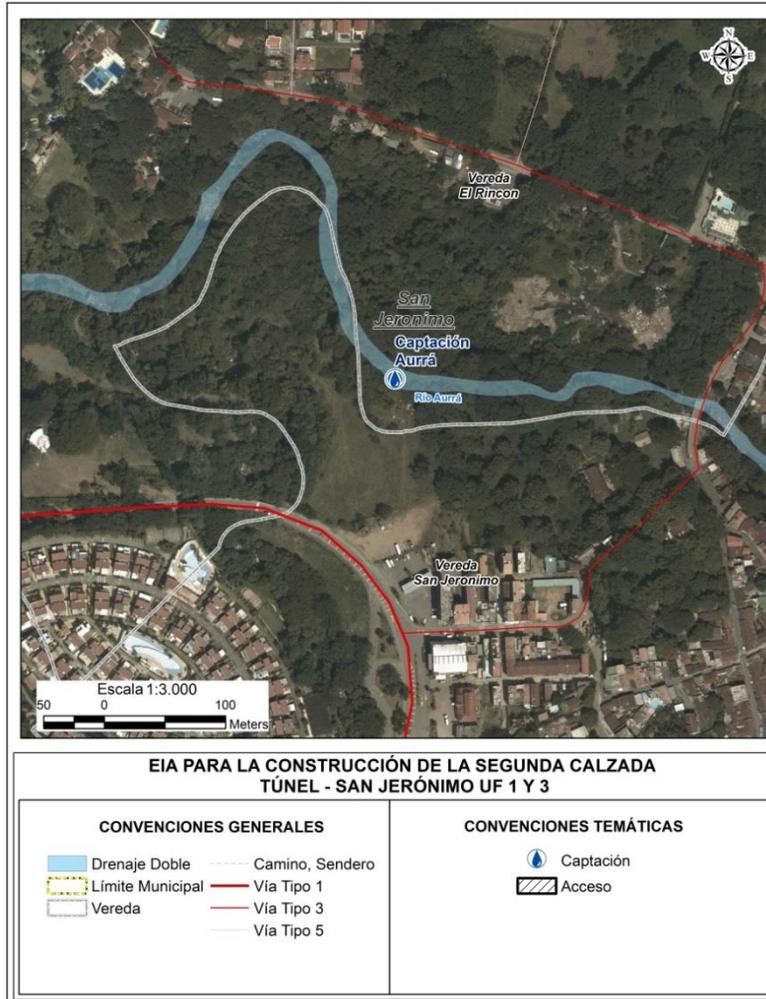


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.1.2.1. Acceso existente a Captación No.1: CAP 4 Río Aurrá

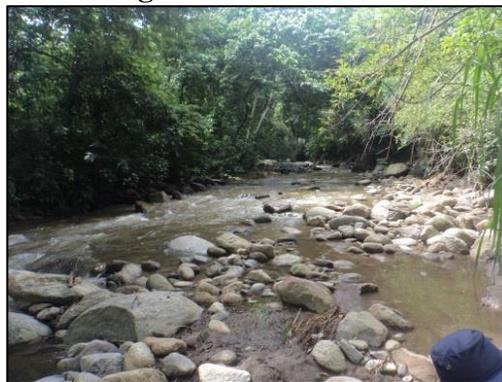
Esta captación se encuentra localizada en la vereda El Rincón muy cerca al casco urbano de San Jerónimo (Km 17+200 de la Unidad Funcional 1), se desvía hasta un parador donde se desplaza 127 metros, por esta vía se llega hasta a 35 metros de la captación, la cual se hace sobre el río Aurrá como se muestra en la Figura 3-5 . La vía veredal del acceso hasta esta captación tiene un ancho de calzada de 6 metros, en recebo, con cunetas en tierra y su uso está relacionado con transito liviano como se muestra en la .

Figura 3-5 Captación No. 1: CAP 4 Río Aurrá



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Fotografía 3-10. Río Aurrá



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 3-11. Acceso al Río Aurrá

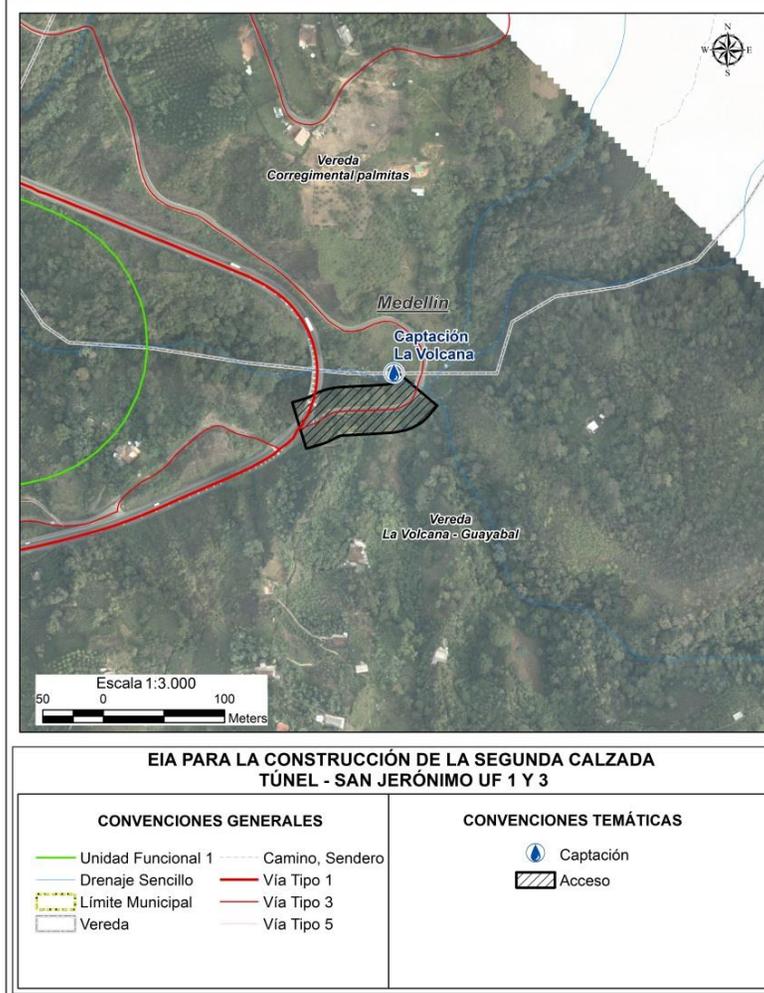


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

3.2.1.3.1 Acceso existente a Captación No. 2: CAP 7 Quebrada La Volcana

La captación está localizada en el corregimiento de Palmitas del municipio de Medellín, por la vía que conduce al corregimiento de la Palmita (Km 1+900 de la Unidad Funcional 1), como se indica en la Figura 3-6. La captación se hace sobre la quebrada La Volcana ver . La vía veredal del acceso hasta esta captación, tiene una longitud de 122 metros, con un ancho de calzada de 6 metros, esta vía presenta una capa de rodadura en pavimento flexible, con cunetas en concreto y su uso de la está relacionado con tránsito liviano y algunos camiones (Ver Figura 3-6) y las características se muestra en la .

Figura 3-6 Captación No.2: CAP 7 Quebrada La Volcana



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Fotografía 3-12. Captación quebrada La Volcana



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 3-13. Acceso captación quebrada La Volcana

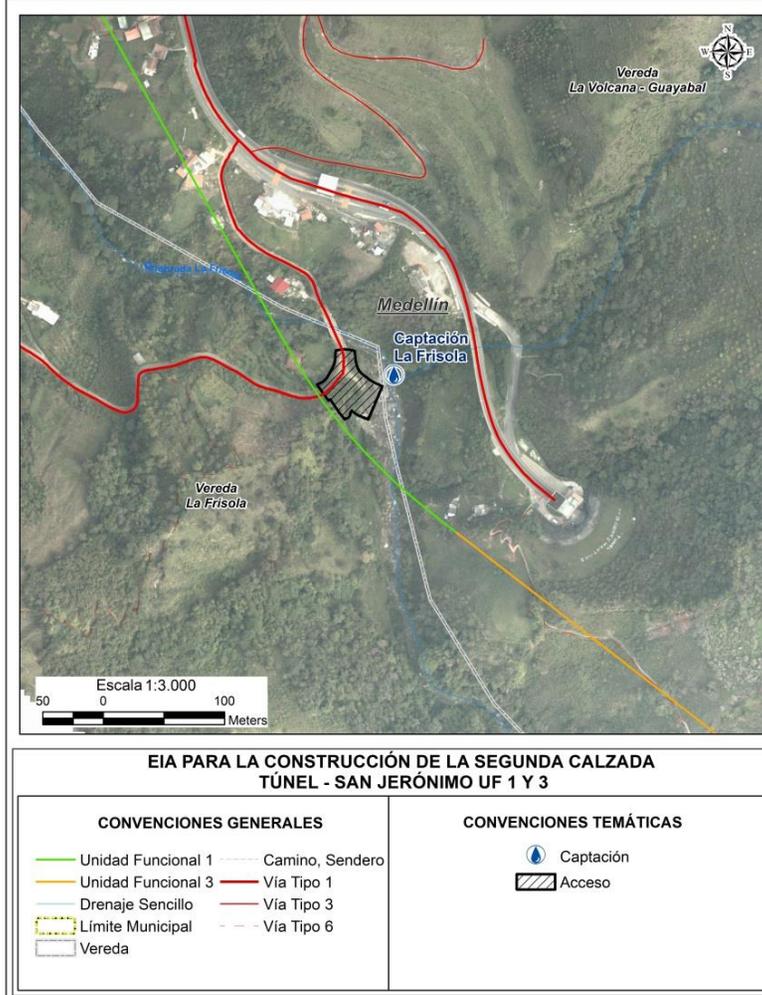


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

3.2.1.3.2 Acceso existente a Captación No.4: CAP 8 Quebrada La Frisola

La captación está localizada en la vereda La Volcana del municipio de Medellín, por la vía que conduce a las veredas La Volcana y Guayabal (Km0+100 de la Unidad Funcional 1), como se muestra en la Figura 3-7. La captación se hace sobre la quebrada La Frisola (ver). La vía veredal del acceso hasta esta captación, tiene una longitud de 270 metros, con un ancho de calzada de 6 metros, está vía presenta una capa de rodadura en pavimento flexible, con cunetas en concreto y su uso está relacionado con tránsito liviano y algunos camiones (Ver Figura 3-7.), las características se muestra en la .

Figura 3-7 Captación No. 4: CAP 8 Quebrada La Frisola



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Fotografía 3-14. Quebrada La Frisola



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.2</p>	

Fotografía 3-15. Acceso captación Qda. La Frisola

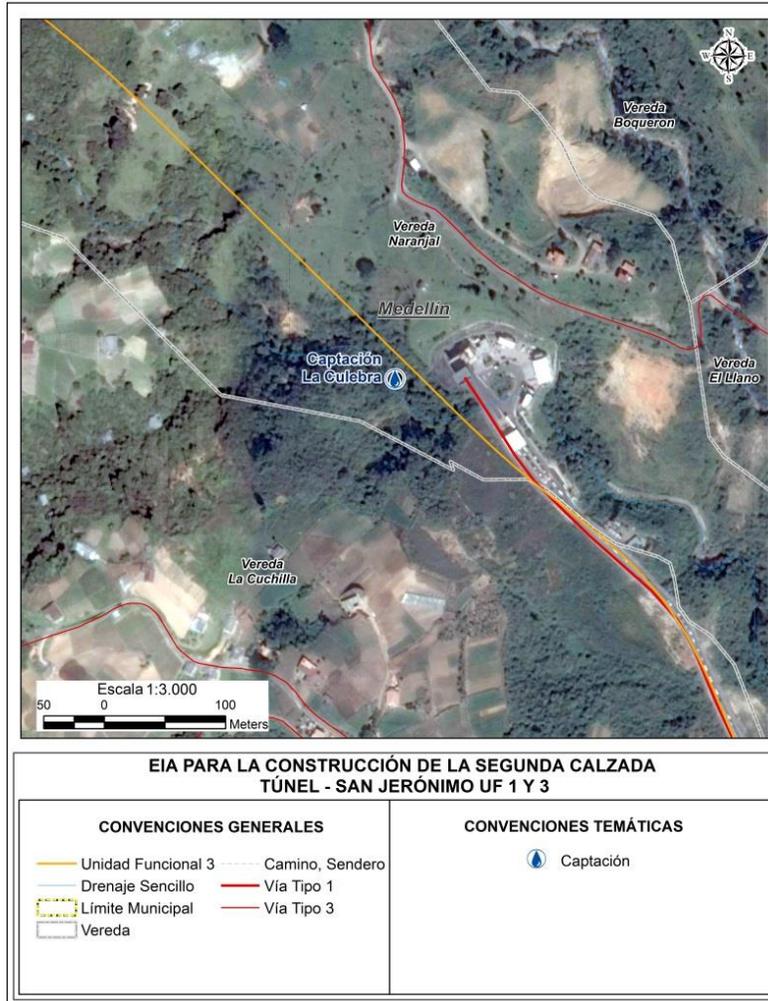


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

3.2.1.3.3 Acceso existente a Captación No. 4: Captación Portal Medellín – Quebrada La Culebra

Se hará en inmediaciones de la actual calzada de la Ruta Nacional 62, en el municipio de Medellín, Vereda Naranjal en las coordenadas Magna Sirgas Origen Colombia Oeste, Norte: 1.188.359, Este: 1.157.426, en la abscisa PR 0+500 de la Unidad Funcional 3 (ver Figura 3-8).

Figura 3-8 Captación No.4: Captación Portal Medellín - Quebrada La Culebra



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Para mayor detalle sobre los puntos de Captación se sugiere ver el *Capítulo 7: Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales.*

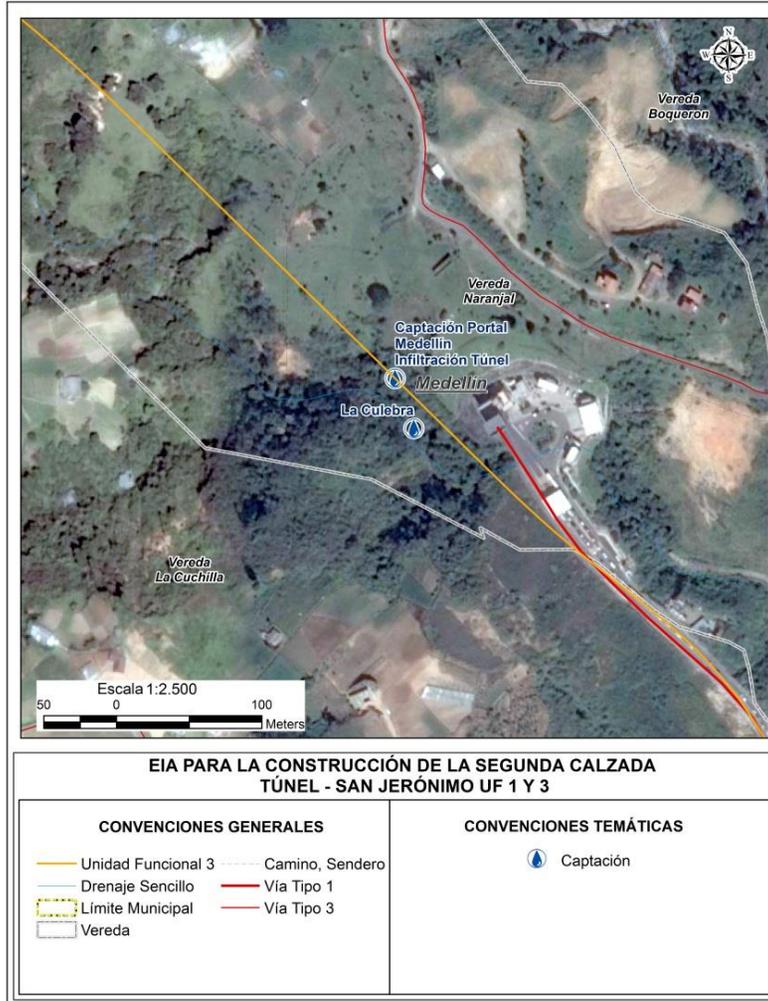
Con el fin de aclarar la ubicación de estos accesos, a continuación se hace una descripción de cada una de estas vías:

3.2.1.3.4 Captación No. 5: Captación Portal Medellín (Infiltración)

Se consideró el agua de infiltración que se obtendrá como resultado inherente de la perforación del túnel y que puede ser incorporada a los procesos constructivos del proyecto. El detalle de la determinación de los caudales de infiltración se presenta en el *Capítulo 7 Demanda, Uso, Aprovechamiento y/o Afectación de Recursos Naturales – Numeral 7.2*

Aguas Subterráneas. Es decir, que al realizar la construcción del Túnel se aprovecharan las aguas de infiltración en actividades constructivas, por lo tanto, se contempla una captación en el Portal Medellín, como se indica en la Figura 3-9:

Figura 3-9 Captación No. 5: Captación Portal Medellín (Infiltración)



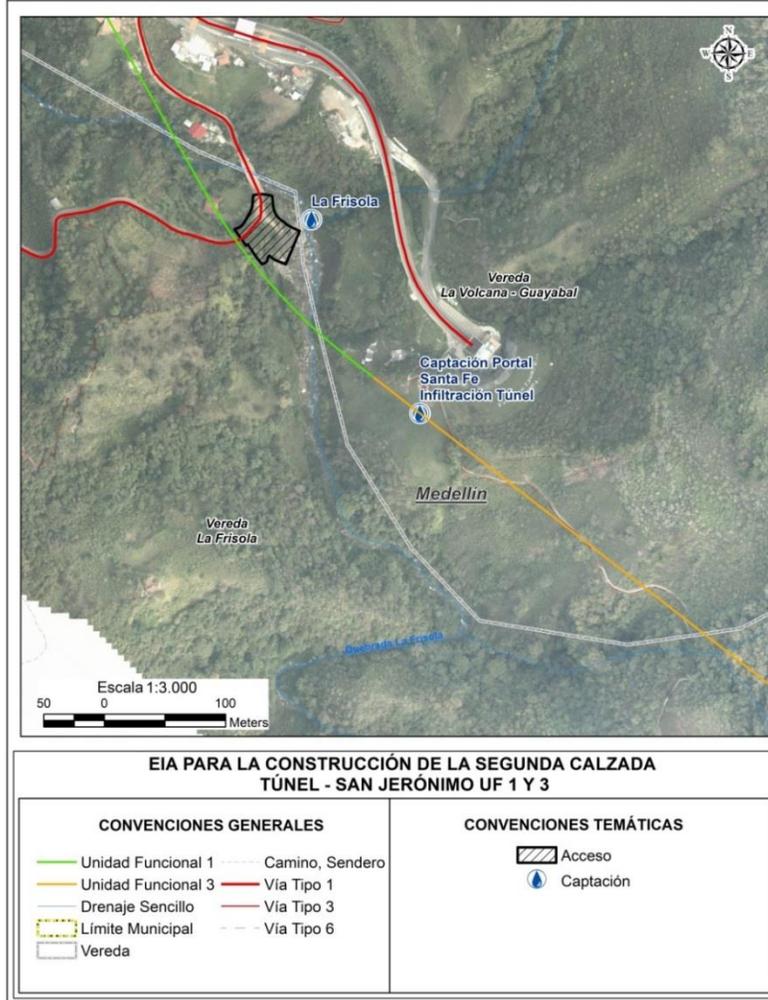
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.1.3.5 Captación No.6: Captación Portal Santa Fé (Infiltración)

Se consideró el agua de infiltración que se obtendrá como resultado inherente de la perforación del túnel y que puede ser incorporada a los procesos constructivos del proyecto. El detalle de la determinación de los caudales de infiltración se presenta en el *Capítulo 7 Demanda, Uso, Aprovechamiento y/o Afectación de Recursos Naturales – Numeral 7.2 Aguas Subterráneas.* Es decir, que al realizar la construcción del Túnel se aprovecharan las aguas de infiltración en actividades constructivas, por lo tanto, se contempla una captación

en el Portal Santa Fé, como se indica en la Figura 3-10:

Figura 3-10 Captación No. 6: Captación Portal Santa Fé (Infiltración)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.1.4 Vertimientos

En atención al Requerimiento 2(11) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “*Puntos de captación y vertimiento.*”, a continuación se enumeran los sitios propuestos para vertimiento y para mayor detalle se sugiere ver el *Capítulo 7: Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales.*

En la Tabla 3-6 se muestra la ubicación georreferenciada de los puntos de vertimiento contemplados, así como el tipo de agua a verter. La coordenada indicada es de referencia, el

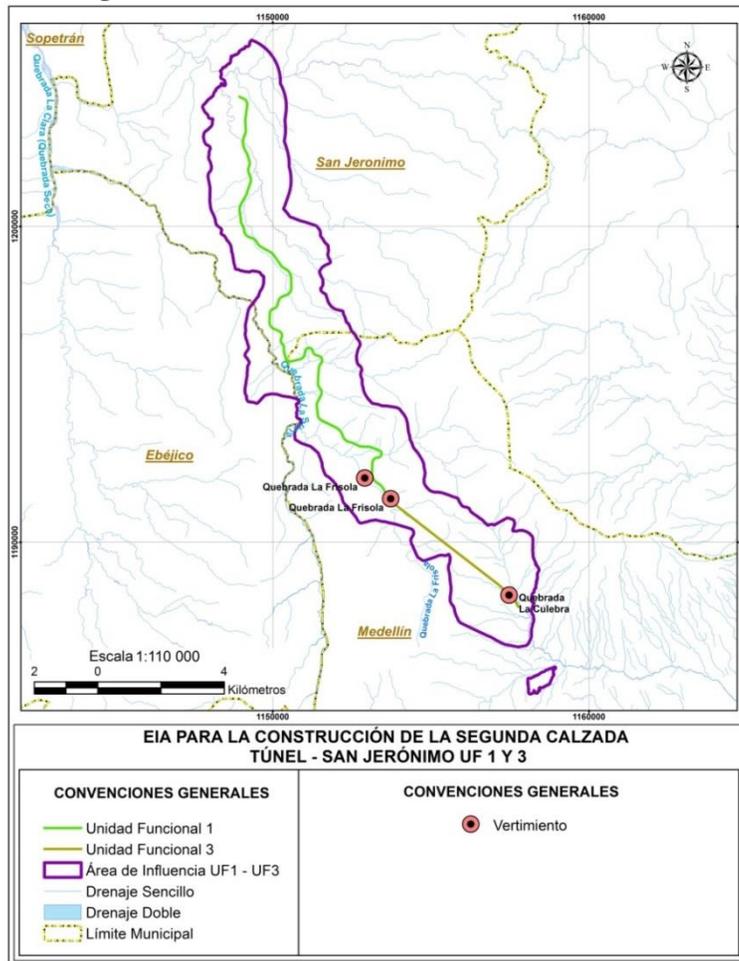
vertimiento se definirá en una franja de 50 metros alrededor de dicho punto. En cuanto a su localización esta se puede observar en la Figura 3-11.

Tabla 3-6 Sitios propuestos para vertimiento

Id	Nombre	Drenaje	La	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Municipio
				Este	Norte	
2	Planta 1	Quebrada Frisola	La	1152909,4	1192030,8	La Volcana-Guayabal – Medellín
3	Portal Santa Fe	Quebrada Frisola	La	1153729,8	1191376,3	La Frisola - Medellín
4	Portal Medellín	Quebrada Culebra	La	1157472,2	1188319,5	El Naranjal - Medellín

Fuente: Consultoría Colombiana 2.016

Figura 3-11 Localización sitios de vertimiento



Fuente. Consultoría Colombiana s.a., 2017

	<p style="text-align: center;">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p style="text-align: center;">VERSIÓN 0.2</p>	

Para mayor detalle sobre los puntos de Captación se sugiere ver el Capítulo 7: Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales.

3.2.1.5 Movilidad y tránsito

Teniendo en cuenta la importancia del análisis de movilidad, tránsito y medición del volumen de vehículos transitando por las Unidades Funcionales, específicamente en la 3 por la presencia del túnel, en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Volumen Vehicular)* se adjunta el informe de volumen de tránsito elaborado para el proyecto.

3.2.2 Fases y actividades del proyecto

A continuación, en la Tabla 3-7 se describen las fases y las actividades que se desarrollaran para las dos (2) Unidades Funcionales que se van a desarrollar durante la ejecución del proyecto.

En atención al Requerimiento 1 presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: *“Ajustar en el Estudio de Impacto Ambiental las actividades a realizar en cada una de las Unidades Funcionales objeto de licenciamiento por parte de esta Autoridad”*, se ajusta la Tabla 3-7, incluyendo el traslado del peaje San Cristóbal y la construcción de vías de acceso a la ZODME 9 y 14:

Tabla 3-7 Actividades a desarrollar en el proyecto

Etapa	No.	Actividad	Definición	UF1	UF3
Pre constructiva	1	Gestión predial y negociación del derecho de vía	<p>Proceso de concertación con los propietarios de cada uno de los predios que posiblemente se van a ver afectados por las actividades del proyecto, con el propósito de llegar a negociaciones necesarias para la construcción de las obras planteadas.</p> <p>Esta faja varía según la categoría de la vía, conforme lo establece el artículo 2° de la Ley 1228 de 2008: Artículo 2o. Zonas de Reserva para Carreteras de la Red Vial Nacional. Establézcense las siguientes fajas de retiro obligatorio o área de reserva o de exclusión para las carreteras que forman parte de la red vial nacional:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Carreteras de primer orden sesenta (60) metros. 2. Carreteras de segundo orden cuarenta y cinco (45) metros. 3. Carreteras de tercer orden treinta (30) metros <p>Parágrafo. El metraje determinado en este artículo se tomará la mitad a cada lado del eje de la vía. Para el caso específico corresponde a carreteras de primer orden.</p>	X	X
	2	Reubicación infraestructura de servicios públicos y/o infraestructura social	<p>Gestión desarrollada por el contratista para llevar a cabo la reubicación de infraestructura (servicios públicos y/o sociales) presente en las áreas requeridas para el desarrollo del proyecto o que pueda interferir con las actividades del mismo.</p> <p>Durante esta actividad se tiene contemplado el traslado del peaje San Cristóbal, localizado actualmente en la vereda Naranjal que se ubicará en inmediaciones de las veredas La Cuchilla y el Llano.</p>	X	X
	3	Contratación y capacitación del personal	<p>Desarrollo de las estrategias de concertación entre la empresa operadora o contratistas y las comunidades del área de influencia, con el fin de contratar y capacitar el personal requerido para el desarrollo de las diferentes fases del proyecto. La instrucción está enfocada en conocimientos específicos relacionados con la labor a realizar, aspectos de la organización, formación básica en salud ocupacional, seguridad industrial y cuidado del medio ambiente.</p>	X	X
struc	4	Movilización y transporte de materiales, maquinaria y equipos	<p>La movilización y transporte de materiales, personal, equipos y maquinaria, relacionados con las actividades propias de la construcción. Generalmente el</p>	X	X

Etapa	No.	Actividad	Definición	UF1	UF3
			transporte se realiza en cama bajas, doble troques, camiones, volquetas y vehículos livianos.		
	5	Materialización y replanteo (Topografía)	Corresponde a la materialización en el terreno del trazado propuesto en los diseños para las Unidades Funcionales, así como de todas las obras de drenaje y geotecnia preventiva de acuerdo con los planos de diseños civiles detallados.	X	X
	6	Plantas de concreto, triturado y asfalto	<p>Consiste en el montaje, previa adecuación del terreno (desmonte, nivelación, etc.) y la operación de Plantas de concreto, triturado y asfalto, que se localizará a la altura de las abscisas 1100 a 1600 de la unidad funcional 1. Consiste en el manejo de la materia prima para la composición del concreto y asfalto entre otros: arena, agregados pétreos (Betún Bitumen), cemento, agua y aditivos requeridos para la producción de cada tipo de material especificado. Estos componentes son dosificados en las proporciones adecuadas, para ser mezclados y dosificados de acuerdo a las especificaciones.</p> <p>En esta área también se llevará a cabo el procesamiento del material seleccionado proveniente del túnel para ser triturado y reutilizado dentro del proyecto.</p> <p>Se debe considerar en esta actividad la captación de agua superficial sobre el Río Aurrá, la quebrada La Volcana y quebrada La Frisola. Así como el vertimiento de agua en la quebrada La Frisola.</p>	X	X
	7	Desmonte y limpieza	<p>Consiste en el desmonte y limpieza del terreno natural, removiendo la cubierta vegetal, en las áreas que ocuparán las obras del proyecto vial junto con las zonas o fajas laterales reservadas para la vía y áreas asociadas. Esta actividad incluye la remoción de tocones, raíces, escombros y basuras, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación para que su superficie resulte apta para iniciar los demás trabajos.</p> <p>También contempla las actividades para la adecuación de los accesos a la Zodme 9 y 14.</p>	X	X
	8	Demolición y retiro de estructuras	Demolición total o parcial de estructuras en las zonas requeridas del proyecto, y la remoción y disposición final de los materiales provenientes de la demolición. Incluye también, el retiro, cambio, restauración o protección de las instalaciones de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del proyecto, así como el manejo, desmontaje, traslado y el almacenamiento de estructuras existentes; la remoción de cercas de alambre y otros obstáculos.	X	X

Etapa	No.	Actividad	Definición	UF1	UF3
	9	Excavaciones, cimentaciones, cortes, rellenos y compactación	Estas actividades consisten en cortar, excavar, remover y cargar, los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación, indicados en los planos y secciones transversales del proyecto. También se incluyen acciones como escarificar, nivelar y compactar el terreno, con materiales apropiados de acuerdo con los diseños realizados y la excavación profunda para cimentaciones por pilotes y similares para los puentes del proyecto. Contempla las actividades para la adecuación de los accesos a la Zodme 9 y 14.	X	X
	10	Construcción de obras de drenaje	Actividad que comprende la adecuación y construcción de estructuras como alcantarillas, box culvert, pontones, puentes, cunetas, sobre una corriente de agua de tal manera que facilite la continuidad de la vía sin afectar el flujo normal del cuerpo hídrico. Para el túnel comprende la adecuación y construcción de estructuras como alcantarillas y cunetas	X	X
	11	Construcción de estructuras de concreto	Consiste en el suministro de materiales, fabricación, instalación, vibrado, curado y acabados de los concretos requeridos, para la construcción de las estructuras asociadas a los puentes y viaductos, que incluyen el vaciado y fundido de concreto para pilotes, columnas y ejecución de vigas prefabricadas.	X	X
	12	Construcción de estructuras de pavimento	Consiste en la colocación, nivelación y compactación de cada uno de los componentes que conformarán la estructura del pavimento, incluyendo la compactación de base y sub-base y colocación de la capa de rodadura.	X	X
	13	Obras de estabilidad geotécnica y protección de taludes	Incluye las obras de estabilidad geotécnica dentro de las que se encuentran la instalación de agromantos, cunetas en concreto o en tierra recubiertas con otro material y demás obras estructurales de estabilización como muros de concreto, gaviones y trinchos, principalmente. También la plantación de césped sobre taludes de terraplenes, cortes y otras áreas del proyecto, en los sitios indicados en los planos.	X	X

Etapa	No.	Actividad	Definición	UF1	UF3
	14	Retiro de escombros y materiales sobrantes- Adecuación de ZODMES	<p>Corresponde al retiro de materiales residuales provenientes de la construcción de la vía y del túnel y los escombros generados por la demolición de infraestructura social.</p> <p>Consiste en el desmonte de la capa vegetal existente, la limpieza del terreno, el movimiento de tierra para permitir el acceso de las volquetas y equipos , la construcción de las estructuras de contención (gaviones, muros, etc.) las cual en su mayoría deben ser ubicadas en la pata del ZODME, con el objeto de controlar los posibles deslizamientos del material dispuesto, construcción de drenajes como filtros longitudinales y transversales que sirven para conducir el agua a fuera, el material es dispuesto extendiendo y compactándolo por capas según indicaciones del geotécnista en terrazas para facilitar la disposición y compactación del material que disminuye la superficie y el grado de pendiente, otra tarea es la conformación de taludes, la cual consiste en disponer y compactar el material con pendiente específica, la construcción de las bermas y cunetas de coronación las cuales se construyen cuando se alcance la altura específica para la terraza y se debe adecuar la berma con el objetivo de conducir las aguas lluvias.</p> <p>Para el proyecto se tienen establecidos 5 polígonos como ZODME distribuidos a lo largo del trazado.</p>	X	X
	15	Recuperación de áreas intervenidas	Adecuación geotécnica y paisajística de las áreas intervenidas como: sitios de disposición temporal de escombros, en sitios de acopio y accesos	X	X
	16	Señalización y demarcación definitiva	Realización de la demarcación de los carriles, señalización vertical y estructuras de contención y demás elementos necesarios para garantizar la seguridad vial.	X	X
	17	Limpieza y cierre final	Una vez finalizada la etapa de construcción, se procederá al desmantelamiento de los equipos y demás infraestructura instalada, así como el desmonte de los centros de acopio uno ubicado en los alrededores a la salida del nuevo túnel, otro en la entrada del segundo túnel.	X	X

Etapa	No.	Actividad	Definición	UF1	UF3
Construcción de Túneles	18	Portales de entrada y salida y sitios de acopio	<p>Comprende actividades como limpieza y descapote del área a cortar, seguido de corte de la roca o suelo hasta donde las condiciones geo mecánicas de la roca lo permitan, para proceder a la protección y estabilización y protección del talud y del portal.</p> <p>Adicionalmente, estas áreas consideran sitios temporales de acopio de materiales. El sitio de emportalamiento es en suelo, se instala sobre la superficie del talud una serie de pernos o tubos metálicos horizontales de 6 a 12 m de longitud, separados entre sí alrededor de 0,4 m, conformando una bóveda o paraguas sobre el futuro túnel. Luego de que el talud no ofrezca peligro para los trabajos, se inicia la construcción colocando inicialmente en el exterior, antes de penetrar al terreno, 2 o 3 arcos metálicos con la sección de excavación del túnel, separados aproximadamente 1,0 m, debidamente sujetos entre sí, conformando con una lámina metálica o concreto una estructura en forma de túnel falso.</p> <p>Dentro de la actividad se considera la captación de agua superficial sobre la quebrada La Culebra y la Frisola y el vertimiento sobre la misma corriente para el portal Medellín, en cuanto al portal Santa Fe, se considera el vertimiento sobre la quebrada La Frisola.</p>		X
	19	Adquisición, almacenamiento y transporte de explosivos	Comprende la actividad de adquisición, transporte y almacenamiento de material explosivo. Incluye la actividad de adecuación de polvorines y la implementación de medidas de seguridad para su almacenamiento y transporte.		X
	20	Excavación y retiro de material	<p>Corresponde a las actividades de perforación con Jumbo, cargue de material y evacuación de rezaga hacia los sitios de disposición de dicho material. Se considera la captación de agua de la quebrada la Culebra y la Frisola.</p> <p>El nuevo túnel de Occidente presenta una longitud de 4,594 km iniciando en el Pk 0+805 a 3+023 en rocas ígneas del stock de altavista y en la zona media y final desde el Pk 3+023 a 5+399 aparecen rocas metamórficas. Dadas las secciones que se van excavar aproximadamente 100 m² con una altura en el eje de unos 8,40 m y un ancho de excavación de unos 12,50 m.</p> <p>Para las secciones que no requieran voladura, iniciara en la parte superior del túnel a sección completa, llevando inmediatamente detrás de cada avance el sostenimiento. Para esta labor se utilizará un martillo hidráulico de 2.000 kg montado sobre excavadora sobre orugas de 24 ton tipo Caterpillar 321 o similar. Posterior a la excavación con el martillo hidráulico se procederá a la carga y el transporte del escombro al ZODME establecido.</p>		X

Etapa	No.	Actividad	Definición	UF1	UF3
	21	Excavaciones por Perforación y voladura	Ejecución de las excavaciones por perforación y voladura con un patrón preciso para un adecuado control de la roca y dar seguridad al túnel. Incluye la ubicación de la maquinaria, ejecución de perforaciones, carga de material explosivo, retiro del área y activación del explosivo de acuerdo con los diseños.		X
	22	Instalación de ventilación e iluminación	Para la evacuación de los gases y humos generados por los equipos de construcción y las voladuras, se instalará un sistema de ventilación por equipos en serie con la capacidad requerida, unidos por ductos de ventilación, los cuales se irán instalando en la medida en que avancen las excavaciones de cada túnel. Estos equipos y ductos se instalan en la clave del túnel.		X
	23	Instalación de soporte, impermeabilización y revestimiento	Se refiere al proceso de instalación de arcos en perfiles de acero (TH, HEB, Celosía), pernos de anclaje, malla electrosoldada, geotextil y geomembrana, además de la aplicación de concreto lanzado por vía seca o húmeda.		X
	24	Manejo de aguas	<p>Corresponde al manejo adecuado de las aguas procedentes de la excavación e infiltración la cual se logra mediante la instalación provisional de un sistema de recolección y bombeo hacia un desarenador donde se captan sedimentos antes de ser vertidas.</p> <p>Para el manejo de las aguas de infiltración que provengan de la construcción del segundo túnel se tiene establecido un sistema de tratamiento conformado inicialmente y por tres (3) sedimentadores en línea con sus respectivos vertederos con equipo corrector de pH para el control de contaminación y de caudal. En la primera fase se encuentra un sistema de inyección de aire para forma una cortina de aire con el fin de recoger los hidrocarburos, y en la parte final del tren de tratamiento se cuenta con un equipo de bombeo para recircular, el cual se utilizara en caso de no lograr los estándares previstos. De acuerdo con los resultados esperados por el modelo de tratamiento, esté cumple con las prescripciones contenidas en la Resolución 0631 de MADS del 127 de marzo de 2015. Por lo anterior, ante la necesidad de uso de agua para su empleo en obra se hace obligado el aprovechamiento de estas aguas industriales generadas por infiltración en el túnel y serán utilizadas para riego y compactación, refrigeración de equipos, fabricación de concreto, limpieza en general, etc.</p> <p>Se considera el vertimiento de aguas en las quebradas la Frisola y la Culebra.</p>		X

Etapa	No.	Actividad	Definición	UF1	UF3
	25	Instalación de equipos electromecánicos, sistema de control, señalización e iluminación	Corresponde a la instalación de equipos de medición de convergencia, deformaciones, movimientos laterales, presiones, esfuerzos e instalación de equipos de ventilación temporal durante la construcción. De igual manera corresponde a la instalación de equipos electromecánicos para ventilación definitiva, sistemas contra-incendio, señalización, iluminación y comunicaciones para la puesta en operación del túnel.		X

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

3.2.3 Diseño del proyecto

El diseño propuesto para el proyecto se presenta a continuación para cada una de las Unidades Funcionales que lo conforman.

En atención al Requerimiento 2(1) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se indica: “*Diseño y planos planta perfil de la vía en superficie, túnel y portales.*”, se presenta el **ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Planta - Perfil UF1 UF3)**, donde se muestra la respectiva Planta y Perfil, tanto para la UF1 como para la UF3.

3.2.3.1 Unidad Funcional 1

El diseño geométrico de planta, alzado y sección transversal ha tenido en cuenta todas las especificaciones y/o normas técnicas de acuerdo a la Ley Vigente, en particular los criterios establecidos en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVIAS.

Esta Unidad Funcional se inicia en la salida del Túnel de Occidente, según el Contrato de Concesión No. 014 de 2015, aproximadamente en las coordenadas N=1.153.844, E=1.191.257; y finaliza en inmediaciones del centro poblado del municipio de San Jerónimo, aproximadamente en las coordenadas N=1.148.738, E=1.204.275. Por su configuración se constituye en la unión entre las Unidades Funcionales 2.1 y 3 del mismo proyecto Autopista al Mar 1.

La calzada izquierda o de ascenso comienza a la izquierda de la salida del nuevo Túnel de Occidente. La cota de salida del nuevo tubo del túnel se sitúa unos 30 m por debajo del existente. Se pretende con ello reducir en lo posible las fuertes pendientes de esta nueva calzada así como su desarrollo en planta.

Esta nueva segunda calzada tiene una longitud aproximada de 19 kilómetros y se proyecta desarrollar principalmente a media ladera aprovechando el corredor ya intervenido por la vía actual, minimizando con esto de forma notoria el impacto en el entorno.

La solución proyectada sitúa la nueva calzada por el lado izquierdo de la existente en su mayor parte, a excepción de zonas muy puntuales al final de esta Unidad Funcional (cercañas del centro poblado del municipio de San Jerónimo) que se indican a continuación:

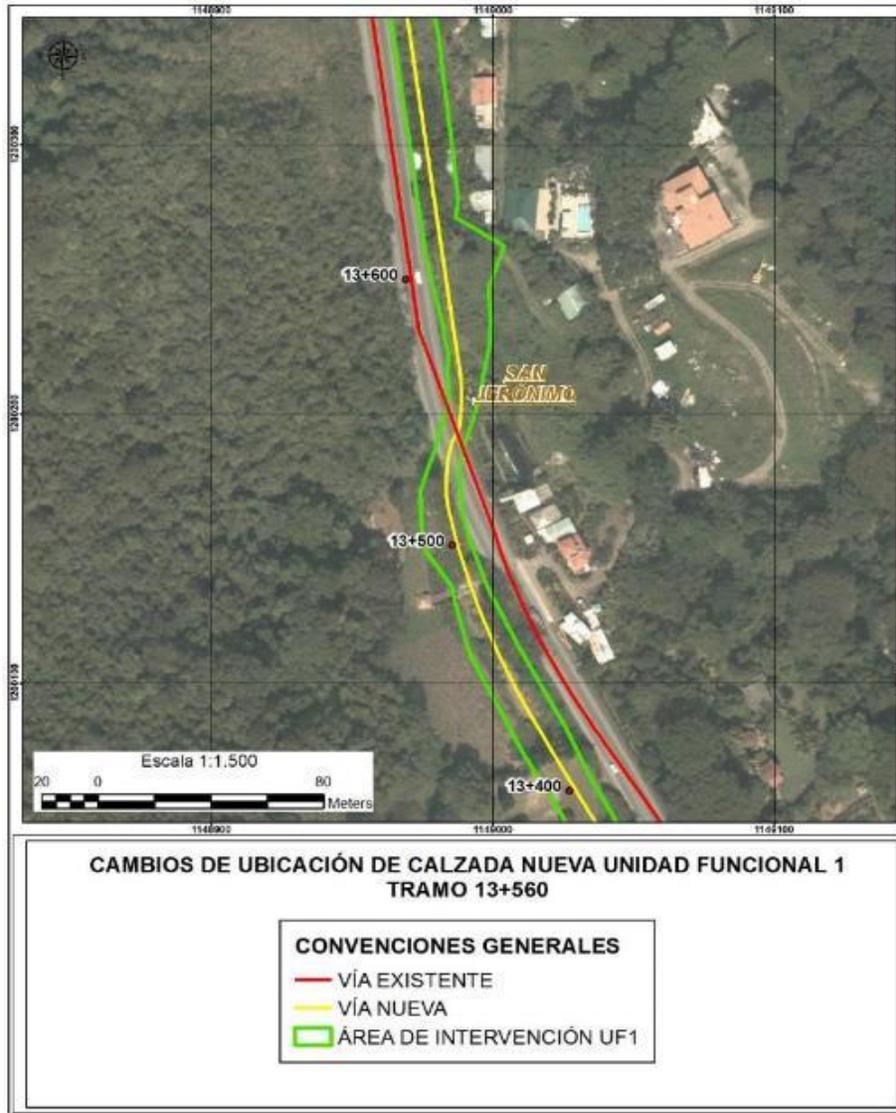
Inmediatamente a la salida del túnel la sección en terraplén diseñada tiene el fin de aprovechar una importante parte de los materiales procedentes de la excavación del nuevo tubo del Túnel de Occidente y proveer un área anexa al portal para ubicar instalaciones y de esa manera minimizar la afectación en la operación de la vía y el túnel existente durante la

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

construcción de la nueva infraestructura. A partir de este punto se intenta aproximar en la medida de lo posible la nueva calzada a la existente. Para ello se emplean curvas de radio mínimo permitido para la velocidad de proyecto y se hace uso de las excepciones permitidas en el Apéndice Técnico 1 del Contrato de Concesión No. 014 de 2015.

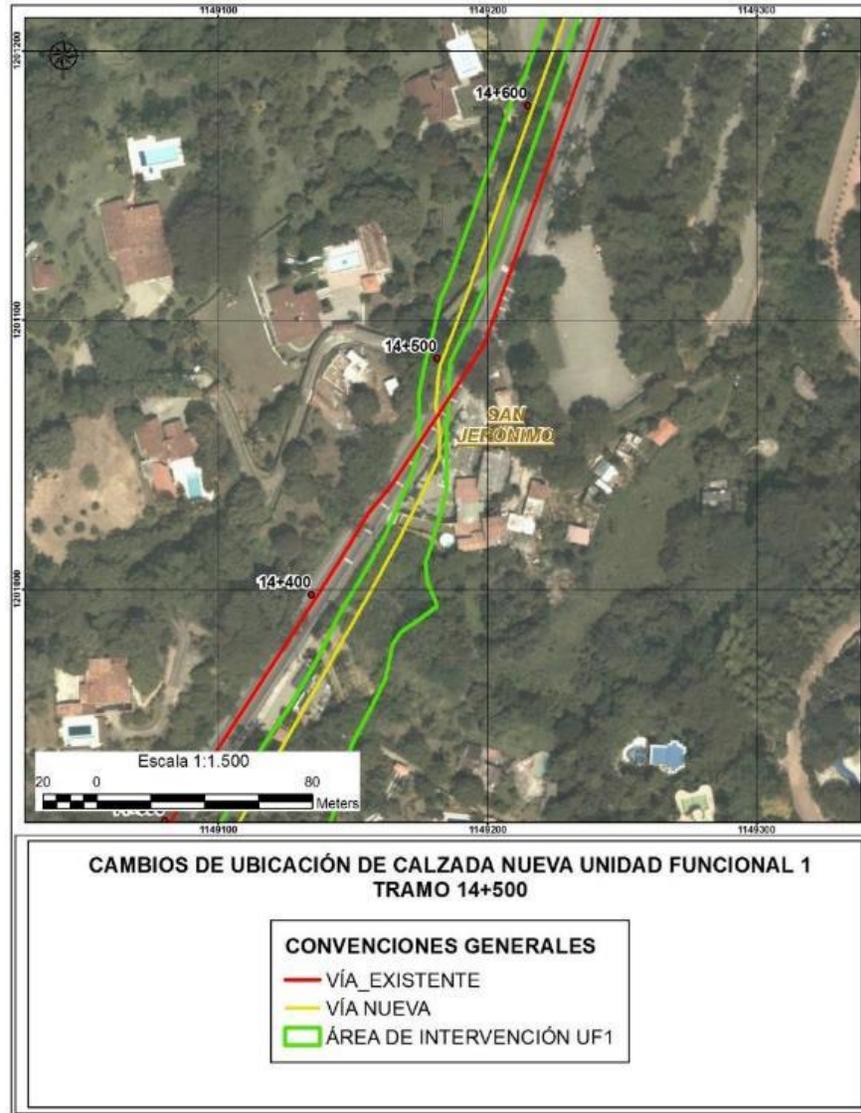
Desde el PK 0+000 al PK 13+560 la calzada izquierda es del nuevo trazado. Entre los PK 13+560 y PK 14+500 la calzada derecha se convertirá en la calzada nueva para evitar la sección en desmonte que se generaría si continuase al lado izquierdo. Entre los PK 14+500 y PK 15+100 la calzada izquierda vuelve a ser de nuevo trazado situándose nuevamente por el lado izquierdo de la existente para evitar la afección al centro recreativo Parque Los Tamarindos debido a la importante labor social que desarrolla. Superado este punto la calzada derecha será de nuevo trazado discurriendo por el lado derecho de la existente hasta finalizar en el PK 19+310, fin de la Unidad Funcional 1 en la calzada derecha. Estos cambios se realizan a nivel y para aprovechar al máximo la infraestructura existente, se detallan desde la Figura 3-12 a la Figura 3-14:

Figura 3-12 Cambios de ubicación de calzada nueva Unidad Funcional 1 respecto a la calzada existente. Tramo 13+560



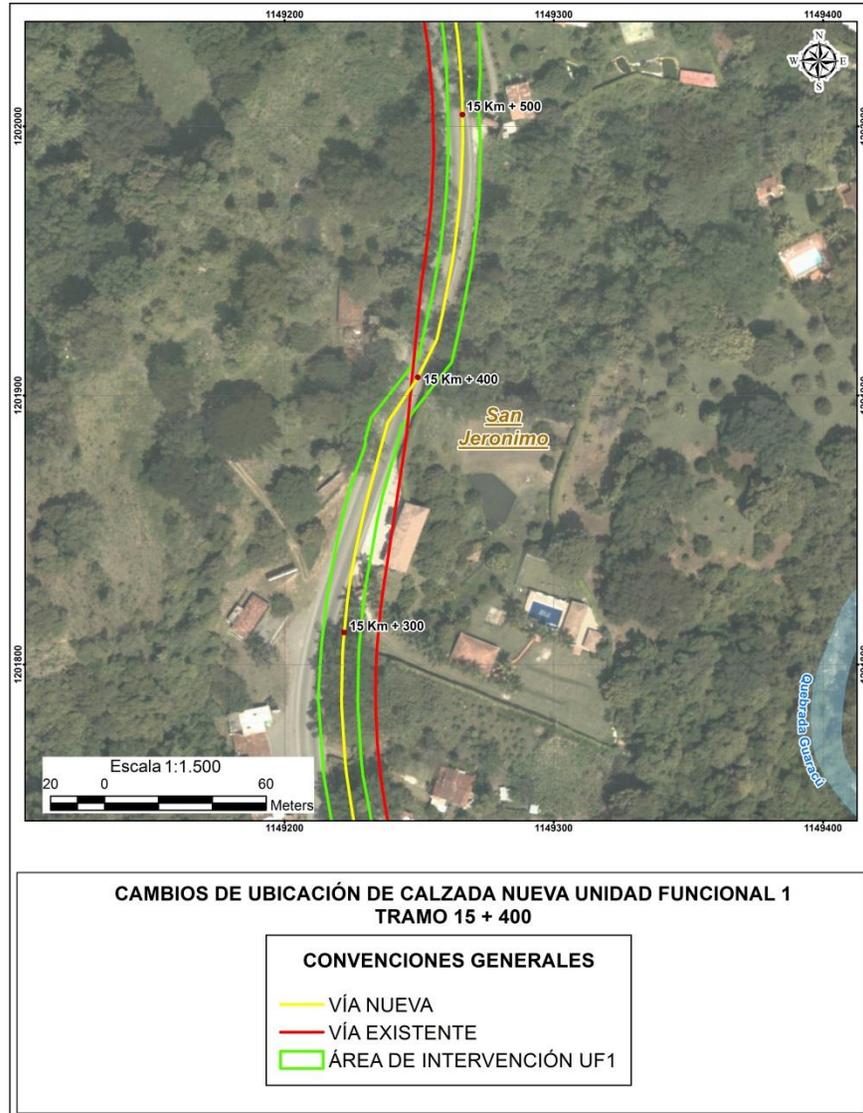
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Figura 3-13 Cambios de ubicación de calzada nueva Unidad Funcional 1 respecto a la calzada existente. Tramo 14+500



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Figura 3-14 Cambios de ubicación de calzada nueva Unidad Funcional 1 respecto a la calzada existente. Tramo 15+400



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.3.2 Unidad Funcional 3

En el diseño geométrico de planta alzado y sección transversal se han tenido en cuenta todas las especificaciones y/o normas técnicas de acuerdo a la Ley Vigente, en particular los criterios establecidos en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVIAS.

El trazado para esta Unidad Funcional discurre por la parte oriental de la vía existente en los 700 metros de calzada para luego ubicarse totalmente al occidente en la construcción de

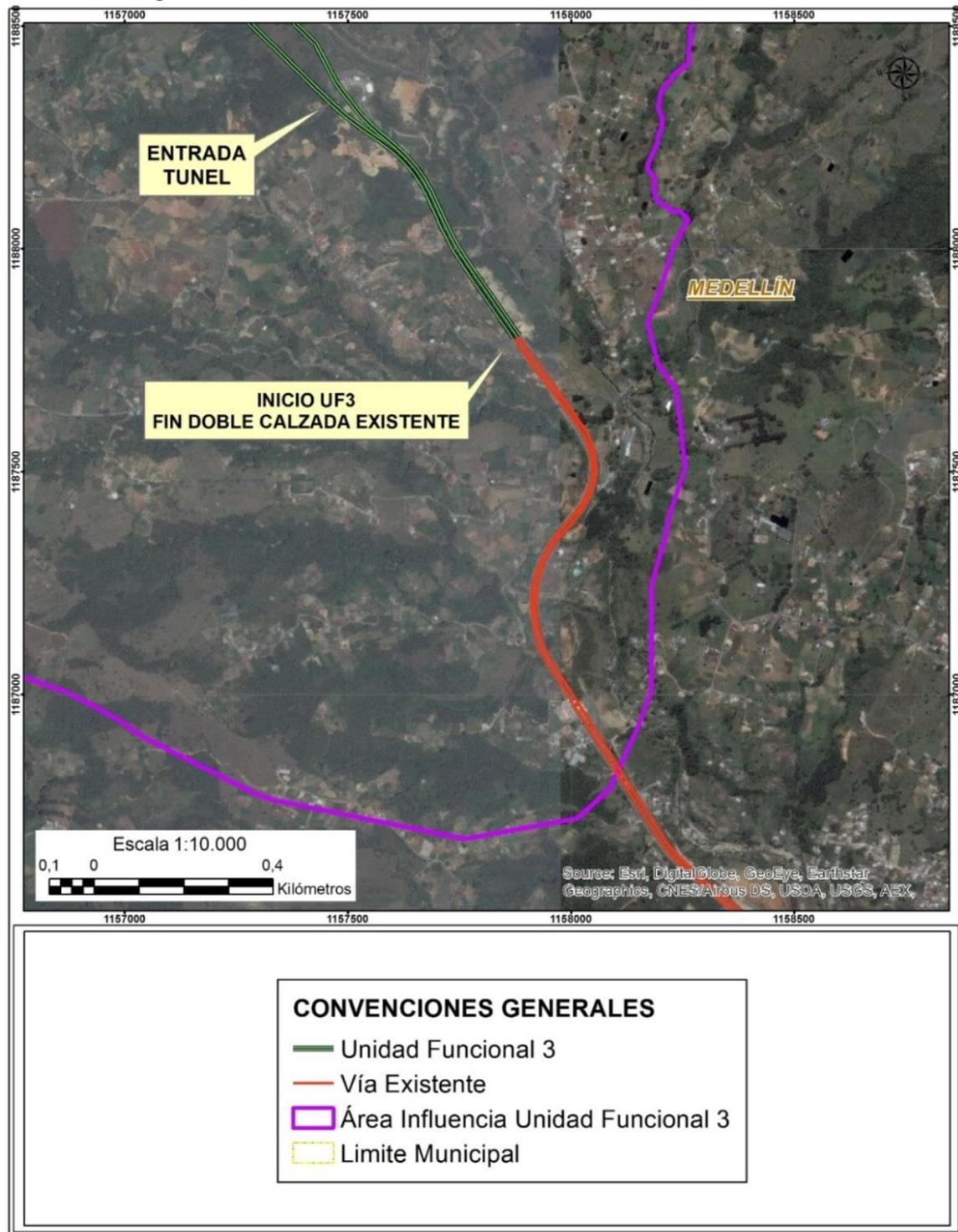
	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

los 4,6 kilómetros de túnel.

Para mayor claridad la descripción general del trazado será realizada en el sentido Este – Oeste, es decir, desde Medellín con dirección a Santa Fe de Antioquia.

Esta Unidad Funcional inicia a 700 metros aproximadamente antes del ingreso del Túnel de Occidente, (Coordenadas E=1.153.844, N=1.191.257) en el sitio donde la doble calzada de la Ruta Nacional 62, Tramo 04, procedente de Medellín se convierte en calzada sencilla bidireccional. Este sitio se presenta en la Figura 3-15 y finalizaría en las coordenadas N=1.187.800, E=1.157.876. Se señala que el K0+000 inicia justo después de terminar el Peaje (K0+00 = Este = 1.157.767,62, Norte = 1.187.946,87),, sin embargo dicho Peaje hace parte de la UF 3.

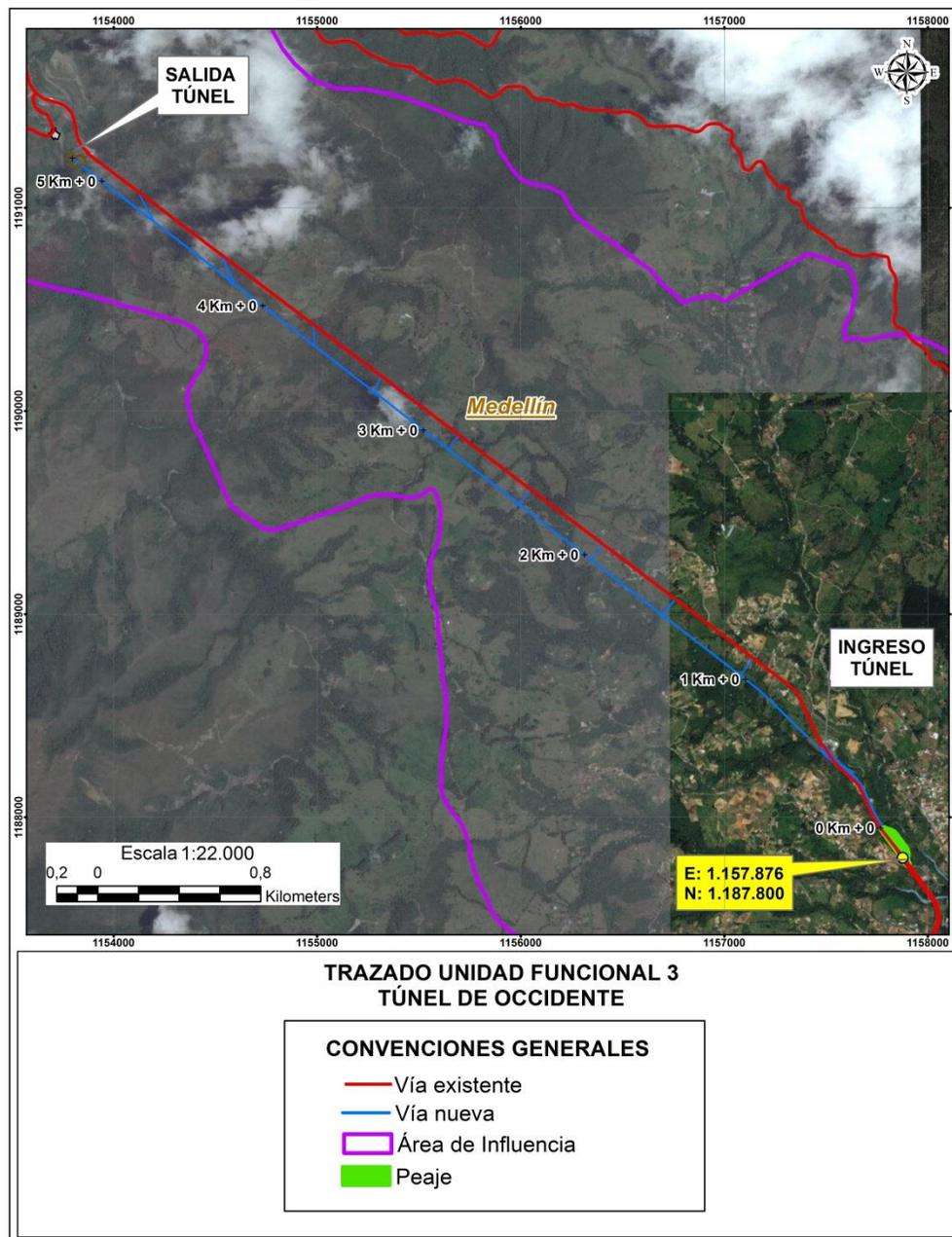
Figura 3-15 Unidad Funcional 3 - Antes del túnel de occidente



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

El resto de la longitud en esta Unidad Funcional equivalente a 4,6 kilómetros corresponde a la construcción del segundo tubo del Túnel de Occidente; en cuya finalización empieza la Unidad Funcional 1, tal como se muestra en la Figura 3-16.

Figura 3-16 Unidad Funcional 3



Coordenada Punto de inicio según Apéndice Técnico 1
 Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Con el túnel y la vía proyectados se asegura que el trazado de la nueva calzada esté adyacente a la vía actual, siendo esta alternativa como la más viable para cruzar este sector de la cordillera Oriental.

3.2.4 Trazado y características geométricas de las vías a construir objeto del proyecto

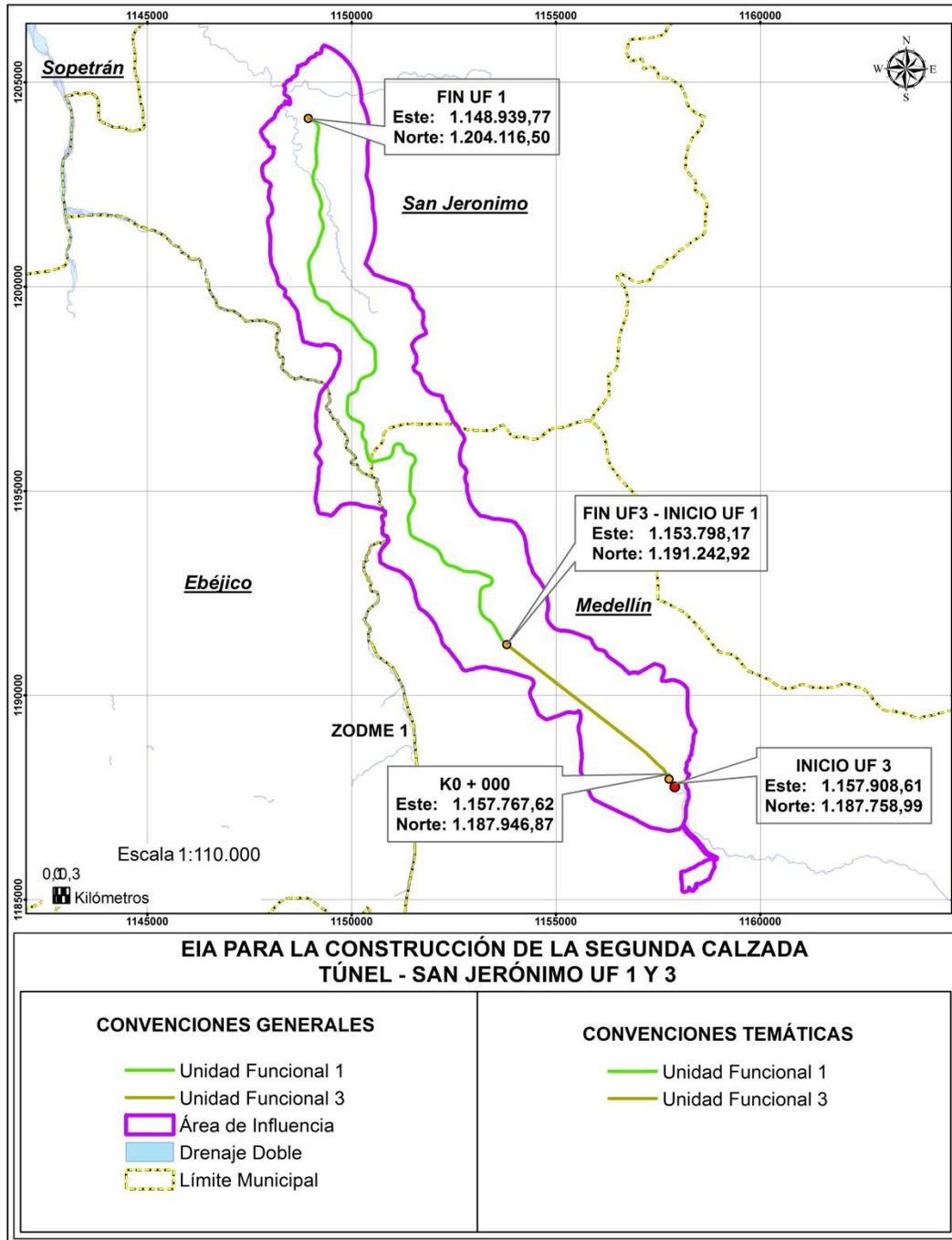
En la Tabla 3-3 se indicaron las coordenadas de inicio y fin de cada una de las Unidades Funcionales (1 y 3) según el Apéndice Técnico 1 del Contrato de Concesión No. 014 de 2015, y en la Tabla 3-8 se presentan las coordenadas inicio – fin de las Unidades Funcionales según el diseño-

Tabla 3-8 Longitud Unidades Funcionales

UF	Inicio	Fin	Abscisado	Observación
1	X: 1153798,17 Y: 1191242,92	X: 1148939,77 Y: 1204116,50	Inicio: K0+00 Fin: K 17+800	
3	X: 1157908,61 Y: 1187758,99	X: 1153798,17 Y: 1191242,92	Inicio: K0+00 Fin: K 5 + 183	Incluye Túnel de 4,6 km y Peaje

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

Figura 3-17 Localización inicio – fin de las Unidades Funcionales (Diseño)

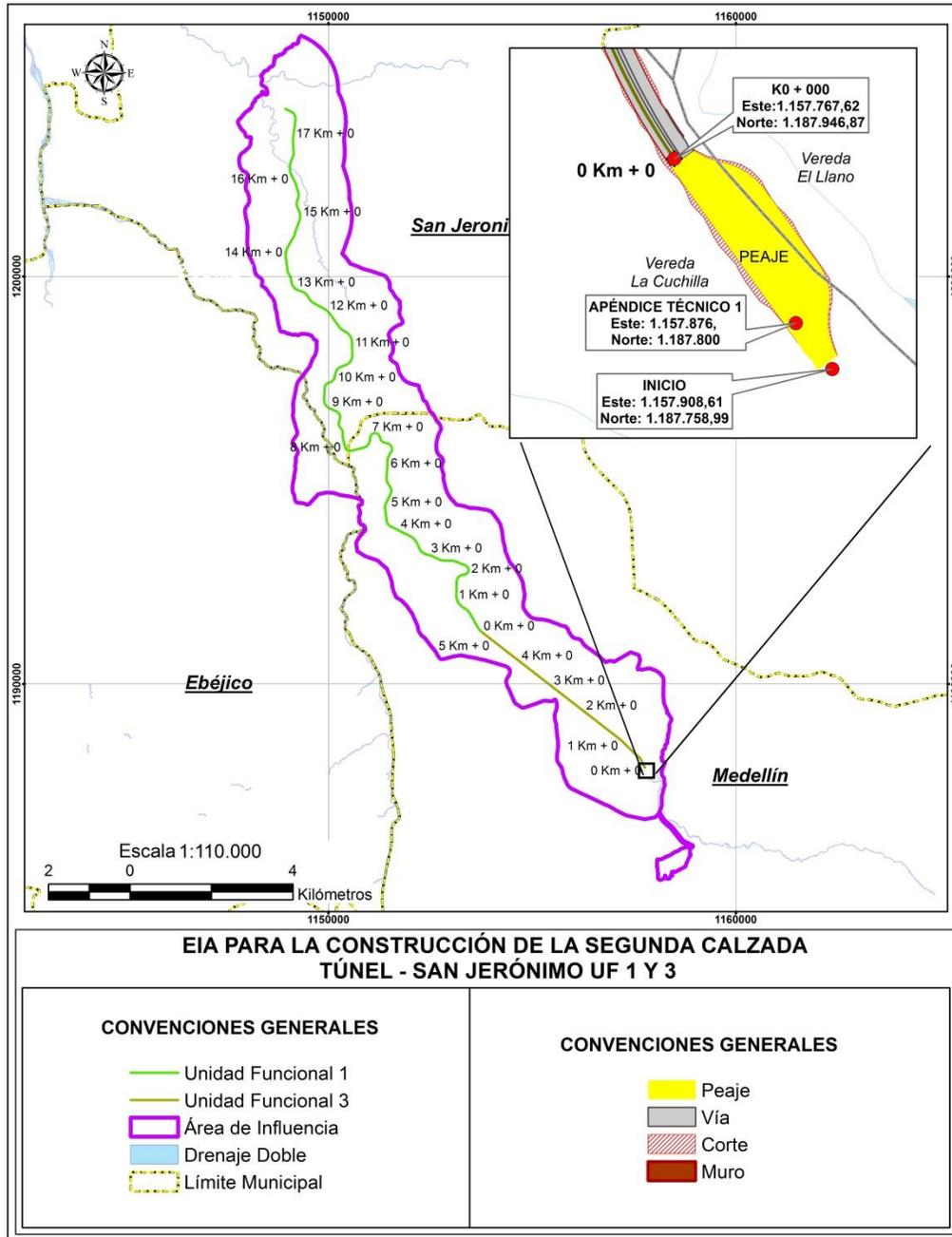


Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

Se aclara que el inicio del abscisado (K0+00) de la Unidad Funcional 3 comienza justo después de terminar el Peaje (K0+00 = Este = 1.157.767,62, Norte = 1.187.946,87), sin

embargo dicho Peaje, hace parte de la UF 3, como se muestra en la Figura 3-18:

Figura 3-18 Peaje perteneciente a la UF3



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

El trazado y características geométricas se presentan a continuación para cada una de las Unidades Funcionales que conforman el proyecto.

3.2.4.1 Unidad Funcional 1

La Unidad Funcional 1 inicia en la salida del túnel de occidente y concluye a la altura del municipio de San Jerónimo, presenta una longitud aproximada de 18 Km con las características que se indican a continuación:

3.2.4.1.1 Perfil longitudinal aproximado

El perfil longitudinal del trazado aproximado se presenta en la Figura 3-19.

Figura 3-19 Perfil longitudinal Trazado aproximado Unidad Funcional 1.



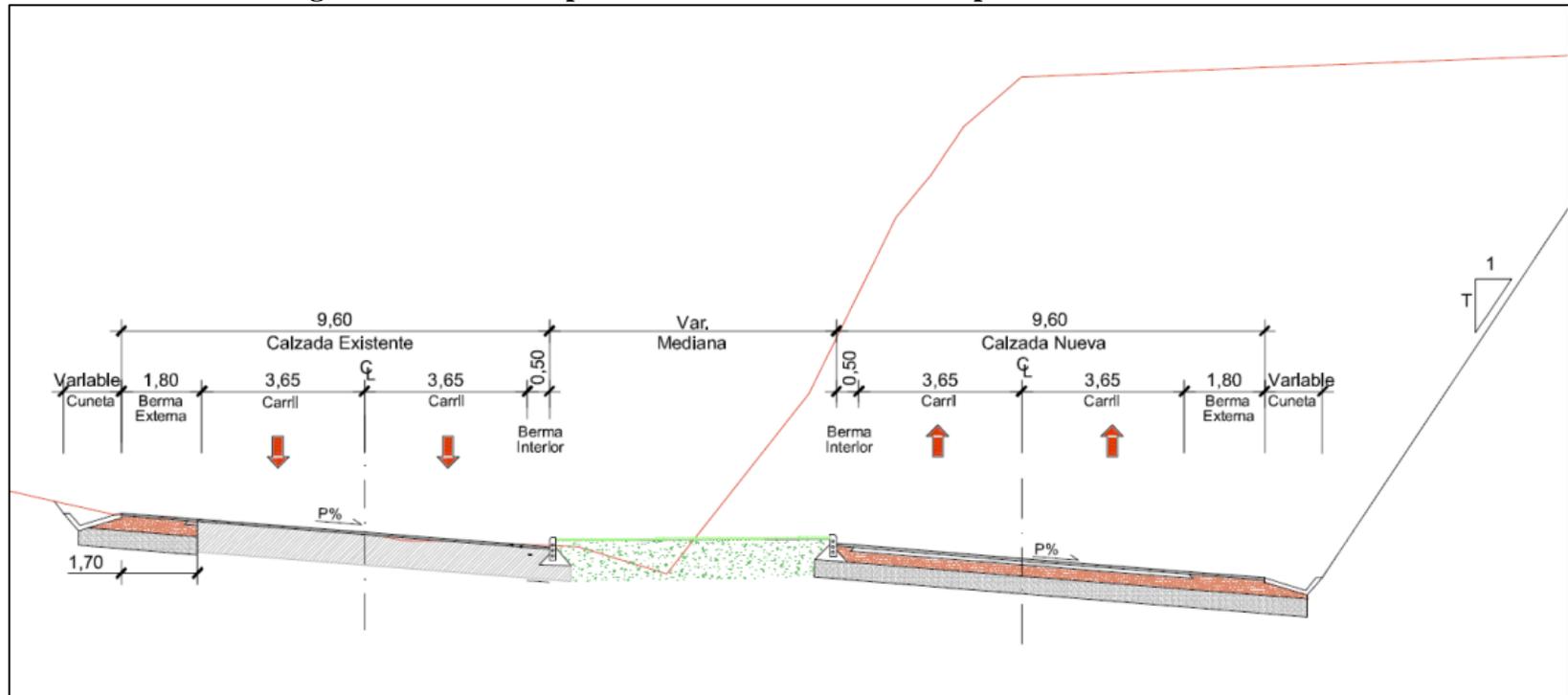
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

El perfil muestra una tendencia geomorfológica muy uniforme, y aunque involucra la necesidad de estructuras como puentes y algunos cortes y rellenos, son normales en este tipo de proyectos, aprovecha un corredor ya existente para minimizar movimientos de tierra e intervenciones, reduciendo significativamente los impactos ambientales en la construcción del proyecto. El detalle del perfil longitudinal de la Unidad Funcional se encuentra en el ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Planta - Perfil UF1 UF3).

3.2.4.1.2 Sección típica de la Unidad Funcional

Teniendo en cuenta que el proyecto involucra la construcción de una nueva calzada adyacente a una calzada existente. En la Figura 3-20 se presenta la sección típica de los ejes para esta configuración vial.

Figura 3-20 Sección típica doble calzada a nivel con aprovechamiento en corte



Fuente: Diseño de trazado de Autopista al Mar 1, del proyecto “autopistas para la prosperidad”, 2015.

3.2.4.1.3 Características Geométricas y técnicas

En la Tabla 3-9 se presentan las condiciones técnicas exigidas en el Apéndice Técnico 1 para esta Unidad Funcional.

Tabla 3-9 Requisitos técnicos Unidad Funcional 1

Requisitos Técnicos	Unidad	Unidad Funcional 1
Longitud de Referencia	Km	19
Número de Calzadas Mínimo	Un	2
No. de Carriles por Calzada Mínimo	Un	2
Sentido de Carriles	Uni o Bidireccional	Unidireccional
Ancho de Carril Mínimo	m	3,65
Ancho de Calzada Mínimo	m	7,30
Ancho de Berma Mínimo	m	1,8m en exteriores y 0,5m en interiores. En caso de un diseño en par vial el ancho de la berma debe ser de 1,80m
Tipo de Berma		Berma cuneta en L
Funcionalidad	Primaria – Secundaria	Primaria
Acabado de la rodadura	Flexible - Rígido	Flexible o Rígido
Velocidad de diseño mínimo	Km/h	80
Radio mínimo	m	229
Pendiente máxima	%	6
Ancho mínimo de separador central	m	Variable
Iluminación		Si

Fuente: Apéndice Técnico 1 Contrato de Concesión No. 014 de 2015

La Ley 1228 de 2008 por la cual se determinan las fajas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión para las carreteras del sistema vial nacional establece en su Artículo Segundo:

“Establécense las siguientes fajas de retiro obligatorio o área de reserva o de exclusión para las carreteras que forman parte de la red vial nacional: 1. Carreteras de primer orden sesenta (60) metros. 2. Carreteras de segundo orden cuarenta y cinco (45) metros. 3. Carreteras de tercer orden treinta (30) metros. PARÁGRAFO. El metraje determinado en este artículo se tomará la mitad a cada lado del eje de la vía. En vías de doble calzada de cualquier categoría la zona de exclusión se extenderá mínimo veinte (20) metros a lado y lado de la vía que se medirán a partir del eje de cada calzada exterior...”

3.2.4.1.4 Intersecciones a desarrollar

Para la Unidad Funcional 1 no se proyecta el desarrollo de ninguna intersección vial, sin embargo se consideran retornos a desarrollar

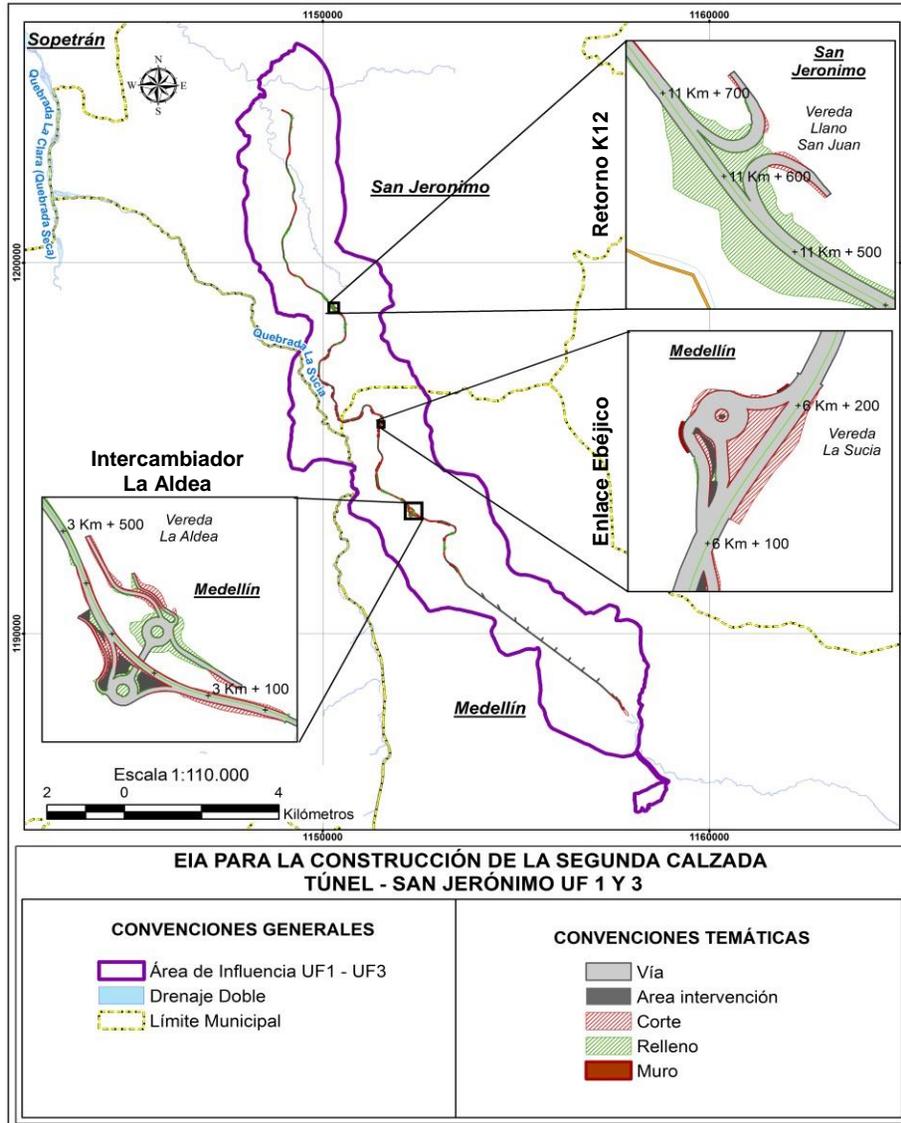
	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

3.2.4.1.5 Retornos a desarrollar

Es importante indicar que aunque en el contrato de concesión no se proyecta ninguna intersección, se construirá el Intercambiador La Aldea, el Enlace Ebéjico y el retorno en el K12 como se indica en la Figura 3-21:

En atención al Requerimiento 1 presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se argumenta: *“En la visita practicada se tuvo conocimiento de que la intersección la Aldea se construirá, una parte por mejoramiento de la vía existente y la otra por licencia ambiental de la segunda calzada.”*, y Requerimiento 2(5): *“Planos en planta de la intersección la Aldea, intercambiador Ebéjico y retorno K12”*, se presenta la Figura 3-21 en donde se muestra la localización de los retornos a desarrollar, indicando que el Intercambiador de La Aldea pertenece completamente a este Estudio de Impacto Ambiental (*ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Planta - Perfil UF1 UF3)*).

Figura 3-21 Ubicación de retornos a desarrollar

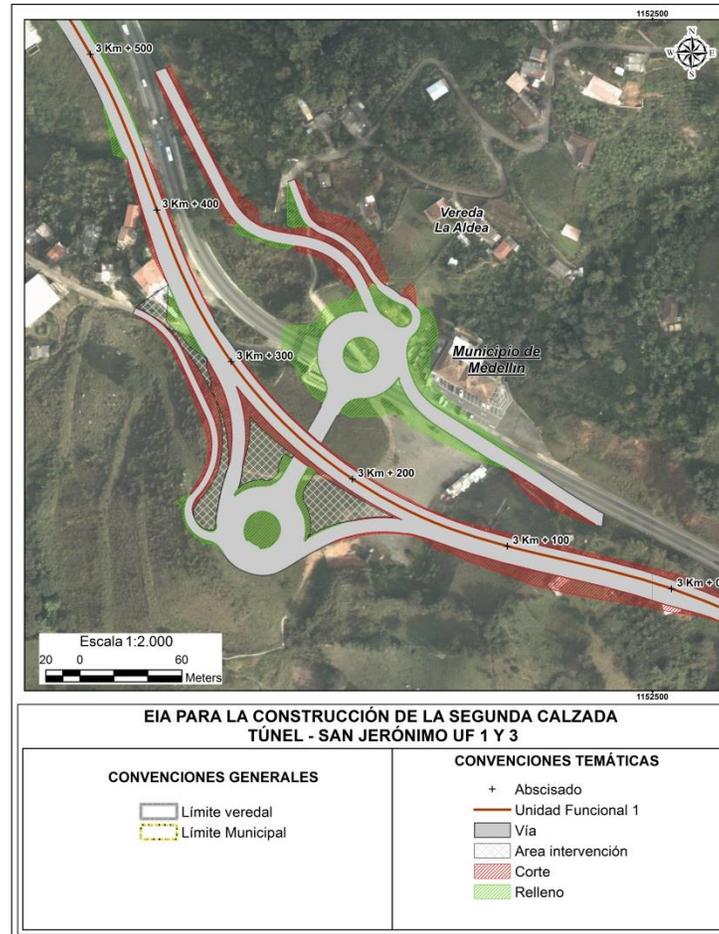


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.5.1 Intercambiador La Aldea

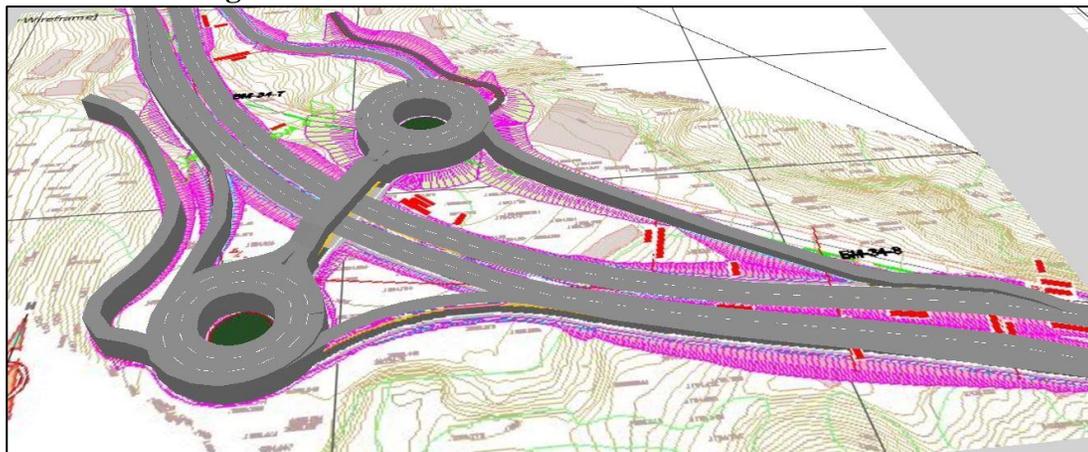
El Intercambiador La Aldea se encuentra localizado en la vereda La Aldea, aproximadamente en el K3+250, como se muestra en la Figura 3-22. Se compone por un cruce a desnivel con dos glorietas a nivel a cada lado de la vía, la cual funciona a su vez como un retorno, lo que facilita cualquier movimiento en dicho enlace (Ver Figura 3-23), dando prelación al tráfico de larga distancia propio del proyecto. Este sería utilizado para los habitantes de las casas campestres, fincas y haciendas que se encuentran cercanos a este punto.

Figura 3-22 Intercambiador La Aldea



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Figura 3-23 Acercamiento Intercambiador La Aldea

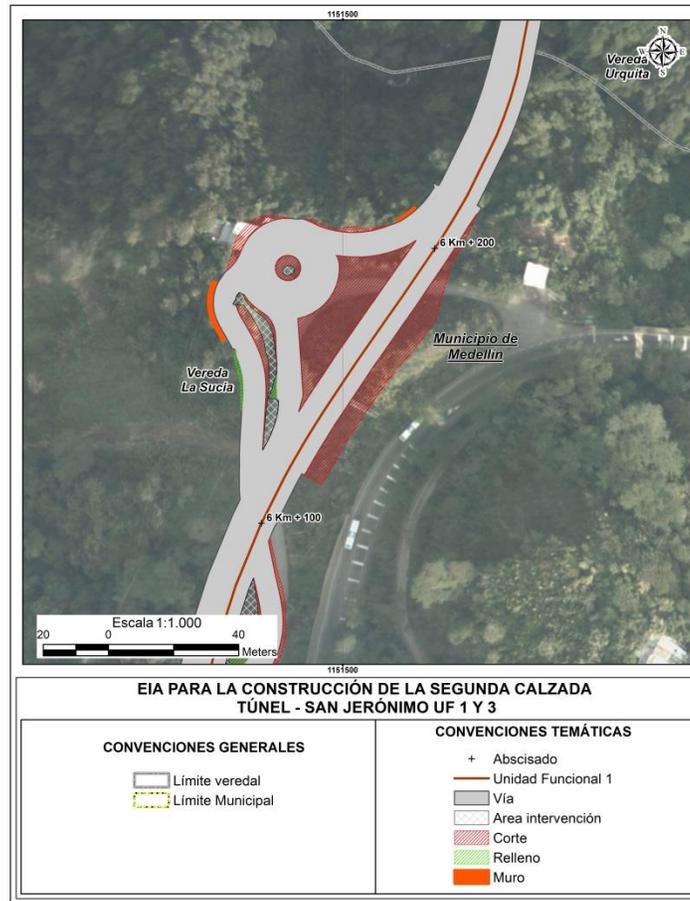


Fuente: Consorcio Mar 1, 2017

3.2.4.1.5.2 Enlace Ebéjico

El Enlace Ebéjico se encuentra ubicado en la vereda La Sucia, aproximadamente en el K6+150, como se muestra en la Figura 3-24. La intersección hacia Ebéjico es una glorieta a nivel que satisface a los usuarios que provienen de San Jerónimo y se dirigen a Ebéjico y para los usuarios que provienen de Ebéjico y se dirigen a Medellín (Ver Figura 3-25), los demás movimientos deberán ser realizados en retornos auxiliares.

Figura 3-24 Enlace Ebéjico



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Figura 3-25 Acercamiento Enlace Ebéjico

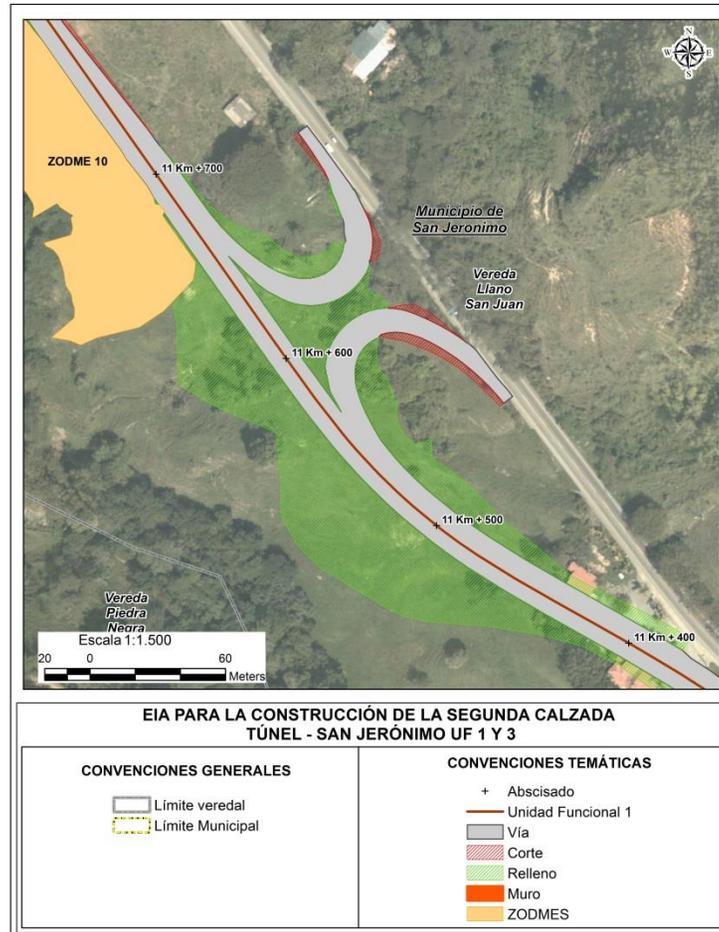


Fuente: Consorcio Mar 1, 2017

3.2.4.1.5.3 Retorno K12

El Retorno K12 se localiza en la vereda Llano San Juan, aproximadamente en el K11+600, como se indica en la Figura 3-26:

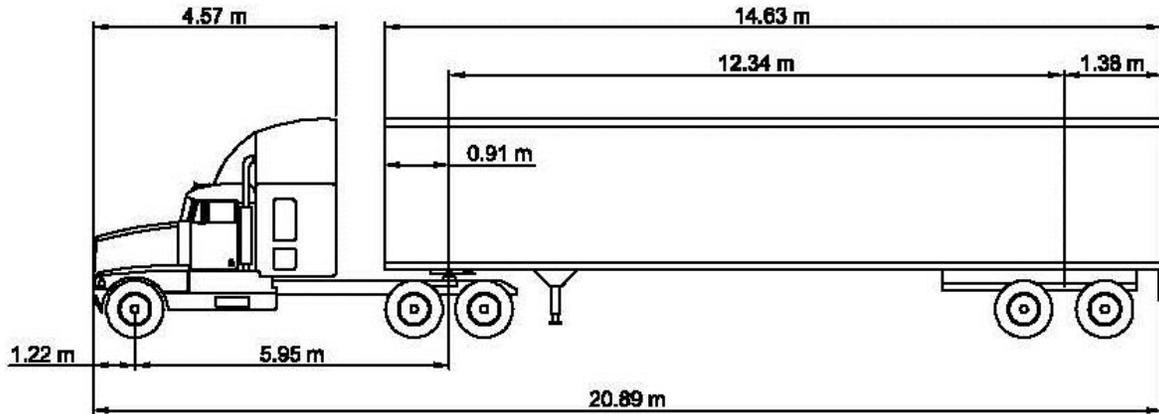
Figura 3-26 Retorno K12



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

El retorno se proyecta basándose en el pre-diseño de esta vía. Se consideró como vehículo de diseño un tracto-camión articulado, similar al vehículo tipo 3S-2 del Manual de diseño del INVIAS, como se indica en la Figura 3-27:

Figura 3-27 Dimensiones vehículo tipo 3S-2



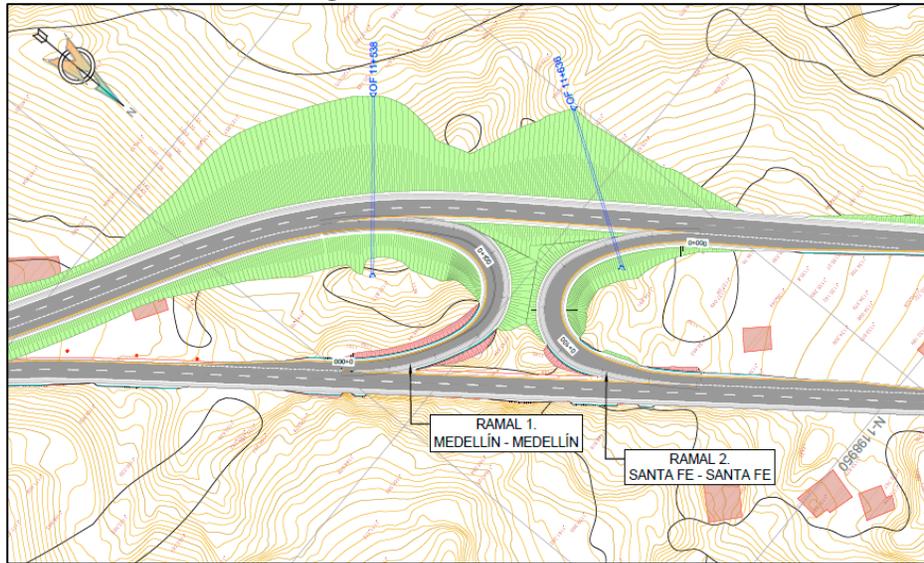
Fuente: Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008

Los radios internos de las rampas para esta maniobra, se establecieron con base en modelaciones realizadas con apoyo de software especializado ISTRAM-ISPOL.

Los carriles de aceleración o desaceleración se proyectan con ancho de 3,65 m; las transiciones se proyectaron aplicando lo recomendado por el Manual de INVIAS (Tablas 6.1 y 6.2)

Los carriles de aceleración y desaceleración, se habilitan con longitud apropiada para considerar velocidad de la maniobra de retorno inferior a 20 Km/h. El Retorno K12 se encuentra constituido por dos Ramales, como se muestra en la Figura 3-28:

Figura 3-28 Ramales K12



Fuente: Consorcio Mar 1, 2017

3.2.4.1.6 Puentes a construir

En atención al Requerimiento 2(6) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “Necesidades de desvío y canalización de cauces”, y al Requerimiento 3: “Actualizar y diferenciar el listado de puentes y viaductos proyectados para la Unidad Funcional 1, presentando las características técnicas, diseños planta perfil y las corrientes de agua superficial a cruzar, para los casos que aplique” se ajusta la Tabla 3-10 y se genera la Figura 3-29, mostrando la ubicación y descripción general de los puentes y viaductos a construir para la Unidad Funcional 1.

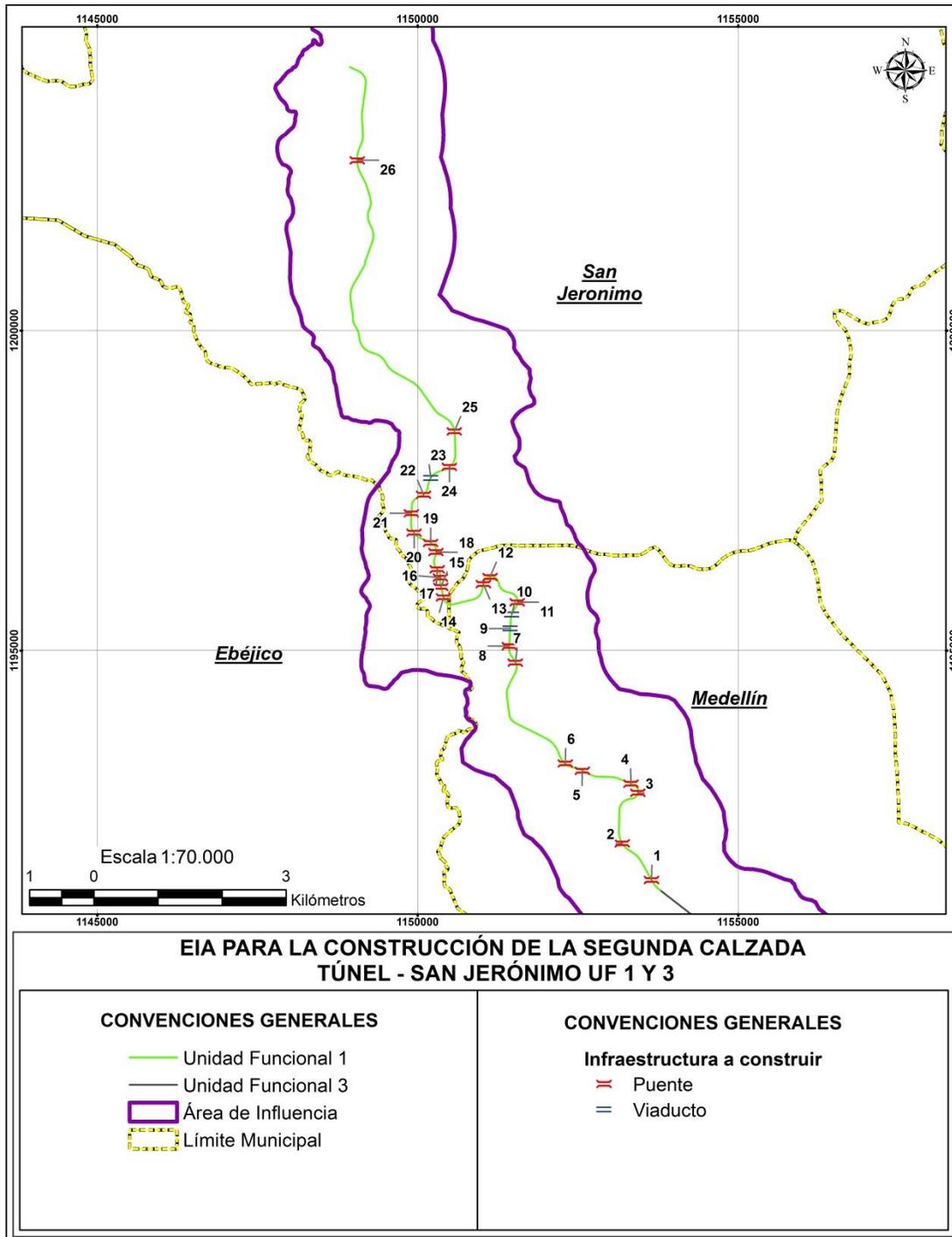
Para esta Unidad Funcional se contempla la construcción de 23 puentes y tres (3) viaductos (estructuras que no cruzan un drenaje), los cuales se numeran en la Tabla 3-10 y se muestran en la Figura 3-29. También se presenta la planta de cada uno desde la Figura 3-30 hasta la Figura 3-55 y la Planta Perfil de las estructuras se presenta en el ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Planta - Perfil Puentes).

Tabla 3-10 Puentes y viaductos a construir Unidad Funcional 1

No.	Nombre de la fuente hídrica	Este	Norte	Inicio	Fin	Abscisa aproximada del cuerpo de agua	Longitud (m)	Nombre de la estructura	Estructura	Nº vanos	Nº pilas	Requiere Ocupación de Cauce
1	La Frisola	1153636,94	1191434,65	0+153	0+313	0+253	160	Puente 0+160	Puente	6	5	Si
2	Drenaje NN 01	1153196,94	1191978,34	0+935	1+020	0+980	85	Puente 0+980	Puente	3	2	Si
3	La Volcana	1153437,75	1192814,63	1+888	1+993	1+960	105	Puente 1+940	Puente	4	3	Si
4	La Cola	1153314,69	1192927,72	2+105	2+185	2+165	80	Puente 2+100	Puente	3	2	Si
5	La Causala	1152583,05	1193118,11	2+922	2+962	2+935	40	Puente 2+920	Puente	1	0	Si
6	N.A	1152300,65	1193239,53	0+045	0+075		30	Intercambiador La Aldea	Puente	1	0	No
7	La Potrera	1151540,06	1194770,27	5+212	5+377	5+260	165	Puente 5+240	Puente	3	2	Si
8	Drenaje NN 164	1151428,37	1195107,55	5+467	5+683	5+540	215	Puente 5+540	Puente	8	7	Si
9	N.A	1151442,65	1195346,76	5+837	5+867		30	Viaducto 5+825	Viaducto	1	0	No
10	N.A	1151466,40	1195562,97	6+013	6+128		115	Viaducto 6+040	Viaducto	5	4	No
11	La Miserenga	1151549,70	1195716,57	6+207	6+367	6+270	160	Puente 6+240	Puente	3	2	Si
12	Salto y Pisquines	1151142,90	1196157,58	6+866	6+996	6+900	130	Puente 6+900	Puente	5	4	Si
13	San Gregorio	1151015,08	1195996,72	7+034	7+164	7+150	130	Puente 7+000	Puente	5	4	Si
14	La Roncha	1150399,98	1195844,30	7+875	7+985	7+945	85	Puente 7+920	Puente	3	2	Si
15	La Mula	1150366,33	1195975,04	8+090	8+130	8+100	40	Puente 8+080	Puente	1	0	Si
16	Drenaje NN 166	1150351,40	1196119,00	8+236	8+276	8+240	40	Puente 8+240	Puente	1	0	Si
17	La Rochela	1150317,82	1196254,68	8+350	8+450	8+400	100	Puente 8+380	Puente	4	3	Si
18	Drenaje NN 165	1150285,22	1196570,72	8+630	8+745	8+680	115	Puente 8+680	Puente	5	4	Si
19	La Seca	1150200,28	1196687,10	8+790	8+945	8+875	155	Puente 8+900	Puente	6	5	Si
20	La Yola	1149913,74	1196876,41	9+084	9+269	9+200	185	Puente 9+120	Puente	3	2	Si
21	La Madera	1149903,70	1197207,30	9+377	9+612	9+420	235	Puente 9+420	Puente	8	7	Si
22	Quebrada NN 02 – La Cola	1150103,20	1197444,42	9+886	9+898	9+890	30	Puente 9+880	Puente	1	0	Si
23	N.A	1150204,06	1197696,54	10+117	10+227		110	Viaducto 10+120	Viaducto	4	3	No
24	La San Juan	1150483,04	1197860,75	10+455	10+585	10+500	130	Puente Quebrada La San Juana (10+460)	Puente	5	4	Si
25	La Murrupala	1150569,98	1198439,43	11+028	11+178	11+125	150	Puente Quebrada La Murrupala (11+040)	Puente	5	4	Si
26	Puente Quebrada La Guaracu	1149054,13	1202699,22	17+315	17+550	17+370	165	Puente Quebrada La Guaracu (17+370)	Puente	6	5	Si

N.A = No Aplica
Fuente: DEVIMAR, 2016

Figura 3-29 Puentes a construir Unidad Funcional 1

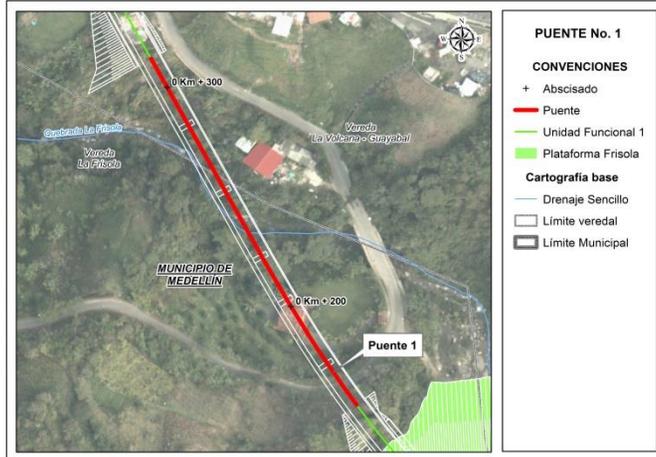


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.1 Puente 1: Puente 0+160

La estructura 0+160 consiste en un puente de 160 m de longitud total, compuesto por 6 vanos. La sección del puente tiene un ancho de 10,30m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30m. El ancho de las bermas son de 1,80m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m (Ver Figura 3-30).

Figura 3-30 Puente 1: Puente 0+160 (La Frisola)

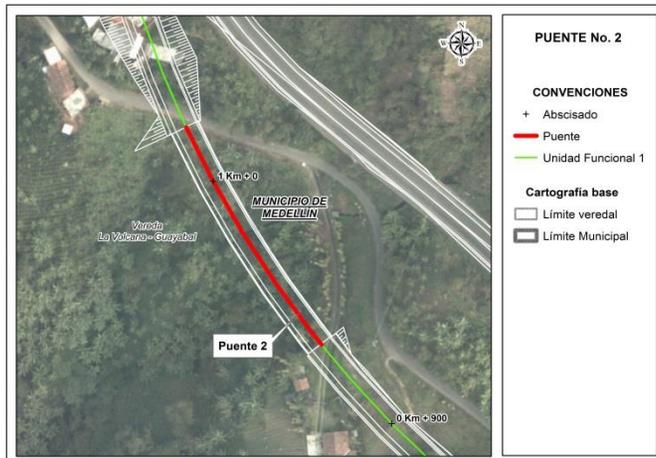


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.2 Puente 2: Puente 0+980

La estructura Puente 0+980 consiste en un puente de 85 m de longitud total, compuesto por 3 vanos compuesto por 3 vanos. Los vanos tienen una luz aproximada de 24,55m, 30m y 29,55m (Ver Figura 3-31):

Figura 3-31 Puente 2: Puente 0+980

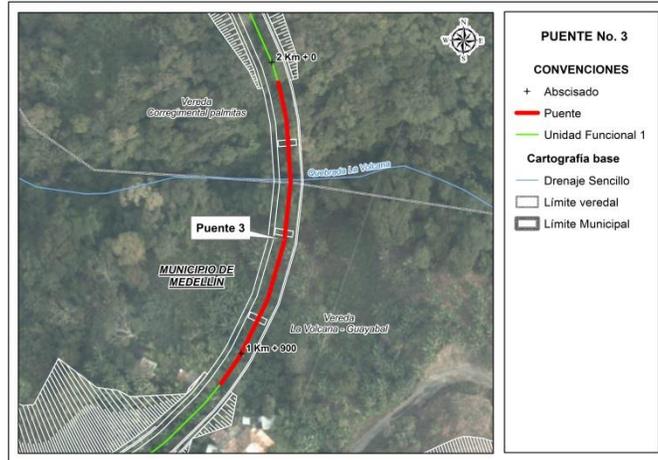


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.3 Puente 3: Puente 1+940

La estructura Puente 1+940 consiste en un puente de 105 m de longitud total, compuesto por 4 vanos. La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80m y 0,50 m, según lado, y las barreras pisan 0,35 m (Ver Figura 3-32).

Figura 3-32 Puente 3: Puente 1+940

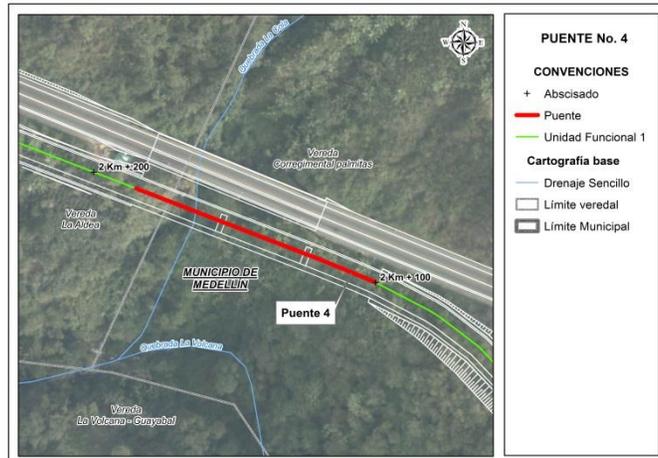


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.4 Puente 4: Puente 2+100

La estructura Puente 2+100 consiste en un puente de 80 m de longitud total, compuesto por 3 vanos. Los vanos tienen una luz aproximada de 24,55m, 30 m y 29,55m. La sección del puente tiene un ancho de 10,30m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30m. El ancho de las bermas son de 1,80m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m (Ver Figura 3-33).

Figura 3-33 Puente 4: Puente 2+100

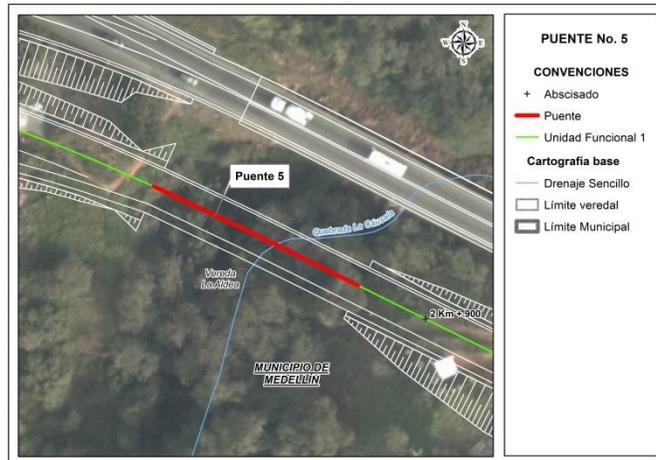


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.5 Puente 5: Puente 2+920

La estructura Puente 2+920 consiste en un puente 1 vano de 40 m de longitud total. La sección del puente tiene un ancho de 10,30m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30m. El ancho de las bermas son de 1,80m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas I. El canto de la losa es de 0,25m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica (Ver Figura 3-34).

Figura 3-34 Puente 5: Puente 2+920



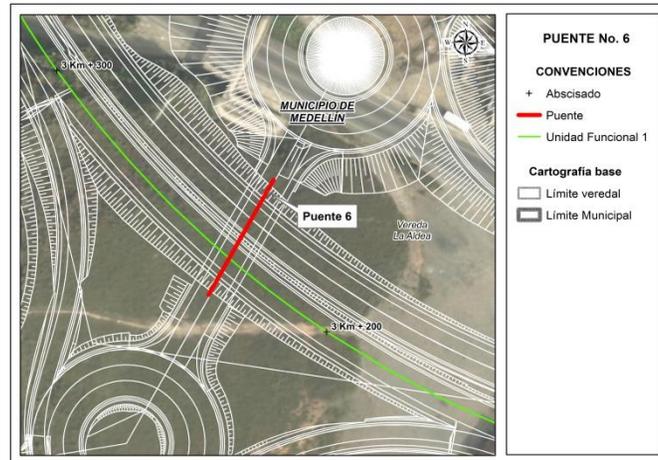
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.6 Puente 6: Intercambiador La Aldea

La estructura La Aldea (3+230 C.S.) consiste en un puente de 1 vano de 30 m de longitud total. La sección del puente tiene un ancho de 11,60m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80m y las barreras pisan 0,35 m. La superestructura se resuelve mediante un tablero fundido in situ sobre vigas prefabricadas postensadas. La sección cuenta con un total de 4 vigas. El inter eje entre las vigas es de 3,0 m, dejando un vuelo de 1,30 m a cada lado.

Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica. La sección del tablero se rigidiza tanto en las zonas de apoyo sobre estribos como en las secciones de centro de vano mediante diafragmas transversales (Ver Figura 3-35).

Figura 3-35 Puente: Puente Ramal La Aldea



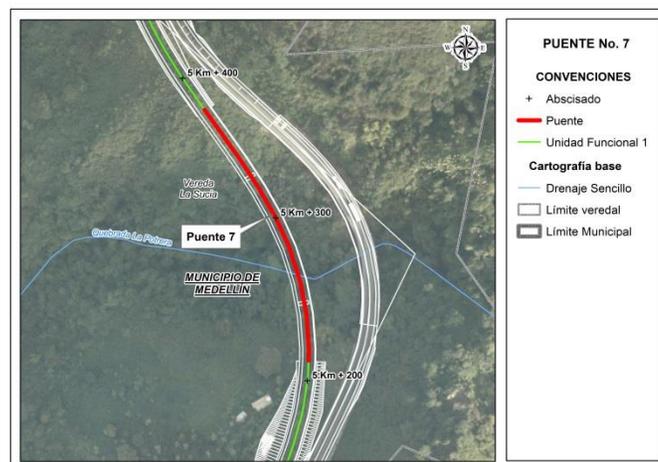
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.7 Puente 7: Puente 5+240

Se trata de un puente con una longitud total de 165 m, conformado por 3 luces de 35,50 m – 82,50 m – 47,40 m (entre ejes). El puente se diseña para ser construido por el sistema de voladizos sucesivos, con dovelas fundidas “in situ”.

Verticalmente el puente presenta una pendiente longitudinal del -6,0%. En planta el puente se encuentra parcialmente en curva circular izquierda con radio de 914,0 m y dentro de dos curvas espirales de transición; lo anterior genera que dentro de la estructura se deba realizar una variación de peralte desde un valor del 5,14% drenando hacia la izquierda hasta 1,40% drenando hacia la derecha. El ancho del tablero es de 10,30 m y está constituido por dos carriles de tráfico de 3,65 m cada uno, una berma externa de 1,80 m, una berma interna de 0,50 m y dos barreras de tráfico de 0,35 m cada una (Ver Figura 3-36).

Figura 3-36 Puente 7: Puente 5+240



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

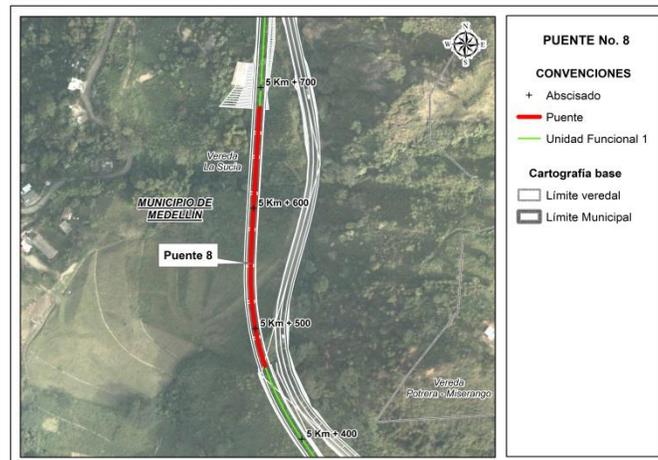
3.2.4.1.6.8 Puente 8: Puente 5+240

La estructura Puente 5+540 consiste en un puente de 215 m de longitud total, compuesto por 8 vanos. Los vanos tienen una luz aproximada de 24,55 m + 30 m + 25 m + 24.55m.

La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica.

La sección del tablero se rigidiza tanto en las zonas de apoyo sobre columnas y estribos como en las secciones de centro de vano mediante diafragmas transversales. Todos los aparatos de apoyo se han resuelto mediante neoprenos reforzados anclados, cuyas dimensiones se muestran en planos (Ver Figura 3-37).

Figura 3-37 Puente 8: Puente 5+240

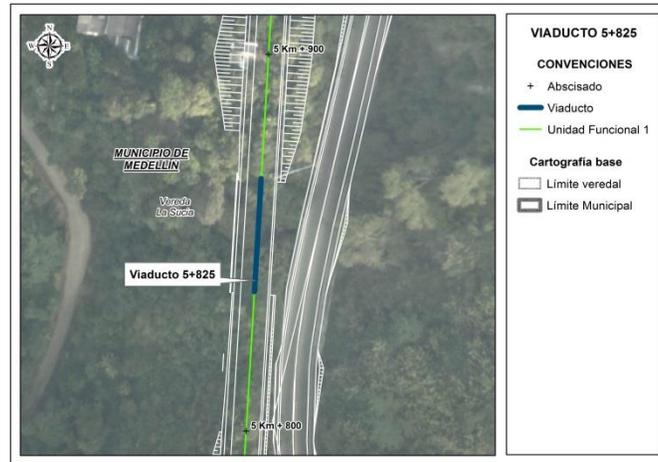


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.9 Viaducto 9: Viaducto 5+825

El viaducto del K5+825 está constituido por 1 vano de 30 m de longitud total. La sección del puente tiene un ancho de 11,60m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30m. El ancho de las bermas son de 1,80m y las barreras pisan 0,35 m (Ver Figura 3-38).

Figura 3-38 Viaducto 9: Viaducto 5+825



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

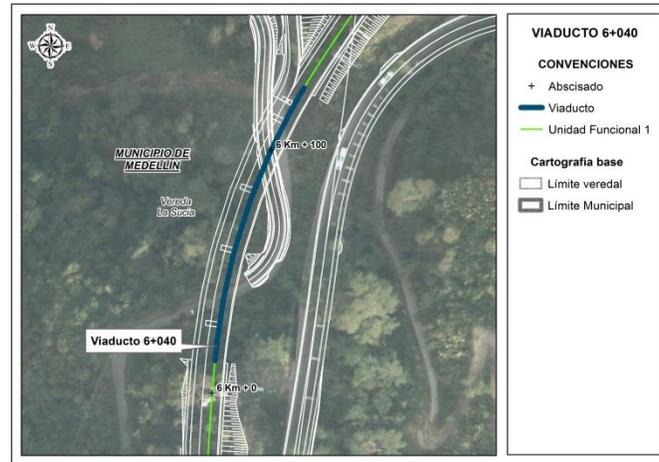
3.2.4.1.6.10 Viaducto 10: Viaducto 6+040

La estructura 6+040 tiene una longitud de 115 m de longitud total, compuesto por 3 vanos. Las luces de los vanos son de aproximadamente 39,55 m + 35 m + 39,55 m.

La sección del puente tiene un ancho de 13,95m, y un ancho libre de calzada igual a 10,95m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica.

La sección del tablero se rigidiza tanto en las zonas de apoyo sobre columnas y estribos como en las secciones de centro de vano mediante diafragmas transversales. La subestructura cuenta con un total de 2 columnas, todas ellas de tipo martillo. Las columnas tienen una altura de, aproximadamente, 23,53m y 20,25m, respectivamente (Ver Figura 3-39).

Figura 3-39 Viaducto 10: Viaducto 6+040



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.11 Puente 11: Puente 6+240

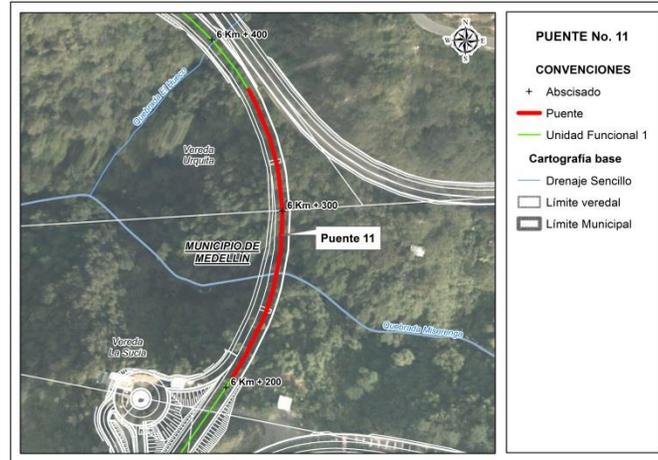
El puente K6+240 tiene longitud total 160 m, está constituido por tres luces de 40-80-40 y está diseñado para ser construido por el sistema de voladizos sucesivos, con dovelas fundidas “in situ”.

El trazado vial presenta curvas en planta y verticalmente una pendiente constante de aproximadamente el 6%.

El ancho del tablero es variable entre 16,195 y 10,30 m. El cajón tiene un ancho constante de 7,2 m. El espesor de los muros es constante de 0,50 m. El espesor de la placa inferior varía linealmente entre 0,40 m y 0,22 m.

La construcción se hará mediante 55 dovelas y 2 zonas sobre cimbra. Se inicia sobre las pilas con una zona sobre cimbra de 8,0 m de longitud. Los voladizos 1 y 4 tienen 13 dovelas de 2,85 m y una dovela extrema. Los voladizos centrales (2 y 3) tienen 13 dovelas de 2,85 m y la dovela de cierre en el centro de la luz tiene 2,9 m de longitud. Las dovelas serán fundidas sobre carro de avance convencional (Ver Figura 3-40).

Figura 3-40 Puente 11: Puente 6+240



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

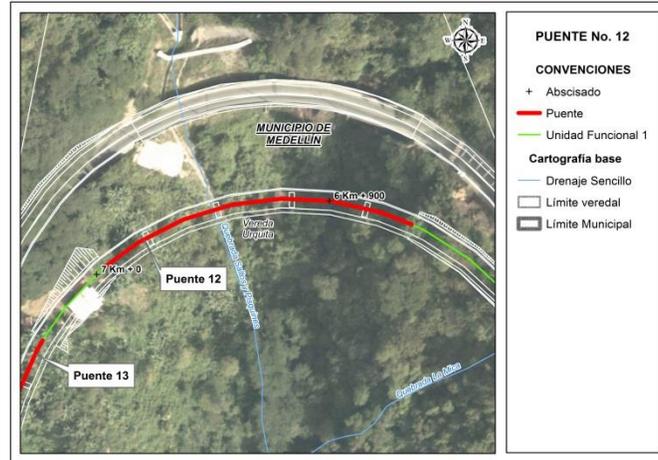
3.2.4.1.6.12 Puente 12: Puente 6+900

La estructura Puente 6+900 consiste en un puente de 130 m de longitud total, compuesto por 5 vanos. La distribución de vanos es como sigue: 24,55m + 30,00 m + 30,00 m + 25,00 m + 24,55 m.

La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica.

La sección del tablero se rigidiza tanto en las zonas de apoyo sobre columnas y estribos como en las secciones de centro de vano mediante diafragmas transversales (Ver Figura 3-41).

Figura 3-41 Puente 12: Puente 6+900

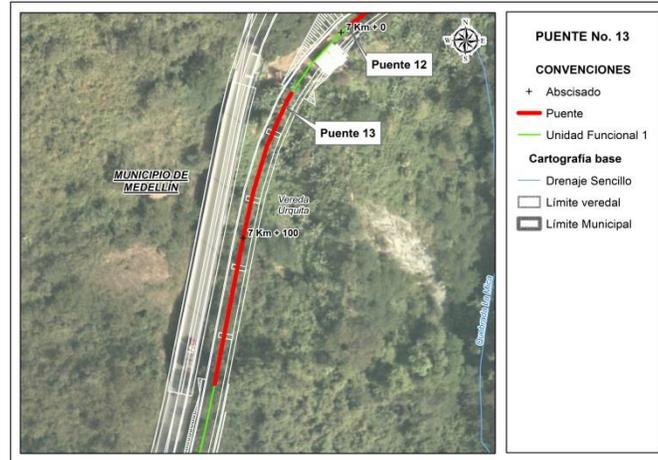


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.13 Puente 13: Puente 7+000

La estructura 7+000 consiste en un puente de 130 m de longitud total, compuesto por 5 vanos. Los vanos extremos tienen una luz aproximada de 19,55 m y los centrales de 30 m. La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. La superestructura se resuelve mediante un tablero fundido in situ sobre vigas prefabricadas postensadas. La sección cuenta con un total de 4 vigas. El inter eje entre las vigas es variable de aproximadamente de 2,57 a 2,74 m, dejando un vuelo variable a cada lado, dado que se encuentra en una alineación curva en planta. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica (Ver Figura 3-42).

Figura 3-42 Puente 13: Puente 7+000



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

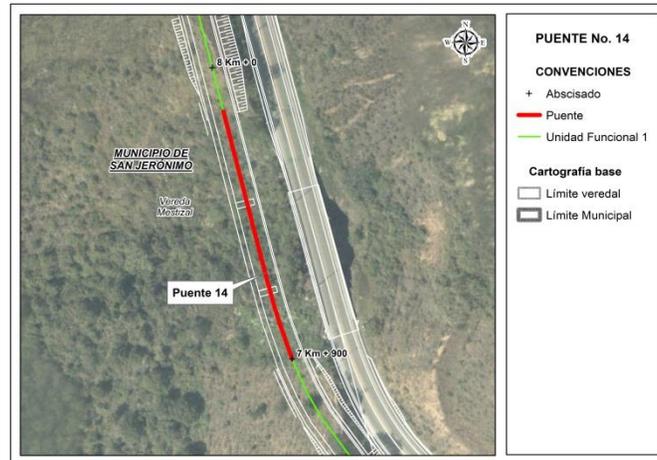
3.2.4.1.6.14 Puente 14: Puente 7+920

La estructura Puente 7+920 consiste en un puente de 85 m de longitud total, compuesto por 3 vanos. Todos los vanos tienen una luz aproximada de 30 m, excepto el primero que es de 24,55m.

La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica.

La sección del tablero se rigidiza tanto en las zonas de apoyo sobre columnas y estribos como en las secciones de centro de vano mediante diafragmas transversales (Ver Figura 3-43).

Figura 3-43 Puente 14: Puente 7+920



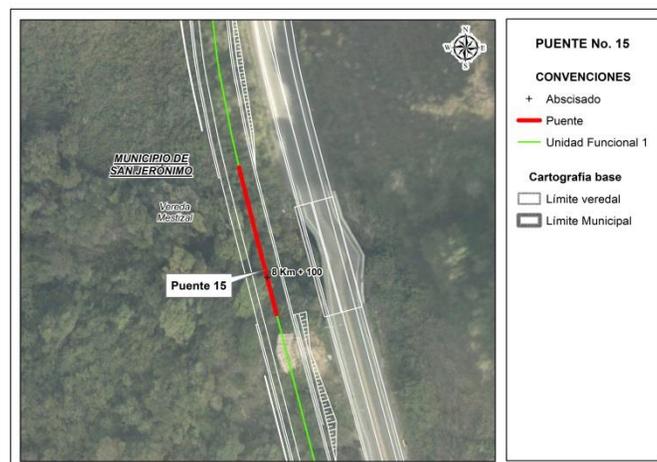
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.15 Puente 15: Puente 8+080

La estructura Puente 8+080 consiste en un puente 1 vano de 40 m de longitud total. La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. La superestructura se resuelve mediante un tablero fundido in situ sobre vigas prefabricadas postensadas. La sección cuenta con un total de 4 vigas. El inter eje entre las vigas es de aproximadamente 2,57 m, dejando un vuelo de 1,30 m a cada lado, la alineación del puente en planta es recta.

Las vigas postensadas son prefabricadas I. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica (Ver Figura 3-44).

Figura 3-44 Puente 15: Puente 8+080

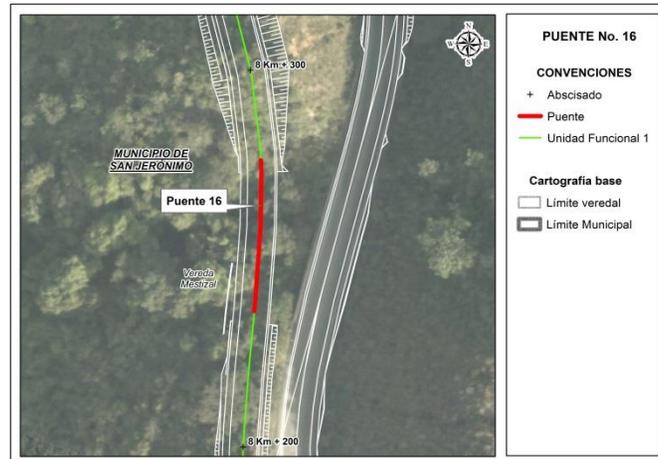


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.16 Puente 16: Puente 8+240

La estructura Puente 8+240 consiste en un puente de 1 vano de 40 m de longitud total. La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. La superestructura se resuelve mediante un tablero fundido in situ sobre vigas prefabricadas postensadas. La sección cuenta con un total de 4 vigas. El inter eje entre las vigas es variable de aproximadamente 2,58 m, dejando un vuelo variable a cada lado. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica. La sección del tablero se rigidiza sobre los estribos como en las secciones de centro de vano mediante diafragmas transversales (Ver Figura 3-45).

Figura 3-45 Puente 16: Puente 8+240

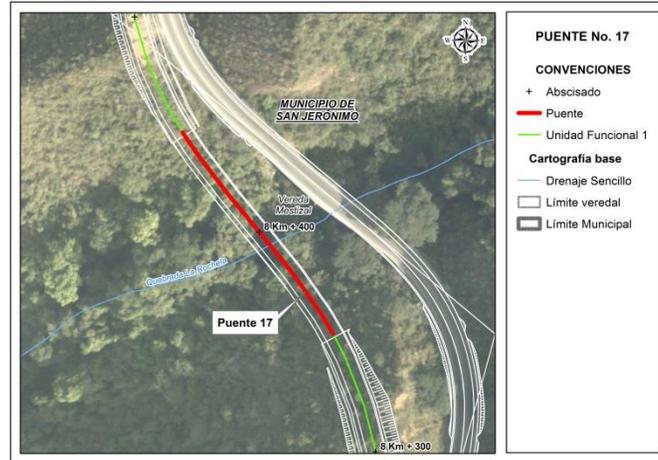


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.17 Puente 17: Puente 8+380

La estructura 8+380 consiste en un puente de 100 m de longitud total, compuesto por 3 vanos. La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica. La sección del tablero se rigidiza tanto en las zonas de apoyo sobre columnas y estribos como en las secciones de centro de vano mediante diafragmas transversales (Ver Figura 3-46).

Figura 3-46 Puente 17: Puente 8+380



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

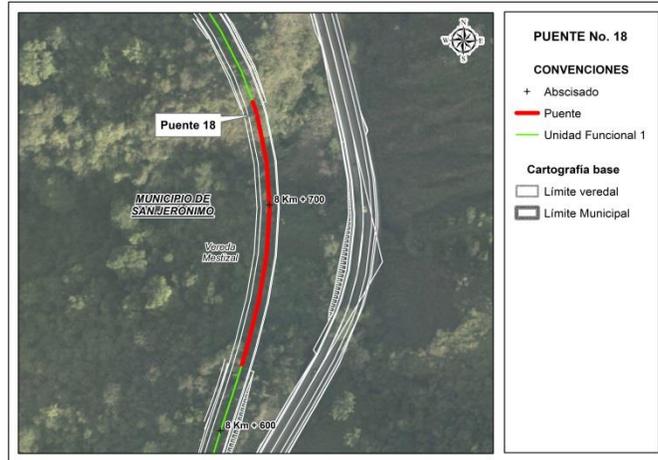
3.2.4.1.6.18 Puente 18: Puente 8+680

La estructura Puente 8+680 consiste en un puente de 115 m de longitud total, compuesto por 5 vanos.

La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica.

La sección del tablero se rigidiza tanto en las zonas de apoyo sobre columnas y estribos como en las secciones de centro de vano mediante diafragmas transversales. La subestructura cuenta con un total de 3 columnas, todas ellas de tipo martillo. Las columnas tienen una altura de, aproximadamente, 16,28 m, 24,40 m y 21,25 m, respectivamente (Ver Figura 3-47).

Figura 3-47 Puente 18: Puente 8+680

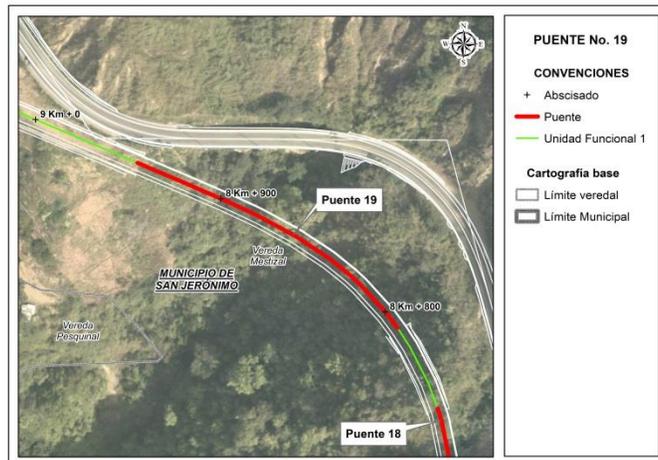


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.19 Puente 19: Puente 8+900

El Puente del K8+900, se trata de un puente con una longitud total de 155 m, conformado por 3 luces. La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica (Ver Figura 3-48).

Figura 3-48 Puente 19: Puente 8+900



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.20 Puente 20: Puente 9+120

El Puente del K9+120, se trata de un puente con una longitud total de 185 m, conformado por 3 luces. La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica (Ver Figura 3-49).

Figura 3-49 Puente 20: Puente 9+120

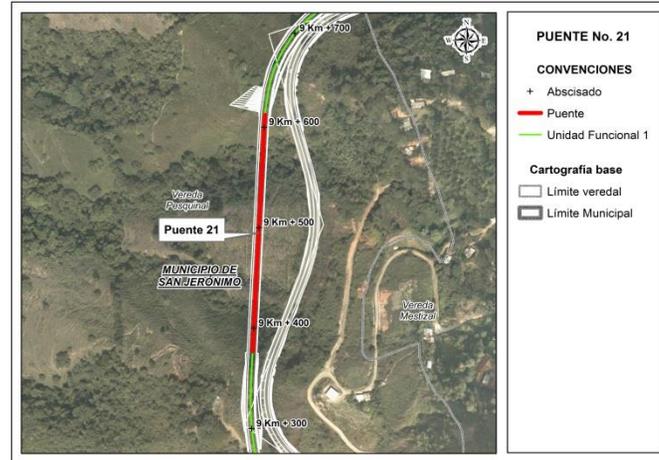


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.21 Puente 21: Puente 9+420

El Puente del L9+420, se trata de un puente con una longitud total de 235 m, conformado por 8 luces. La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica (Ver Figura 3-50).

Figura 3-50 Puente 21: Puente 9+420

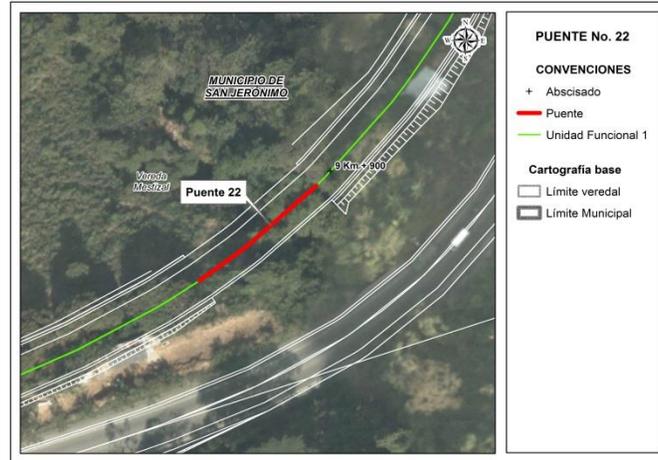


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.22 Puente 22: Puente 9+880

La estructura Puente 9+880 consiste en un puente 1 vano de 30 m de longitud total. La sección del puente tiene un ancho de 11,85 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica. La sección del tablero se rigidiza sobre los estribos como en las secciones de centro de vano mediante diafragmas transversales. Todos los aparatos de apoyo se han resuelto mediante neoprenos reforzados anclados, cuyas dimensiones se muestran en planos (Ver Figura 3-51).

Figura 3-51 Puente 22: Puente 9+880



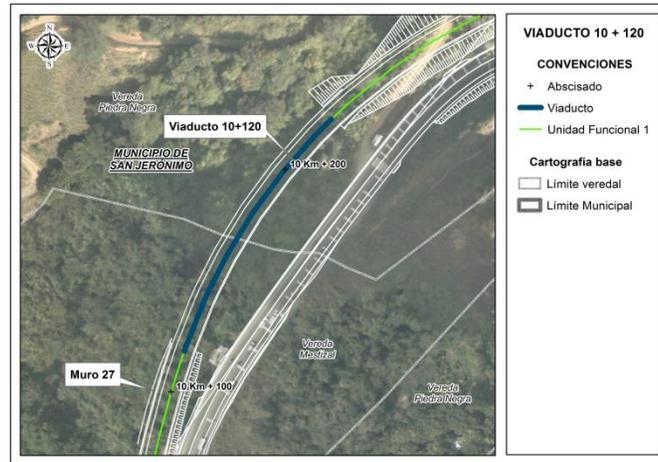
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.23 Viaducto 23: Viaducto 10+120

La estructura 10+120 tiene una longitud de 110 m de longitud total, compuesto por 3 vanos. La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. La sección cuenta con un total de 4 vigas. El inter eje entre las vigas es variable de aproximadamente 2,7 m a 2,76 m, dejando un vuelo variable a cada lado, dado que se encuentra en una alineación curva en planta.

Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica (Ver Figura 3-52).

Figura 3-52 Viaducto 23: Viaducto 10+120



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

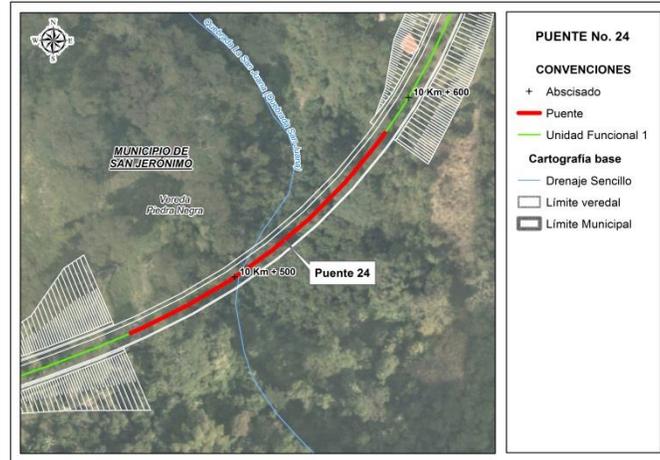
3.2.4.1.6.24 Puente 24: Puente Quebrada La San Juana (10+460)

La estructura Quebrada La San Juana consiste en un puente de 130 m de longitud total, compuesto por 5 vanos. Todos los vanos tienen una luz aproximada de 35 m.

La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. La superestructura se resuelve mediante un tablero fundido in situ sobre vigas prefabricadas postensadas. La sección cuenta con un total de 4 vigas. El inter eje entre las vigas es variable de aproximadamente 2,57 a 2,77 m, dejando un vuelo variable a cada lado, dado que se encuentra en una alineación curva en planta.

Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica (Ver Figura 3-53).

Figura 3-53 Puente 24: Puente Quebrada LA San Juana (10+460)



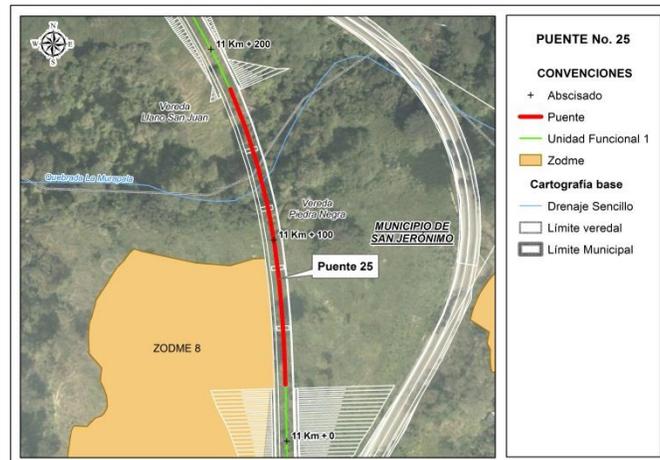
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.6.25 Puente 25: Puente Quebrada La Murrupala (11+040)

La estructura Puente Quebrada La Murrupala (11+040) consiste en un puente de 150 m de longitud total, compuesto por 5 vanos. La configuración de vanos resulta: 29,55 m + 30,00 m + 30,00 m + 30,00 m + 29,55 m.

La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m (Ver Figura 3-54).

Figura 3-54 Puente Quebrada La Murrupala (11+040)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

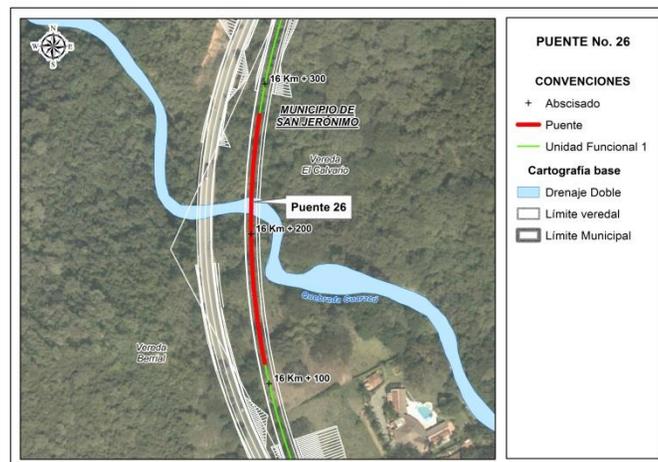
3.2.4.1.6.26 Puente 26: Puente Quebrada La Guaracu (17+370)

La estructura Puente Quebrada La Guaracu I (17+370) consiste en un puente de 165 m de longitud total, compuesto por 6 vanos. La distribución de vanos es como sigue: 29,55 m + 30,00 m + 30,00 m + 30,00 m + 30,00 m + 24,55 m.

La sección del puente tiene un ancho de 10,30 m, y un ancho libre de calzada igual a 7,30 m. El ancho de las bermas son de 1,80 m y 0,50 m, respectivamente y las barreras pisan 0,35 m. La superestructura se resuelve mediante un tablero fundido in situ sobre vigas prefabricadas postensadas. La sección cuenta con un total de 4 vigas. El inter eje entre las vigas es variable de aproximadamente 2,60 a 2,66 m, dejando un vuelo variable a cada lado, dado que se encuentra en una alineación curva en planta.

Las vigas postensadas son prefabricadas. El canto de la losa es de 0,25 m sobre la que se dispone la carpeta asfáltica."

Figura 3-55 Puente 26: Puente Quebrada La Guaracu (17+370)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.7 Obras menores de drenaje a construir

En atención al Requerimiento 2(6) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “Necesidades de desvío y canalización de cauces”, Requerimiento 4: “Actualizar el listado de las estructuras hidráulicas menores proyectadas para las Unidades Funcionales 1 y 3, precisando el tipo, localización, dimensiones y si son nuevas o prolongaciones de las existentes”, y Requerimiento 18: “Presentar el listado definitivo de las estructuras hidráulicas menores que requieren ocupación de cauce para las UF 1 y 3, precisando el tipo, localización, dimensiones y si son nuevas o prolongaciones de las existentes, adjuntando la información requerida para su evaluación conforme a lo dispuesto en los

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

términos de referencia M-M-INA-02 versión 02”, se ajusta la Tabla 3-11 y se genera la Figura 3-56, mostrando la ubicación de las obras menores de drenaje a construir para la Unidad Funcional 1.

Para diseñar estas obras, las cuales son necesarias para garantizar el correcto drenaje de los cuerpos de agua cruzados y el manejo del agua de escorrentía, conservando la estabilidad y duración de la nueva calzada a construir; se siguió lo indicado en el Manual de drenaje para carreteras del INVÍAS en cuanto a las consideraciones hidráulicas e hidrológicas respectivas.

En la Tabla 3-11 y Figura 3-56 se presenta el listado y ubicación de las obras hidráulicas menores contempladas para la Unidad Funcional 1 y se indica que infraestructuras cruzan cuerpos de agua, por lo tanto, es necesario, solicitar el respectivo permiso de ocupación de cauce. Para cruces de cauces mayores, se requiere la construcción de puentes indicados en el numeral anterior.

Se puede inferir que en la Unidad Funcional 1 se contempla la construcción de 16 box culverts y 40 alcantarillas, para un total de 56 obras hidráulicas menores (la numeración inicia en 8, debido a que las primeras 7 estructuras corresponden a la Unidad Funcional 3). De las 56 obras hidráulicas menores, 13 cruzan cuerpos de agua, por lo tanto, requieren ocupación de cauce (6 alcantarillas y 7 box culverts), como se indica en la Tabla 3-11.

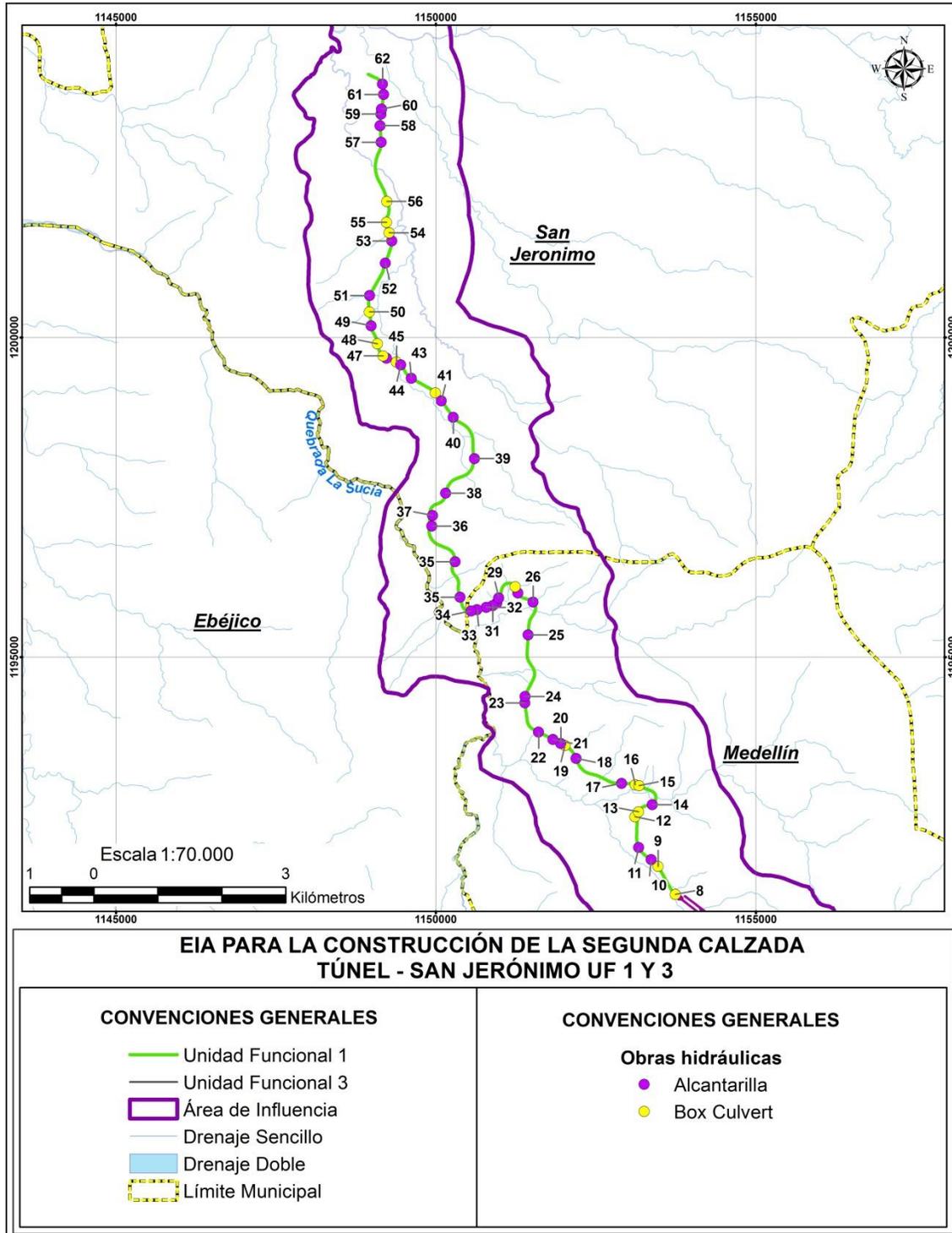
Tabla 3-11 Obras hidráulicas menores Unidad Funcional 1

No.	Tipo	Este	Norte	Abseisa de Referencia	Dimensiones (m)	Infraestructura Nueva o Prolongación de la Existente	Requiere Ocupación de Cauce	Identificación de la fuente hídrica	Observación para ocupaciones de cauce
8	Box culvert	1153744	1191288	0+070	L = 119.16, st = 4 x 4	Nueva	Si	La Frisola	Box Culvert requerido para adecuación de plataforma de trabajo en la cual se instalarán equipos de apoyo para la perforación del túnel y posteriormente se empleará para el cruce de la nueva calzada. Ver numeral 3.2.4.1.7.1 No. 8: Box culvert La Frisola
9	Box culvert	1153472	1191727	0+588	L = 34.42, st = 2 x 2	Nueva	No	Drenaje NN 100	N.A
10	Alcantarilla	1153365	1191834	0+740	L = 23, d = 1.5	Nueva	No	N.A	N.A
11	Alcantarilla	1153170	1192025	1+018	L= 14.40, d = 1.5	Nueva	No	N.A	N.A
12	Box culvert	1153113	1192503	1+500	L =24.99, st = 2 x 2	Nueva	No	N.A	N.A
13	Box culvert	1153167	1192581	1+586	L=13.32, d = .9	Nueva	No	N.A	N.A
14	Alcantarilla	1153383	1192693	1+840	L= 24.51, d = 1.2	Nueva	No	N.A	N.A
15	Box culvert	1153176,0	1192991,9	2+307	L = 29, 2 m ancho por 2 m. de alto	Prolongación	Si	La Nuez	Se efectuará conexión al box culvert existente mediante poceta. Requerido para cruce de la nueva calzada.
16	Box culvert	1153116	1193005	2+368	L = 28.66, st = 2 x 2	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
17	Alcantarilla	1152902	1193027	2+584	L = 20.09, d = 1.5	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
18	Alcantarilla	1152192	1193417	3+447	L = 44, d = 1.5	Nueva	No	N.A	N.A
19	Box culvert	1152018	1193618	3+717	L=36.40, st = 2.5 x 2.5	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
20	Alcantarilla	1151953	1193652	3+791	L = 22.13, d = 1.2	Nueva	No	N.A	N.A
21	Alcantarilla	1151831	1193714	3+928	L = 24.06, d = 1.5	Nueva	No	N.A	N.A
22	Alcantarilla	1151604	1193828	4+182	L = 19.23, d = 1.5	Nueva	No	N.A	N.A
23	Alcantarilla	1151392	1194284	4+727	L = 15.55, d = 1.2	Nueva	No	N.A	N.A
24	Alcantarilla	1151394	1194385	4+828	L = 36.44, d = 1.2	Nueva	No	N.A	N.A
25	Alcantarilla	1151443	1195349	5+854	L = 11.70, d = 1.5	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
26	Alcantarilla	1151519	1195862	6+403	L = 13.48, d = 1.2	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
27	Alcantarilla	1151281	1196003	6+690	L = 12.03, d = 1.2	Nueva	No	N.A	N.A
28	Box culvert	1151256,9	1196113,4	6+800	L = 12.61, st = 2.5 x 2.5	Prolongación de la existente	Si	Drenaje NN 02 – La Mica	Se efectuará conexión al box culvert existente mediante poceta. Requerido para cruce de la nueva calzada.
29	Alcantarilla	1150984,3	1195926,8	7+220	L = 13.5, 1.2 m. de diámetro	Nueva	Si	La Iris – Q. San Gregorio)	-
30	Alcantarilla	1150954	1195848	7+306	L = 13.09, d = 1.2	Nueva	No	N.A	N.A
31	Alcantarilla	1150889	1195807	7+384	L = 15.28, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
32	Alcantarilla	1150787	1195779	7+490	L = 14.26, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
33	Alcantarilla	1150641	1195743	7+640	L = 16.19, d = 1.5	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
34	Alcantarilla	1150551	1195722	7+733	L = 30.06, d = .9	Nueva	No	N.A	N.A
35	Alcantarilla	1150377	1195939	8+051	L = 16.45, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
35	Alcantarilla	1150300	1196493	8+640	L = 15.60, d = 1.2	Nueva	No	N.A	N.A
36	Alcantarilla	1149937	1197049	9+396	L = 13.93, d = 1.2	Nueva	Si	Mestizal	-
37	Alcantarilla	1149948	1197216	9+565	L = 15.89, d = 1.2	Nueva	No	N.A	N.A
38	Alcantarilla	1150154	1197565	10+030	L = 23.02, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
39	Alcantarilla	1150603,9	1198106,7	10+780	L = 14, 1.2 m. de diámetro	Nueva	Si	Drenaje NN 03	-
40	Alcantarilla	1150271	1198752	11+563	L = 47.60, d = 1.5	Nueva	No	N.A	N.A
41	Alcantarilla	1150084,4	1199009,1	11+880	L = 14, 1.2 m. de diámetro	Nueva	Si	Drenaje NN 04	-
42	Box culvert	1149993	1199134	12+035	L = 11.38, st = 2 x 2	Nueva	No	N.A	N.A
43	Alcantarilla	1149618	1199361	12+475	L = 17.34, d = 1.5	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
44	Alcantarilla	1149451,8	1199572,1	12+748	L = 14, 1.2 m. de diámetro	Nueva	Si	Drenaje NN 05	-
45	Box culvert	1149384	1199618	12+828	L = 35.36, st = 4 x 3.5	Nueva	Si	La San Juan	-
46	Alcantarilla	1149227	1199676	12+995	L = 15.13, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
47	Box culvert	1149175	1199712	13+059	L = 16.09, st = 2 x 2	Prolongación de la existente	Si	Drenaje NN 06	Se efectuará conexión al box culvert existente mediante poceta. Requerido para cruce de la nueva calzada.
48	Box culvert	1149087	1199902	13+274	L = 12.47, st = 2 x 2	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
49	Alcantarilla	1148987	1200184	13+577	L = 23.68, d = 1.5	Nueva	No	N.A	N.A

No.	Tipo	Este	Norte	Abscisa de Referencia	Dimensiones (m)	Infraestructura Nueva o Prolongación de la Existente	Requiere Ocupación de Cauce	Identificación de la fuente hídrica	Observación para ocupaciones de cauce
50	Box culvert	1148962,5	1200400,5	13+795	L = 15, 2 m ancho por 2 m. de alto	Prolongación	Si	Cañada Honda	Se efectuará conexión al box culvert existente mediante poceta. Requerido para cruce de la nueva calzada.
51	Alcantarilla	1148965,2	1200657,9	14+055	L = 14, 1.2 m. de diámetro	Nueva	Si	Drenaje NN 07	-
52	Alcantarilla	1149212	1201164	14+622	L = 11.99, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
53	Alcantarilla	1149312	1201510	14+982	L = 30.03, d = 1.5	Si	No	N.A	N.A
54	Box culvert	1149271	1201637	15+115	L = 38.27, st = 3.5 x 3.5	Si	Si	Caño El Garabato	-
55	Box culvert	1149227	1201801	15+288	L = 30.70, st = 2 x 2	Si	No	N.A	N.A
56	Box culvert	1149235	1202128	15+630	L = 27.80, st = 2 x 2	Si	No	N.A	N.A
57	Alcantarilla	1149167,6	1203964,2	15+602	L = 18.33, d = 1.5	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
58	Alcantarilla	1149144,0	1203052,9	16+864	L = 15.65, d = .9	Si	No	N.A	N.A
59	Alcantarilla	1149127,4	1203313,5	17+045	L = 11.50, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
60	Alcantarilla	1149141,9	1203494,1	17+125	L = 15.78, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
61	Alcantarilla	1149152,4	1203572,6	17+355	L = 15.95, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
62	Alcantarilla	1149183,0	1203799,9	14+523	L = 15.14, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A

N.A = No Aplica
Fuente: DEVIMAR, 2016

Figura 3-56 Obras hidráulicas menores en UF 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

A continuación se describe únicamente la infraestructura a construir en la quebrada La Frisola, debido a que las demás obras hidráulicas menores contempladas dentro de la Unidad Funcional 1 están dentro de los parámetros de diseños típicos de box culverts o alcantarillas:

3.2.4.1.7.1 No. 8: Box culvert La Frisola (No.8)

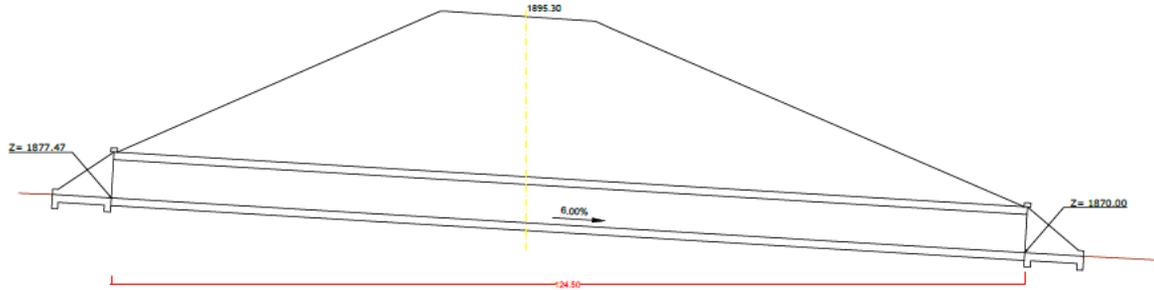
Sobre el trazado de la calzada izquierda (por la cual se proyecta la segunda calzada), a la altura del K0+070 se encuentra la quebrada La Frisola. Para garantizar la continuidad de este cauce y que la vía se construya sin obstaculizar el flujo de la quebrada, es necesaria la proyección de una obra de drenaje transversal tipo box culvert (ver Figura 3-57), que tendrá las siguientes dimensiones 4 m de ancho, 4 m de altura y 129,16 m de longitud. Para llegar a la cota de sub-rasante (aproximadamente 1.895 m.s.n.m.), sobre la estructura hidráulica se construirá un relleno tipo terraplén (ver Figura 3-58), formando una Plataforma. Por su cercanía con el portal Santa Fe, durante la etapa de construcción en la Plataforma La Frisola se ubicarán las instalaciones del túnel: ventiladores, compresores, tanques de combustible, oficina, almacén, taller y caseta de vigilancia. También se ubicarán los grupos electrógenos que suministrarán la energía necesaria para la operación de equipos y maquinaria para la construcción del túnel.

Figura 3-57 Planta de la Plataforma La Frisola (Box culvert y relleno)



Fuente: DEVIMAR, 2016

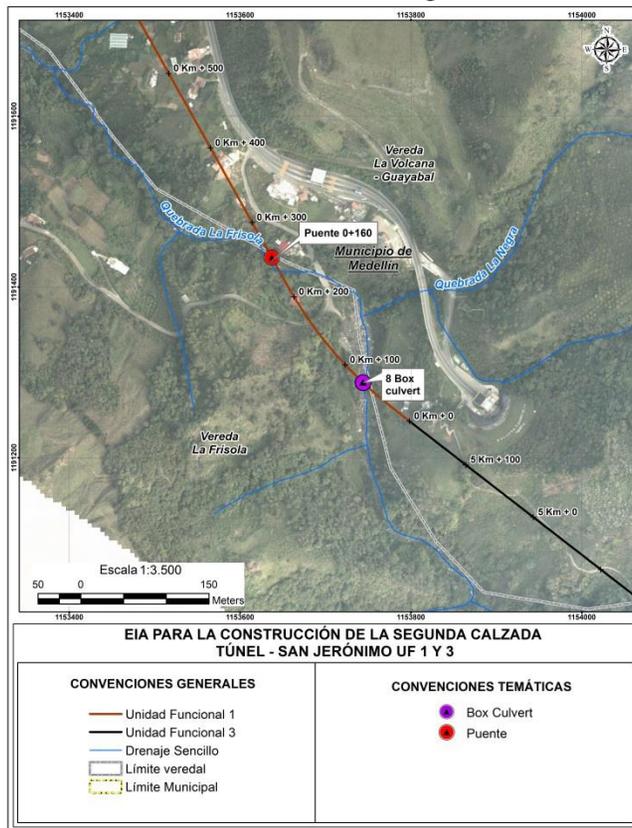
Figura 3-58 Perfil box culvert La Frisola



Fuente: DEVIMAR, 2016

Se infiere que sobre el drenaje de La Frisola se tendrían dos (2) intervenciones: una (1) por construcción de box culvert (obra hidráulica menor No. 8) y otra por la construcción de puente (Puente No. 1: Puente 0+160), como se indica en la Figura 3-59:

Figura 3-59 Intervenciones sobre Quebrada La Frisola



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.8 Muros de Contención

En atención al Requerimiento 2(2) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “*Muros de contención y Taludes*”, se presenta a continuación la localización de muros en tierra armada para la Unidad Funcional 1 en la Tabla 3-12 y Figura 3-60.

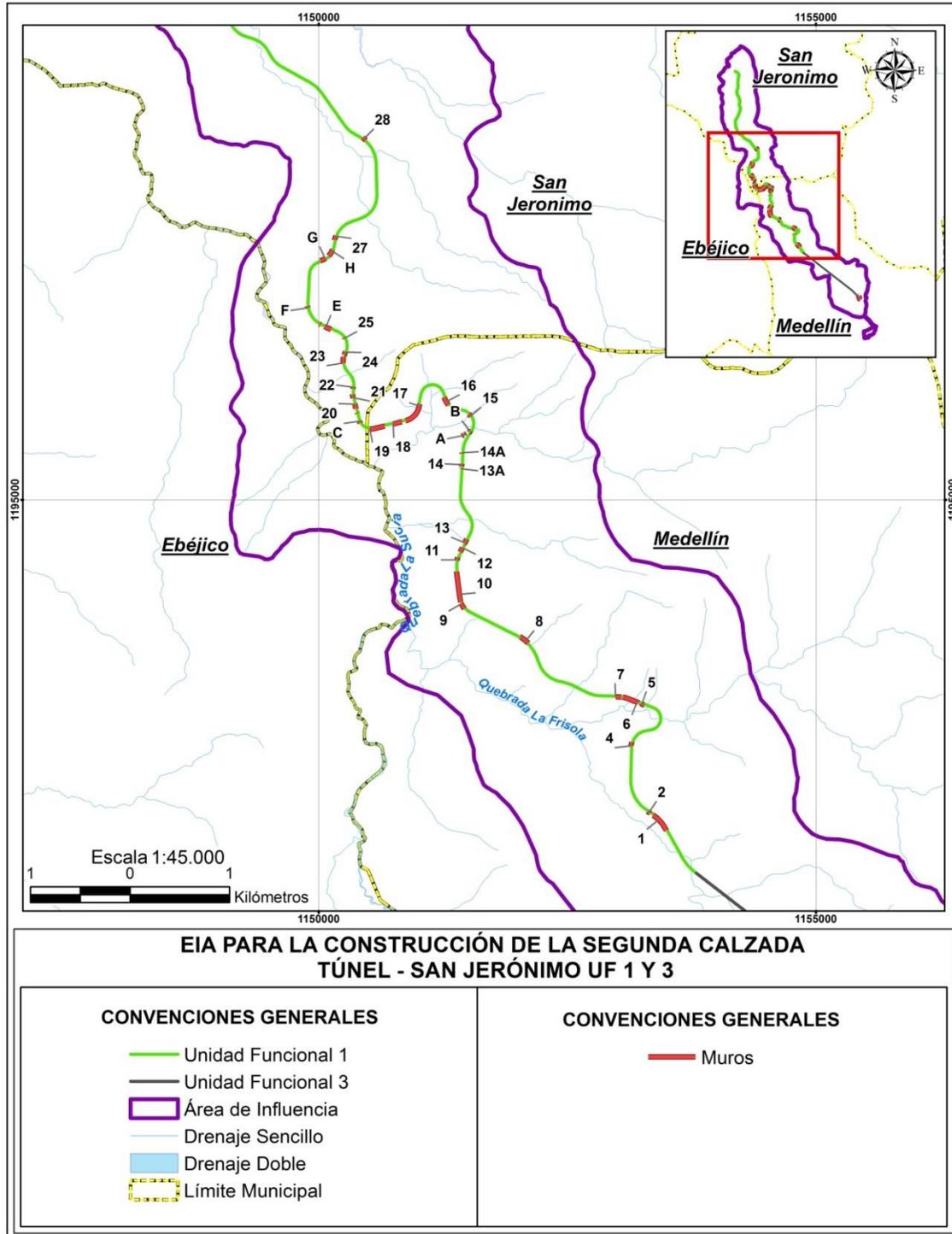
Tabla 3-12 Localización de muros de contención en la UF 1

No.	Inicio	Fin
1	K00+530	K00+742
2	K00+784	K00+806
4	K01+521	K01+558
5	K02+198	K02+223
6	K02+258	K02+425
7	K02+443	K02+503
8	K03+610	K03+710
9	K04+337	K04+395
10	K04+413	K04+722
11	K04+838	K04+863
12	K04+920	K04+970
13	K05+024	K05+064
13b	K05+817	K05+821
14	K05+836	K05+859
14b	K05+967	K05+979
A	K00+105	K00+115
B	K00+007	K00+017
15	K06+376	K06+412
16	K06+638	K06+725

No.	Inicio	Fin
17	K07+175	K07+403
18	K07+442	K07+532
19	K07+620	K07+770
C	K07+882	K07+900
D	K07+980	K07+990
20	K08+032	K08+078
21	K08+144	K08+175
22	K08+230	K08+250
23	K08+520	K08+575
24	K08+615	K08+630
25	K08+780	K08+790
E	K08+950	K09+022
26	K09+064	K09+080
F	K09+280	K09+300
G	K09+799	K09+860
H	K09+900	K09+972
27	K10+080	K10+120
28	K11+320	K11+363

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Figura 3-60 Localización de muros de contención en la UF1



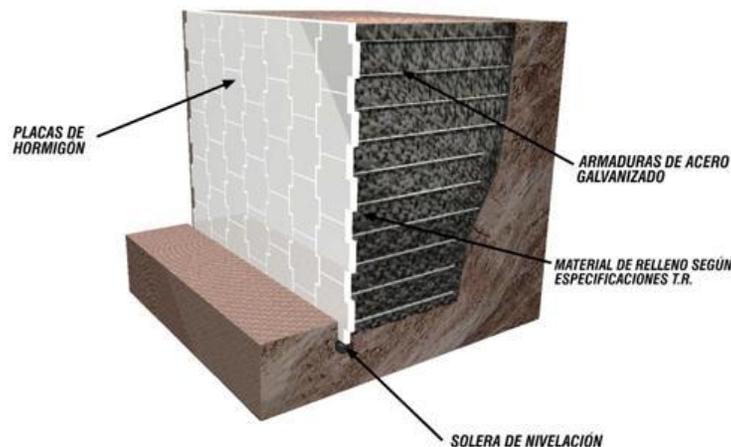
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Los muros de tierra armada o suelos mecánicamente estabilizados, consisten en la estabilización mecánica de un terraplén por medio de una armadura, gracias a la interacción entre ambos.

Básicamente, el suelo, al tender a deslizar, es retenido por la armadura, la cual entra en tracción. Debido a que el fenómeno de interacción termina en el extremo de la armadura y que el terraplén estaría afecto a fenómenos de erosión (viento, agua, inestabilidades locales, etc.), se cubre el paramento del mismo con placas de hormigón conectadas a las armaduras, dando valor estético a la obra.

El muro se construye como un terraplén, en que cada cierto número de capas se incorpora un conjunto de armadura, cubriendo el paramento con placas de hormigón que se encajan unas a otras, según se ilustra en la Figura 3-61:

Figura 3-61 Muro de contención



Fuente: CONSORCIO MAR 1, 2017

A continuación se presentan las características de los muros de contención:

3.2.4.1.8.1 Mecanismo Estructural

El relleno se realiza con un suelo granular con cohesión baja o nula en estado de reposo generará taludes, cuya estabilidad dependerá del grado de rugosidad y compacidad de sus partículas. Si a este sistema de partículas se incorporan láminas rugosas o con resaltes, las partículas en contacto con ellas restringirán su movimiento por el fenómeno de roce o efecto pasivo, provocando una reacción similar en todas las partículas circundantes, aumentando la estabilidad del conjunto.

En este efecto mecánico de estabilización se basa la tierra reforzada, al incorporar a un terraplén de suelo elementos rugosos y/o con resaltes de acero de gran rigidez

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

(inextensibles), los que por roce o efecto pasivo toman la componente horizontal del empuje, permitiendo conformar taludes verticales estables. Es importante señalar que el efecto pasivo de las armaduras ocurre en varios puntos y a lo largo de toda la barra.

3.2.4.1.8.2 Aplicaciones

El muro de tierra armada tiene varias aplicaciones, fundamentalmente se utiliza para:

- Muros de contención
- Defensas fluviales
- Estribos de puentes.

En nuestro caso, lo utilizaremos como muros de contención y para los estribos de los puentes.

3.2.4.1.8.3 Ventajas

Una de las mayores ventajas de los muros de tierra reforzada, que es de gran interés, en casos de suelos de fundación complejos, consiste en su flexibilidad. Se ha comprobado su sobresaliente capacidad de admitir deformaciones diferenciales entre distintas partes del muro, debidas a una fuerte heterogeneidad del suelo de apoyo, como son casos de transición de roca a suelo.

Como resumen, la tierra reforzada siempre puede ser considerada como una alternativa interesante. Sin embargo, si las fundaciones son complejas, con suelos heterogéneos o de baja capacidad portante, el sistema ofrece ventajas claras respecto a la solución tradicional. Como regla general, cuanto más complejo sea el problema de ingeniería planteado, mayores serán las ventajas que esta tecnología aporta.

3.2.4.1.9 Taludes

En atención al Requerimiento 2(2) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “*Muros de contención y Taludes*”, se presenta a continuación la localización de 26 Taludes contemplados para la Unidad Funcional 1 en la Tabla 3-13 y en la Figura 3-62 (La numeración inicia en 4, debido a que los tres (3) primeros taludes corresponden a la UF 3).

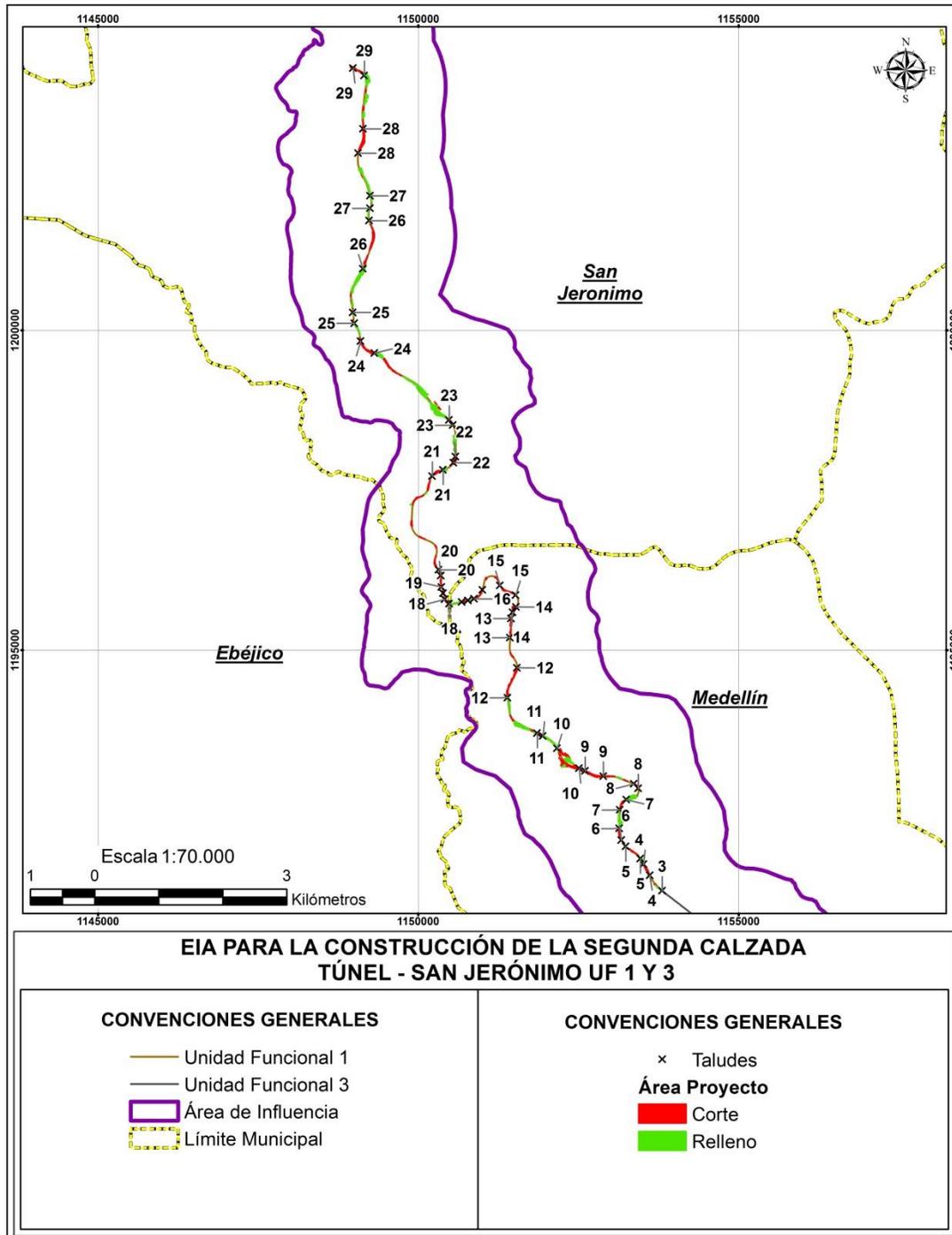
Tabla 3-13 Taludes UF 1

No.	Punto kilométrico	DIMENSIONES	Tratamiento
4	0+300 a 0+500	Altura máxima = 17 metros inclinación = 65 grados	Anclajes y malla metálica en la roca. Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
5	0+600 a 0+900	Altura máxima = 7 metros inclinación = 65 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
6	1+020 a 1+210	Altura máxima = 21 metros inclinación = 65 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
7	1+500 a 1+700	Altura máxima = 13 metros inclinación = 45 grados	Anclajes y malla metálica en la roca. Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
8	2+000 a 2+100	Altura máxima = 22 metros inclinación = 75 grados	Anclajes y malla metálica en la roca. Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
9	2+600 a 2+900	Altura máxima = 28 metros inclinación = 65 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
10	3+000 a 3+500	Altura máxima = 16 metros inclinación = 65 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
11	3+800 a 3+900	Altura máxima = 9 metros inclinación = 45 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
12	4+700 a 5+200	Altura máxima = 13 metros inclinación = 45 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
13	5+700 a 6+000	Altura máxima = 17 metros inclinación = 65 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
14	6+100 a 6+200	Altura máxima = 30 metros inclinación = 75 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
15	6+400 a 6+700	Altura máxima = 10 metros inclinación = 75 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
16	7+200 a 7+400	Altura máxima = 5 metros inclinación = 65 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente

No.	Punto kilométrico	DIMENSIONES	Tratamiento
17	7+500 a 7+600	Altura máxima = 12 metros inclinación = 45 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
18	7+800 a 7+900	Altura máxima = 5 metros inclinación = 65 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
19	8+000 a 8+100	Altura máxima = 5 metros inclinación = 45 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
20	8+280 a 8+380	Altura máxima = 21 metros inclinación = 75 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
21	10+200 a 10+400	Altura máxima = 17 metros inclinación = 45 grados	Anclajes y malla metálica en la roca. Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
22	10+600 a 10+700	Altura máxima = 13 metros inclinación = 45 grados	Anclajes y malla metálica en la roca. Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
23	11+200 a 11+300	Altura máxima = 22 metros inclinación = 75 grados	Anclajes y malla metálica en la roca. Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
24	12+900 a 13+200	Altura máxima = 20 metros inclinación = 45 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
25	13+500 a 13+680	Altura máxima = 22 metros inclinación = 45 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
26	14+400 a 15+200	Altura máxima = 14 metros inclinación = 45 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
27	15+400 a 15+600	Altura máxima = 12 metros inclinación = 45 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
28	16+300 a 16+700	Altura máxima = 27 metros inclinación = 45 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente
29	17+525 a 14 + 755	Altura máxima = 10 metros inclinación = 45 grados	Concreto lanzado, revegetalización en suelo y en depósitos de vertiente

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Figura 3-62 Taludes UF 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.10 Sistemas y fuentes de generación de energía para la Unidad Funcional 1

Se ha determinado la demanda de energía para la construcción de la Unidad Funcional 1, como se presenta en la Tabla 3-14.

Tabla 3-14 Necesidad de carga para construcción Unidad Funcional 1

ID	Equipos	Carga KW
Planta 1	Planta Trituradora	586
	Planta Dosificadora DMP 80-100	80
	Iluminación	13,75
	Planta de asfalto Magnum 120	300
Túnel	Boca Santa Fe	906
Total Carga Unidad Funcional 1		1.885,8

Fuente: Consorcio Mar 1, 2016

Esta carga será abastecida a través de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P. previa solicitud y trámite de puntos de conexión para cada caso. No obstante, en caso de no poder contar con el suministro de la EPM, o en casos de contingencia, se empleará una planta generadora de energía con capacidad de hasta 2MW instalada para esta unidad funcional.

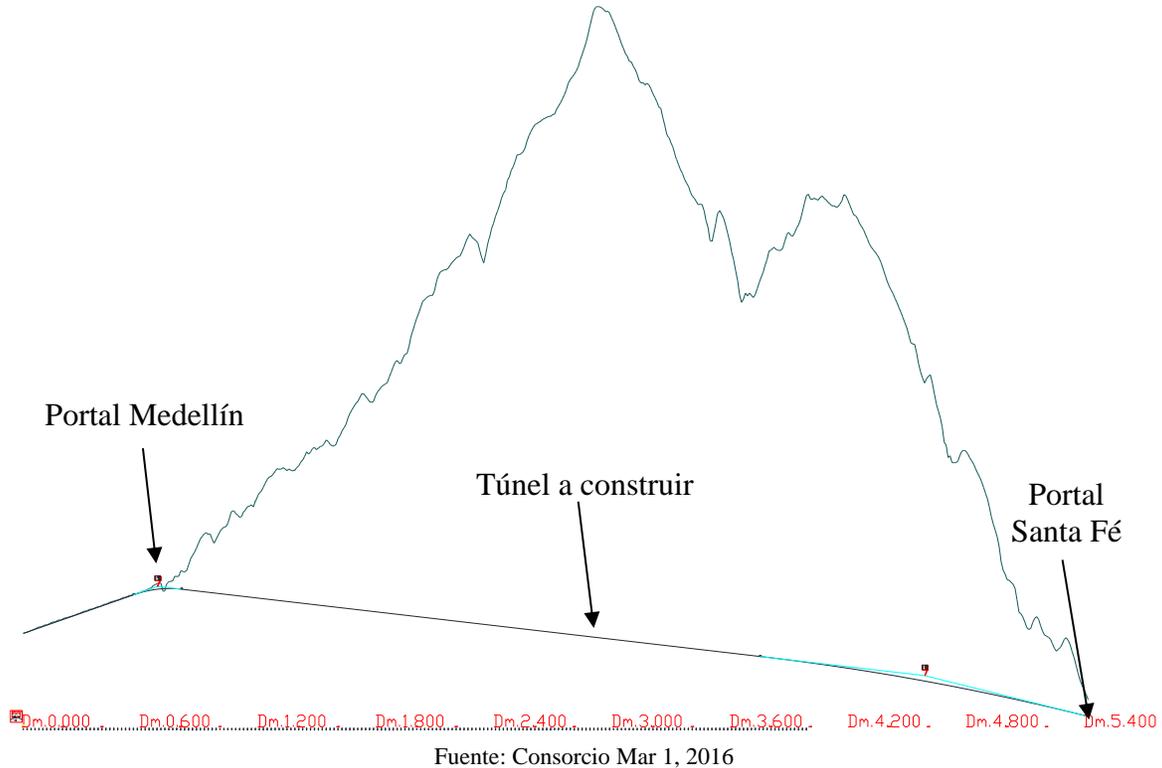
Unidad Funcional 3

Las características técnicas de esta unidad se presentan a continuación, de forma separada para la zona de vía a cielo abierto y túnel (ver *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Características Túnel)*).

3.2.1.2.2. Perfil longitudinal Unidad 3

En la Figura 3-63 se observa el perfil del terreno a ser cruzado mediante el túnel, y un trazado promedio para la construcción de esta infraestructura. En cuanto al alzado, la cota de salida del túnel se encuentra a 30 metros por debajo del trazado existente.

Figura 3-63 Perfil longitudinal Unidad Funcional 3



Del perfil anterior se puede observar que con los 4,6 kilómetros que se construirían en túnel se atravesaría un sector de la Cordillera Central en cuya parte más profunda se tendría alrededor de 625 metros respecto a la superficie del terreno; evitando de esta forma largos trazados, pendientes pronunciadas e intervenciones asociadas a una vía a cielo abierto. El detalle del perfil longitudinal de la Unidad Funcional se encuentra en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Planta – Perfil UF1 UF3)*.

3.2.4.1.11 Sección Típica de la Unidad Funcional

Teniendo en cuenta que esta Unidad Funcional comprende un tramo de construcción de vía en superficie, y otro que se desarrollará por medio de un túnel; las secciones típicas para cada configuración de vía se presenta a continuación.

3.2.4.1.11.1 Vía en superficie

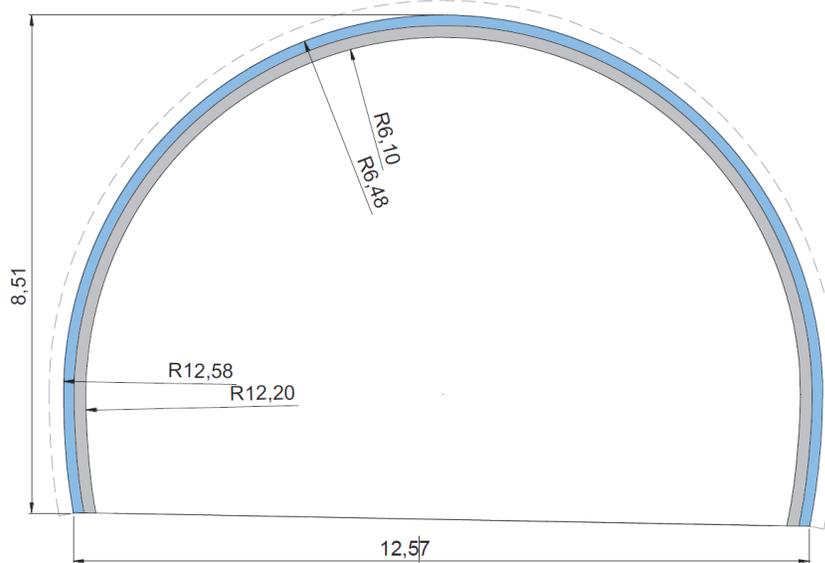
El proyecto involucra la construcción de una nueva calzada muy próxima a una ya existente, en la Figura 3-20 se presentó la sección típica para esta Unidad Funcional.

3.2.4.1.11.2 Tramo en túnel

En la Unidad Funcional 3 se construirá en segundo tubo del túnel de Occidente, que será paralelo al existente, separados por unos 75 metros. Será unidireccional y tendrá una longitud de 4.594 metros.

La sección tipo del nuevo tubo del túnel presenta doble radio interior de 6,10 metros en bóveda y de 12,20 metros en hastiales. El ancho de excavación oscila entre 8 m y 13,50 m y la altura de excavación entre 7,88 y 9,29 metros y en la Figura 3-64 se muestra la sección típica para túnel:

Figura 3-64 Sección típica para Túnel



Fuente: Consorcio Mar 1, 2016.

Tendrá galerías de conexión, que podrán ser vehiculares o peatonales y se ubicarán en los sitios indicados en la Tabla 3-15 y en la Figura 3-65.

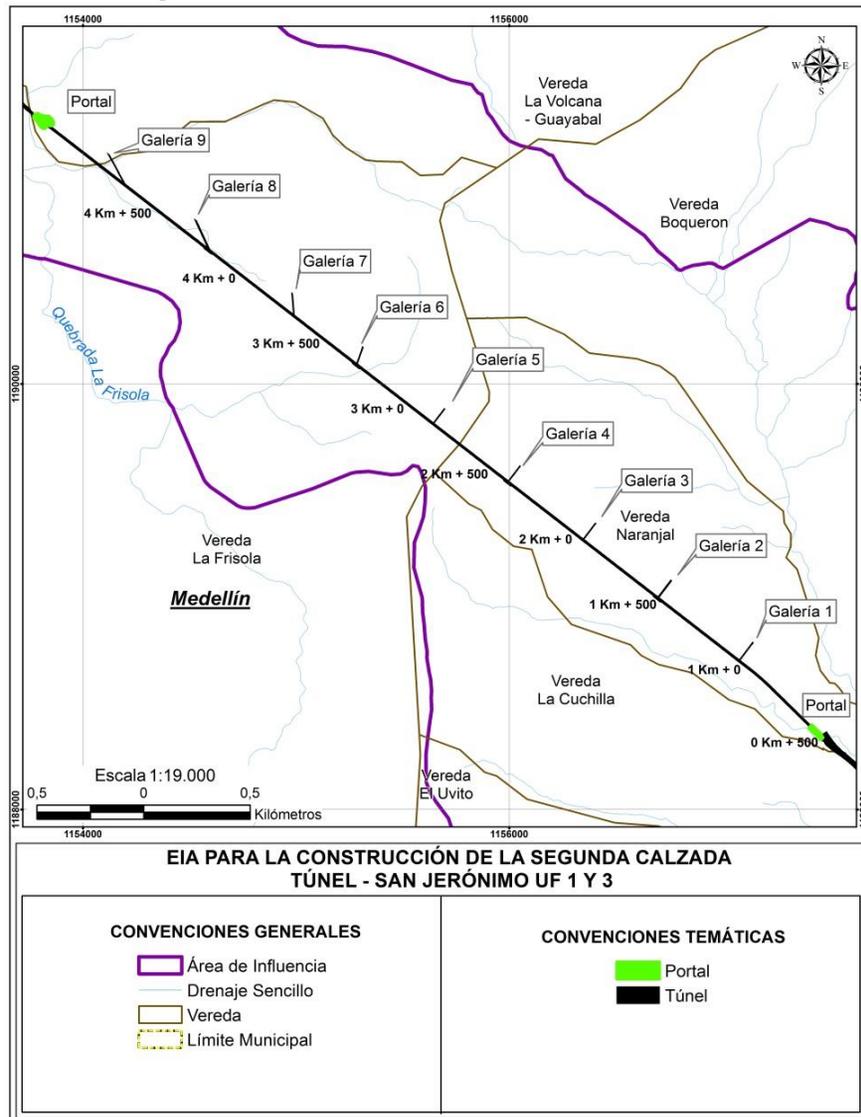
Tabla 3-15 Localización y tipo de galerías de conexión

No	Localización	Tipo
1	PK 1+032	Peatonal N°1
2	PK 1+515	Vehicular N°1
3	PK 1+959	Peatonal N°2
4	PK 2+405	Peatonal N°3
5	PK 2+849	Vehicular N°2
6	PK 3+303	Peatonal N°4
7	PK 3+676	Peatonal N°5
8	PK 4+176	Vehicular N°3

No	Localización	Tipo
9	PK 4+676	Peatonal N°6

Fuente: Consorcio Mar 1, 2016

Figura 3-65 Localización Galerías de conexión



Fuente: Consultoría Colombina S.A., 2017

El nuevo tubo del túnel será excavado en su zona inicial y media (PK 0+805 a 3+023) en rocas ígneas del stock de altavisa, de edad cretácica y en la zona media y final (PK 3+023 a 5+399) aparecen rocas metamórficas de edad paleozoica.

Las características geotécnicas de estas formaciones indican que la excavación se realizará principalmente mediante perforación y voladura. Solo en tramos de roca más alterada será

susceptible de emplear medios mecánicos. Estos dos tipos de construcción se detallarán en el ítem 3.2.4.1.19 *Actividades constructivas en el túnel*.

3.2.4.1.12 Características Geométricas y técnicas

En la Tabla 3-16 se presentan las condiciones técnicas exigidas por el Apéndice Técnico 1 para esta Unidad Funcional para el tramo a cielo abierto.

Tabla 3-16 Requisitos técnicos Unidad Funcional 3

Requisitos Técnicos	Unidad Funcional 3 (Vía cielo abierto)
Longitud de Referencia (Km)	0,717 (Portal Oriental) 0,036 (Portal Occidental)
Número de Calzadas Mínimo (Un)	1
Número de Carriles por Calzada Mínimo (Un)	2
Sentido de Carriles (Uni o Bidireccional)	Unidireccional
Ancho de Carril Mínimo (m)	3,65
Ancho de Calzada Mínimo (m)	7,30
Ancho de Berma Mínimo (m)	1,8 metros exterior y 0,50 metros interior.
Tipo de Berma	Berma cuneta en L
Funcionalidad (Primaria – Secundaria)	Primaria
Acabado de la rodadura (Flexible – Rígido)	Flexible o Rígido
Velocidad de diseño mínimo (km/h)	60
Radio mínimo (m)	161,6
Pendiente máxima (%)	7
Iluminación	Si

Fuente: Apéndice Técnico 1 Contrato de Concesión No. 014 de 2015.

En cuanto a las características técnicas que debe cumplir el nuevo tubo del túnel, se tienen las condiciones técnicas exigidas por el Apéndice Técnico 1 para esta estructura y mostradas en la Tabla 3-17:

Tabla 3-17 Características Geométricas y Técnicas Túnel

Requisitos Técnicos	Unidad Funcional 3 (Túnel)
PR de Inicio – PR de Término	0+717 – 5+316
Longitud de Referencia (Km)	4,599
Número de Calzadas Mínimo (Un)	1
Número de Carriles por Calzada Mínimo (Un)	2
Sentido de Carriles (Uni o Bidireccional)	Unidireccional
Ancho de Carril Mínimo (m)	4,00
Ancho de Calzada Mínimo (m)	8,00
Ancho de Berma Mínimo (m)	0,50
Andenes laterales mínimo (m)	1,00
Acabado de la rodadura (Flexible – Rígido)	Rígido

Requisitos Técnicos	Unidad Funcional 3 (Túnel)
Velocidad de diseño mínimo (km/h)	80
Radio mínimo (m)	1047
Pendiente máxima (%)	-2,20 ⁽¹⁾ %
Tipo de ventilación	Longitudinal
Gálibo mínimo de operación vehicular (m)	5,0
Revestimiento en hastiales y bóveda (m)	0,30
Galerías	6 peatonales 3 vehiculares
Impermeabilización (%)	De forma general, Geotextil + Lámina PVC

(1) Pendiente de diseño Fase II, se debe como máximo cumplir con las recomendaciones nacionales e internacionales (máximo 5%).

Fuente: Apéndice Técnico 1 Contrato de Concesión No. 014 de 2015.

3.2.4.1.13 Intersecciones a desarrollar

Para esta Unidad Funcional no se proyecta desarrollar ninguna intersección vial.

3.2.4.1.14 Retornos considerados

Para esta Unidad Funcional no se proyecta desarrollar ni existe ningún retorno vial.

3.2.4.1.15 Puentes a construir

Para esta Unidad Funcional no se construirá ningún puente nuevo.

3.2.4.1.16 Obras menores de drenaje a construir

En atención al Requerimiento 2(6) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “Necesidades de desvío y canalización de cauces”, Requerimiento 4: “Actualizar el listado de las estructuras hidráulicas menores proyectadas para las Unidades Funcionales 1 y 3, precisando el tipo, localización, dimensiones y si son nuevas o prolongaciones de las existentes”, y Requerimiento 18: “Presentar el listado definitivo de las estructuras hidráulicas menores que requieren ocupación de cauce para las UF 1 y 3, precisando el tipo, localización, dimensiones y si son nuevas o prolongaciones de las existentes, adjuntando la información requerida para su evaluación conforme a lo dispuesto en los términos de referencia M-M-INA-02 versión 02”, se ajusta la Tabla 3-18 y se genera la Figura 3-66, mostrando la ubicación de las obras menores de drenaje a construir para la Unidad Funcional 3.

Estas obras, que se desarrollarán en los 700 metros de la vía en superficie, son necesarias para garantizar el correcto drenaje de los cuerpos de agua cruzados y el manejo del agua de escorrentía, conservando la estabilidad y duración de la nueva calzada a construir; se siguió

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

lo indicado en el Manual de drenaje para carreteras del INVÍAS en cuanto a las consideraciones hidráulicas e hidrológicas respectivas.

En la Tabla 3-18 y Figura 3-66 se presenta el listado y ubicación de las obras hidráulicas menores contempladas para la Unidad Funcional 3 y se indica que infraestructuras cruzan cuerpos de agua, por lo tanto, es necesario, solicitar el respectivo permiso de ocupación de cauce.

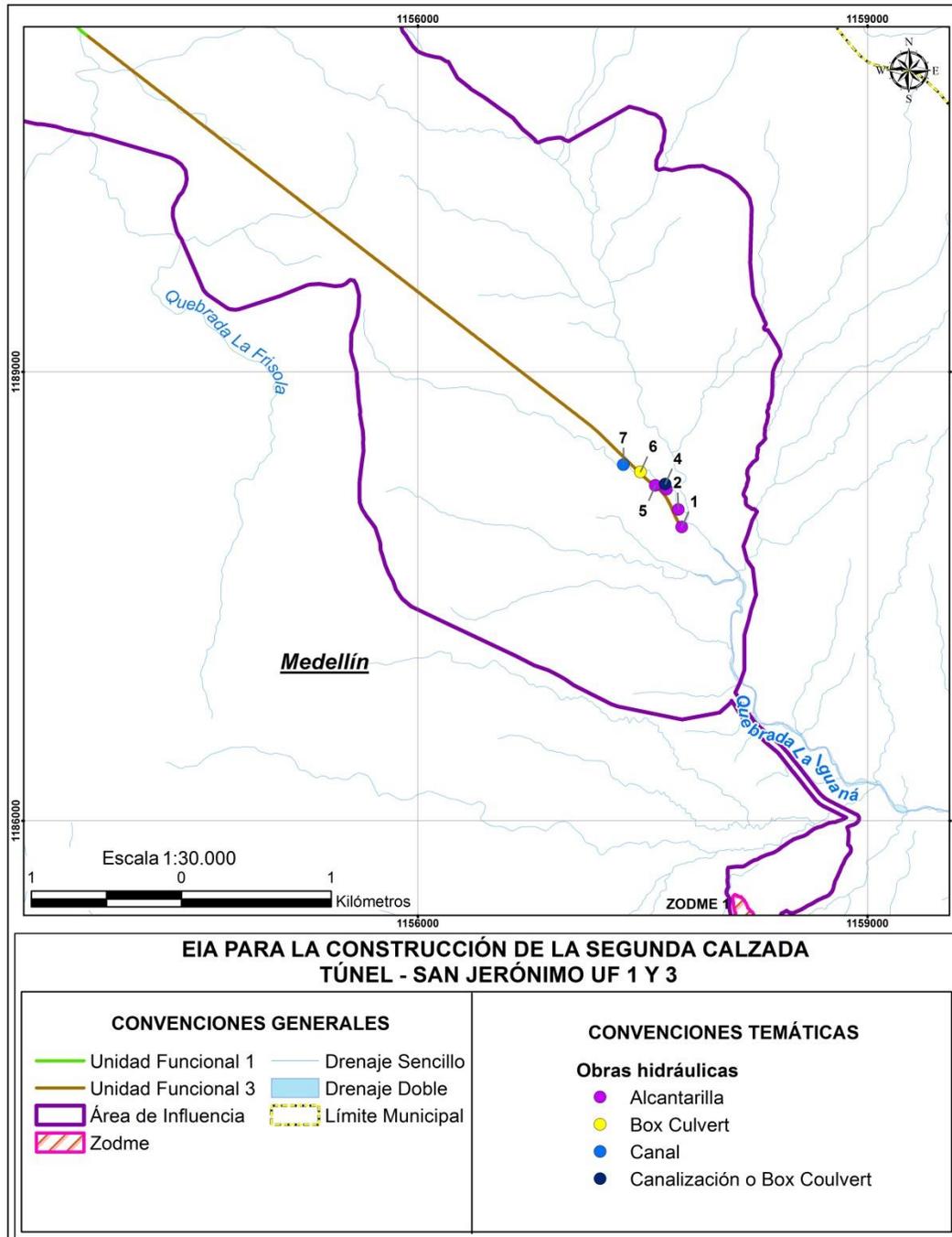
Se puede inferir que en la Unidad Funcional 3 se contempla la construcción de cuatro (4) alcantarillas, un (1) box culvert, un (1) canal y una (1) canalización o box culvert, para un total de siete (7) obras hidráulicas menores, de las cuales tres (3) intervienen cuerpos de agua, por lo tanto, requiere ocupación de cauce, como se indica en la Tabla 3-18:

Tabla 3-18 Obras hidráulicas menores en la Unidad Funcional 3

No.	Tipo	Este	Norte	Abscisa de Referencia	Dimensiones (m)	Infraestructura Nueva o Prolongación de la Existente	Requiere Ocupación de Cauce	Identificación de la fuente hídrica	Observación para ocupaciones de cauce
1	Alcantarilla	1157761	1187964	0+018	Longitud= 36.37, diámetro = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
2	Alcantarilla	1157738	1188081	0+137	L = 45.85, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
3	Alcantarilla	1157660	1188217	0+280	L = 39.1 d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
4	Canalización o box culvert	1157651,0	1188251,1	0+310	L = 44, 3 m ancho por 3 m. de alto	Nueva	Si	La Culebra	Canalización en concreto armado de sección rectangular, el cual contara con rellenos localizados en el trasdós para mantenerlo confinado.
5	Alcantarilla	1157585	1188242	0+350	L = 33.49, d = .9	Prolongación de la existente	No	N.A	N.A
6	Box culvert	1157486	1188332	0+485	L = 18.1, sección transversal = 3 x 3	Prolongación de la existente	Si	La Culebra	Se efectuará conexión al box culvert existente mediante poceta. Requerido para cruce de la nueva calzada.
7	Canal	1157371	1188380	0+600	L = 89.26, st = 3 x 3	Nueva	Si	La Culebra	Canalización que asegure la continuidad del cauce y proteja la plataforma de la nueva calzada ante eventuales avenidas, corresponde a un canal de concreto armado de sección rectangular, con objeto de mantener el canal confinado serán necesarios rellenos localizados en el trasdós de dicho canal.

N.A = No Aplica
 Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Figura 3-66 Obras hidráulicas menores Unidad Funcional 3



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

A continuación se describe la intervención en la Quebrada la Culebra (No. 4 Canalización o box culvert, No. 6 Box culvert y No.7 Canal:

3.2.4.1.16.1 Quebrada La Culebra (No. 4, No. 6 y No. 7)

Actualmente existe un box culvert de 3x3 m bajo la calzada existente en las proximidades de la boca oriental del Túnel de Occidente. Esta obra se sitúa bajo la explanada donde se sitúan una serie de edificaciones asociadas al propio túnel (ver Fotografía 3-16 y Fotografía 3-17).

Fotografía 3-16 Entrada Boxculvert



Fuente: DEVIMAR, 2016

Fotografía 3-17 Salida Boxculvert

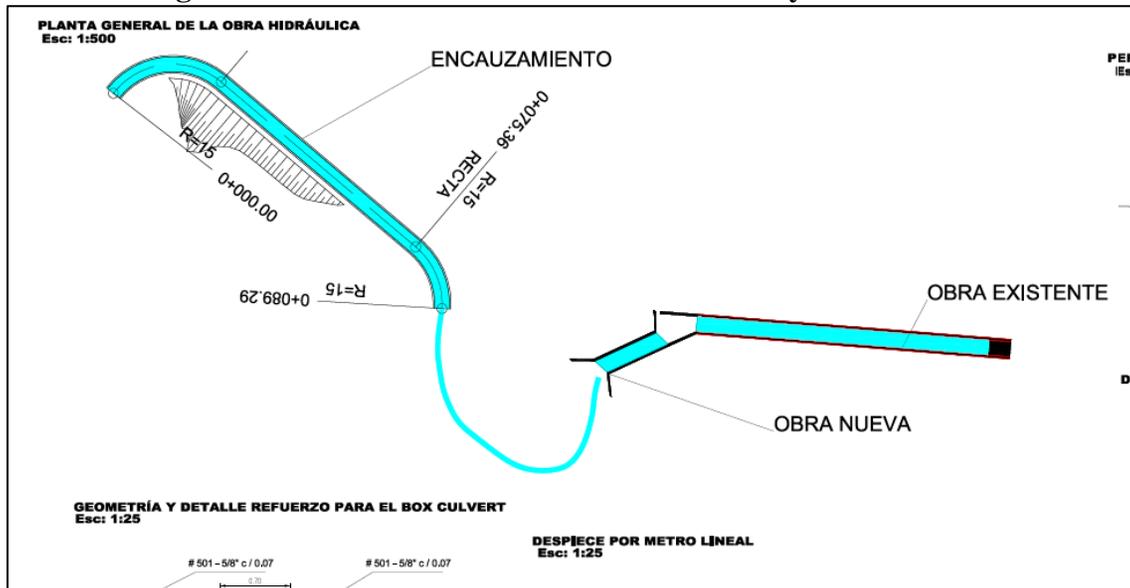


Fuente: DEVIMAR, 2016

En primer lugar, se ha comprobado que la obra existente funciona desde el punto de vista hidráulico para el caudal de diseño, cuyo valor es 37,44 m³/s, tal y como se indica en el estudio hidrológico.

El trazado de la calzada izquierda interfiere con la Quebrada de la Culebra, la cual cruza la calzada existente a través del Box Culvert anteriormente descrito. Por ello, resulta necesario realizar una rectificación del cauce de dicha quebrada (Figura 3-67), disponiendo un encauzamiento que asegure la continuidad del mismo y proteja la plataforma de la calzada izquierda ante eventuales avenidas.

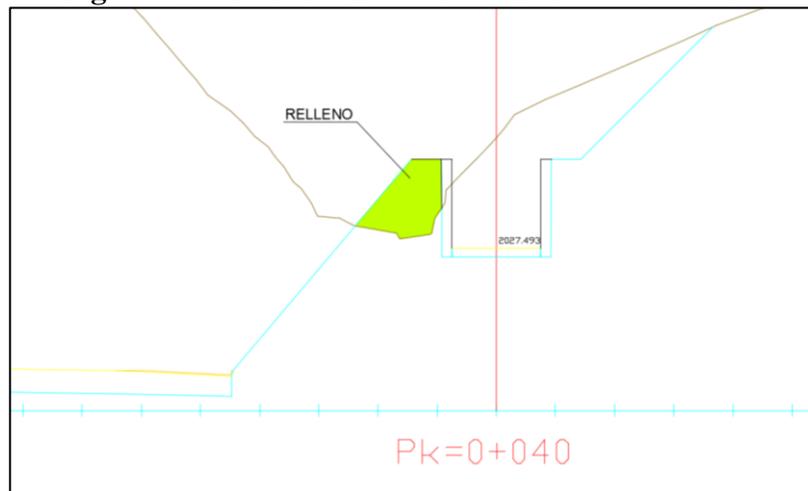
Figura 3-67 Localización de box culvert de 3x3 y encauzamiento



Fuente: DEVIMAR, 2016

El encauzamiento proyectado tiene una longitud aproximada de 90 m y se sitúa a la altura de la boca sur del túnel de Occidente. El encauzamiento se ha proyectado mediante un canal de concreto armado de sección rectangular de 3 m de ancho y 3 m de altura. Con objeto de mantener el canal confinado serán necesarios rellenos localizados en el trasdós de dicho canal, se observa en la Figura 3-68:

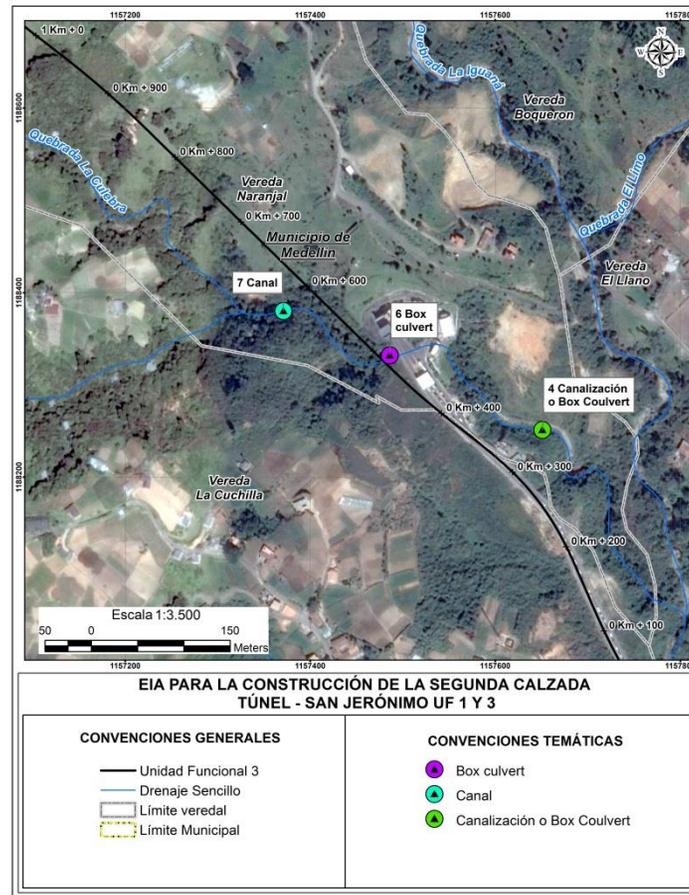
Figura 3-68 Rellenos necesarios en trasdós del canal



Fuente: DEVIMAR, 2016

Se infiere que se realizarían tres (3) intervenciones sobre la quebrada La Culebra: dos (2) correspondientes a encauzamientos (No. 4 y No. 7) y una (1) propia de la construcción de un box culvert (No. 6), como se indica en la Figura 3-69:

Figura 3-69 Intervenciones sobre Quebrada La Culebra



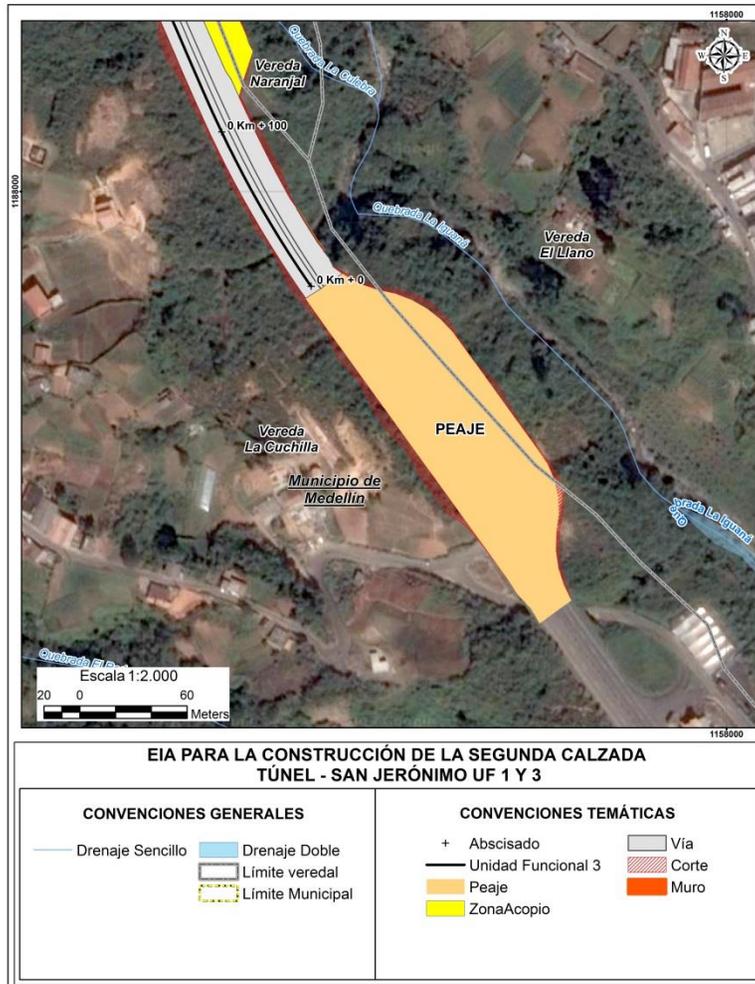
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.17 Estación de Peaje

En atención al Requerimiento 2(7) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “7. *Reubicación y/o Nuevos Peajes* .”, se aclara que el traslado del Peaje San Cristobal Peaje San Cristóbal, se realizará en inmediaciones de las veredas La Cuchilla y el Llano, pertenecientes a Medellín; en este sentido, la vereda El Llano se incluye en el Área de Influencia .

Actualmente se cuenta con el Peaje San Cristóbal, el cual será reubicado sobre las coordenadas N = 1187866,22 E = 1157848,12 de la Unidad Funcional 3, como se muestra en la Figura 3-70:

Figura 3-70 Localización Peaje San Cristóbal

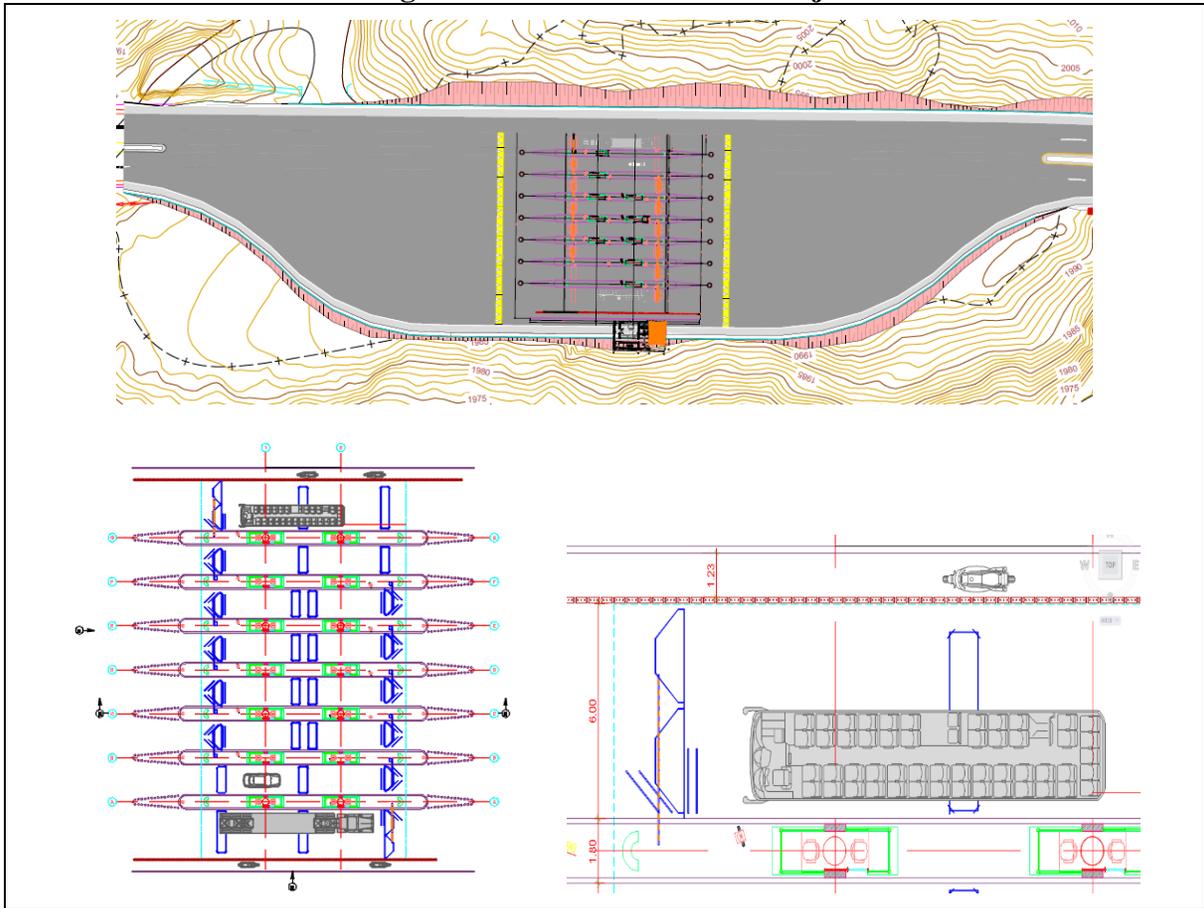


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Justo al terminar El Peaje inicia el abscisado de la Unidad Funcional 3 (K0+00 = Este = 1.157.767,62, Norte = 1.187.946,87), se diseña la adecuación de la calzada para implantar la estación de peaje. Contará con 8 casetas de circulación las cuales podrán ser reversibles en el momento que sea necesario. Cuenta con dos carriles de 6 metros de ancho para las cargas extra – dimensionadas para cada sentido, y dos carriles de 1,2 metros para paso de motocicletas y bicicletas.

Se define el área de implantación de las taquillas proyectándose islas las cuales tendrán taquillas con la capacidad de atender el tráfico en las dos direcciones dependiendo de las necesidades y la demanda. En el tramo, se cuenta con curvas de deflexión baja y radios amplios, lo que facilita garantizar la distancia de visibilidad de decisión. La distribución del peaje se muestra en la Figura 3-71:

Figura 3-71 Distribución del Peaje



Fuente: Consorcio Mar 1, 2017

3.2.4.1.18 Muros de Contención

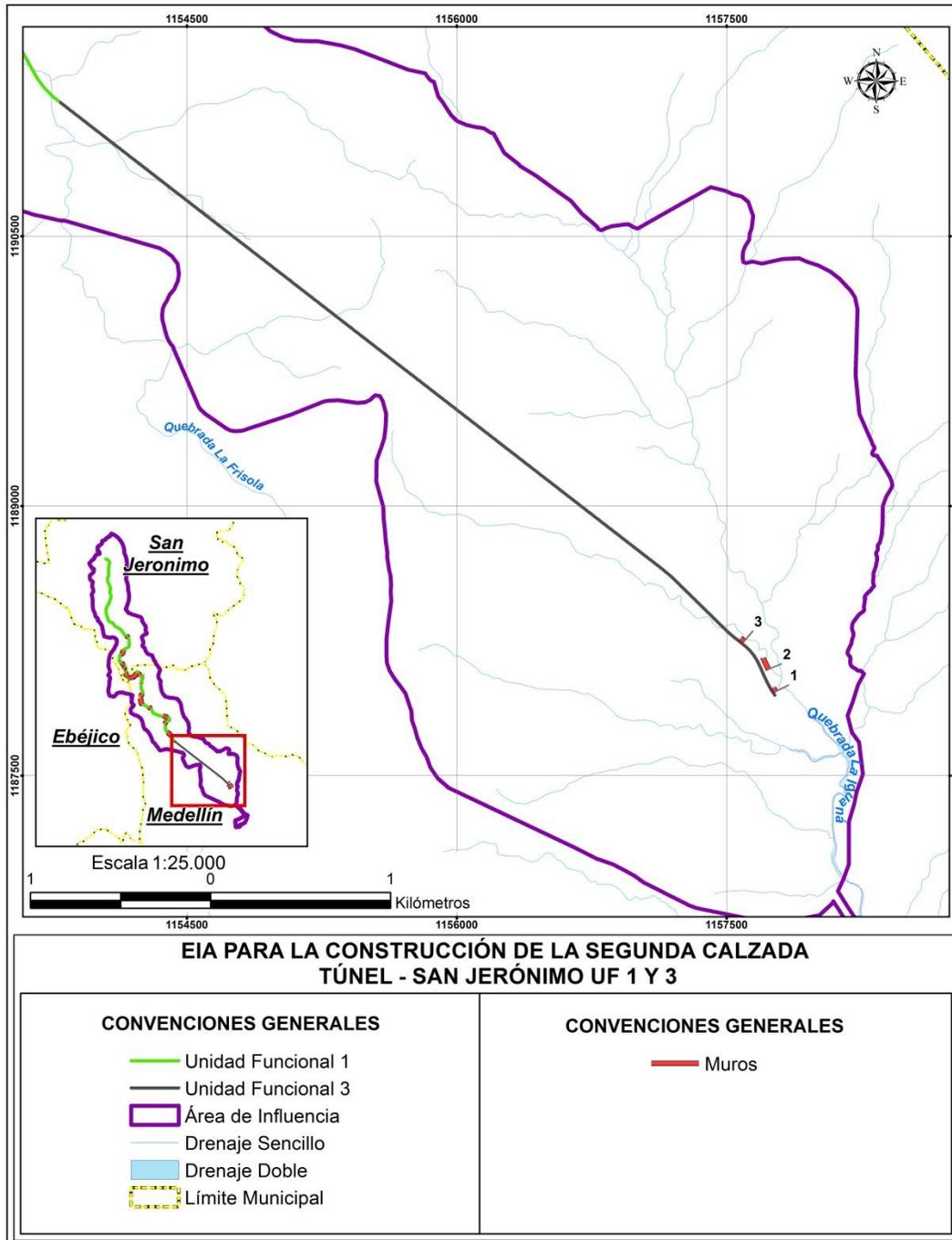
En atención al Requerimiento 2(2) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “*Muros de contención y Taludes*”, se presenta a continuación la localización de muros en tierra armada para la Unidad Funcional 3 en la Tabla 3-19 y Figura 3-72.

Tabla 3-19 Localización de muros de contención en la UF 3

No.	Inicio	Fin
1	K00+012	K00+042
2	K00+145	K00+215
3	K00+340	K00+370

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Figura 3-72 Localización de muros de contención en la UF3



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Los mecanismos estructurales, aplicaciones y ventajas son los mismos que se describieron para la Unidad Funcional 1 en el numeral 3.2.4.1.8 *Muros de Contención*.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

3.2.4.1.19 Actividades constructivas en el túnel

A continuación se realizará una descripción general de las actividades que deben ser desarrolladas para la construcción del nuevo tubo del túnel. En el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Procedimientos constructivos)* se presenta el informe completo desarrollado por la parte técnica que detalla el procedimiento.

Como se mencionó anteriormente esta Unidad Funcional 3 está compuesta en su mayor parte por la construcción del nuevo tubo del túnel de occidente que comienza en el PK 0+805 y finaliza en el PK de salida 5+399, tiene una longitud total de 4.594 metros con sus correspondientes galerías de conexión.

La sección tipo del nuevo tubo del túnel presenta doble radio interior de 6,10 metros en bóveda y de 12,20 metros hastiales (cara lateral del túnel) (ver Figura 3-64).

Existen una serie de conexiones de tipo vehicular y peatonal que comunican desde el túnel nuevo al antiguo y su distribución se presentó en la Tabla 3-15 y la Figura 3-65

Esta Unidad Funcional tiene la construcción del segundo tubo del túnel como su proceso constructivo de mayor impacto. Por tanto, a continuación se describe con mayor detalle las diferentes etapas y consideraciones constructivas establecidas.

La excavación se realizará por los métodos de **perforación y voladura (Sección completa)** o **por medios mecánicos (avance y destroza)** según las características de la roca presente en el frente de avance. Primero se hará la descripción de las excavaciones para establecer el método constructivo a emplear, y en forma seguida se caracteriza con detalle cada uno.

3.2.4.1.19.1 Determinación de las excavaciones

A continuación se presentan las generalidades que llevan a la determinación de las excavaciones a realizar desde el punto de vista geológico y geotécnico. En el capítulo 5.1.9 *Geología* del actual documento se presenta con detalle el análisis empleado para el desarrollo del estudio.

Para establecer las características de la excavación a emplear, en primera medida se recurrió a la clasificación RMR (Rock Mass Rating - Clasificación geomecánica de Bieniawski), la cual permite hallar un número que indique la situación de estabilidad de un macizo rocoso. El valor se clasifica en función de la siguiente tabla:

Tabla 3-20 Clasificación de estabilidad según RMR

RMR	Descripción	Tiempo Medio Sostén	Ángulo Buzamiento
0 - 20	Muy pobre	10 min./0.05 min	< 30°
21 - 40	Pobre	5 horas/ 15 min	30-35°
41 - 60	Regular	1 sem. / 3 meses	35-40°
61 - 80	Bueno	6 a 4 meses	40-45°
81 - 100	Muy bueno	> 5 meses	45°

Fuente: U.S. Department of Energy, 2006.

De acuerdo con la anterior clasificación y a los valores RMR obtenidos, se establecieron seis (6) tipos de sostenimiento nombrados entre S-1 y S-6 aunque el S-3 esté subdividido, según Tabla 3-21. La descripción de cada tipo de sostenimiento se realizará más adelante en el numeral dedicado a este tema.

Tabla 3-21 Clasificación de sostenimiento según RMR obtenido.

RMR	>80	61-80	51-60	41-50	31-40	21-30	<20
Tipo de Sostenimiento	S-1	S-2	S-3	S-3	S-4	S-5	S-6

Fuente: Consorcio Mar 1, 2016.

Según la Tabla 3-21, la clasificación de sostenimiento de la totalidad del túnel de acuerdo a su RMR obtenido se presenta en la Tabla 3-22.

Tabla 3-22 Sostenimiento asignado por tramos al nuevo tubo del túnel

PK Inicio	PK Final	Longitud (m)	Sostenimiento
805	854	49	S6
854	1+054	200	S6
1+054	1+126	72	S4
1+126	1+163	37	S3
1+163	1+179	16	S3
1+179	1+192	13	S4
1+192	1+230	38	S4
1+230	1+316	86	S3
1+316	1+377	61	S3
1+377	1+400	23	S4
1+400	1+512	112	S2
1+512	1+524	12	S2
1+524	1+570	46	S2
1+570	1+600	30	S5
1+600	1+700	100	S3
1+700	1+911	211	S3
1+911	1+978	67	S2
1+978	2+046	68	S3
2+046	2+065	19	S5
2+065	2+102	37	S3

PK Inicio	PK Final	Longitud (m)	Sostenimiento
2+102	2+142	40	S2
2+142	2+195	53	S3
2+195	2+367	172	S3
2+367	2+452	85	S2
2+452	2+880	428	S2
2+880	2+915	35	S3
2+915	3+023	108	S3
3+023	3+227	204	S4
3+227	3+284	57	S3
3+284	3+315	31	S4
3+315	3+384	69	S3
3+384	3+436	52	S4
3+436	3+501	65	S3
3+501	3+525	24	S3
3+525	3+660	135	S3
3+660	3+815	155	S2
3+815	3+865	50	S3
3+865	3+885	20	S3
3+885	3+950	65	S1
3+950	4+000	50	S3
4+000	4+216	216	S1
4+216	4+330	114	S3
4+330	5+130	800	S1 (80%)
			S2 (20%)
5+130	5+267	137	S3
5+267	5+320	53	S3
5+320	5+352	32	S2
5+352	5+399	47	S6

Fuente: Consorcio Mar 1, 2016.

Dadas las dimensiones de la sección que se va a excavar (aproximadamente 100 m²) con una altura en el eje del túnel de unos 8,40 metros y un ancho de aproximado de 12,50 metros, se plantea la excavación del mismo a sección completa en las zonas de mayor calidad geotécnica donde el índice RMR sea superior a 30 puntos, y en zonas donde el índice RMR sea inferior a 30 puntos, la excavación está prevista realizarla con medios mecánicos y se realiza en dos fases, fase de avance y fase de destroza como se presenta en la Figura 3-73, y se explican a continuación.

Figura 3-73 Métodos de excavación



Fuente: Consorcio Mar 1, 2016.

3.2.4.1.19.2 Excavación mediante perforación y voladura

Las secciones tipo S1, S2, S3 y S4 se excavarán a sección completa mediante perforación y voladura.

Los equipos existentes en el mercado permiten alcanzar los 8,50 metros de altura de excavación del túnel y por tanto se ha tenido en cuenta este condicionante a la hora de dimensionar los equipos de excavación y sostenimiento.

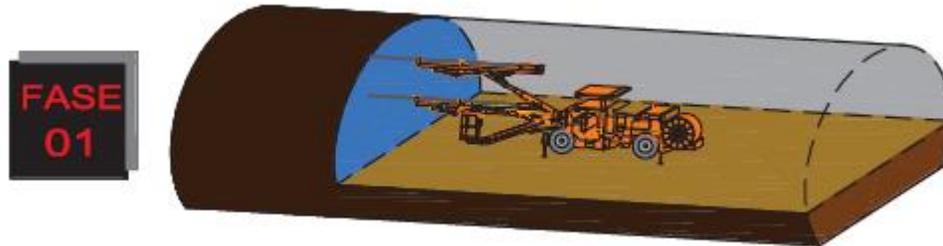
Como se mencionó, de acuerdo con las características geológicas y geotécnicas del material atravesado por el nuevo tubo del túnel se considera que el método de perforación y voladura es el más adecuado para la excavación de las zonas de roca con RMR superior a 30 puntos.

La longitud máxima de avance será también función del tipo de terreno, entendiendo por longitud máxima de avance la distancia entre el frente excavado y la sección del túnel con el sostenimiento parcialmente completado.

3.2.4.1.19.2.1 Ciclo básico de excavación

El ciclo básico de excavación mediante perforación y disparo se compone de las siguientes operaciones:

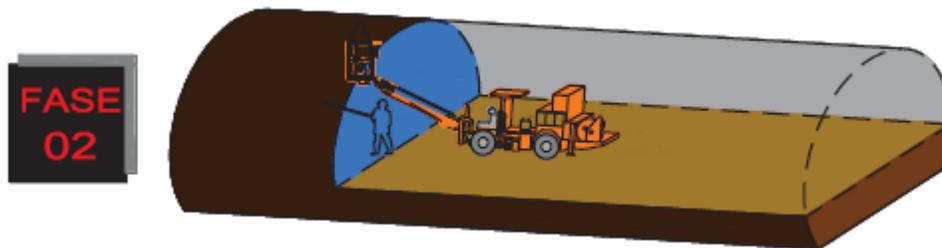
Figura 3-74 Fase 01: Perforación



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Para la ejecución de los barrenos de la voladura se utilizarán jumbos de 3 brazos. El funcionamiento de estos jumbos es eléctrico cuando están estacionados en su posición de trabajo, para el correcto funcionamiento del jumbo se deberá contar con agua (para eliminar el polvo de la perforación y refrigeración de las bocas) y aire comprimido.

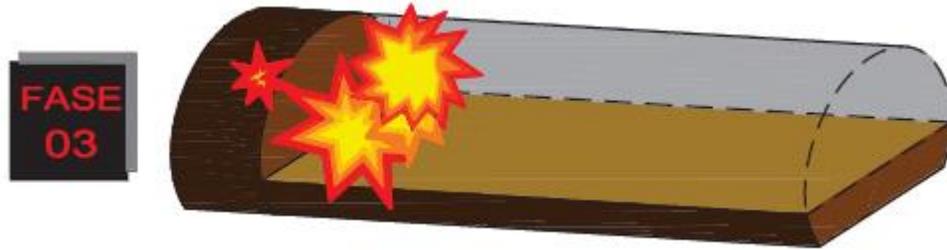
Figura 3-75 Fase 02: Carga de explosivo



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

La carga de explosivo se realizará mediante cargas preformadas, colocando los cartuchos sobre vainas de plástico rajadas longitudinalmente. Es importante resaltar que se deben realizar arreglos particulares de voladuras según el tipo de roca, más aún teniendo en cuenta que el túnel existente presenta sobreexvacavaciones en la clave y en la bóveda que obligaron a rediseñar y realizar estudios particulares.

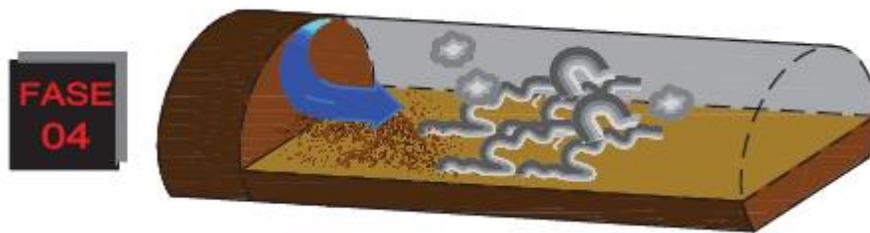
Figura 3-76 Fase 03: Voladura



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Una vez cargados los taladros se efectuará la pega según la secuencia y las cargas diseñadas en los esquemas de voladura.

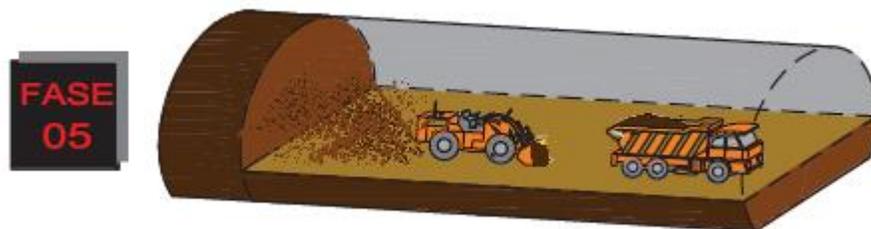
Figura 3-77 Fase 04: Ventilación



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Tras la voladura se esperará el tiempo necesario para la evacuación de los gases producidos, aproximadamente unos 30 min.

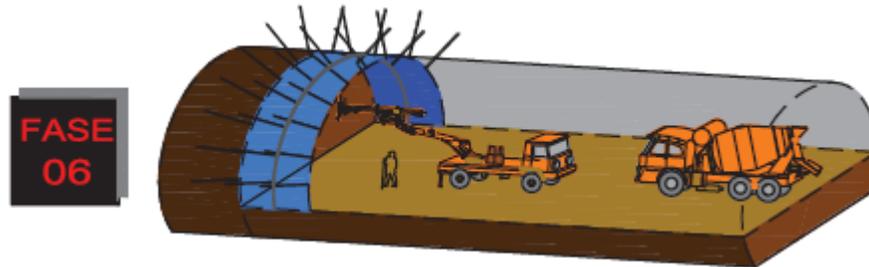
Figura 3-78 Fase 05: Desescombro



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

El desescombro se realizará con palas cargadoras Komatsu WA- 430 que cargan en el frente o en los entronques sobre camiones de 20 ton.

Figura 3-79 Fase 06: Colocación del sostenimiento



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Tras la proyección de la capa de sellado se colocarán los bulones y las cerchas del sostenimiento, como se detalla más adelante. Para la colocación de bulones se empleará el mismo equipo utilizado para la perforación de los taladros de la voladura. Para la colocación de cerchas se utilizará una plataforma elevadora tipo Manitou MRT-1440.

3.2.4.1.19.2.2 Perforación

La perforación se realizará con jumbos hidráulicos robotizados con tres brazos tipo Atlas Copco Rocket Boomer E3C.

Estos jumbos, tienen paralelismo automático en sus brazos de perforación, lo que permite una buena ejecución de la perforación de los taladros, tanto en lo que se refiere al paralelismo entre ellos como a la dirección de todos, esta es una propiedad muy importante para el buen resultado de las voladuras y también para conseguir un buen acabado de los túneles. De manera que el perfilado es excelente a través de los tiros de recorte. Ver Fotografía 3-18.

Fotografía 3-18 Perforación en el frente



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

El funcionamiento de estos jumbos es eléctrico-hidráulico cuando están estacionados en su posición de trabajo. Para su correcto funcionamiento se dispondrá del adecuado suministro de electricidad, agua y aire hasta el frente de excavación.

Cada brazo de perforación tiene instalado un martillo perforador hidráulico tipo COP 1838 ME con el que se puede obtener hasta un rendimiento neto de perforación de 4 m/min. Este rendimiento en cualquier caso después de considerar los tiempos de maniobras, emboquilles, cambios de boca, etc., queda reducido aproximadamente a 1,50 m/min.

Para mantener estos rendimientos es siempre necesario llevar a cabo un control riguroso sobre las bocas de perforación, así como sobre el material de perforación (barras, manguitos, adaptadores...).

Una vez determinados los consumos por voladura del material de perforación (característico de cada tipo de roca) se le suministrará al capataz de turno el número necesario de los mismos.

- Sistema de marcación de los disparos en el frente

La situación del jumbo en los diferentes frentes deberá ser centrada según el eje, ya que estos equipos desde esta posición son capaces de perforar la voladura completa evitando de esta forma tener que tomar dos posiciones distintas con la pérdida de tiempo que eso

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

supone.

El eje, contorno y rasante de las excavaciones serán replanteadas en el frente con pintura de algún color llamativo que resalte en el terreno, por otra parte en el suelo se situarán unas señales que marcarán la dirección de las perforaciones, éstas se comprobarán en cada tiro para poder hacer las oportunas modificaciones que hiciese falta.

El diámetro de perforación de los barrenos será de 51 mm, mientras que la longitud de perforación dependerá de la sección y calidad de la roca. Los tiros vacíos (cueles) para el inicio de la voladura serán de 75 mm y la longitud será variable dependiendo de la calidad del macizo rocoso.

Dado que los jumbos son robotizados, en cada pase de avance se introducirá el plan de tiro en el ordenador del jumbo y este realizará la voladura de forma automática.

Es importante hacer notar que los tiros de precorte llevarán una pequeña desviación inevitable hacia el exterior con el objeto de poder emboquillar la siguiente voladura.

Teniendo en cuenta las dimensiones del túnel y la experiencia de nuestros operadores, se considera un coeficiente de interferencia entre los brazos del 15% (equivalente a utilización efectiva de 1,85 Brazos) parámetro ya considerado para efectos de cálculos en los tiempos de ciclo de perforación.

Sobre la base de las características de la roca y la velocidad de perforación que se requiere, se han elegido como perforadoras adecuadas para estos trabajos unas de potencia de 18 kW y diámetro de pistón de 38 mm. Estas características las cumple el martillo COP 1838 (Ver Fotografía 3-19) instalado en los jumbos ATLAS COPCO E3C.

Fotografía 3-19 Martillo COP 1838



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Los operadores para los equipos señalados contarán con el entrenamiento y capacitación adecuada.

Los operadores deben chequear las condiciones de funcionamiento de cada uno de los equipos involucrados en ésta actividad al inicio de cada turno, completando las cartillas de pre uso diseñadas para cada uno de ellos. Por mencionar alguna de las actividades de chequeo se puede mencionar el revisar estado de frenos, estado de luces, niveles de combustibles y lubricantes, estados de neumáticos, baliza si es necesaria, mangueras, y otras especificadas en las cartillas.

Se entregará a cada operador de jumbo un diagrama de disparo para cada una de las secciones especificadas en los planos aptos para construir, los cuales son cargados directamente al Jumbo y el operador puede ver la frente marcada en la pantalla integrada al equipo en el panel de mando. Para cumplir efectivamente con esta condición, la topografía debe estar al día.

Antes de instalar el jumbo se debe verificar si los servicios de electricidad, ventilación, agua y drenaje se encuentran instalados y en condiciones que permitan realizar el trabajo en forma segura en el frente.

Verificado lo anterior, se procede a conectar el jumbo a las redes de energía eléctrica y agua. Mientras esté el equipo conectado a la energía eléctrica, los cables permanecerán colgados junto a una de las cajas, por medio de ganchos revestidos en material aislante, para evitar así cualquier contacto con superficies mojadas y objetos metálicos. Cabe destacar que el área de trabajo del jumbo se encuentra con la respectiva señalética y cenefas necesarias para trabajar en forma segura.

Antes de iniciar la perforación del pase de avance, se debe posicionar el equipo de acuerdo a las referencias ubicadas en el túnel en cuanto a su alineación, además del previo trabajo en oficina donde se define la información que se entregara al equipo en concordancia con el tipo de disparo que debe perforar es decir tipo de roca y sección.

Una vez alineado y posicionado comienza a perforar. Para una mayor comprensión del sistema de trabajo del Jumbo se adjunta a continuación el Control Avanzado de Brazo Regular (ABC Regular), sistema igual ó similar que operarán los equipos que se presentan, el cual es una excelente herramienta de posicionamiento y guía deslizadora controlada por el operador y apoyada por computadora para una localización y alineación precisa de los tiros.

El frente de avance debe estar limpio, saneado y ordenado y con buena visibilidad para llevar a cabo las operaciones de la perforación. Sólo una vez tomadas todas las medidas anteriormente mencionadas, el operador del jumbo comenzará con la perforación del disparo.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.2	

Durante la perforación de un disparo de avance el operador de jumbo debe chequear permanentemente el paralelismo de los tiros, verificando que el dispositivo correspondiente este operativo.

Los operadores y sus ayudantes al igual que el personal de sostenimiento y los cargadores de la voladura deben estar permanentemente observando el comportamiento de la roca de manera de tomar las acciones complementarias en el momento en que sean necesarias.

El tiempo requerido para el desarrollo de esta actividad está dado por el número de perforaciones, la longitud de perforación y la velocidad de perforación del Jumbo.

Durante todo el proceso de perforación se contará con una bomba eléctrica en el frente para el drenaje de las aguas aportadas por esta actividad y las posibles filtraciones producidas, la cual se descargará en la red de drenaje principal del túnel.

El personal que trabaja asociado a cada Jumbo de avance por turno será:

- 1 Operador de Jumbo
- 1 Ayudante Minero

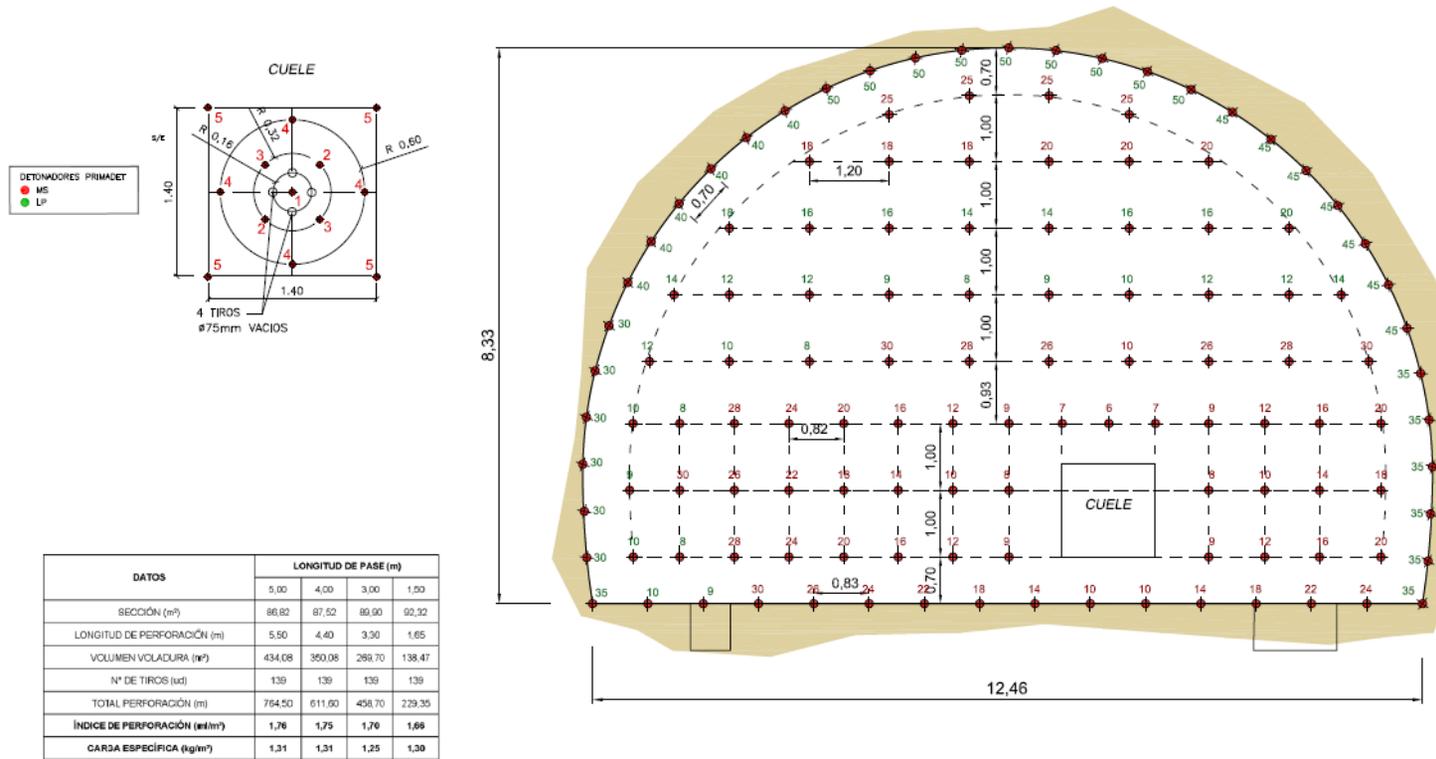
3.2.4.1.19.2.3 Esquema de Voladura

Las voladuras en túneles se caracterizan por no existir inicialmente ninguna superficie de salida salvo el propio frente de excavación, por lo que las pegas se efectuarán en condiciones de gran confinamiento. El principio de ejecución se basa en crear un hueco libre con los barrenos del cuele y contracuele hacia el cual rompen las cargas restantes de la sección.

En cada esquema de voladura, además de la secuencia de voladura, se muestra el consumo específico de explosivos y el consumo de materiales de perforación para diferentes longitudes de pases de avance.

En los esquemas de voladura diseñados, se ha tenido en cuenta que el principal inconveniente que presenta el arranque con explosivos frente al mecánico, es que los perfiles de excavación son mucho más irregulares, con objeto de disminuir al máximo este aspecto desfavorable, los taladros de contorno o de precorte se han espaciado aproximadamente 0,6 m. Además la distancia entre la línea de perfil y la contigua estará comprendida entre 0,7 y 0,8 m. El esquema para este proyecto se presenta en la Figura 3-80.

Figura 3-80 Esquema de voladura nuevo tubo túnel de occidente.



DATOS	LONGITUD DE PASE (m)			
	5,00	4,00	3,00	1,50
SECCIÓN (m²)	86,82	87,52	89,90	92,32
LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	5,50	4,40	3,30	1,65
VOLUMEN VOLADURA (m³)	434,08	350,08	299,70	138,47
Nº DE TIROS (ud)	139	139	139	139
TOTAL PERFORACIÓN (m)	764,50	611,00	458,70	229,35
ÍNDICE DE PERFORACIÓN (m³/m³)	1,76	1,75	1,70	1,66
CARGA ESPECÍFICA (kg/m³)	1,31	1,31	1,25	1,30

ZONA	5 m					4 m					3.0 m					1.5 m								
	Nº tiros	Ø40	Ø26	Expls recorte	kg/tiro	Total kg	Nº tiros	Ø40	Ø26	Expls recorte	kg/tiro	Total kg	Nº tiros	Ø40	Ø26	Expls recorte	kg/tiro	Total kg	Nº tiros	Ø40	Ø26	Expls recorte	kg/tiro	Total kg
CUELE	13	3	18		3,95	51,36	13	2	15		3,08	40,09	13	2	10		2,33	30,34	13	1	5		1,17	15,17
DESTROZA	77	5	18		4,79	368,45	77	4	15		3,92	301,69	77	3	11		2,90	223,38	77	2	5		1,58	121,97
ZAPATERAS	16	5	18		4,79	76,56	16	4	15		3,92	62,69	16	3	11		2,90	46,42	16	2	5		1,58	25,34
RECORTE	33		6	1	2,22	73,26	33		4	1	1,66	54,65	33		2	1	1,09	38,04	33		1	1	0,55	18,02
CARGA TOTAL VOLADURA (kg)						569,63						459,11						336,17						180,50
CARGA MÁXIMA TIEMPO (kg)						14,36						15,67						11,60						6,34
CARGA ESPECÍFICA (kg/m³)						1,31						1,31						1,26						1,30

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

- Carga de explosivos

La carga de explosivo se realizará con cargas preformadas. Los cartuchos irán colocados según los diferentes planes de tiro sobre vainas de plástico rajadas longitudinalmente (tubos omega) que serán de la misma longitud que el taladro. Este sistema ofrece la ventaja de que las vainas pueden ser preparadas en el exterior de los túneles y su introducción en el taladro perforado será muy rápida.

De esta manera, los tiempos de carga son menores y además la manipulación del explosivo se realiza en un lugar apartado del frente, mejorando por tanto la seguridad. Esta labor será realizada por artilleros especialistas.

Como precaución a la posible generación de algún tipo de corriente errática los detonadores que se utilizarán durante la ejecución de las obras serán no eléctricos. Estos detonadores proporcionan una seguridad mucho mayor que la que pudiesen ofrecer los detonadores eléctricos.

Las voladuras se cargarán según el plan de tiro en el cual se reflejará la situación de los detonadores, así como la carga que lleva cada taladro.

Teniendo en cuenta las características del macizo rocoso que se va a excavar, se ha previsto utilizar explosivos encartuchados. Como carga de fondo se utilizarán cartuchos de 40 mm sin embargo, como carga de columna el diámetro de los cartuchos será de 26 mm.

Para las labores de precorte en las cuales se requiere una concentración de carga no excesiva con el objeto de no dañar la roca se utilizará también explosivos gelatinosos o hidrogeles específicos para tiros de precorte o recorte, con una concentración de carga de 380 g/m en el fondo y 200 g/m en el resto del taladro, que consiste en una vaina rígida con manguitos de acoplamiento con aletas. Para estos tiros como carga de fondo se utilizarán cartuchos de 26 mm.

3.2.4.1.19.3 Excavación mediante métodos mecánicos

Para las secciones tipo S5 y S6 se excavará en primer lugar la parte superior del túnel a sección completa, llevando inmediatamente detrás de cada avance el sostenimiento que corresponda a cada tipo de terreno.

La altura de esta fase se ha considerado está entre los 6,98 y 7,61 metros. La excavación de la fase destroza no se iniciará hasta que no haya concluido la fase de avance. La destroza se excavará en dos bataches laterales, de forma contrapeada, de manera que en ningún momento se descalce el túnel simultáneamente en los dos hastiales.

Las secciones tipo S-5 y S-6 de aplicación en zonas de falla y emboquille serán excavadas

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

mediante medios mecánicos. Para esta labor se utilizará un martillo hidráulico de 2.000 kg o cazo de 0,8 m³ montado sobre excavadora sobre orugas de 24 ton tipo Caterpillar 321 o similar.

Tras la excavación mediante martillo hidráulico o cazo se procederá a la carga y transporte del escombros a la escombrera designada.

Se sanea el frente de excavación, con el mismo martillo empleado en la excavación, desprendiendo las piedras y bloques pequeños que puedan caer, ocasionando situaciones de peligro tanto para el personal como para la maquinaria de trabajo en el frente.

Por último se procederá a la colocación del sostenimiento que según la sección tipo empleada corresponda.

- Carga del escombros

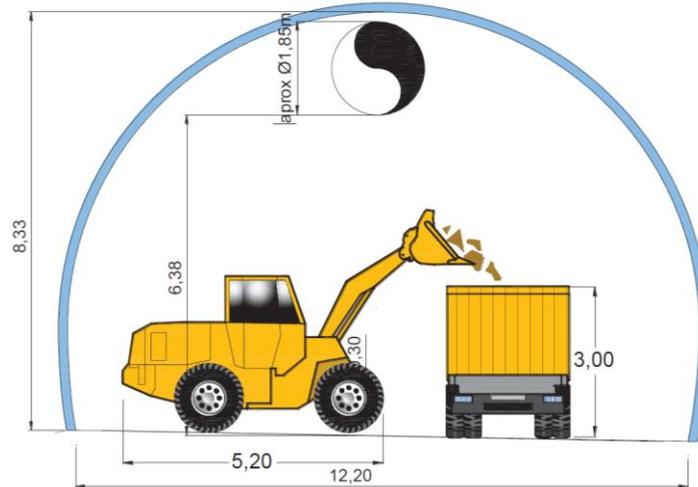
De forma general el desescombros se realizará con palas cargadoras Komatsu WA-430, cargando sobre camiones de 20 ton.

Los condicionantes que presenta este túnel para el estudio de los equipos de desescombros son los siguientes:

- Las dimensiones de la sección de excavación.
- El gálibo del túnel una vez ubicada la tubería de ventilación a lo largo del mismo.
- Longitud de los túneles.
- Rendimientos de desescombros óptimos para mejorar los ciclos de trabajo.

El gálibo disponible una vez colocada la tubería de ventilación se presenta en la Figura 3-81

Figura 3-81 Gálibo de la sección típica



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

De forma general, antes de comenzar el desescombro, se regará abundantemente la zona con el fin de producir el menor polvo posible al remover el escombro.

Al final de la excavación se realizará una inspección del estado del terreno a fin de sanearlo, con el objeto de evitar desprendimientos durante el resto de fases del ciclo de excavación. Esta revisión, por su importancia y peligrosidad, es necesaria que la lleve a cabo el capataz y los oficiales barrenistas, expertos en estas actividades.

En el caso de la excavación mediante medios mecánicos, el desescombro está incluido en el rendimiento de excavación.

3.2.4.1.19.4 Sostenimiento

Como se indicó anteriormente, el proyecto de construcción del túnel presenta diferentes tipos de sostenimiento de aplicación a lo largo de las obras, según los RMR obtenidos. El resumen de los sostenimientos tipo se presenta en la Tabla 3-23.

Tabla 3-23 Sostenimientos tipo

Sostenimiento	S1	S2	S3	S4	S5	S6
RMR	>80	61-80	41-60	31-40	21-30	<20
Pase máximo	6m	5m	4m (RMR>50) 3m (RMR<50)	1,5m	1m (av) 2m (des)	1m (av) 2m (des)
Concreto lanzado HM-30 con fibras sintéticas	5cm	8cm	13cm	18cm	23cm	30cm
Revestimiento (Concreteto lanzado HM-25)	10cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
Pernos Anclaje por	Ocasional	2x2,5m	1,5x2m	Ocasional		

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.				
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL				
	VERSIÓN 0.1				

Sostenimiento	S1	S2	S3	S4	S5	S6
fricción L=4m						
Cerchas				TH-29 c/1,50m	TH-29 c/1m	HEB-160 c/1m
Contrabóveda					30cm	30cm
Tratamientos especiales						Paraguas micropilotes 88,9mm L=12m c/0,4m

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

A continuación, en la se indica la longitud prevista para cada sección tipo, y el porcentaje que representa respecto al total del túnel.

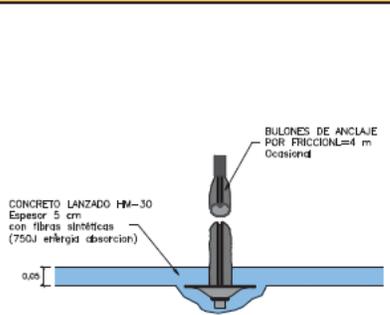
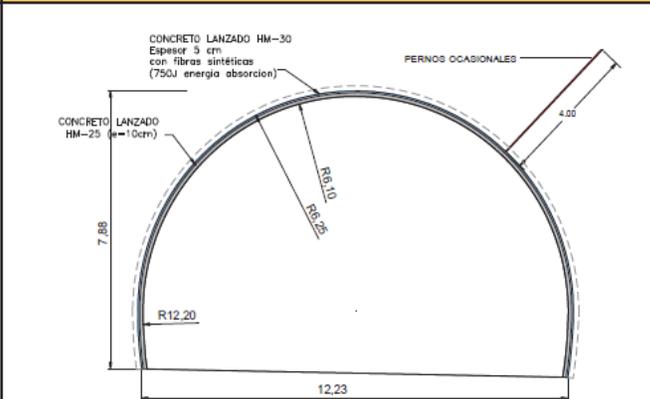
Tabla 3-24 Porcentaje de aplicación de cada sostenimiento tipo

Tipo de Sostenimiento	Longitud (m)	%
S-1	921	20,05
S-2	1.137	24,75
S-3	1.435	31,24
S-3	323	7,03
S-4	433	9,43
S-5	49	1,07
S-6	296	6,44
TOTAL	4.594	100

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

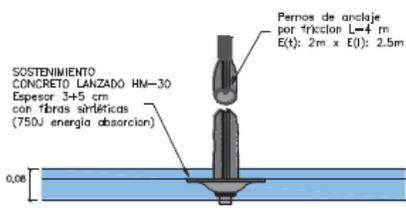
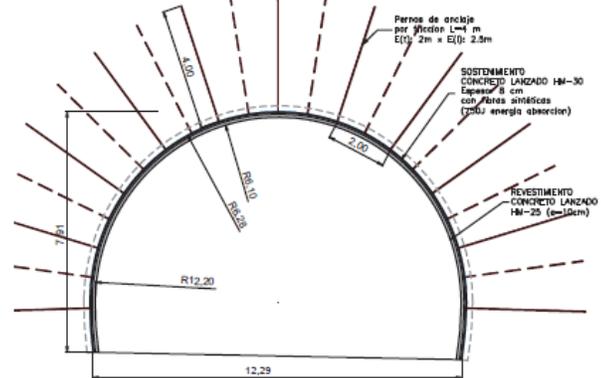
La metodología de ejecución para cada uno de los sostenimientos tipo es la presentada en las Tabla 3-25 a Tabla 3-30.

Tabla 3-25 Sostenimiento tipo S1

SOSTENIMIENTO TIPO S-1						
Rango de aplicación RMR	EXCAVACIÓN	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO				
		BULONES ANCLAJE POR FRICCIÓN	HORMIGÓN PROYECTADO CON FIBRAS	CERCHAS	CONTRABÓV.	TRAT ESP
RMR>80	VOLADURA A SECCIÓN COMPLETA. PASES MÁXIMOS DE 6 m	4 m OCASIONAL	5 cm	NO	NO	NO
DETALLE SOSTENIMIENTO		SECCIÓN TIPO				
 <p>BULONES DE ANCLAJE POR FRICCIÓN=4 m Ocasional</p> <p>CONCRETO LANZADO HM-30 Espesor 5 cm con fibras sintéticas (750J energía absorción)</p>		 <p>CONCRETO LANZADO HM-30 Espesor 5 cm con fibras sintéticas (750J energía absorción)</p> <p>PERNOS OCASIONALES</p> <p>CONCRETO LANZADO HM-25 (e=10cm)</p> <p>R12.20</p> <p>R8.25</p> <p>R6.10</p> <p>7.88</p> <p>12.23</p> <p>4.00</p>				
FASES DE EJECUCIÓN		MAQUINARIA A EMPLEAR	IMÁGENES MAQUINARIA			
1º- SELLADO DE LA EXCAVACIÓN CON 5 cm DE HORMIGÓN PROYECTADO EN AVANCE		ROBOJET DE GUNITADO TIPO PUTZMEISTER PM-4210 RENDIMIENTO 7 m ³ /h				
2º- COLOCACIÓN DE BULONES (OCASIONAL)		JUMBO DE TRES BRAZOS TIPO ATLAS COPCO ROCKET BOOMER E3C PERFORACIÓN: 1,5 m/min COLOCACIÓN BULÓN: 6 min/ud				

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Tabla 3-26 Sostenimiento tipo S2

SOSTENIMIENTO TIPO S-2						
Rango de aplicación RMR	EXCAVACIÓN	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO				
		BULONES	HORMIGÓN PROYECTADO CON FIBRAS	CERCHAS	CONTRABÓV.	TRAT ESP
61 < RMR < 80	VOLADURA A SECCIÓN COMPLETA. PASES MÁXIMOS DE 5 m	4 m LONG. 2 (T) x 2,5(L) m	8 cm	NO	NO	NO
DETALLE SOSTENIMIENTO		SECCIÓN TIPO				
						
FASES DE EJECUCIÓN		MAQUINARIA A EMPLEAR	IMÁGENES MAQUINARIA			
1º- PROYECCIÓN DE HORMIGÓN CON 8 cm DE ESPESOR		ROBOJET DE GUNITADO TIPO PUTZMEISTER PM-4210 RENDIMIENTO 7 m3/h				
2º- COLOCACIÓN DE BULONES		JUMBO DE TRES BRAZOS TIPO ATLAS COPCO ROCKET BOOMER E3C PERFORACIÓN: 1,5 m/min COLOCACIÓN BULÓN: 6 min/ud				

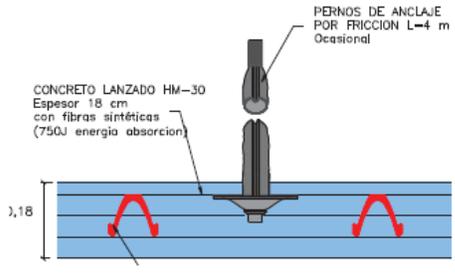
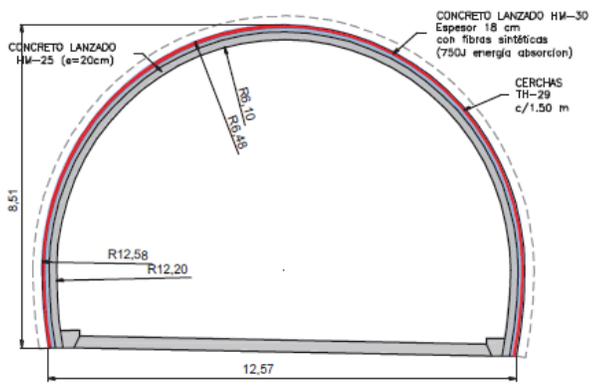
Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Tabla 3-27 Sostenimiento tipo S3

SOSTENIMIENTO TIPO S-3						
Rango de aplicación RMR	EXCAVACIÓN	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO				
		BULONES	HORMIGÓN PROYECTADO CON FIBRAS	CERCHAS DE ACERO	CONTRABÓV.	TRAT ESPEC
41 < RMR < 60	VOLADURA A SECCIÓN COMPLETA. PASES MÁXIMOS DE 3 m (RMR < 50) 4 m (RMR > 50)	4 m LONG. 1,5 (T) x 2,0 (L) m	13 cm	NO	NO	NO
DETALLE SOSTENIMIENTO		SECCIÓN TIPO				
FASES DE EJECUCIÓN		MAQUINARIA A EMPLEAR	IMÁGENES MAQUINARIA			
1º- SELLADO DE LA EXCAVACIÓN CON 5 cm DE HORMIGÓN PROYECTADO		ROBOJET DE GUNITADO TIPO PUTZMEISTER PM-4210 RENDIMIENTO 7 m ³ /h				
2º- COLOCACIÓN DE BULONES		JUMBO DE TRES BRAZOS TIPO ATLAS COPCO ROCKET BOOMER E3C PERFORACIÓN: 1,5 m/min COLOCACIÓN BULÓN: 6 min/ud				
3º- PROYECCIÓN DEL RESTO DEL HORMIGÓN PROYECTADO, HASTA COMPLETAR EL ESPESOR TOTAL		ROBOJET DE GUNITADO TIPO PUTZMEISTER PM-4210 RENDIMIENTO 7 m ³ /h				

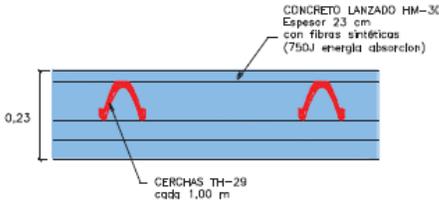
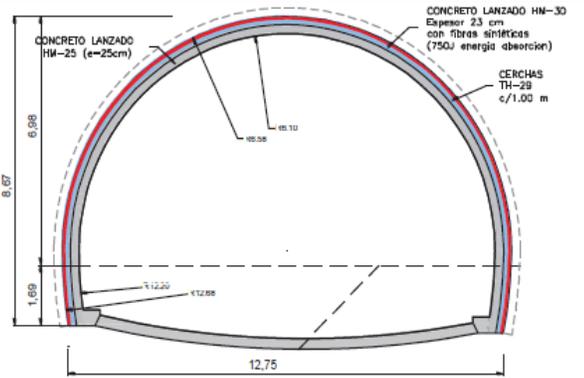
Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Tabla 3-28 Sostenimiento tipo S4

SOSTENIMIENTO TIPO S-4						
Rango de aplicación RMR	EXCAVACIÓN	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO				
		BULONES	HORMIG PROJ FIBRAS	CERCHAS	CONTRABÓ V.	TRAT ESP
31<RMR<40	VOLADURA A SECCIÓN COMPLETA. PASES MÁXIMOS DE 1,5m	4 m LONG. OCASIONAL	18 cm	TH-29 cada 1,5 m	NO	
DETALLE SOSTENIMIENTO		SECCIÓN TIPO				
 <p>PERNOS DE ANCLAJE POR FRICCIÓN L=4 m Ocasional</p> <p>CONCRETO LANZADO HM-30 Espesor 18 cm con fibras sintéticas (750J energía absorción)</p> <p>1,18</p>		 <p>CONCRETO LANZADO HM-30 Espesor 18 cm con fibras sintéticas (750J energía absorción)</p> <p>CERCHAS TH-29 c/1,50 m</p> <p>CONCRETO LANZADO HM-25 (e=20cm)</p> <p>R12,58</p> <p>R12,20</p> <p>6,51</p> <p>12,57</p>				
FASES DE EJECUCIÓN		MAQUINARIA A EMPLEAR	IMÁGENES MAQUINARIA			
1º- SELLADO DE LA EXCAVACIÓN CON 5 cm DE HORMIGÓN PROYECTADO		ROBOJET DE GUNITADO TIPO PUTZMEISTER PM-4210 RENDIMIENTO 7 m ³ /h				
2º- COLOCACIÓN DE BULONES		JUMBO DE TRES BRAZOS TIPO ATLAS COPCO ROCKET BOOMER E3C PERFORACIÓN: 1,5 m/min COLOCACIÓN BULÓN: 6 min/ud				
3º- COLOCACIÓN DE CERCHA METÁLICA		PLATAFORMA ELEVADORA TIPO MANITOU MRT-1440 COLOCACIÓN: 120 min/ud				
4º- PROYECCIÓN DEL RESTO DEL HORMIGÓN PROYECTADO, HASTA COMPLETAR EL ESPESOR TOTAL		ROBOJET DE GUNITADO TIPO PUTZMEISTER PM-4210 RENDIMIENTO 7 m ³ /h				

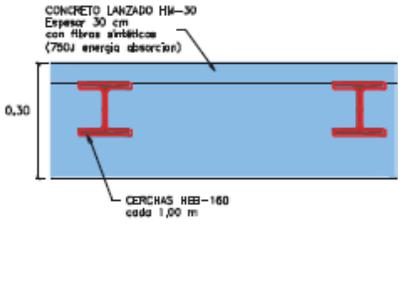
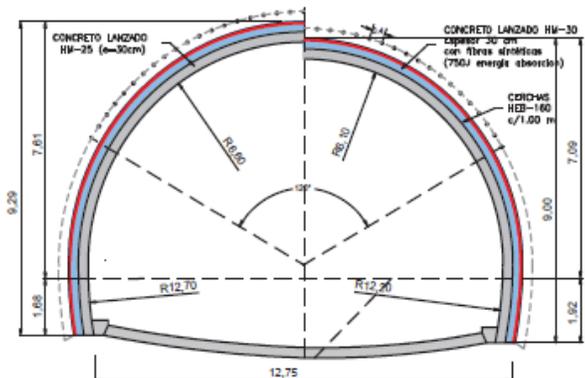
Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Tabla 3-29 Sostenimiento tipo S5

SOSTENIMIENTO TIPO S-5						
Rango de aplicación RMR	EXCAVACIÓN	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO				
		BULONES	HORMIG PROJ FIBRAS	CERCHAS	CONTRABO V.	TRAT ESPEC
21 < RMR < 30	MEDIOS MECANICOS. DOS FASES (AVANCE+DESTROZA). PASES MÁXIMOS DE: 1m (avance) 2 m (destroza)	NO	23 cm	TH-29 cada 1,0 m	SI	
DETALLE SOSTENIMIENTO		SECCIÓN TIPO				
 <p>CONCRETO LANZADO HM-30 Espesor 23 cm con fibras sintéticas (750J energía absorción)</p> <p>CERCHAS TH-29 cada 1,00 m</p>		 <p>CONCRETO LANZADO HM-25 (e=25cm)</p> <p>CONCRETO LANZADO HM-30 Espesor 23 cm con fibras sintéticas (750J energía absorción)</p> <p>CERCHAS TH-29 c/1,00 m</p> <p>6,98</p> <p>8,67</p> <p>1,69</p> <p>12,75</p> <p>112,20</p> <p>112,88</p>				
FASES DE EJECUCIÓN		MAQUINARIA A EMPLEAR		IMÁGENES MAQUINARIA		
1º- SELLADO DE LA EXCAVACIÓN CON 5 cm DE HORMIGÓN PROYECTADO		ROBOJET DE GUNITADO TIPO PUTZMEISTER PM-4210 RENDIMIENTO 7 m3/h				
2º- COLOCACIÓN DE CERCHA METÁLICA		PLATAFORMA ELEVADORA TIPO MANITOU MRT-1440 COLOCACIÓN: 90 min/ud (avance) 30 min/ud (destroza)				
3º- PROYECCIÓN DEL RESTO DEL HORMIGÓN PROYECTADO, HASTA COMPLETAR EL ESPESOR TOTAL		ROBOJET DE GUNITADO TIPO PUTZMEISTER PM-4210 RENDIMIENTO 7 m3/h				

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Tabla 3-30 Sostenimiento tipo S6

SOSTENIMIENTO TIPO S-6						
Rango de aplicación RMR	EXCAVACIÓN	ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO				
		BULONES	HORMIG PROJ FIBRAS	CERCHAS	CONTRABO V.	TRAT ESPEC
RMR < 20	MEDIOS MECANICOS. DOS FASES (AVANCE+DESTROZA) . PASES MÁXIMOS DE: 1m (avance) 2 m (destroza)	NO	30 cm	HEB-160 cada 1,0 m	SI	PARAGUAS PESADO
DETALLE SOSTENIMIENTO		SECCIÓN TIPO				
						
FASES DE EJECUCIÓN		MAQUINARIA A EMPLEAR	IMÁGENES MAQUINARIA			
PRESOSTENIMIENTO: PREVIAMENTE A LA EXCAVACIÓN, SE COLOCARÁ UN PARAGUAS DE MICROPILOTES DE 12 m CON 3 m DE TRASLAPO 88,9mm DIÁMETRO ESPACIADOS 50 cm		JUMBO DE TRES BRAZOS TIPO ATLAS COPCO ROCKET BOOMER E3C, CON SISTEMA SYMMETRIX O CON EQUIPO DE PERFORACIÓN DE MICROPILOTES				
1º- SELLADO DE LA EXCAVACIÓN CON 5 cm DE HORMIGÓN PROYECTADO		ROBOJET DE GUNITADO TIPO PUTZMEISTER PM-4210 RENDIMIENTO 7 m3/h				
2º- COLOCACIÓN DE CERCHA METÁLICA		PLATAFORMA ELEVADORA TIPO MANITOU MRT-1440 COLOCACIÓN: 120 min/ud (avance) 40 min/ud (destroza)				
3º- PROYECCIÓN DEL RESTO DEL HORMIGÓN PROYECTADO, HASTA COMPLETAR EL ESPESOR TOTAL		ROBOJET DE GUNITADO TIPO PUTZMEISTER PM-4210 RENDIMIENTO 7 m3/h				

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

A continuación se describe el modo operativo para la colocación de los diferentes tipos de sostenimiento empleados.

3.2.4.1.19.4.1 Hormigón proyectado

El hormigón proyectado, que se requiere durante la excavación, se proyectará en sucesivas capas de hormigón hasta conseguir el espesor indicado para cada sección tipo.

Para la proyección de hormigón se utilizarán robots de gunitado tipo Robot Jet PUTZMEISTER PM-4210. Estos equipos disponen de todos los accesorios necesarios: gunitadora, brazo de proyección articulado, tolvas para la recepción del hormigón y la adición de aditivos, y chasis automóvil.

El rendimiento estimado para esta operación oscila, en función de los espesores de gunita a proyectar y de la sección a cubrir, entre 4 m³/h y 8 m³/h, aunque los robot jet que se propone son capaces de alcanzar un rendimiento máximo de 16 m³/h.

Como consecuencia del avance de la excavación subterránea, el estado de equilibrio de éste se ve notablemente trastornado por el efecto de la descompresión del terreno, por ello inicialmente se proyectará una capa de sellado según el sostenimiento tipo y seguidamente se procederá a colocar el resto del sostenimiento proyectado.

Se utilizará hormigón proyectado por vía húmeda principalmente por las siguientes ventajas:

- La adición del agua se controla perfectamente.
- Menor necesidad de aire comprimido.
- Menos polvo que en el caso de la vía seca.
- Se adapta perfectamente para la utilización de robots.
- Menor rebote.
- Mayor producción como consecuencia del tamaño de los equipos.

También hay que destacar el notable progreso que se ha conseguido en la tecnología de las máquinas de hormigón por vía húmeda que, asociadas a un brazo de proyección comandado electro-hidráulicamente a distancia, permiten alcanzar rendimientos efectivos de proyección comprendidos entre 6 m³/h y 12 m³/h.

Antes de proyectar el hormigón se debe lavar la zona recién excavada con agua a presión con el objeto de eliminar el polvo que impedirá una perfecta unión entre terreno y hormigón.

El producto será transportado a los frentes por camiones mixer, de 6 m³ en el caso de

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

secciones grandes y camiones de perfil bajo en aquellos túneles en donde exista una limitación de gálibo, estos camiones vacían el hormigón a la tolva del equipo de proyección de hormigón proyectado.

Los aditivos a emplear serán del tipo súper plastificante, inhibidores y acelerante de fraguado. Los dos primeros se agregarán a la mezcla en la planta y el acelerante de fraguado en la boquilla del sistema de proyección.

El control de espesores de hormigón proyectado se realizará utilizando clavos de 4” en la densidad que se establezca, además se hará un chequeo con perforaciones realizadas con taladros portátiles con las densidades acordadas con el mandante.

La distancia entre la extremidad del pitón y la superficie a proyectar es función de la velocidad de salida del hormigón, función a su vez de la presión de proyección y de la longitud de la tubería. Normalmente esta distancia estará comprendida entre 0,5 y 2,0 m. El ángulo de proyección será lo más perpendicular posible a la superficie a proyectar.

Previo al proceso de proyección se debe “Cebiar” la línea de proyección con una lechada y mejorar el escurrimiento del hormigón a través de los culebrones y evitar con ello posibles atascamientos.

El control de la resistencia se realizará a través de ensayos a la compresión de probetas cilíndricas obtenidas de paneles de hormigón recolectados en forma periódica a medida que se avanza con la fortificación.

El espesor deseado o definido se conseguirá a base de sucesivas capas de hormigón proyectado, estas capas nunca superarán los 5 cm, ya que para grosores superiores el rechazo aumenta y pueden también producirse desprendimientos sobre todo en la bóveda.

La mezcla de los componentes del hormigón se puede realizar tanto en la planta de hormigón como en las bocas exteriores de las obras subterráneas. Los aditivos se añadirán mediante la bomba dosificadora que dispone la máquina.

Para aumentar las propiedades resistentes del hormigón proyectado se añadirán fibras sintéticas con características de 750J de energía de absorción.

3.2.4.1.19.4.2 Colocación de anclajes

La colocación de anclajes aporta resistencia a tracción y permite aprovechar las características resistentes propias de las rocas.

La perforación se realiza con los mismos jumbos empleados en la perforación de barrenos. A continuación se indica la práctica operativa en la colocación de este tipo de pernos.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.4.1.19.4.3 Colocación de bulones de anclaje por fricción

Estos bulones serán de acero tubular de anclaje mecánico repartido, que han sido doblados longitudinalmente para reducir su diámetro, y se necesitará un brazo de instalación y una bomba de inyección de agua (neumática, hidráulica o eléctrica) de alta presión.

Este tipo de bulón presenta en ambos extremos unos casquillos cerrados mediante soldadura, de los cuales, el inferior, más robusto, posee un reborde para la sujeción de la placa de asiento, así como un pequeño orificio que permite la inyección de agua.

Una vez introducido el bulón en el taladro, se bombea en su interior agua a alta presión, a 30 MPa (300 bar), a través del orificio del casquillo inferior. De esta forma y una vez expandido el bulón, se genera una tensión de contacto entre el bulón y la pared del taladro, actuando dos tipos de fuerzas diferentes: una presión o fuerza radial perpendicular a su eje en toda su longitud y una fuerza de rozamiento estático o fricción también en toda su longitud (esta fuerza depende del tipo y estructura de la roca y de la dimensión del taladro).

La bomba de inflado se para automáticamente cuando se alcanza la presión predeterminada, quedando expandido en toda su longitud, siendo inmediato el efecto en el sostenimiento. Esta presión, no obstante, puede ser inferior a la estándar con el fin de reducir la resistencia a la flexión, permitiendo la acomodación del bulón al producirse desplazamientos considerables en la roca. Este factor confiere una gran flexibilidad al método al poder adaptarse a una gran variedad de condiciones del terreno.

Una vez instalado el bulón y al soltar el brazo de instalación del mismo, el agua alojada en el interior es expulsada por el orificio del casquillo inferior. Por tanto el efecto sostenimiento del bulón depende tanto de la tensión de contacto como de las propiedades friccionales de la pared del taladro.

3.2.4.1.19.4.4 Colocación de cerchas

La entibación de acero ofrece la ventaja de ser resistente tanto a esfuerzos de compresión como a los de tracción.

En función de la sección tipo y de las características del terreno, el proyecto propone la utilización de dos tipos de cerchas:

- Cercha TH-29
- Cercha HEB-160

Las cerchas tipo TH permiten que cuando la presión del terreno sobre la cimbra supere cierto valor, los elementos empiezan a deslizar venciendo la fuerza de rozamiento y modificando su curvatura, actuando como una válvula de seguridad.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Las cerchas se colocarán utilizando una plataforma elevadora, sobre la cual irá centrado, transversalmente el módulo central, para con la plataforma conseguir su elevación hasta la clave, además con la plataforma elevadora se pueden acoplar los módulos laterales que se unirán al tramo central mediante grapas en el caso de las cerchas tipo TH o mediante tornillos y tuercas de empalme de cerchas en el caso de las cerchas tipo HEB.

Las cerchas deben de estar perpendiculares al eje en los tramos rectos o radiales, quedando todo su perímetro dentro del gálibo de sostenimiento.

El apoyo de las cerchas deberá de estar totalmente saneado, con el objeto de que el terreno ceda lo menos posible, en el supuesto de encontrar terrenos flojos se reforzará con hormigón proyectado o se utilizará una base de chapones.

Una vez colocada la cercha, ésta debe ser arriostrada a lo largo del desarrollo de la cercha mediante tresillones de barras anclados a las cerchas mediante grapas de unión.

Los rendimientos de colocación de las cerchas, dependerá del tipo de cercha a colocar y de la sección a cubrir. En la tabla de abajo se pueden apreciar los rendimientos medios estimados para cada tipo de cercha.

3.2.4.1.19.4.5 Colocación de paraguas con el jumbo, mediante el sistema Symmetrix

El sistema Symmetrix permite la ejecución de micropilotes empleando el mismo Jumbo que se utiliza durante la ejecución del túnel. Este sistema permite no emplear un equipo específico de micropilotes, que no es habitual en obra.

Este sistema permite la colocación de paraguas según la siguiente secuencia:

- Posicionamiento y estabilización del equipo en el frente de trabajo
- Perforación de los taladros y colocación simultánea de la armadura
- Inyección de la lechada de cemento

Para que el jumbo pueda ejecutar estos paraguas, se tienen que realizar unas pequeñas adaptaciones, que son las siguientes:

- Colocación de un dispositivo de guía frontal de avance para la tubería
- Colocación de un centralizador de desplazamiento de la tubería
- Herramientas especiales para la desconexión de la sarta y el roscado de los tubos.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.4.1.19.5 Revestimiento

Se ha considerado como revestimiento del túnel la proyección de una capa de hormigón variable según sección tipo.

Por tanto, será de aplicación todo lo indicado para el hormigón anteriormente citado, y se utilizarán los mismos equipos para la ejecución del mismo.

3.2.4.1.19.6 Tratamientos especiales

A lo largo del túnel puede ser necesario recurrir a diferentes tratamientos especiales tales como:

- Sellado del frente: se procederá a proyectar una capa de 5 cm de hormigón proyectado sobre el frente de avance
- Machón central: Cuando el sellado no sea suficiente para asegurar la estabilidad del frente y se presenten inestabilidades moderadas en el frente en material cohesivo se dejará un machón central. Este tratamiento consiste en no excavar el frente en su totalidad, dejando en el centro del mismo un contrafuerte o machón que resista los posibles empujes del terreno del frente.
- Spilling de 4 m con barras de 25 mm de diámetro. Se colocarán a modo de paraguas en la clave del túnel
- Micropilotes de 12 m y 88,9 mm de diámetro como paraguas de protección.
- Bulones de fibra de vidrio en el frente: Será de aplicación cuando exista una inestabilidad severa del frente, que se intenta estabilizar mediante la colocación de bulones de fibra de vidrio de 9 m de longitud en malla de 1,5 x 1,5 m.

3.2.4.1.19.7 Ventilación

La ventilación se ha calculado teniendo en cuenta que las concentraciones volumétricas máximas recomendables para una jornada de 8 horas de permanencia en obra subterránea son:

- 50 p.p.m. de monóxido de carbono
- 5.000 p.p.m. de dióxido de carbono
- 10 p.p.m. de óxidos de nitrógeno
- 10 p.p.m. de sulfuro de hidrógeno
- 5 p.p.m. de dióxido de azufre
- p.p.m. de hidrógeno
- Contenido de oxígeno en el aire < 20% en volumen

Se ha estimado que desde el portal de entrada (PK 0+805) se excavarán unos 1,869 m y desde el portal de salida (PK 5+399) se excavarán aproximadamente 2.725 m.

Por tanto se estudiará las necesidades de ventilación para cada frente de ataque de forma individual.

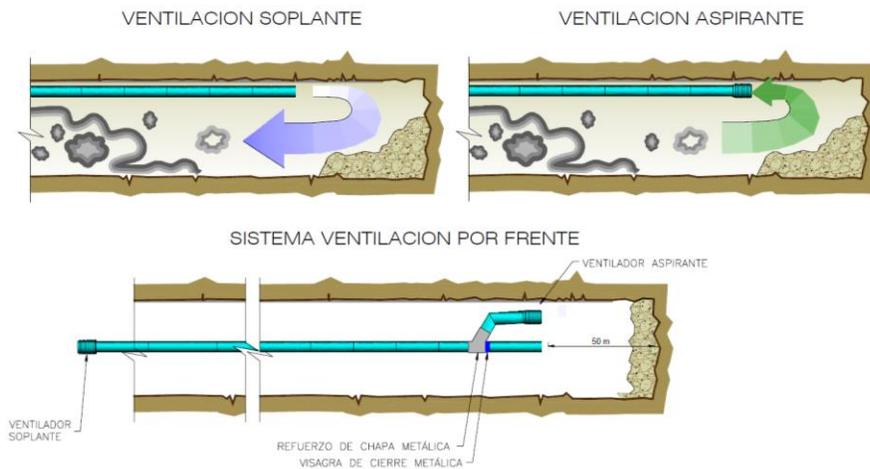
Dada la importancia que tiene el sistema de ventilación, tanto para la salud de los trabajadores como para el correcto funcionamiento de los equipos, se va a diseñar una red de ventilación basándose en la Normativa Sueca (se trata de una norma bastante restrictiva). Así, se calculará el caudal mínimo necesario en el frente de excavación, el diámetro de tubería y el equipo de ventilación necesario (presión y potencia).

Se dispondrá de una ventilación soplante que tiene por objeto mantener el aire fresco en el frente de excavación, disipar el calor que genera la maquinaria eléctrica y además evacuar los gases producidos por los equipos diesel para las labores de transporte y sostenimiento.

Teniendo en cuenta las longitudes de excavación próximas a 2.000 m y en el caso del frente de la boca de salida de 2.725 m, además de la ventilación soplante, se dispondrá de forma complementaria a esta ventilación, un ventilador aspirante en las proximidades del frente, que recoge el tapón de humos de las voladuras y lo expulsan a través de la propia tubería de ventilación hasta el exterior, de manera que gran parte del tapón de humos será extraído de forma rápida y limpia. Una vez que este tapón ha sido extraído este ventilador dejará de actuar y se mantendrá la ventilación soplante. Este tipo de ventilación se llevará a cabo una vez superados los 800 m de excavación.

El sistema de ventilación por frente de trabajo se muestra en la Figura 3-82.

Figura 3-82 Sistema de ventilación por frente de trabajo



Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

3.2.4.1.19.8 Energía e iluminación

Los requerimientos para este tipo de variables se presentan a continuación:

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

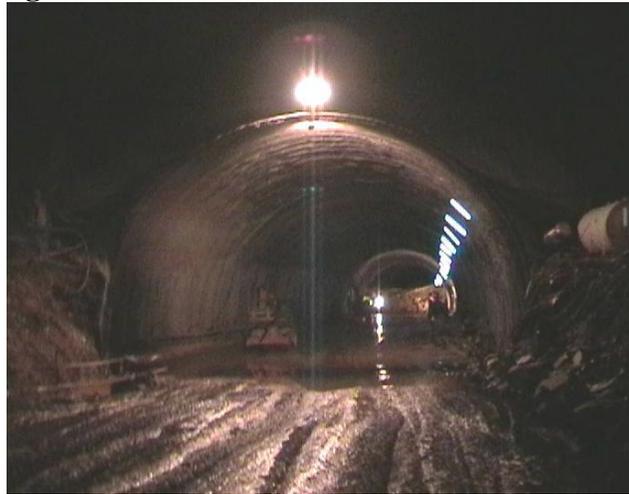
3.2.4.1.19.8.1 Iluminación

La iluminación tanto a lo largo del túnel como en el propio frente de excavación es fundamental para la correcta realización de los trabajos y para evitar posibles accidentes.

Por ello se dispondrá de una iluminación en cada frente de avance con una intensidad siempre superior a los 250 lux. En estas zonas se instalarán unos focos halógenos con lámpara de 400 W sobre la clave del túnel para que puedan avanzar con el frente de excavación y situadas de forma que no entorpezcan las labores. En el resto de las obras subterráneas la intensidad de la iluminación será superior a 50 lux.

La línea para alumbrado fijo interior, que irá montada en el hastial o en la clave de cada frente se acomete desde el exterior a 480 V. Los puntos de luz a lo largo de los túneles consistirán en pantallas fluorescentes de doble tubo situadas cada 40/50 m (2x36 W) con batería una de cada tres y capacidad de alumbrado de evacuación para 30/60 minutos. En la Fotografía 3-20 se observa la forma de iluminación de un túnel.

Fotografía 3-20 Vista de iluminación de un túnel



Fuente: Consorcio MAR I, 2016

3.2.4.1.19.8.2 Red eléctrica

Durante la excavación existen dos lugares principales a los que es preciso suministrar energía eléctrica: instalaciones exteriores y frente de trabajo.

Las instalaciones exteriores se alimentan fundamentalmente desde los puntos de distribución o generación de energía situados en los portales de acceso, mientras que la alimentación del frente se suele realizar extendiendo una línea de fuerza a medida que

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

avanza la excavación, instalando al final de la misma un nuevo punto de distribución donde se conectarán las máquinas y equipos eléctricos.

Estos equipos móviles se colocan en el frente y para facilitar su traslado están dotados de patines o ruedas que facilitan su arrastre por la solera del túnel. Este avance se suele realizar durante las operaciones de mantenimiento los fines de semana.

Cuando la longitud del túnel es elevada, como es el caso que nos ocupa, para evitar caídas de tensión inadmisibles en la línea de fuerza se recurre a tensiones de transporte superiores en lugar de aumentar la sección de los cables. Para ello, se utilizan transformadores de tensión en el portal de entrada para conseguir la tensión de transporte deseada y se incorpora el transformador reductor correspondiente en el frente de excavación para dar suministro a la tensión de trabajo de los equipos.

Por tanto, el estudio de las instalaciones eléctricas se dimensiona de acuerdo con las necesidades de los distintos centros de consumo, tratando de reducir al máximo las redes de baja tensión. Las instalaciones cumplirán las normas establecidas en el reglamento electrotécnico de alta y baja tensión y las que la empresa suministradora exija a los elementos conectados a su red.

Se efectuará una estimación de la potencia instalada en cada frente y de ésta se deducirá el consumo máximo esperado de acuerdo con la simultaneidad de trabajos y el nivel de demanda en cada máquina o grupo de máquinas, para determinar de esta forma la demanda máxima requerida.

Con este planteamiento se deducen las potencias de las subestaciones de transformación para cada frente de trabajo de la obra, como se presenta en las Tabla 3-31 y Tabla 3-32.

Tabla 3-31 Necesidades de energía en portal de entrada

Aire comprimido	175 KVA
Ventilación soplante	64 KVA
Red de agua (grupo de presión)	39 KVA
Taller, oficinas, etc.	25 KVA
Varios	50 KVA
TOTAL	353 KVA
Coefficiente de simultaneidad	0,85
	300,05 KVA

Fuente: Consorcio MAR I, 2016

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 3-32 Necesidades de energía en el frente de trabajo (boca de entrada)

Jumbo	308 KVA
Iluminación	25 KVA
Ventilación de retorno	60 KVA
Desagüe bombas	84,5 KVA
Gunitadora	71 KVA
Varios	50 KVA
TOTAL	598,5 KVA
Coefficiente de simultaneidad	0,85
	508,725 KVA

Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

Cabe resaltar que debido a las condiciones de trabajo de las obras subterráneas con agua, humedad, instalaciones móviles y conducciones metálicas es fundamental proteger la instalación frente a electrocuciones con una buena toma de tierra.

Tanto tuberías y carriles como todas las masas activas que se instalan en el túnel deben estar conectados a la toma de tierra procurando que las tierras estén todas conectadas entre si y nunca en serie. Para ello se dispone de un cable de tierras a lo largo del túnel conectado con una toma de tierras exterior incorporando la línea eléctrica del túnel un conductor de tierras propio.

Se dispondrá una buena toma de tierras en el exterior, buscando un terreno de baja resistividad y enterrando una placa conductora, malla o picas de conductor desnudo de tal forma que se consiga un potencial próximo a cero.

3.2.4.1.19.8.3 Red de agua

Durante las excavaciones es necesario disponer de agua limpia en el frente de excavación y en las instalaciones exteriores por lo que será necesario buscar una fuente de suministro con capacidad suficiente para abastecer las necesidades de los equipos seleccionados.

Esta agua se acopia en un depósito regulador a pie de obra que permite absorber las puntas máximas de consumo sin necesidad de sobredimensionar el caudal de captación, ya que las necesidades de los equipos de excavación son muy variables en función de los trabajos que se estén desarrollando en el frente.

El agua se bombea hasta los puntos de consumo mediante tubería, o se puede transportar por medio de carrotaques hasta el frente de excavación y las instalaciones de exterior, principalmente. Tras su utilización debe ser recogida y dirigida hasta la planta de tratamiento exterior.

El agua necesaria en las obras no tiene por qué ser potable si bien debe cumplir unos requisitos mínimos de calidad con el objeto de no dañar equipos y tuberías a través de los

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

que circula cuando se emplean en refrigeración de equipos, ya que a altas temperaturas se potencia el poder corrosivo del agua ácida o básica, no debe transportar partículas en suspensión que pueden obstruir tanto tuberías como filtros y no debe transportar determinadas bacterias.

Se montará una red general de agua que atenderá tanto a la demanda de las labores de interior como las necesidades en talleres y servicios de obra.

En la se muestran las necesidades de agua para cada frente de trabajo en túnel

Tabla 3-33 Dimensionamiento red de agua por frente de trabajo

Perforación con Jumbo de 3 brazos, 3 martillos x 50 l/martillo-min x 10 h funcionamiento	90 m ³ /día
Vestuarios 75 l/día x 75 hombres	5,5 m ³ /día
Agua para gunitado	20 m ³ /día
Taller	15 m ³ /día
Varios	3 m ³ /día
Total	133,5 m³/día

Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

De acuerdo con estas estimaciones el depósito a instalar en cada lado de ataque para cubrir el abastecimiento de agua por día para cada frente de trabajo teniendo en cuenta posibles imprevistos o problemas en el suministro de agua se ha considerado de 300 m³.

El agua se llevará a cada frente de trabajo con una tubería de 102 mm (4 pulgadas) de material semiflexible plástico, fundamentalmente polietileno y se contará con un grupo de presión de 30 kW de potencia y 6-8 bar de presión que llevará el agua al frente.

3.2.4.1.19.8.4 Red de desagüe

Durante el proceso de excavación es muy frecuente la aparición de afluencias de agua que pueden ocurrir en determinados puntos de túnel.

Mediante un estudio hidrogeológico previo se obtiene una estimación de los caudales de agua que se van a encontrar aunque estos datos pueden variar.

En el caso del frente excavado a contrapendiente el problema es de menor importancia ya que el agua transcurre libremente al exterior por gravedad canalizando adecuadamente el agua. Para el frente de excavación en sentido descendente el problema aumenta con la pendiente y el agua se concentra en el frente de excavación. Sin embargo y en previsión de posibles afluencias importantes se ha dimensionado una red de desagüe igual para ambos frentes de trabajo.

La única forma de evacuar esta agua es mediante equipos de bombeo que la conducen hasta el exterior mediante tubería. En función del desnivel entre el frente y portal, el caudal

previsto de infiltración y las necesidades durante la excavación se calculará las bombas y tuberías necesarias.

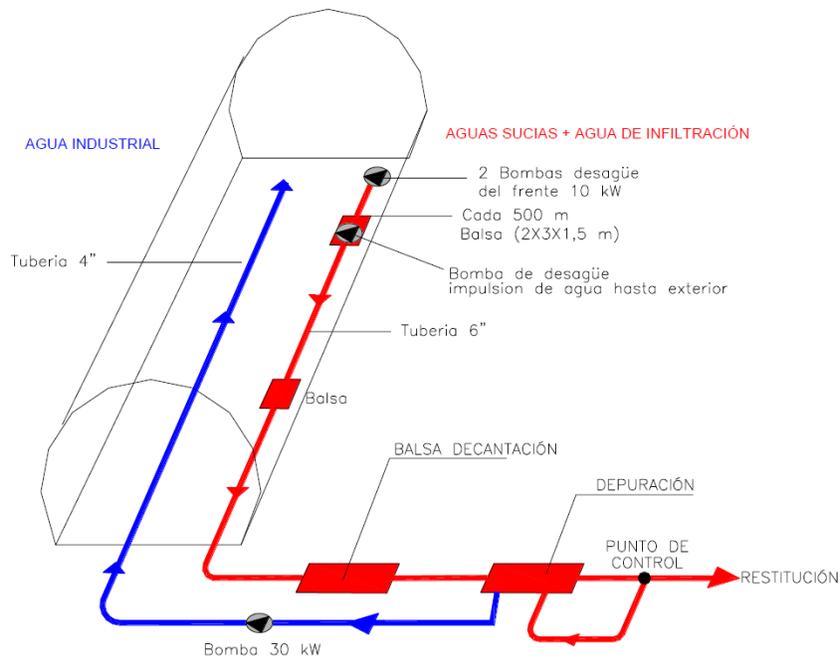
Se realizará un bombeo al exterior disponiendo una bomba de desagüe en el frente de unos 20 kW que llevará el agua a una balsa que se ubicará a 500 m del mismo. Esta balsa se excavará en uno de los hastiales y tendrá unas dimensiones de 3 de largo y 2 m de anchura, la altura será de unos 1,5m. En la balsa se ubicará una bomba encargada de impulsar el agua a través de la tubería de desagüe al exterior.

Cada 500 m se ejecutará una nueva balsa y la anterior quedará en desuso, desplazando por tanto la bomba a la nueva balsa ejecutada.

De este modo se ha dimensionado la bomba considerando el caso más desfavorable que será con la balsa a 500 m del frente y bombeando el agua desde ésta hasta el exterior que será unos 1869 m en el caso del frente desde la boca de entrada (PK 0+805) y 2.725 m en el caso del frente desde la boca de salida (PK 5+399).

En la Figura 3-83 se presenta un esquema de las redes de agua y desagüe considerados para el manejo de agua en el túnel.

Figura 3-83 Esquema red de agua y desagüe



Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.4.1.19.8.5 Tratamiento-aprovechamiento de aguas de infiltración

Para el estudio de viabilidad se parte de una serie de datos obtenidos en campo y otros experimentales ya contrastado en obras similares. Así, la captación y conducción de las aguas es un concepto fundamental para evitar arrastres y por consiguiente la contaminación, reduciendo significativamente la contaminación de las aguas. Es decir, aplicar una buena praxis constructiva.

- La evacuación de las aguas de infiltración se realiza mediante dos cunetas en ambos hastiales, el correaguas de la cuneta tiene una cota inferior al piso de acarreo de - 0,50 m.
- Plataforma de acarreo tendrá una rasante siempre superior al fondo de la cuneta y dispondrá de un peralte transversal a dos aguas.
- Se estable como una mejora el disponer cada 500 m de pozos desarenadores así como, de pasa tubos de calzada para disponer de bypass ante hipotéticos problemas en la autolimpieza de pozos.
- Las aguas de infiltración en la sección del túnel serán conducidas a las cunetas evitando el goteo sobre la pista de acceso y por tanto la contaminación de las aguas.

El frente de avance dispondrá de una especie de espina de pez canalizando las aguas a los laterales.

3.2.4.1.19.8.5.1 Principal contaminante.

El principal elemento contaminante es el propio material horadado y para valorar su impacto, se debe establecer los parámetros de partida. Para ello, se ha realizado una serie de toma de muestra de los diferentes lito-tipos que constituyen el macizo rocoso.

Con el fin de homogenizar las muestras a ensayar se ha establecido como primer requisito fijar el máximo tamaño de partícula en el tamiz n° 4 (4.75 mm) como corte superior y el tamiz n° 100 (0.15 mm) como corte inferior, de acuerdo a la norma NTC (77).

Los tamaños superiores por su peso van a sedimentar en el trayecto o en los desarenadores dispuestos en los hastiales del túnel al perder parte de la energía con la que se mueven.

Los resultados se han agrupado mediante una M50, teniendo sectorizados los tamaños de partícula como el porcentaje de uno de ellos, graficando mediante la curva granulométrica el comportamiento del material del macizo.

Otros parámetros obtenidos en la homogenización de los datos:

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

- Porcentaje de lodos: 2%.
- Porcentaje de absorción: 2.04%.
- Peso específico: 2.72 T/m³.
- Desgaste de Los Ángeles: 22-24.

Con estos valores se fija las caracterizaciones de las condiciones de comportamiento de las partículas en función a su caracterización, dureza, estabilidad, absorción, abrasividad, etc., el rango previsto de Sólidos en Suspendidos Totales, puede situarse en el intervalo de 1.500 a 2.000 mg/L.

3.2.4.1.19.8.5.2 Dimensionamiento del sedimentador.

La definición de las dimensiones del equipo se realiza con base en los conceptos básicos de la sedimentación de un sólido en un medio líquido y en este caso, el medio es el agua. Para ello, se utilizan los conceptos generales de la Teoría de la Sedimentación, en función de la velocidad de sedimentación de la partícula para diseñar el tanque.

Las dispersiones en un medio (H₂O) se pueden clasificar según del tamaño del sólido en:

- Suspensión, cuando el tamaño del sólido es mayor de 0.1 mm.
- Coloides, el tamaño del sólido se encuentra entre 0.1 a 0.01m.
- Soluciones, cuando el tamaño es menor de 0.01m

En este caso no es importante las suspensiones de sólidos, cuyo porcentaje inferior al tamaño 0.15 mm no supera el 2.86% del porcentaje de muestra.

Según la velocidad de decantación se tienen dos tipos de sedimentación:

- Sedimentación simple, cuando las partículas no cambia de forma, tamaño o densidad durante el descenso en el fluido.
- Sedimentación inducida, cuando en el proceso de sedimentación son aglomerables es decir, ejercen la condición de aglutinarse entre sí, cambiando de forma y tamaño y, aumentando el peso específico.

3.2.4.1.19.8.5.3 Cálculo del vertedero de entrada en la primera balsa de sedimentación

- Caudal 8.33*10⁻⁴ m³/s.
- Longitud colectora de la balsa predecantadora a la 1ª balsa de sedimentación: 5 m.
- Pendiente colector 0.5%.
- Coeficiente de manning: 0.03.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

- Velocidad media 0.56 m/s.
- Sección vertedero: 1487 mm².
- Longitud de diseño: 300 mm.
- Altura teórica vertedero: 5 mm.
- Distancia lámina superior de agua cota vertedero: 45 mm.
- Altura de resguardo para el desbordamiento: 150 mm.

3.2.4.1.19.8.5.4 Dimensionamiento de la pre decantadora.

Balsa de cabecera, punto de encuentro de las aguas conducidas por las cunetas dispuestas en ambos hastiales. Con una capacidad de 20 m³. Su principal labor es concentrar todas las aguas previo a su tratamiento además, actuar como un desarenador en cabeza.

3.2.4.1.19.8.5.5 Dimensiones del primer tanque

- Longitud 10 m.
- Ancho 2,8 m.
- Altura media primer tanque 0.8 m
- Distancia deflectora al 1º vertedero 5 m.
- Diferencia de cota entre 1º vertedero y 2º vertedero 50 mm.

3.2.4.1.19.8.5.6 Dimensiones segundo tanque

- Longitud 10 m.
- Ancho 2.8 m.
- Diferencia de cota entre 1º vertedero y 3º vertedero 100 mm.
- Altura media tanque 0.75 m.

3.2.4.1.19.8.5.7 Dimensiones del tercer tanque

- Longitud 10 m.
- Ancho 2.80 m.
- Altura media tanque 0.70 m.
- Aliviadero arqueta de doble cuerpo para la recogida y recirculación en caso de no haber logrado las condiciones preestablecidas o en su caso la conducción de las aguas para su uso industrial.

En la Tabla 4, se resumen las diferencias de cotas de las balsas de sedimentación.

Tabla 3-34 Alturas de los vertederos.

Elemento	Altura (m)
Máxima del tanque	1
Máxima de llenado	0,8
Primer vertedero	0,85
Segundo vertedero	0,8
Tercer vertedero	0,75
Cuarto vertedero	0,7
Máxima reguardo	0,195

Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

3.2.4.1.19.8.5.8 Equipamiento de control y tratamiento químico de las aguas

- Inyección de cortina de aire en la cara anterior de la deflectora, para el barrido de los hidrocarburos.
- Canal de aguas bajas en la arqueta desengrasante.
- Control de la acidez o basicidad de las aguas mediante la instalación de un medidor de pH digital aguas arriba del segundo vertedero.
- Equipo corrector del pH del agua, en el segundo vertedero tanque 1°.
- Control del pH en el 3° vertedero del tanque 2°.
- Control del pH en el 4ª vertedero.
- Equipo de bombeo en la arqueta de recogida para recircular el agua a la primera balsa en caso de no haber logrado los estándares previstos.

3.2.4.1.19.8.5.9 Consideraciones finales

La contaminación de las aguas de infiltración provenientes de la construcción del tubo gemelo del Túnel de Occidente se puede afirmar que la contaminación de las aguas provienen en totalidad por aporte de materiales del propio macizo rocoso.

Las grasas y aceites empleadas por jumbo o resto de maquinaria al ser de tipo biodegradables no tienen incidencias.

No hay contaminación de materia orgánica, de la propia matriz rocosa o por aporte externo, en consecuencia el balance de oxígeno no se ve alterando y por tanto de sus condiciones bióticas.

La contaminación galvánica no tiene tiempo de activarse, el máximo tiempo de permanencia de las aguas emergidas en el interior del túnel no superan las 2 horas como máximo.

El diseño planteado de tres depósitos de decantación, con longitudes de 10 m y anchuras de 2,80 m, el cálculo analítico cumple y es factible la sedimentación de los SS con un tamaño de partícula ≥ 100 .

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Con el modelo que ha sido proyectado, se confirma el cumplimiento de las prescripciones contenidas en la Resolución N° 0631, de “El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible” de fecha 17 de marzo de 2015 de COLOMBIA.

Se concluye que el proceso de depuración de las aguas implantado en la bocamina del túnel alcanzan los requisitos de la resolución al no superar los baremos de concentración de 50 mg/L de SS.

Aunque, en condiciones normales, el recorrido del tratamiento de las aguas es el paso en línea por los tres depósitos, en circunstancias de limpieza de lodos, la planta cumple con los estándares de diseño pasando el agua sólo dos balsas.

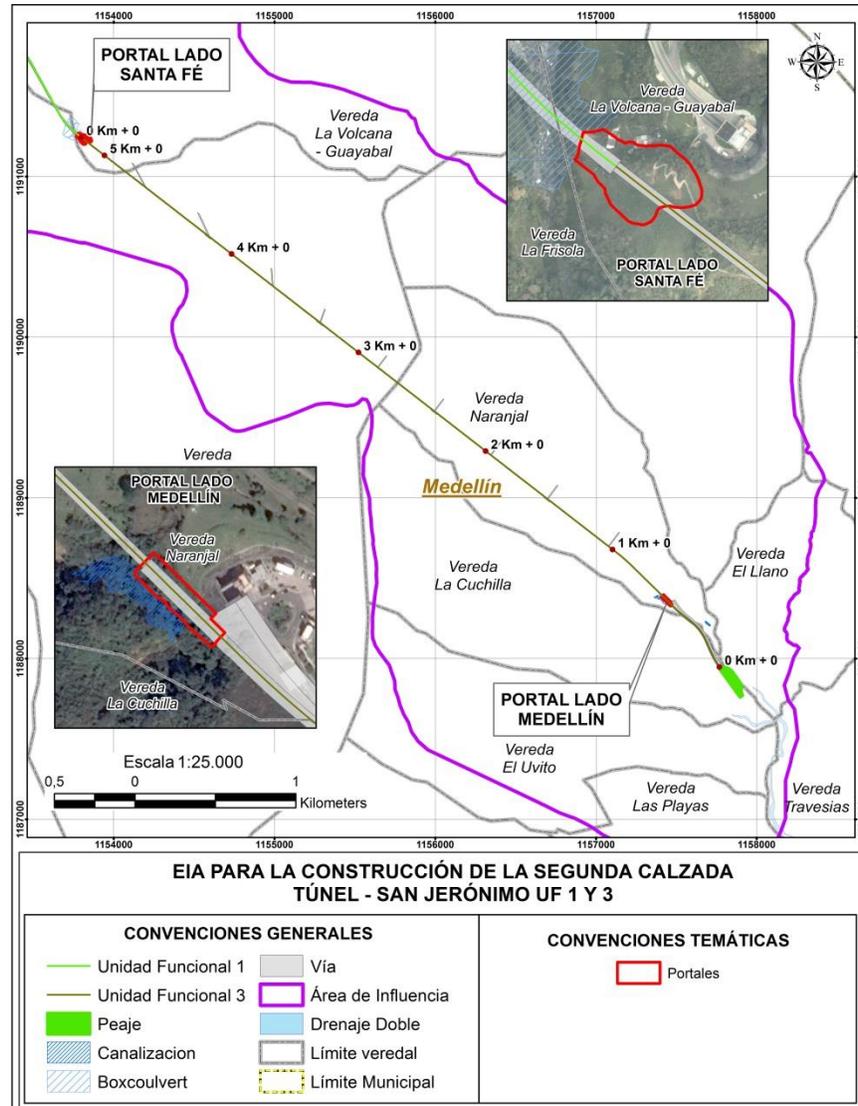
Las necesidades de usos de agua para su empleo en obra, hace obligado el aprovechamiento de estas aguas industriales generadas por infiltración en el túnel y una vez tratada se valorizan para el riego y compactación, refrigeración de equipos, fabricación de hormigón en masa, limpieza de maquinaria, etc.

3.2.4.1.19.9 Proceso constructivo de los portales de entrada y salida

En atención al Requerimiento 2(3) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “*Proceso constructivo de los portales de entrada y salida*” a continuación se presenta en la Figura 3-84 la localización de los Portales contemplados para el proyecto y posteriormente se incluye el respectivo proceso constructivo de cada uno de éstos:

1. Portal lado Medellín
2. Portal lado Santa Fé

Figura 3-84 Portales del Túnel



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.4.1.19.9.1 Portal lado Medellín

A continuación se presentan la descripción de las fases de ejecución, pantalla en micropilotes, anclajes y paraguas de micropilotes que se contemplan en el Portal lado Medellín:

3.2.4.1.19.9.1.1 Fases de ejecución

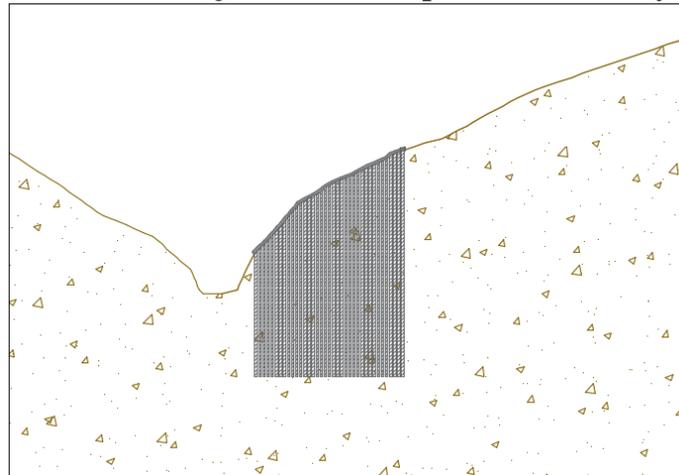
La solución planteada consiste en la ejecución de una pantalla frontal de micropilotes

verticales y otra lateral (lado oriental del portal), dispuestas en forma de L, excavándose de forma convencional los terrenos existentes en la margen occidental del portal, por tratarse de una zona con reducida altura, erosionada a lo largo de los años a favor de un cauce existente.

La solución prevista contempla un conjunto de fases de ejecución, orientadas a minimizar la afección a los terrenos del entorno del túnel, así como la ejecución de un conjunto de procedimientos que mejoren la estabilidad del diseño final a medio y largo plazo, siendo las fases de ejecución las siguientes:

Fase 1: Ejecución de las pantallas de micropilotes frontal y lateral, hasta una cota inferior a la de rasante de excavación del túnel.

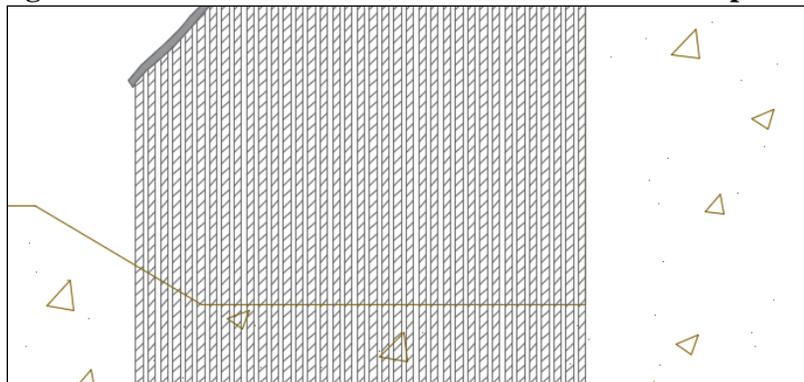
Figura 3-85 Fase 1: Ejecución de las pantallas frontal y lateral.



Fuente: DEVIMAR, 2016

Fase 2: Excavación del terreno hasta una cota situada a 3 m sobre la rasante inferior del túnel.

Figura 3-86 Fase 2: Excavación del terreno en zona superior.

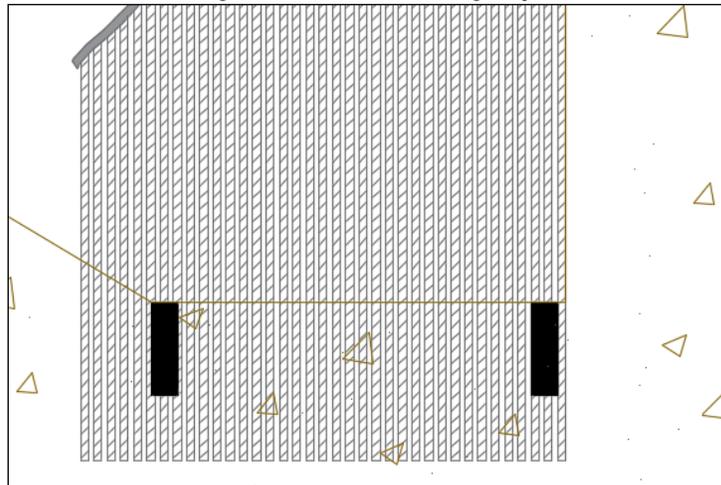


Fuente: DEVIMAR, 2016

Fase 3: Excavación de sendas zanjas laterales de 1 m de anchura hasta una profundidad situada 0,5 m por debajo de la cota de rasante del túnel y posterior relleno de las mismas con concreto de 25 MPa de resistencia.

El procedimiento constructivo de las zanjas prevé la ejecución de las mismas al trespelillo, en bataches consecutivos de una longitud (en sentido de la traza) que evite la desestabilización del terreno del entorno (según observaciones a realizar in situ).

Figura 3-87 Fase 3 – Ejecución de las zanjas y relleno con concreto.

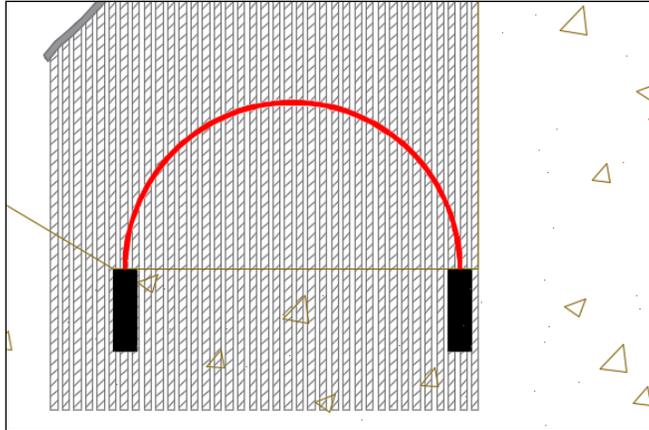


Fuente: DEVIMAR, 2016

Fase 4: Colocación de un costillar de arcos metálicos HEB-160 espaciadas 1,2 m entre ejes y de radio 0,60 m superior al de la sección de excavación del túnel. Dichos arcos se emplazarán a lo largo de los 15 m situados inmediatamente desde el punto de inicio del túnel (entre PK 0+805 y 0+790).

Estos arcos metálicos tendrán la función de soporte de un conjunto de chapas tipo Bernold o similar que conformarán conjuntamente con las cerchas una visera provisional, rigidizada por tresillones de unión entre cerchas a base de redondos de acero de 25 mm de diámetro.

Figura 3-88 Fase 4 – Colocación del costillar de arcos metálicos.



Fuente: DEVIMAR, 2016

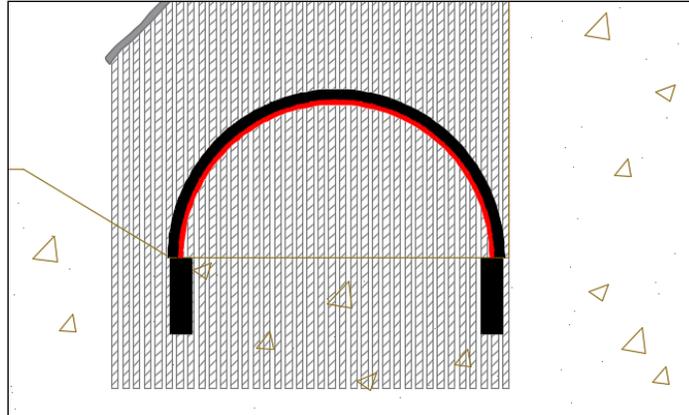
Figura 3-89 Ejemplo de colocación de costillar de arcos metálicos.



Fuente: DEVIMAR, 2016

Fase 5: Colocación de un anillo de concreto bombeado de 50 cm de espesor mínimo en todo el contorno exterior de la estructura de cerchas y chapa Bernold, mediante la ejecución de encofrados verticales sucesivos y vertido.

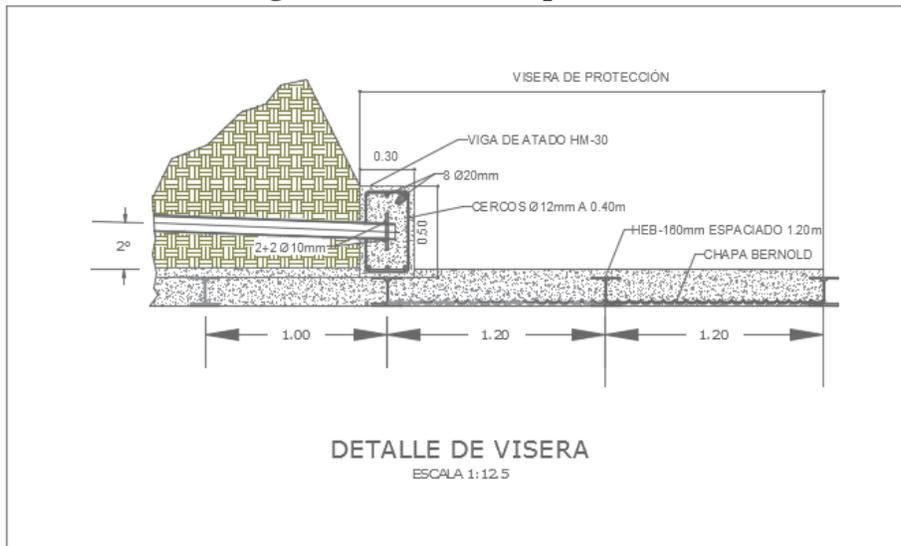
Figura 3-90 Fase 5 – Colocación del anillo de concreto bombeado.



Fuente: DEVIMAR, 2016

Fase 6: Corte de la pantalla frontal de micropilotes por debajo de la zona de visera hormigonada, con el objetivo de liberar espacio suficiente para la ejecución de los micropilotes horizontales previstos a partir del frente de emboquille del túnel.

Figura 3-91 Visera de protección



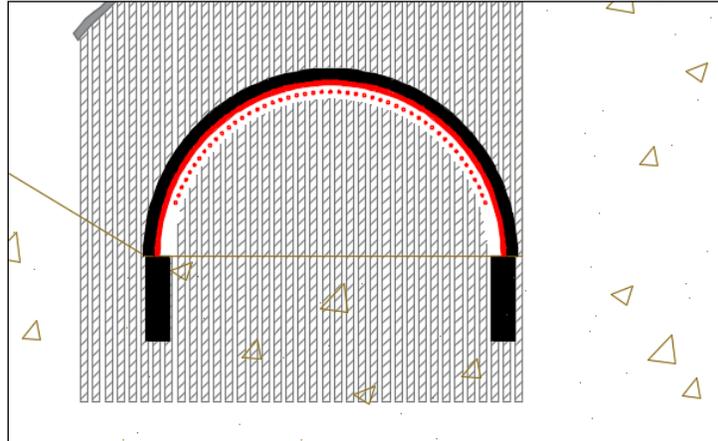
Fuente: DEVIMAR, 2016

La carga frontal de arriostamiento de los paraguas cortados (en sentido longitudinal del eje) será asumida por el conjunto de arcos metálicos y concreto ejecutado anteriormente, que a su vez se encontrará anclado en las zanjas rellenas de concreto colocadas en la zona inferior.

Los micropilotes horizontales, se situarán en el exterior del perímetro de la sección de clave del túnel, a 30 cm de distancia de la línea teórica de excavación de ésta (y por tanto a 30 cm

por debajo de los arcos metálicos y chapas Bernold ya colocados).

Figura 3-92 Fase 6 – Corte de la pantalla y ejecución de micropilotes horizontales.



Fuente: DEVIMAR, 2016

Fase 7: Colocación del primer arco metálico del túnel, correspondiente a la sección tipo ST-6, apoyado sobre los extremos de las zanjas hormigonadas, y solidarización al mismo de las cabezas de los micropilotes horizontales correspondientes al paraguas de pre-sostenimiento del túnel (ya ejecutados).

Dicho arriostramiento se deberá materializar mediante soldado y embebido de la zona en concreto lanzado.

Una vez completadas las fases anteriores, se procederá al inicio de los trabajos de ejecución del túnel en mina, reservándose para el futuro la posibilidad de realizar un relleno puramente estético de tierras (altura reducida) sobre la zona de clave de la bóveda ejecutada.

El sostenimiento del hastial oriental de la zona de portal queda pues garantizado por la existencia de la pantalla ejecutada con micropilotes verticales, mientras que el lado occidental se sostiene mediante la colaboración de la zanja vertical rellena de concreto bombeado, apoyada en su cara superior en el semianillo formado por el conjunto de arcos metálicos HEB-160, chapas Bernold y concreto bombeado que conforman la solución propuesta.

La excavación de la zona de terreno de Banca comprendida entre las zanjas hormigonadas laterales se realizará previamente al inicio de los trabajos de excavación de la sección inferior del túnel, que se prevé comenzar una vez se complete la ejecución del Avance en la zona de terreno de mala calidad existente al inicio del túnel (primeros 200 m aproximadamente).

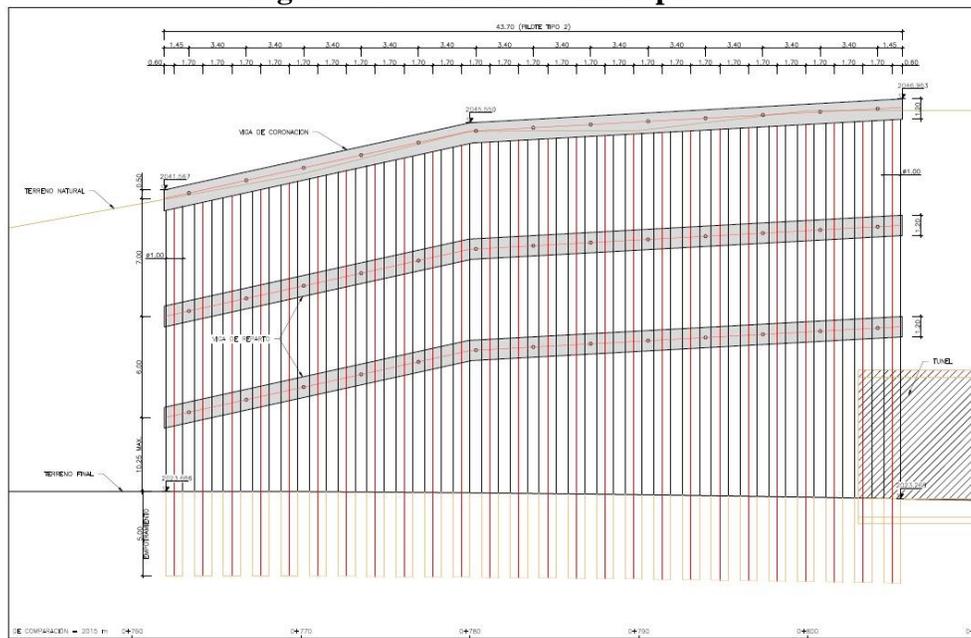
No obstante, dada la existencia de los dados de hormigón y la pantalla lateral, la retirada del

terreno en esta zona no se prevé que suponga deformación alguna ni requerirá la adopción de medidas adicionales, al haberse dimensionado dichos elementos para contener el terreno del entorno.

3.2.4.1.19.9.1.2 Pantalla de micropilotes

En la Figura 3-93 se presenta la pantalla de micropilotes contemplada en el Portal lado Medellín:

Figura 3-93 Pantalla de micropilotes



Fuente: DEVIMAR, 2016

a. Operaciones básicas

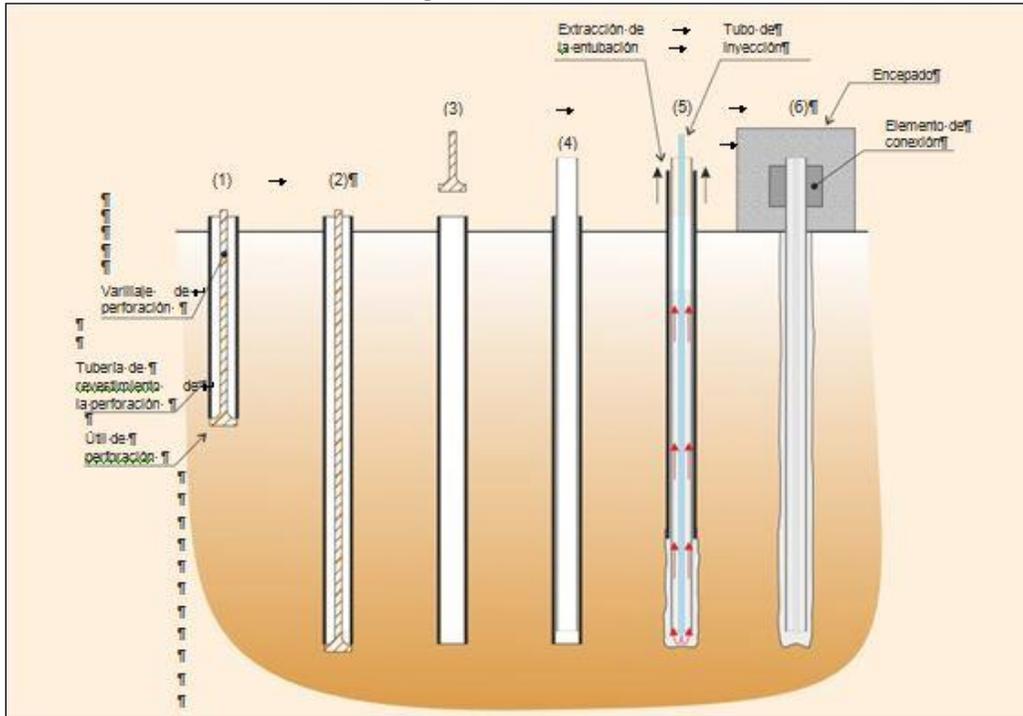
La ejecución de un micropilote comprende normalmente la realización de las siguientes operaciones básicas, que se esquematizan en la siguiente figura en forma de fases sucesivas:

- Perforación del taladro del micropilote (fases 1, 2 y 3).
- Colocación de la armadura (fase 4).
- Inyección del micropilote (fase 5).
- Conexión con la estructura (fase 6) o con el resto de los micropilotes, mediante un encepado.

Para poder realizar estas operaciones se deberá disponer una plataforma de trabajo que cuente con la superficie necesaria para ubicar tanto el material como los equipos. El gálibo

debe ser adecuado a dichas necesidades.

Figura 3-94 Pilotes

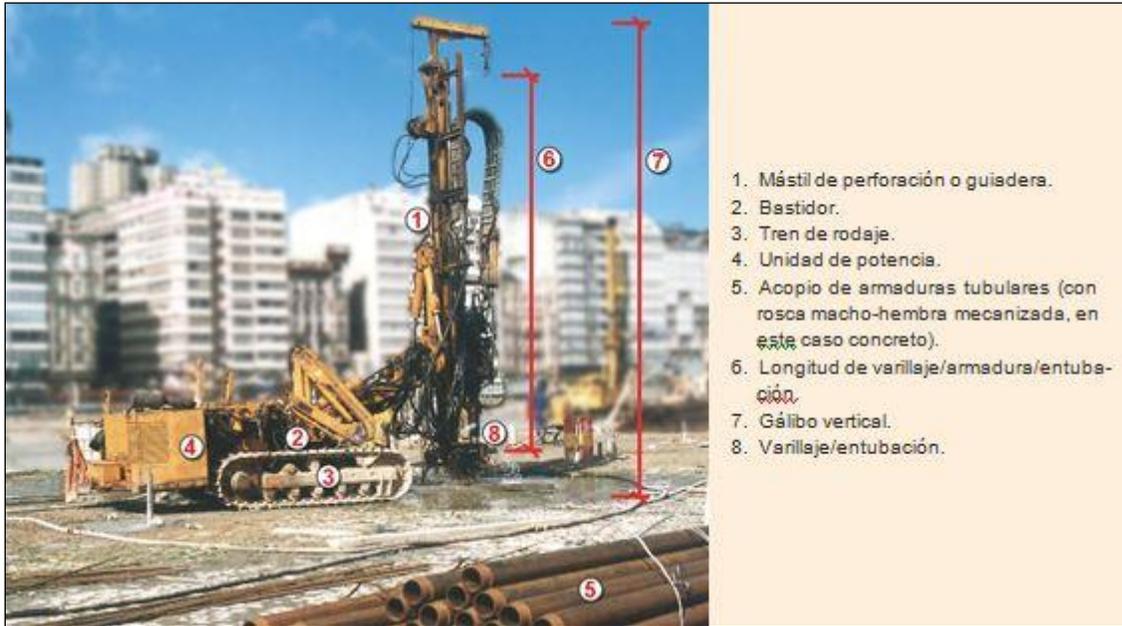


Fuente: DEVIMAR, 2016

b. Maquinaria de perforación

Para la perforación se utilizarán máquinas de rotación o roto-percusión, de dimensiones adecuadas al gálibo disponible en cada tajo.

Figura 3-95 Maquinaria de perforación



Fuente: DEVIMAR, 2016

Los sistemas de perforación a utilizar serán:

- Perforación a rotación: consiste en provocar la rotura del terreno, por la fricción generada en la rotación del útil de perforación. En general se efectúa con la batería usual de sondeos, con barrenas helicoidales o tricono.
- Perforación a rotopercusión: consiste en provocar la trituración de los materiales a perforar, por fricción y percusión de manera conjunta. Se emplean para ello, martillos de fondo o en cabeza.

c. Colocación de la armadura

Después de finalizar la perforación del taladro deberá procederse, a la mayor brevedad posible, a la colocación de la armadura.

Previamente a la colocación de la armadura tubular se comprobará que toda la longitud del taladro se encuentra libre de obstáculos y limpia de incrustantes o de cualquier posible material o cuerpo extraño. Asimismo se comprobará el estado de las uniones de las armaduras tubulares.

d. Inyección del micropilote.

Después de efectuar la perforación del taladro y la colocación de la armadura, deberá

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

procederse, a la mayor brevedad posible, a la inyección del micropilote.

La inyección del micropilote, con lechada o mortero de cemento, tiene los siguientes objetivos fundamentales:

- Constituir el fuste y la punta del micropilote propiamente dichos, materializando tanto el contacto con las paredes de la perforación como el relleno interior de la armadura tubular.
- Proteger a la armadura de la corrosión.

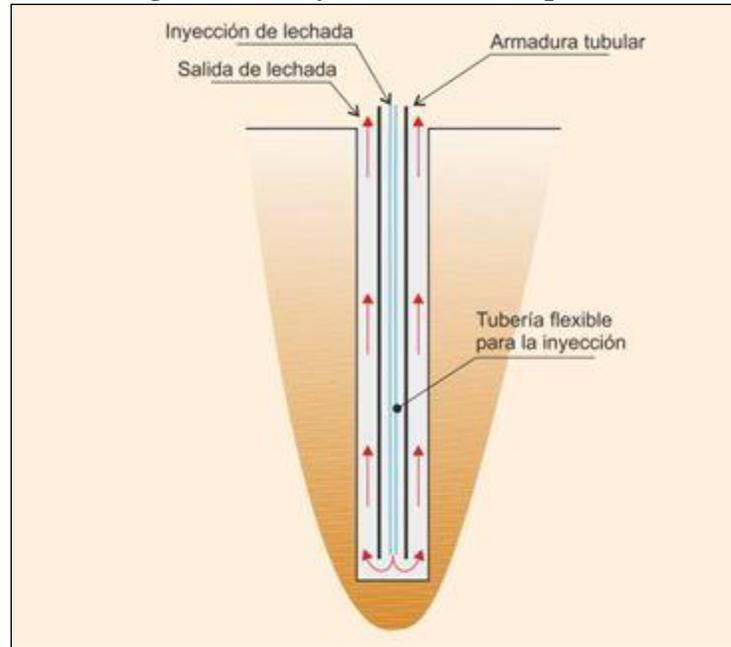
Los parámetros de inyección (presión, caudal, etc.) deben definirse en el proyecto, o en todo caso en el protocolo de ejecución.

El tiempo transcurrido entre la perforación, instalación de la armadura e inyección habrá de ser el menor posible, debiéndose establecer de forma expresa en el proyecto o en todo caso en el protocolo de ejecución, según las características del terreno y de las obras a realizar.

La inyección a utilizar será la inyección única global (IU): efectuada en una sola fase, rellena el hueco comprendido entre el taladro de la perforación y la armadura tubular, así como el interior de ésta. La inyección se debe realizar desde la punta a la cabeza del micropilote, pudiéndose efectuar de alguna de las siguientes maneras:

- Mediante inyección a través de un tubo, generalmente de plástico, colocado en el fondo del taladro, produciéndose el ascenso de la lechada tanto por el exterior como por el interior de la armadura tubular. En este caso, y debido al pequeño diámetro de los tubos de plástico empleados, sólo se puede inyectar lechada.
- Inyectando directamente la lechada o mortero por el interior de la armadura tubular para que rellene tanto el hueco entre ésta y el terreno (ascendiendo por la corona exterior), como el interior de la armadura tubular.

Figura 3-96 Inyección en micropilotes



Fuente: DEVIMAR, 2016

e. Maquinaria de inyección.

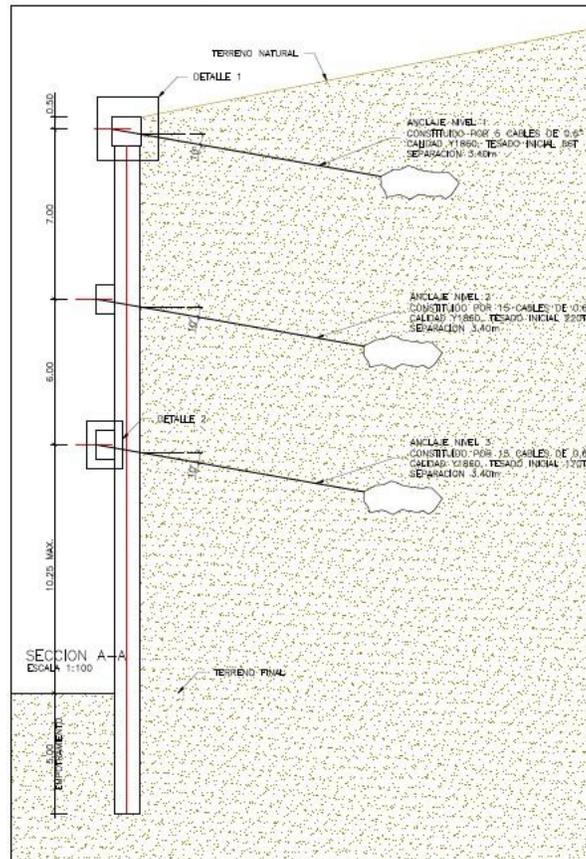
El equipo para la ejecución de la inyección estará constituido al menos por una mezcladora, un agitador y una bomba de inyección.

- La mezcladora deberá ser de alta turbulencia, de forma que se garantice la calidad y homogeneidad de la mezcla obtenida.
- El agitador sirve como depósito de acumulación entre la mezcladora y la bomba de inyección, para garantizar la continuidad de inyección. Mediante unas aspas que giran lentamente se homogeneiza la lechada o mortero durante su permanencia en el depósito, evitando así la formación de burbujas de aire. Deberá disponer de un sistema para controlar la admisión en cada fase o taladro.
- La bomba de inyección, hidráulica o neumática, es la encargada de impulsar la mezcla durante la inyección, proporcionando los caudales y presiones especificados en el proyecto. Irá provista de un manómetro para medir la presión.

3.2.4.1.19.9.1.3 Anclajes

En la Figura 3-97 se muestran los anclajes contemplado para el Portal lado Medellín:

Figura 3-97 Anclajes



Fuente: DEVIMAR, 2016

a. Ejecución del taladro.

Una vez replanteado el emplazamiento de los anclajes, con indicación de longitud, dirección e inclinación, se procede a la perforación de los taladros.

En función del terreno y la estabilidad de las paredes se utilizará la perforación a rotación o roto percusión.

La longitud real a alcanzar puede variar respecto a la teórica y se determina a la vista del material atravesado en modo tal que se garantice la longitud de anclaje del bulbo.

b. Colocación del cable y relleno de lechada.

Una vez limpia la perforación se introduce el tendón en el taladro, se procede a la inyección con lechada de cemento de la zona del bulbo, interior y exteriormente a la vaina de

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.1</p>	

protección así como, en el resto de la longitud del taladro, entre el exterior de la vaina y el terreno.

Para las inyecciones se disponen, 2 tubos de polietileno, de unos 20 mm de diámetro. Uno de los tubos debe llegar hasta las proximidades del bulbo, a fin de depositar la lechada desde el fondo del taladro; el otro tubo, de unos 10 a 15 cm. de longitud permite la salida del aire y de la propia lechada cuando el taladro está totalmente relleno, confirmando así que la inyección ha sido correcta.

c. Tesado del Cable

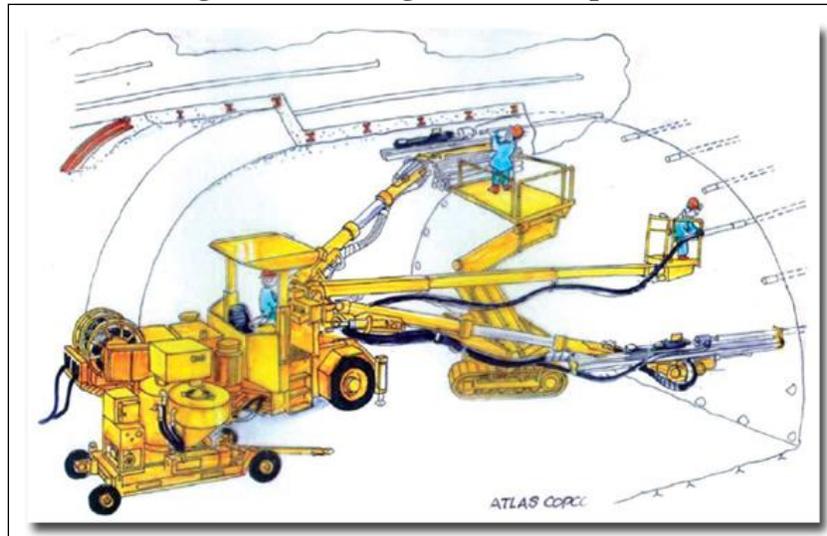
Una vez que la lechada en el bulbo de anclaje ha adquirido la resistencia mínima indicada en el proyecto (verificada por probetas de control) y se ha preparado el asiento (directo sobre la roca o sobre dado de hormigón) de la cabeza de anclaje, se procede a dar tensión al cable, de acuerdo con las fases, tensiones en cada fase y edades mínimas de la lechada indicadas en el proyecto.

Una vez tesado el cable y siendo los resultados obtenidos satisfactorios, se procede a la inyección con lechada del interior de la vaina, en la zona entre el bulbo y la cabeza, así como al sellado de ésta.

3.2.4.1.19.9.1.4 Paraguas de micropilotes

La colocación de estos micropilotes que conforman la estructura del paraguas, se realizara mediante roto-percusión, donde el revestimiento de la maniobra de perforación es la tubería que compone el micropilote. Estos micropilotes son colocados en el terreno con una máquina tipo C6 Casagrande o un jumbo electrohidráulico de perforación de túneles e inyectados posteriormente con lechada de cemento o mortero de cemento.

Figura 3-98 Paraguas de micropilotes



Fuente: DEVIMAR, 2016

Las fases para la ejecución de un paraguas son:

- Replanteo de las perforaciones en el frente.
- Posicionamiento topográfico y estabilización del equipo/máquina en el frente.
- Perforación de los taladros y colocación simultánea de la armadura.
- Inyección de la lechada de cemento.
- Avance de la excavación en una longitud igual a la del paraguas ejecutado menos la distancia de solape entre paraguas.

d. Perforación.

En cuanto al jumbo requerido es el mismo que se emplearía para la perforación de las voladuras en el túnel, con unas pequeñas adaptaciones para poder realizar la colocación de paraguas.

La roto-percusión se aplica a través de los siguientes elementos:

Figura 3-99 Elementos de roto-percusión



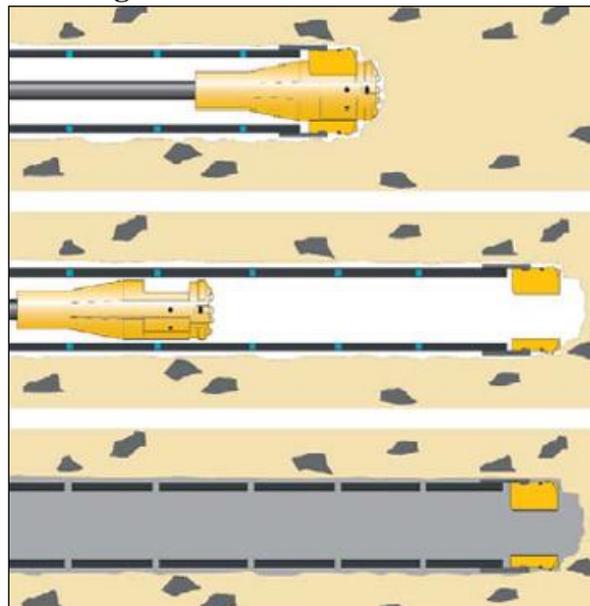
Fuente: DEVIMAR, 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

- Boca piloto accionada por martillo en cabeza.
- Corona que gira solidaria a la boca piloto por un acoplamiento interno de sistema bayoneta.
- Zapata a la cual está soldada la armadura libre, esto permite que la armadura no gire y, por lo tanto, las necesidades de par en la cabeza de rotación son menores.

El medio de lavado del taladro más habitual en martillo en cabeza es el agua (consumo mínimo de uno 180 litros/minuto a 10 bar de presión). El lavado es forzado a retornar desde el fondo del taladro por el interior de la armadura, lo que posibilita una velocidad máxima con una degradación del terreno mínima.

Figura 3-100 Lavado del taladro



Fuente: DEVIMAR, 2016

El sistema es muy sencillo: La boca piloto se conecta a la corona mediante un acoplamiento tipo bayoneta. Ambos rotan solidaria y sincronizadamente abriendo el taladro lo suficientemente como para permitir introducir la armadura. La corona gira libre de la zapata, esta última soldada a la armadura que es arrastrada durante la perforación sin movimiento alguno de rotación. La fuerza de penetración es transmitida desde la sarta de perforación a la boca piloto que percute la corona.

El flujo de agua es expulsado por los taladros centrales de la boca piloto y retorna por las hendiduras laterales de la misma, saliendo al exterior del taladro por el espacio anular entre las barras de perforación y la armadura. De esta manera se consigue una gran velocidad del flujo (aire/agua) sin degradación del taladro perforado.

Cuando el taladro llega a su fin, la boca piloto es liberada de la corona mediante un simple giro y retirada a través de la armadura junto con toda la sarta de perforación

Figura 3-101 Taladro



Fuente: DEVIMAR, 2016

e. Inyección.

La inyección del taladro se ejecuta, bombeando lechada o mortero de cemento, desde la boca del taladro por el interior de la armadura tubular, previa colocación de tapón y manguitos. Para ello se disponen dos manguitos a través del tapón, de tal forma que, uno es para introducir la lechada (hasta el fondo) y el otro es para asegurar el llenado del interior del tubo (a 50 cm. del fondo).

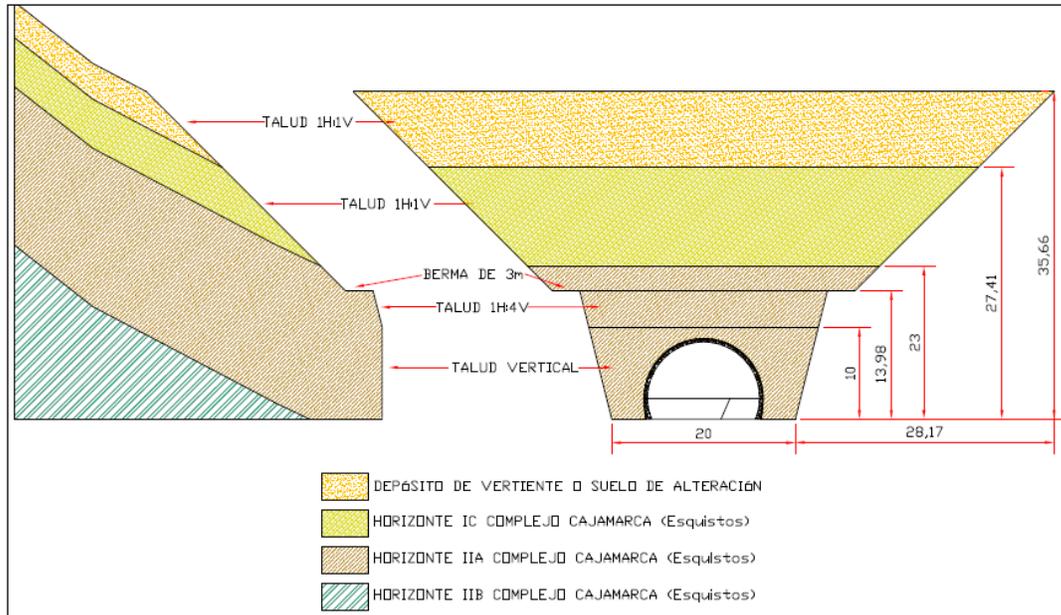
La lechada circula por el interior de la tubería hasta el final, retornando a la boca por el manguito de retorno. Una vez se da esta situación, se obtura el retorno y se prosigue la inyección, asegurando que el espacio final de unos 50 cm que totalmente relleno.

La inyección es bombeada por una bomba, la presión de inyección debiera ser del orden de 3 a 10 atmósferas.

3.2.4.1.19.9.2 Portal lado Santa Fé

La geometría de la solución diseñada es la siguiente para el emboquille:

Figura 3-102 Corte longitudinal y transversal del desmonte frontal del portal lado Santa Fe.



Fuente: DEVIMAR, 2016

Como puede observarse, se ha previsto la excavación de la zonas inferior más verticalizada, para posibilitar el emboquille del túnel, continuando con un talud bastante vertical 1H:4V en la zona superior, y una berma en el punto de contacto con los materiales de peor calidad. La zona anteriormente descrita se reforzará mediante la aplicación de una capa de 10 cm de concreto lanzado reforzado con fibras, y la colocación de pernos de acero corrugado de 25 mm de diámetro y 6 m de longitud distribuidos en cuadrícula de 1,5 m x 1,5 m.

Asimismo la berma se revestirá con una capa de 10 cm de concreto lanzado para evitar la infiltración de agua procedente de escorrentía.

Por encima de esta berma, se ha previsto la ejecución de un corte 1H:1V en los materiales de peor calidad, lo que favorecerá la autoestabilización de los mismos, si bien para mejorar el comportamiento de esta zona del desmonte se ha previsto la ejecución de un tratamiento integral a base de pernos de acero corrugado de 25 mm de diámetro y 10 m de longitud distribuidos en cuadrícula de 2 m x 2 m, y la colocación de una malla electrosoldada de acero de 6 mm de diámetro en cuadrícula de 150 mm x 150 mm fijada a los pernos y embebida en una capa de concreto lanzado de 10 cm de espesor.

Asimismo se prevé la ejecución de perforaciones a modo de drenaje de 12 m de longitud al tresbolillo entre cada dos pernos.

En resumen:

- a. **Sostenimiento depósitos y rellenos y horizonte ic (saprolito):**

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

- Bulones $\phi 25$ mm de 10 m de longitud, resistencia 15 ton, y dispuestos en malla de 2 x 2 m.
- Concreto lanzado de 10 cm de espesor.
- Malla electrosoldada de 6 mm en cuadrícula de 150 mm x 150 mm.
- Drenes de 12 m de longitud dispuestos en malla de 2 x 2 m.

b. Sostenimiento horizonte Iia (Roca algo alterada):

- Bulones $\phi 25$ mm de 6 m de longitud, resistencia 15 ton, y dispuestos en malla de ,5 x 1,5 m.
- Concreto lanzado reforzado con fibras de 10 cm de espesor.

c. Sostenimiento berma:

- Concreto lanzado de 10 cm de espesor.

3.2.4.1.19.9.2.1 Excavación del talud

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en el Proyecto.

Para ello se utilizarán máquinas retroexcavadoras, en excavación descendente hasta alcanzar la cota final.

3.2.4.1.19.9.2.2 Instalación malla electrosoldada

a. Preparación de los anclajes

Los anclajes se dispondrán a la distancia de la cabeza del talud que se indique en planos.

El anclaje estará constituido por piquetes de acero.

En terrenos rocosos los piquetes se colocarán hincados en orificios practicados en la roca.

La separación entre piquetes de anclaje será de un metro 1 m aproximadamente.

b. Extensión de las mallas

La secuencia a seguir es la siguiente:

- Sujeción de las mallas al anclaje, previo doblado de los piquetes.
- El solape mínimo de las mallas será de 10 cm.
- Fijación de la malla al talud, que se efectuará mediante piquetes hincados en el terreno ó bulones cortos anclados con resina, discrecionalmente.

3.2.4.1.19.9.2.3 Instalación de bulones

Los bulones se instalarán siguiendo los pasos que a continuación se describen y en el mismo orden:

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

a. Ejecución del taladro

Una vez replanteados los bulones, se procede a la perforación de los taladros. La longitud del taladro deberá ser unos 20 cm. inferior a la longitud de la barra, con objeto de que la sección roscada sobresalga suficientemente de la perforación, y su diámetro superior al del bulón según indique el fabricante de la resina y de 10 a 15 mm aproximadamente para bulones anclados con mortero.

Una vez terminada la perforación se limpiará con aire comprimido o agua, con objeto de asegurar una correcta adherencia de la resina o mortero a las paredes de la perforación, debiendo asegurarse que el tubo de soplado llega hasta el fondo.

Para comprobar que la perforación es rectilínea y no tiene resaltos se introducirá un bulón del diámetro correspondiente hasta el fondo

b. Colocación de los bulones

Bulones anclados con cemento:

Más idóneos que los anclados con resina en terrenos de mala calidad. Se utilizan dos modalidades de ejecución:

Con inyección de lechada de cemento

- El mortero debe penetrar en las fisuras y grietas del terreno. Se inyectará introduciendo el tubo hasta el fondo de la perforación, no llenándose ésta en un principio en toda su longitud, sino sólo en la necesaria para asegurar el anclaje buscado.
- A continuación se introducirá el bulón, manteniéndolo con el dispositivo de guiado hasta que el mortero alcance la resistencia necesaria para que el bulón no se mueva.
- Con cartuchos de cemento.
- Sumergir los cartuchos en agua para iniciar la hidratación del cemento.
- Introducir los cartuchos el taladro
- Introducir a percusión ó rotopercusión la barra del bulón en el taladro.

3.2.4.1.19.9.2.4 Concreto lanzado

Antes de comenzar la proyección se realizará la preparación de la superficie a proyectar.

El equipo básico de gunitado constará de una máquina de proyección, compresor, mezcladora, boquilla, mangueras de diversos tipos y, en su caso, dosificadoras de aditivos y/o adiciones.

En función de disposición y accesibilidad al área a gunitar, la colocación de estas capas de hormigón, será realizada por alguno de los sistemas siguientes:

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Mediante robot electrohidráulico cuya capacidad de proyección este comprendida de forma variable entre 0-15 m³ /h.

Por proyección manual con tobera sujeta y dirigida manualmente por un operario de la misma. En taludes no accesibles, por altura, se dispone una jaula izada y mantenida colgada por una grúa, desde la que trabaja el operario que maneja la tobera de proyección.

Durante la proyección la tobera deberá colocarse de tal manera que el hormigón salga bien compactado, con una consistencia uniforme y con poco rebote.

La proyección se efectuará en varias capas hasta conseguir el espesor necesario, girando, además, la manguera en sentido circular.

Se empieza por la parte baja y se va proyectando con movimientos sucesivos de la tobera de abajo hacia arriba, con objeto de que el material que va cayendo por el rebote no se incorpore a la capa.

La distancia entre la extremidad de la lanza y la superficie a proyectar es función de la velocidad de salida del hormigón, de la presión de proyección y de la longitud de la tubería. Normalmente esta distancia estará comprendida entre 0,50 m. y 2,00 m.

3.2.4.1.19.9.2.5 Drenes

Una vez ejecutada la excavación de los desmontes se revisarán los mismos para detectar otros lugares, además de aquellos para los que el proyecto define la situación y distribución de drenes, en los que se aprecien claramente aportación de agua o humedad en la superficie de los taludes.

En función de esas aportaciones, se procederá a realizar la distribución de los drenes por toda la superficie de talud a tratar.

Se realizarán taladros de diámetro aproximado de 55 mm. por rotopercusión en sentido ligeramente ascendentes (10° de inclinación) para facilitar la salida de agua y con la longitud prevista en el proyecto ó en su defecto entre 4 y 10 m. según afluencia de agua y el tipo de terreno.

Inmediatamente se introducirán los tubos de PVC ranurados de 5 cm. hasta el fondo del taladro, debiendo sobresalir ligeramente a través de la superficie del talud.

3.2.4.1.19.10 Proceso constructivo de las galerías

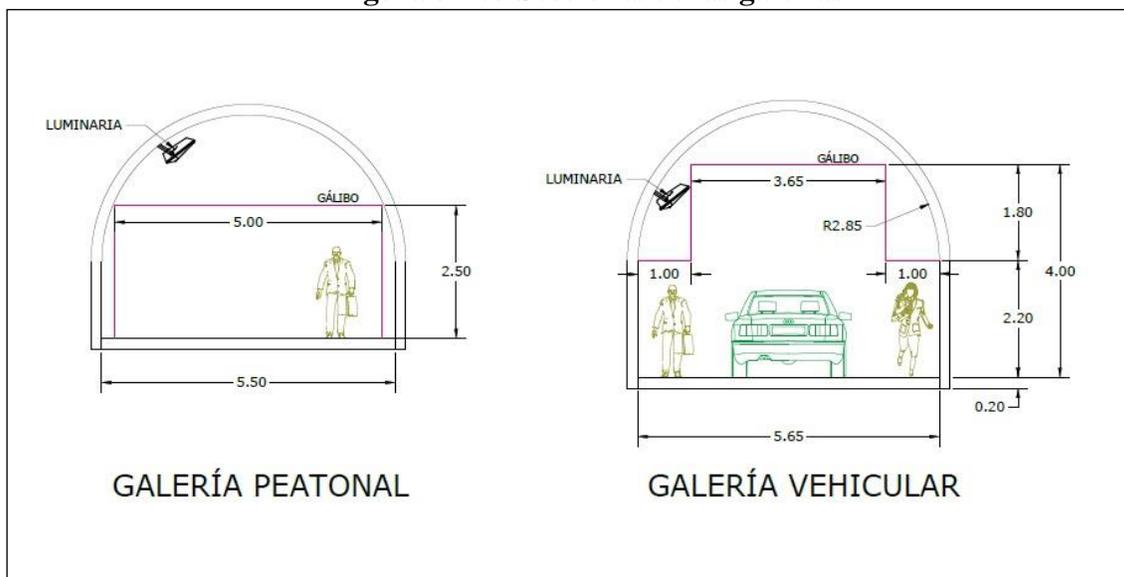
En atención al Requerimiento 2(14) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “*Galerías de conexión con el túnel existente y proceso constructivo*”, en la , se indicó que se contempla

la construcción de nueve (9) Galerías correspondientes a: cinco (peatonales) y cuatro (4) vehiculares. A continuación se presenta el proceso constructivo de dichas Galerías:

Como consideración previa, cabe mencionar que el proceso constructivo de las galerías de conexión es el mismo que se empleará para el túnel principal.

Se han previsto realiza 9 galerías de conexión, 3 vehiculares y 6 peatonales, de una longitud promedio de 90 m, cuyas secciones están representadas en el siguiente gráfico.

Figura 3-103 Secciones de las galerías



Fuente: DEVIMAR, 2016

3.2.4.1.19.10.1 Excavabilidad

Las galerías se excavarán en rocas ígneas del stock de Altavista, de edad cretácica y en rocas metamórficas de edad paleozoica.

Stock de Altavista (Kda): Consiste en roca de tipo intrusivo cuya composición es relativamente heterogénea desde diorita a granodiorita.

Rocas metamórficas del paleozoico (Pzes): Esta formación está constituida por paquetes de esquistos cuarzoséricos, filitas y cuarcitas calcáreas con espesores promedio de unos 10 m cada uno. Entre estos paquetes suelen aparecer esquistos grafitosos de menor espesor.

El contacto con el stock de Altavista, a nivel de excavación se caracteriza por la presencia de un paquete de 7 m de espesor de roca ultrabásica fallada con gran contenido de serpentina y talco.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

El túnel actual (oriental) presenta unos caudales de infiltración bajos, pese a no tener un revestimiento completo con anillo de concreto. Los valores del índice RMR superan en muchas ocasiones los 60 puntos.

Por tanto, las características geotécnicas de las formaciones que atraviesan el nuevo túnel y sus galerías, indican que la excavación se realizará fundamentalmente mediante perforación y voladura. Solo en tramos de roca más alterada será susceptible de emplear medios mecánicos.

3.2.4.1.19.10.2 Fases de excavación.

Dadas las dimensiones de la sección que se va a excavar (~20 m²) con una altura en el eje del túnel de unos 3-4,5 m y una anchura de excavación de unos 5,5-6 m, se plantea la excavación del mismo a sección completa para cualquier calidad geotécnica.

3.2.4.1.19.10.3 Excavación mediante perforación y voladura.

De acuerdo con las características geológicas y geotécnicas del material atravesado por las galerías, se considera que el Método de Perforación y Voladura es el más adecuado para la excavación de las zonas de roca con RMR superior a 30. Solo en tramos de roca más alterada con RMR menor de 30 será susceptible de emplear medios mecánicos.

La longitud máxima de avance será también función del tipo de terreno, entendiéndose por longitud máxima de avance la distancia entre el frente excavado y la sección del túnel con el sostenimiento parcialmente completado.

Ciclo básico de excavación

- **Perforación.**

Para la ejecución de los barrenos de la voladura se utilizarán jumbos de 2 brazos. El funcionamiento de estos jumbos es eléctrico cuando están estacionados en su posición de trabajo, para el correcto funcionamiento del jumbo se deberá contar con agua (para eliminar el polvo de la perforación y refrigeración de las bocas) y aire comprimido.

- **Carga del explosivo**

La carga de explosivo se realizará mediante cargas preformadas, colocando los cartuchos sobre vainas de plástico rajadas longitudinalmente.

- **Voladura**

Una vez cargados los taladros se efectuará la pega según la secuencia y las cargas diseñadas en los esquemas de voladura.

- **Ventilación.**

Tras la voladura se esperará el tiempo necesario para la evacuación de los gases

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

producidos, aproximadamente unos 30 min.

- **Desescombro.**

El desescombro se realizará con palas cargadoras que cargan en los entronques sobre camiones de 20 ton

- **Colocación del Sostenimiento**

Tras la proyección de la capa de sellado se colocarán los bulones y las cerchas del sostenimiento. Para la colocación de bulones se empleará el mismo equipo utilizado para la perforación de los taladros de la voladura. Para la colocación de cerchas se utilizará una plataforma elevadora tipo Manitou MRT-1440

3.2.4.1.19.10.4 Sostenimientos

El proyecto de construcción presenta diferentes tipos de sostenimiento de aplicación a lo largo de las obras subterráneas.

En la tabla pueden observarse los distintos tipos de sostenimientos y longitudes máximas de pase.

Tabla 3-35 Sostenimientos adoptados para las galerías del Túnel de Occidente.

SECCIÓN TIPO	RANGO DE APLICACIÓN	PASE MÁXIMO	SOSTENIMIENTO		
			PERNOS (De anclaje por fricción de 16 ton y 2,4 m de longitud)	CONCRETO LANZADO (HM-30 con adición de 4 kg/m ³ de fibras sintéticas)	ARCOS METÁLICOS
SG-I	RMR > 60	4 m	Cuadrícula de 2 m (T) x 2,5 m (L)	5 cm de espesor	---
SG-II	40 < RMR ≤ 60	4 m	Cuadrícula de 2 m (T) x 2 m (L)	10 cm de espesor	---
SG-III	30 < RMR ≤ 40	1,5 m	Ocasionales (para refuerzo)	15 cm de espesor	TH-16,5 cada 1,5 m
SG-IV	RMR ≤ 30	1 m	---	20 cm de espesor	TH-16,5 cada 1,0 m

Fuente: DEVIMAR, 2016

3.2.4.1.19.11 Sistema de impermeabilización del túnel

En atención al Requerimiento 2(4) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “4. Sistema de impermeabilización del túnel”, se presenta a continuación la descripción general y el detalle del sistema de impermeabilización del túnel se encuentra en | ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Impermeabilización del túnel).

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

La impermeabilización del túnel tiene como finalidad captar y conducir las filtraciones de agua que se produzcan en el paramento del túnel hasta los conductos de drenaje del mismo, eliminándose así surgencias y goteos difusos en el paramento que puedan dificultar la circulación por el interior del túnel y dañar el nivel de acabado del mismo.

Los estudios de impermeabilización de túneles se llevan a cabo en base a las aguas subterráneas existentes en los macizos en los que se sitúan los mismos, analizando su circulación y posibilidad de captación con la ejecución de la obra, así como las variaciones hidrológicas a lo largo del tiempo y su posible modificación desde el inicio de las obras.

No obstante, para el drenaje interior del túnel, se ha de considerar tanto la evacuación de aguas procedentes del terreno como aquellas derivadas de cualquier vertido accidental que pudiese producirse dentro del túnel, además de las aguas procedentes de las labores de mantenimiento a realizar en el interior del túnel.

A este respecto, para el Nuevo Túnel de Occidente se ha diseñado un drenaje separativo, en el que las aguas procedentes de infiltración circulan por un sistema de drenaje independiente al previsto para las aguas de la plataforma.

El detalle del sistema de impermeabilización del túnel se encuentra en | *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Impermeabilización del túnel)*.

3.2.4.1.20 Taludes

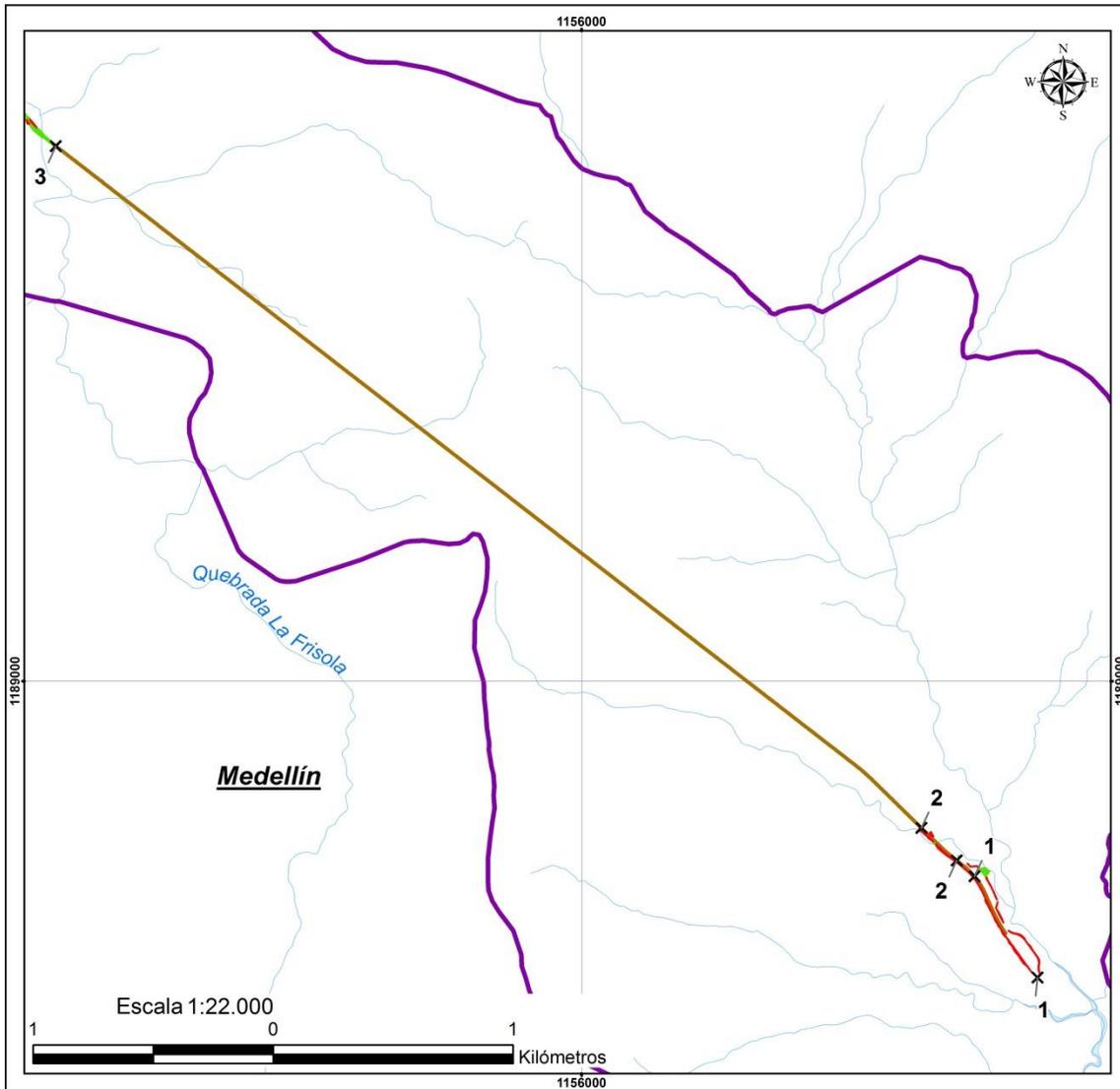
En atención al Requerimiento 2(2) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “*Muros de contención y Taludes*”, se presenta a continuación la localización de tres (3) Taludes contemplados para la Unidad Funcional 3 en la Tabla 3-36 y en la Figura 3-104:

Tabla 3-36 Taludes UF3

No.	Punto kilométrico	Dimensiones	Tratamiento
1	Inicio peaje a 0+272	Altura máxima = 12 metros inclinación = 65 grados	Conformaciones geométricas con bermas intermedias, control de erosión superficial por medio de obras de captación y manejo de escorrentía
2	0+372 a 0+572	Altura máxima = 11 metros inclinación = 65 grados	Conformaciones geométricas con bermas intermedias, control de erosión superficial por medio de obras de captación y manejo de escorrentía
3	5+172	Altura máxima = 18 metros inclinación = 75 grados	Estructura de contención tipo tablestacado

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Figura 3-104 Taludes UF3



**EIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA
 TÚNEL - SAN JERÓNIMO UF 1 Y 3**

CONVENCIONES GENERALES

- Unidad Funcional 1
- Unidad Funcional 3
- Área de Influencia
- Drenaje Sencillo
- Drenaje Doble
- Límite Municipal

CONVENCIONES TEMÁTICAS

- × Taludes
- Área Proyecto**
- Corte
- Relleno

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.4.1.21 Sistemas y fuentes de generación de energía para la Unidad Funcional 3

Se ha determinado la demanda de energía para la construcción de la Unidad Funcional 3, que consiste principalmente en la requerida para el túnel, como se presenta en la Tabla 3-37.

Tabla 3-37 Necesidad de carga para construcción Unidad Funcional 3

ID	EQUIPOS	CARGA KW
TÚNEL	BOCA MEDELLÍN	812
Total Carga Unidad Funcional 3		1.885,8

Fuente: Consorcio Mar 1, 2016

Esta carga será abastecida a través de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P. previa solicitud y trámite de punto de conexión. No obstante, en caso de no poder contar con el suministro de la EPM, o en casos de contingencia, se empleará una planta generadora de energía con capacidad de hasta 2MW instalada para esta unidad funcional.

3.2.5 Infraestructura asociada al proyecto

Como infraestructura asociada al proyecto se ha considerado tener: Planta de triturado, concreto y asfaltos, sitios de almacenamiento de materiales. La ubicación de esta infraestructura asociada se presenta en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Infraestructura Asociada)*.

Dichos sitios tendrán el sitio principal dentro del área destinada para la Planta 1, como se puede observar en la Figura 3-105. Sin embargo, dada la dinámica constructiva del proyecto se localizarán pequeños áreas satélites en los frentes de obra para almacenar temporalmente los materiales a emplear en la construcción. Estos sitios tendrán características especiales que serán descritas en el capítulo *11.1.1 Programas de manejo ambiental* del presente documento.

En forma general, el área del proyecto contempla las áreas relacionadas con captaciones, vías a ZODME, muros de contención, chaflanes de corte y relleno, el proyecto vial, la Planta 1, los portales Medellín y Santa Fe del túnel y los ZODMES. La infraestructura asociada está descrita a lo largo del presente capítulo, y su distribución se resume en la Tabla 3-38.

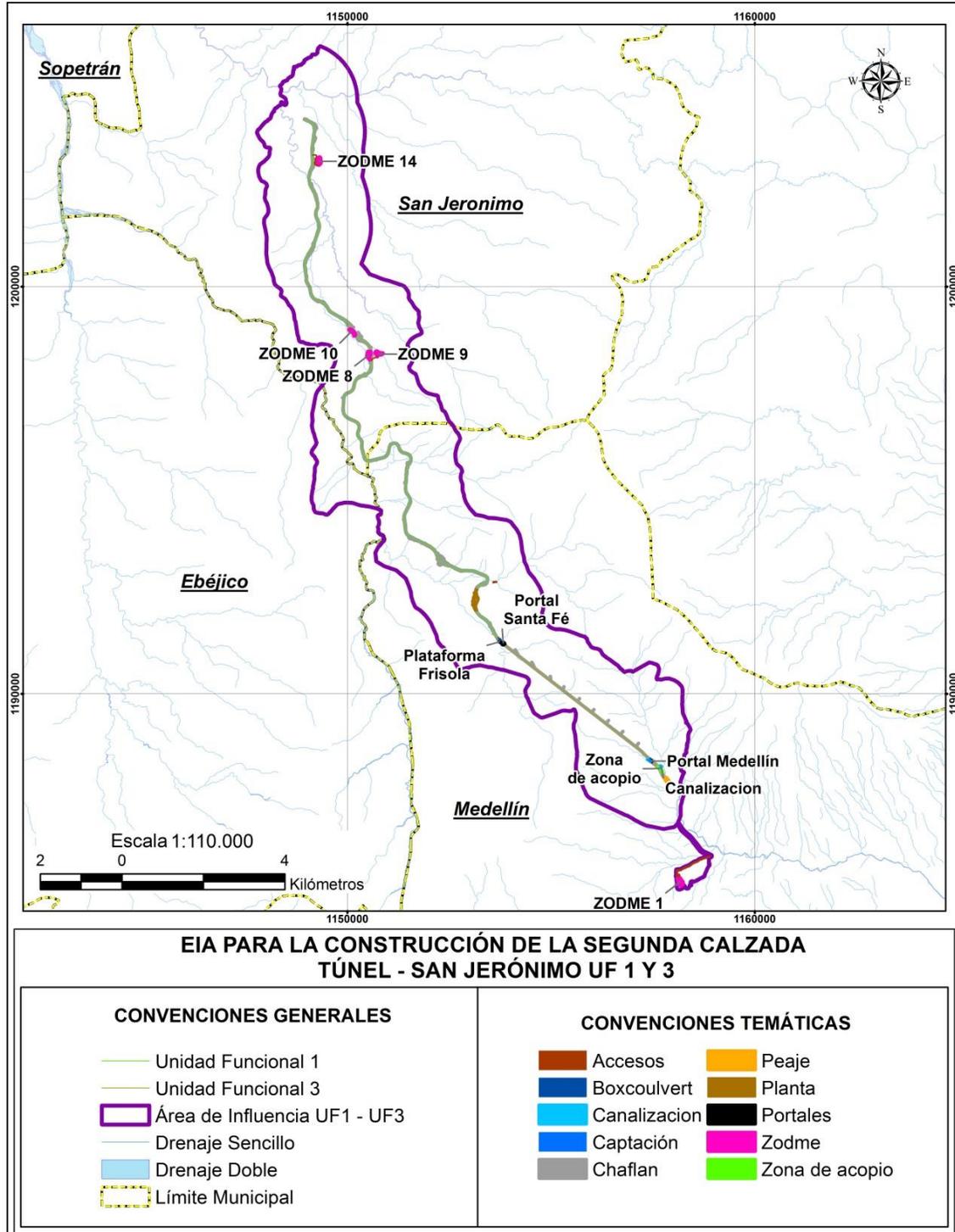
 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 3-38 Consolidado de áreas consideradas en el proyecto

Infraestructura	Descripción	Área (ha)	Descripción en el Cap. 3
Accesos	Vía secundaria a Captación 7 y 8	0,563	3.2.1.3.1 Acceso existente a Captación No. 2: CAP 7 Quebrada La Volcana 3.2.1.3.2 Acceso existente a Captación No.4: CAP 8 Quebrada La Frisola
	Vía secundaria a Zodme 9 y 14 y 1	5,885	3.2.8.2.1.2 ZODME 9 3.2.8.2.1.4 ZODME 14 3.2.8.2.2.1 ZODME 1
Canalización (La Culebra)	Canal encauzamiento	0,047	3.2.4.1.16.1 Quebrada La Culebra (No. 4, No. 6 y No. 7)
	Chaflán - Corte	0,047	
	Relleno	0,084	
Captación	Portal Medellín	0,250	Figura 3-8 Captación No.4: Captación Portal Medellín - Quebrada La Culebra
Chaflán	Área intervención UF1	0,255	3.2.4 Trazado y características geométricas de las vías a construir objeto del proyecto
	Corte UF1	4,817	3.2.4.1.9 Taludes
	Corte UF3	0,264	3.2.4.1.20 Taludes
	Muros UF1	0,315	3.2.4.1.8 Muros de Contención
	Muros UF3	0,001	3.2.4.1.18 Muros de Contención
	Relleno UF1	9,506	3.2.4.1.9 Taludes
	Relleno UF3	0,075	3.2.4.1.20 Taludes
	Vía UF1	22,288	3.2.4 Trazado y características geométricas de las vías a construir objeto del proyecto
	Vía UF3	5,714	
Peaje	Peaje	1,048	3.2.4.1.17 Estación de Peaje
Planta 1	Planta 1	3,882	3.2.5.2 Sitios para acopio y almacenamiento de materiales Figura 3-106 Distribución PLANTA 1.
Portales	Portal Santa Fé	0,814	3.2.4.1.19.9.2 Portal lado Santa Fé
	Portal Medellín	0,039	3.2.4.1.19.9.1 Portal lado Medellín
Zodmes	ZODME 1	0,321	3.2.8.2.2.1 ZODME 1
	ZODME 10	1,956	3.2.8.2.1.3 ZODME 10
	ZODME 14	1,157	3.2.8.2.1.4 ZODME 14
	ZODME 8	1,854	3.2.8.2.1.1 ZODME 8
	ZODME 9	1,813	3.2.8.2.1.2 ZODME 9
Zona de acopio	Zona de acopio	1,504	3.2.5.2 Sitios para acopio y almacenamiento de materiales Figura 3-107 Zona de acopio
Plataforma Frisola	Plataforma Frisola,	0,359	Figura 3-57 Planta de la Plataforma La Frisola (Box culvert y relleno)
Total		64,859	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016.

Figura 3-105 Distribución áreas del Proyecto UF1 y UF3.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.5.1 Campamentos permanentes y transitorios

Para estas Unidades Funcionales no se tiene contemplado la construcción de campamentos permanentes o transitorios. Para el hospedaje del personal se utilizarán los centros urbanos de Medellín y San Jerónimo, lo anterior, es debido a la cercanía de estos con el proyecto.

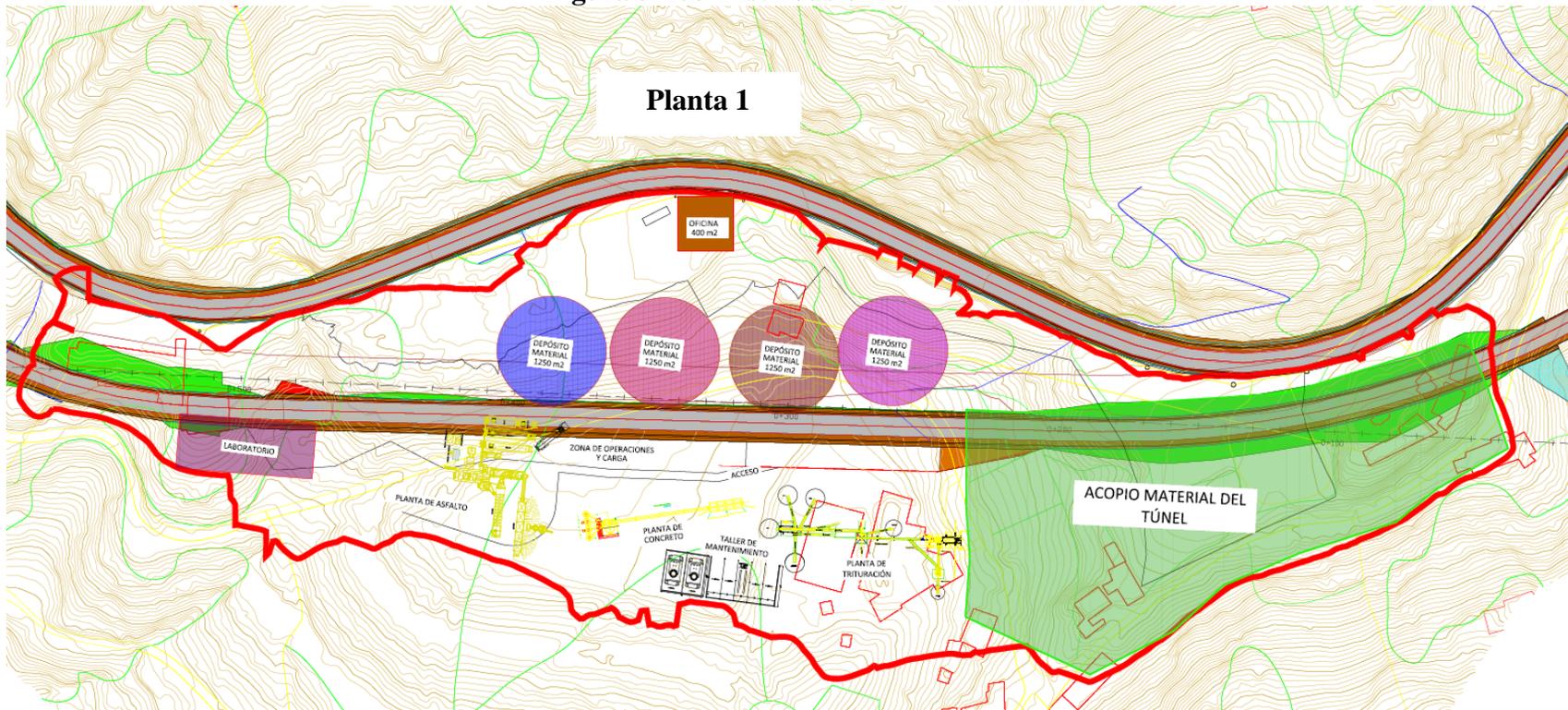
En los frentes de obra se adecuarán casetas temporales, carpas y otras instalaciones cubiertas y/o cerradas que funcionarán para el almacenamiento de equipos, herramientas, algunos insumos, residuos, entre otros.

3.2.5.2 Sitios para acopio y almacenamiento de materiales

En atención al Requerimiento 2(9) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “Área definitiva de la Planta 1.”, se aclara que el área definitiva para Planta 1 corresponde a 5,42 ha (3,88 sin chaflanes como se indicó en la *Tabla 3-38 Consolidado de áreas consideradas en el proyecto*).

El sitio principal para acopio y almacenamiento de materiales se considera dentro del perímetro perteneciente a la Planta 1 la cual tiene un área de 5,42 ha (3,88 ha sin chaflanes), y su distribución se muestra en la Figura 3-106. No obstante, el desarrollo del proyecto contempla utilizar los frentes de obra a lo largo del corredor vial para realizar el acopio de los materiales, con la premisa de utilizarlos diariamente o en el menor tiempo posible simultáneamente con el avance de las obras. Dentro de la Planta 1, se incluye la localización de la Planta de Asfalto, hormigón y triturado y su descripción se encuentra en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Planta 1)*.

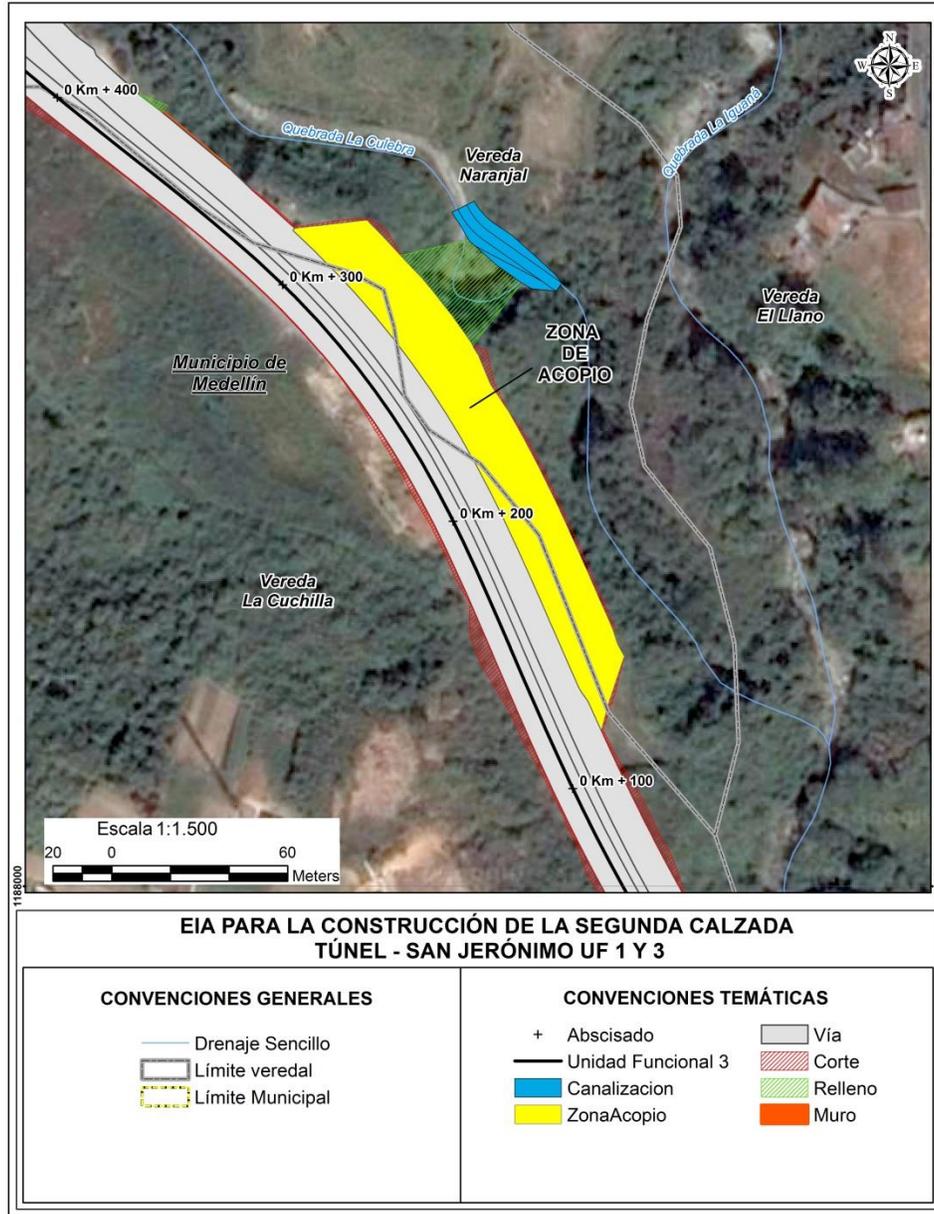
Figura 3-106 Distribución PLANTA 1.



Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

En la Unidad Funcional 1 se proyecta una zona de acopio y de almacenamiento de material aproximadamente de 0,359 ha como se indica en la Figura 3-107:

Figura 3-107 Zona de acopio



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017.

Específicamente para la construcción del túnel, se han considerado dos (2) sitios de apoyo para la construcción ubicados a la entrada y salida del mismo, en las veredas de La Cuchilla y la Volcana, todas dentro del municipio de Medellín (Antioquia). Estarán dispuestas tal como se muestra en la Figura 3-108, y servirán como centro de operaciones principales

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

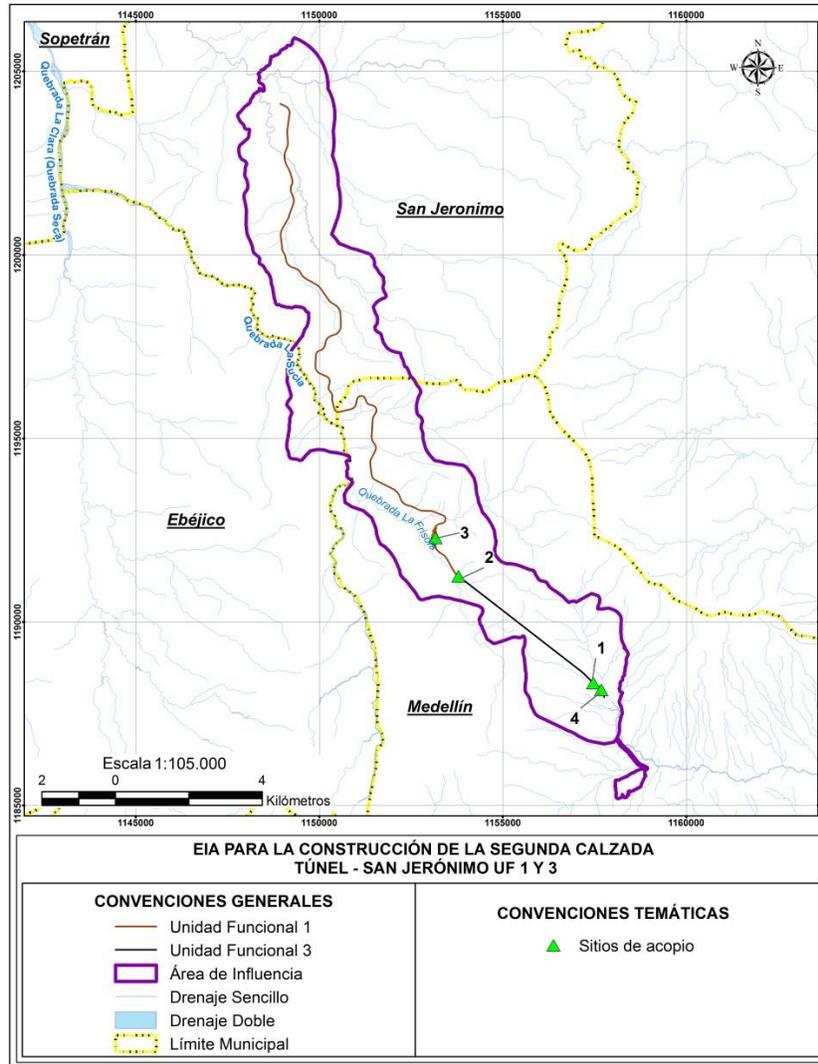
para cada una de las Unidades Funcionales (1 y 3) de forma que cumpla con los requerimientos y tiempos establecidos en la construcción de las diferentes obras que conforman el Proyecto vial.

Tabla 3-39 Localización de sitios de acopio de materiales y operaciones

No	UF	Abscisa	Nombre	Vereda	Municipio	Este	Norte	Área
1	3	K0+500	Acopio túnel boca Medellín	La Cuchilla	Medellín	1.157.467	1.188.338	0,161
2	3	K5+182	Acopio túnel boca Santa Fe	La Volcana	Medellín	1.153.799	1.191.245	0,404
3	1	K1+400	Planta 1	Guayabal	Medellín	1.153.169	1.192.293	5,424
4	1	K1+220	Zona de Acopio	Naranjal	Medellín	1157686,92	1188151,15	0,359

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017.

Figura 3-108 Localización de sitios de acopio de materiales y operaciones

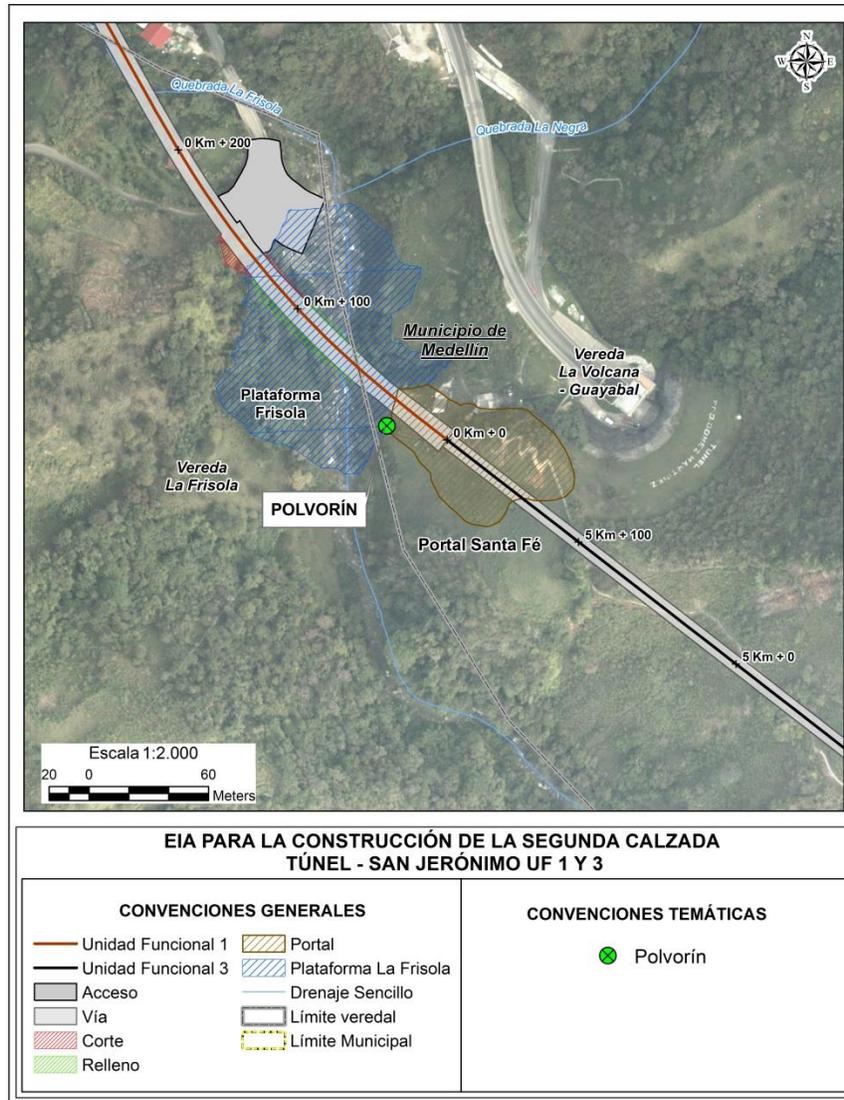


Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017.

En caso de requerirse un volumen que exceda la capacidad de los frentes de obra se utilizarán, de manera temporal, parqueaderos o lotes aledaños previa solicitud de los respectivos permisos y negociaciones del caso.

Para el caso del polvorín, se ha establecido designar un espacio convenientemente aislado en inmediaciones del Portal Santa Fé y Plataforma Frisola, de manera preliminar en las coordenadas Magna Sirgas Colombia Oeste E: 1.153.768 N: 1.191.250. Este sitio será modificado de considerarse más seguro y/o eficiente otro lugar, como se muestra en la Figura 3-109:

Figura 3-109 Localización preliminar del polvorín



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

3.2.5.3 Plantas de triturado, concreto y asfalto

Debido al tamaño del proyecto sí se contempla la instalación de plantas de triturado, concreto y asfalto localizadas en el área de la Planta 1. Sin embargo, también se tiene la alternativa de adquirir materiales con terceros autorizados y/o especializados.

Adicionalmente se tendrán dos plantas móviles de trituración que estará dentro del área de intervención de la Unidad Funcional 1. Debido a que no tendrá emisiones ni producción de residuos durante su operación no se considera dentro de los puntos a monitorear ambientalmente.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

En el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Planta 1)* se encuentra la descripción de cada una de las Plantas contempladas a utilizar durante la ejecución del Proyecto, sin embargo, se aclara, que para el Modelo de Dispersión de Contaminantes se utilizaron plantas con mayor capacidad como se indica en la Tabla 3-40:

Tabla 3-40 Plantas de triturado, concreto y asfalto

Plata contemplada en la ejecución	Modelo	Capacidad	Modelo	Capacidad
Planta de asfalto	Planta Marca ABL, Modelo DT-140	100 ton/h	Ciber iNOVA 1200P1	120 ton/h
Planta de concreto	Eba-1000 FRUMECAR S.L	50 m ³ /h	Koneko 80	80 m ³ /h
Planta de triturado	Planta móvil Primaria y Secundaria de Trituración y Clasificación de Agregados Modelos MC110Z y MR130Z EVO 2 respectivamente	330 ton/h	Planta primaria móvil de trituración con triturado de mandíbulas marca STRIKER JQ1180 sobre orugas Planta secundaria móvil de trituración con trituradora de impacto marca STRIKER HQ1112 sobre orugas Planta de cribado marca ANACONDA SR514 sobre orugas Banda móvil de transferencia marca STRIKER LDQ15	350 Ton/h

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

3.2.5.4 Talleres de mantenimiento

En atención al Requerimiento 2(10) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: *“Talleres de mantenimiento de equipos y maquinaria, combustible y lubricantes, en las áreas de acopio y Planta 1”*, a continuación se presenta la descripción general del área destinada a talleres de mantenimiento:

En Planta 1 se tendrá un taller de mantenimiento para los equipos en un área aproximada de 375 m², esta área se construirá con piso en concreto, muros perimetrales en mampostería y cubierta.

Esta área está conformada por cinco (5) posiciones de mantenimiento, cuatro (4) de mecánica y uno (1) de lubricación. Cada posición mide 5 metros de ancho por 15 metros de largo, lo que nos permite tener cualquier equipo bajo cubierto y efectuar labores de

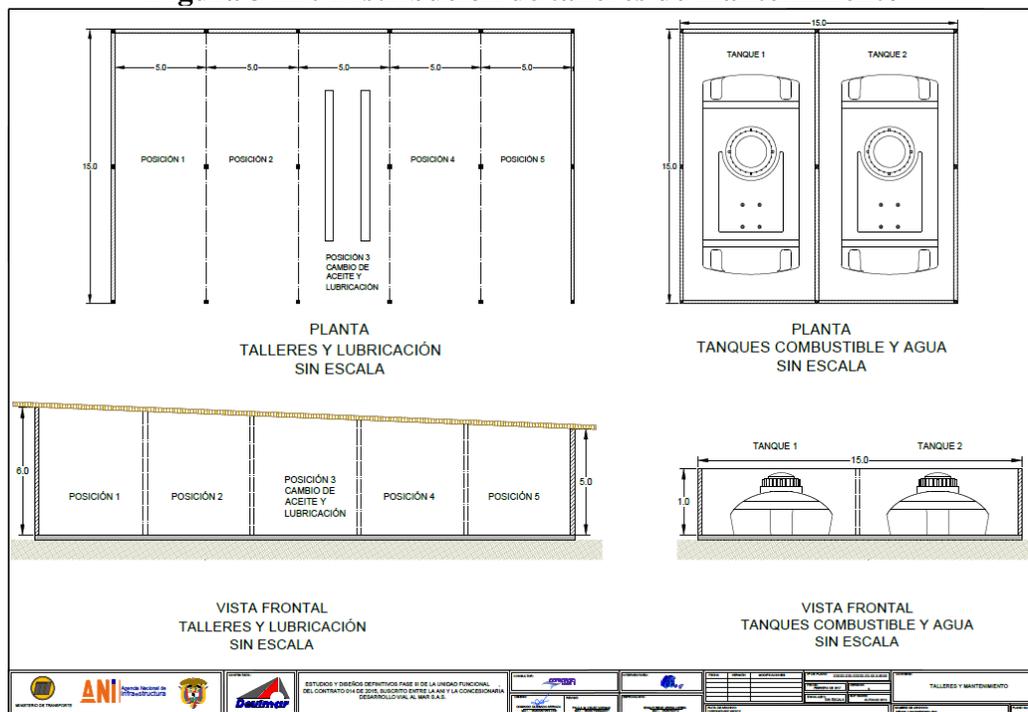
mantenimiento y reparación bajo condiciones seguras.

Adicional se tendrán contenedores o espacios para almacenamiento de repuestos, filtros y aceites.

Las instalaciones contarán con servicios sanitarios, espacio para que el personal pueda cambiarse y zona administrativa.

Se contará con una zona de depósito de combustible diésel, la cual contará con las medidas necesarias para contención y seguridad.

Figura 3-110 Distribución de talleres de mantenimiento



Fuente: Consorcio Mar 1, 2017

3.2.5.5 Fuentes de materiales

El desarrollo del proyecto requerirá la utilización de materiales de construcción para la conformación de sub-bases, bases y rellenos, para la construcción de estructuras, para la preparación de algunos concretos y morteros, y obras en general. Dichos materiales se obtendrán de canteras, sitios de extracción aluvial operados por terceros que tengan permiso y licencia ambiental vigentes (sitios autorizados), y/o de material proveniente de los cortes a realizar, incluido el resultante del túnel.

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

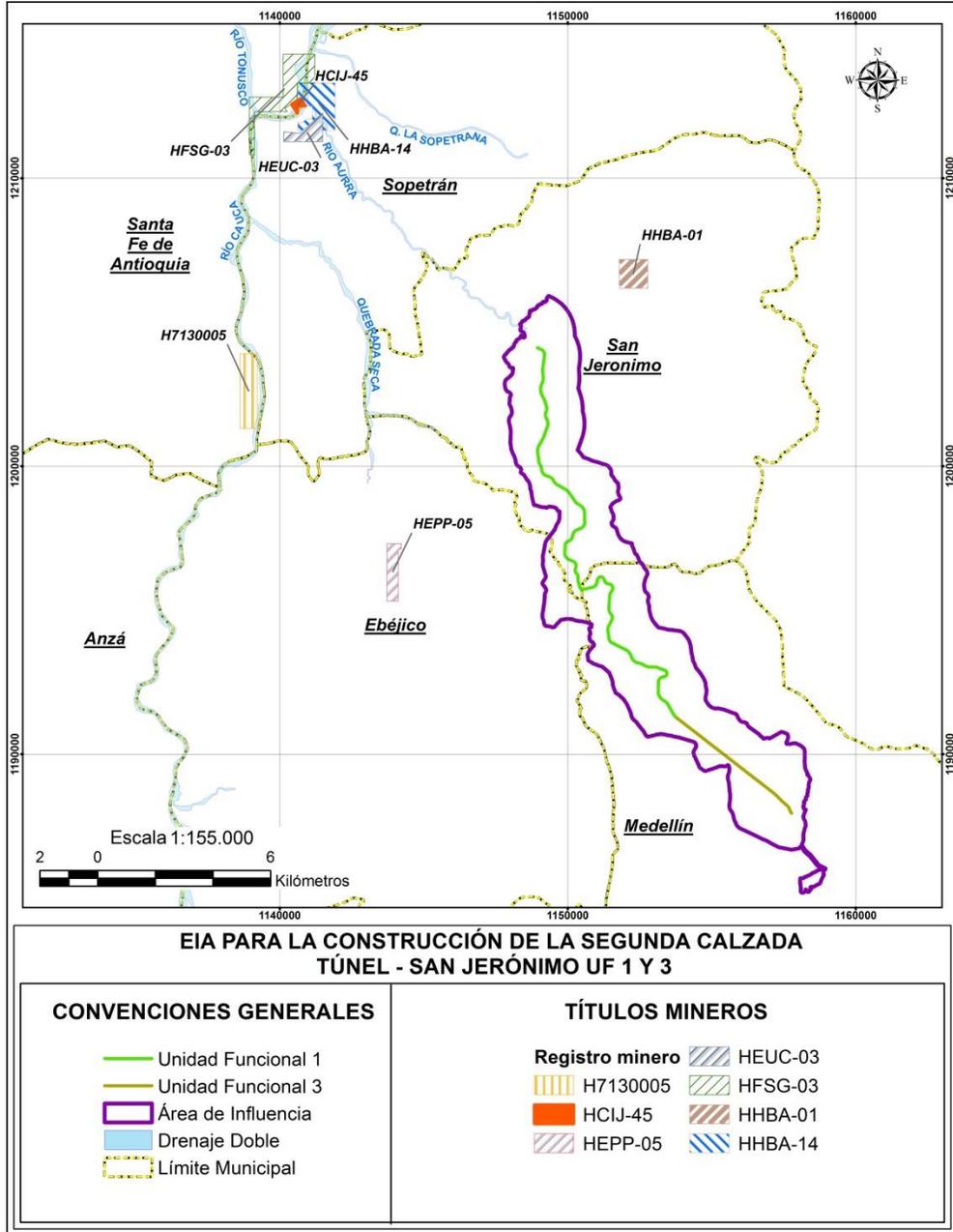
Para la adquisición de los materiales de construcción a través de terceros autorizados, en la Tabla 3-41 se relaciona el listado de licencias ambientales vigentes de los títulos mineros para la explotación de materiales de construcción en cercanías del Área de Influencia del proyecto Autopista al Mar 1, el cual fue entregado por CORANTIOQUIA mediante el oficio 160HX-1603-108 del 15 de marzo de 2016 (ver Figura 3-111).

Tabla 3-41 Títulos mineros para explotación de materiales de construcción con licencia ambiental vigente.

No.	Licencia o Plan de Manejo	Resolución No.	Fecha Expedición	Expediente No.	Vigencia de la Licencia o Plan de Manejo	Titular de la autorización	Identificación	Registr o Minero	Exp. Minero No.	Minerales Autorizado(s)	Área del Proyecto (ha)	Ubicación Mina
1	Licencia ambiental	130HX-3742	2008-08-21	HX3-2005-3	2038-08-21	Albin Geovany Mery Correa	71.691.213	HHBA-14	6265	Materiales de construcción, arenas y gravas naturales	164,2195	Sopetrán
2	Licencia ambiental	130HX-1105-5182	2011-05-16	HX3-2006-5	2031-05-16	Construcciones e Inversiones Empresariales S.A.S	830.506.557-4	H7130005	7130	Arenas y gravas naturales y oro y sus concentrados	156	Santa Fe de Antioquia y Sopetrán
3	Licencia Ambiental	130HX-4121	2009-04-15	HX3-2007-3	2039-04-15	Sociedad Agregados El Tonusco Ltda	900.181.621-4	HFSG-03 de 27-07-2007	6457 y 6922	Arenas y gravas naturales	232,3091	Santa Fe de Antioquia y Sopetrán
4	Licencia ambiental	130HX-4506	2009-12-03	HX3-2008-4	2039-12-02	Angela Londoño Santiago Londoño Olga Luz Londoño	21.791.567 1.128.407.787 21.791.450	HCIJ-45	5041	Materiales de construcción arenas y gravas naturales	8,818	Sopetrán
5	Licencia ambiental	130HX-4930	2010-09-07	HX3-2010-2	2040-09-07	Juan Rafael Lalinde Gallego	70.071.719	HEUC-03	4804	Arenas y gravas naturales	69,1612	Sopetrán
6	Licencia ambiental	130HX-1110-5438	2011-11-09	HX3-2010-3	2031-11-09	Elsa Liliana Marín Guevara	42.067.795	HEPP-05	7130	Arenas Silíceas	81,0475	Ebéjico
7	Licencia ambiental	130HX-1301-6195	2013-01-11	HX3-2011-1	2037-01-22	Sergio Sierra Tobón	70.120.092	HHBA-01	7174	Materiales de construcción de cantera	99	San Jerónimo

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

Figura 3-111 Localización Fuentes de material



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017.

No obstante lo anterior, se debe verificar la vigencia de la licencia en el momento de realizar las obras.

Adicionalmente, la adquisición de los materiales no queda limitada a las fuentes relacionadas, y el mismo podrá obtenerse de cualquier otro sitio que no hubiese sido identificado en el presente estudio, siempre que tenga la licencia ambiental y título minero

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

vigente.

3.2.6 Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto

En la eventualidad de compartir servidumbres con líneas de conducción eléctrica, líneas de conducción de hidrocarburos (poliductos) y/o líneas férreas, se debe realizar su reubicación o traslado; lo que conlleva a realizar desmantelamiento, y su relocalización con actividades asociadas de excavaciones, rellenos y reconfiguración morfológica. Estas actividades se realizarán de acuerdo con los protocolos definidos por las empresas dueñas de estas redes, y cumpliendo con las normas referentes a distancia y condiciones de aislamiento.

3.2.6.1 Redes de acueducto y alcantarillado

Los planos y diseños relacionados con esta infraestructura interceptada se presenta en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Infraestructura Acueducto Alcantarillado)*.

3.2.6.1.1 Red de acueducto

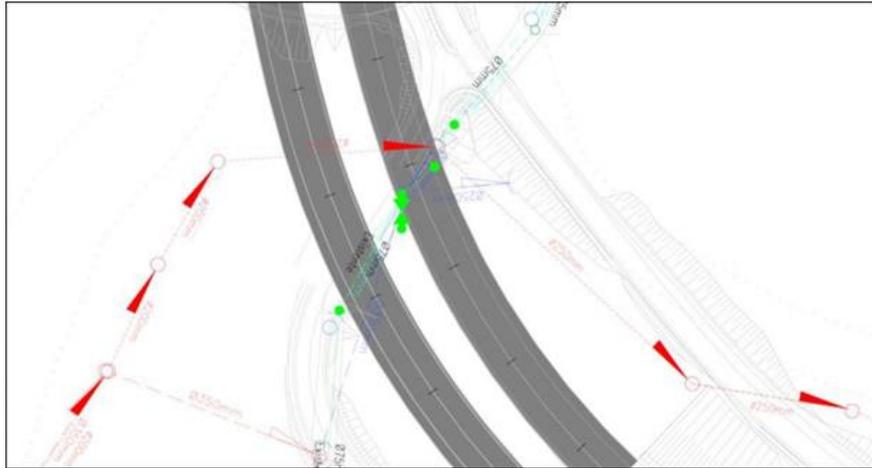
Los sistemas de abastecimientos de agua por donde cruza el proyecto, están conformados por redes de conducciones de abastecimiento, arquetas para válvulas, arquetas de registro e hidrantes, que operan actualmente. Debido a la ampliación de la vía existente es necesaria la reposición de algunas conducciones que conforman la red, así como de arquetas e hidrantes, localizándose las actuaciones en la población de San Jerónimo.

A continuación se presentan los puntos de la red de abastecimiento existente, los cuales pueden verse afectados por la ampliación de la vía.

3.2.6.1.1.1 San Jerónimo

En la Figura 3-112 se observa una conducción de la red de distribución de aguas de 75 mm de diámetro. Se valora la posible afección a esta conducción, concluyendo que no se verá afectada, debido a que el cruce de esta línea con la carretera se produce bajo el viaducto.

Figura 3-112 Conducciones bajo viaducto



Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

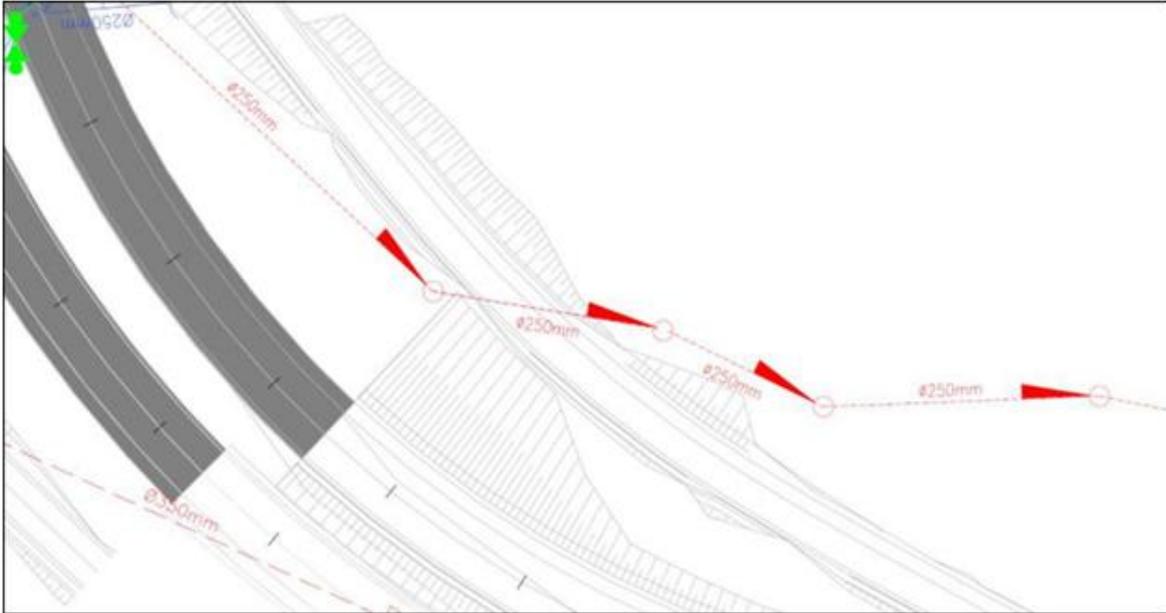
3.2.6.1.2 Red de alcantarillado

El sistema de alcantarillado existente en la zona está conformado por una red de alcantarillado y una de colectores, que operan actualmente. Debido a la ampliación de la vía es necesaria la reposición de algunas de las conducciones que conforman la red, bien sea simplemente restituyendo la conducción en la misma posición que se encontraba, o bien sea diseñando un nuevo trazado. Dichas actuaciones se localizan en la población de San Jerónimo.

A continuación se presentan los puntos de la red de saneamiento existente, los cuales pueden verse afectados por la ampliación de la vía.

En la siguiente imagen, podemos observar varias conducciones de la red de alcantarillado, y un colector de 250 mm de diámetro. Se valora la posible afección a estas conducciones, concluyendo que no se verán afectadas, debido a que el cruce de estas líneas con la carretera se produce bajo el viaducto ver Figura 3-113.

Figura 3-115 Conducciones bajo vial existente

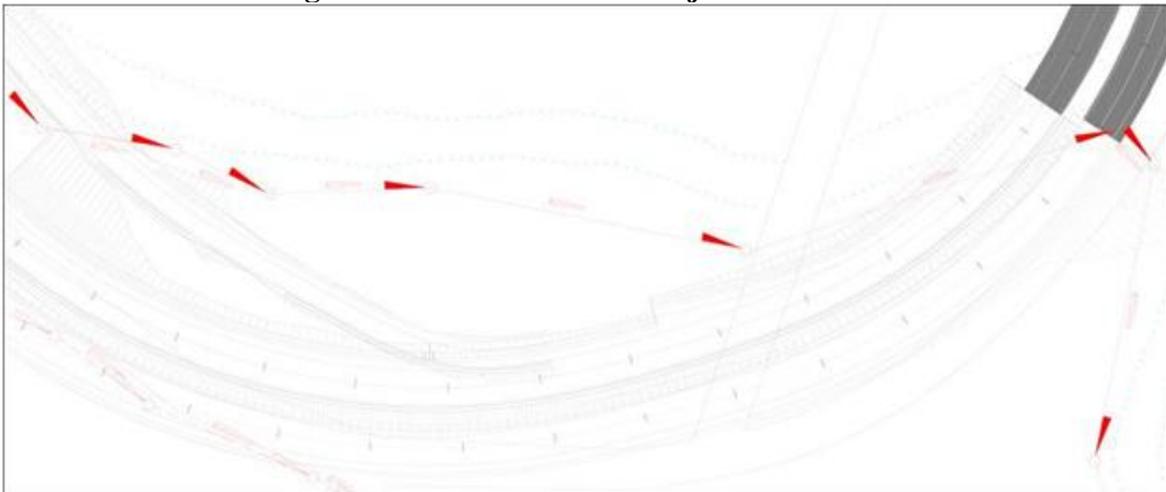


Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

En la Figura 3-115, podemos observar un colector de PVC de 250 mm de diámetro que discurrirá bajo uno de los viales a construir, en este caso sí existirá afección sobre él, por lo que se procede a su estudio para reposición.

Del mismo modo, en la siguiente Figura 3-116 observamos la continuación del mismo colector de 250 mm de diámetro de PVC, que discurre por el trazado del nuevo vial a construir, por tanto se verá afectado por las obras y será necesaria su reposición.

Figura 3-116 Conducciones bajo vial existente



Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

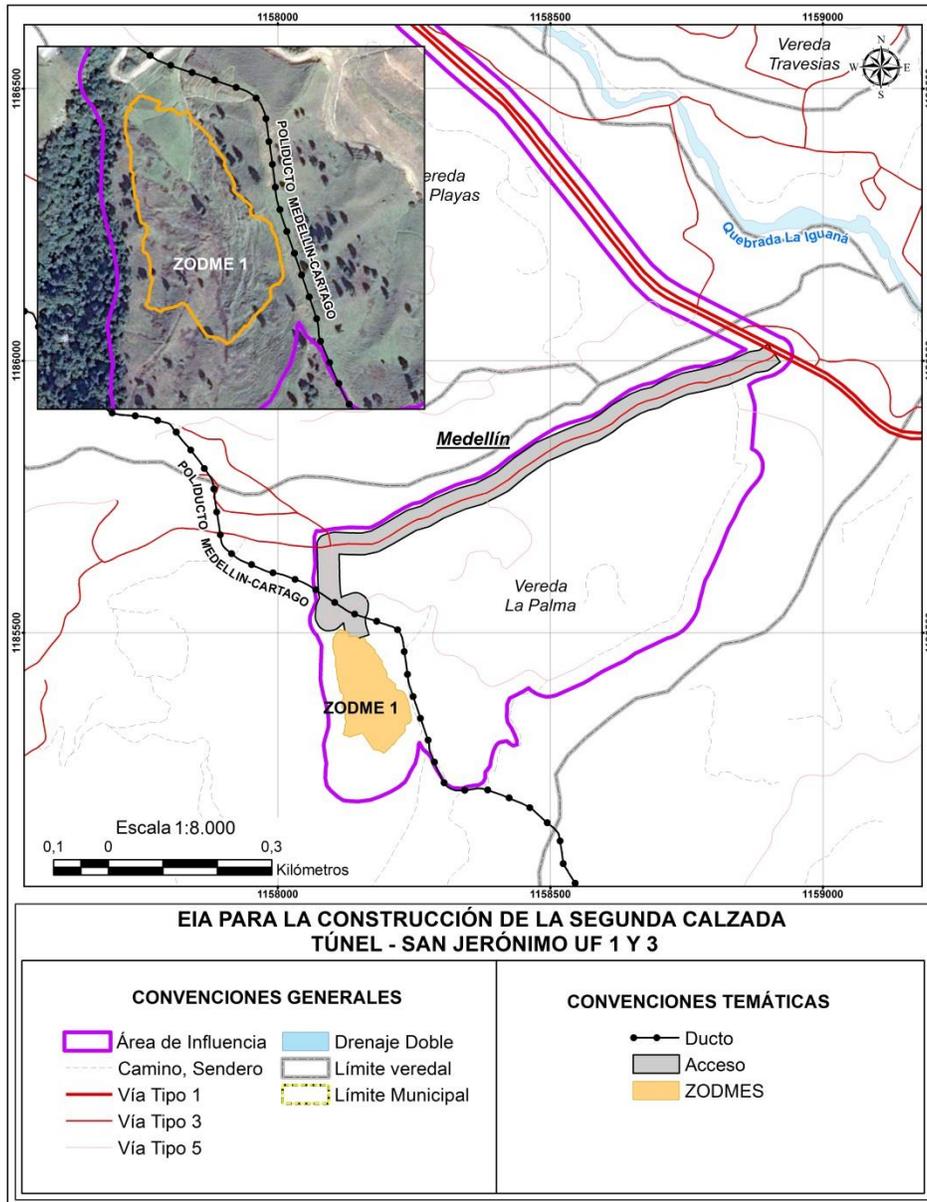
	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.6.2 Redes de oleoductos y gas

En la vereda La Palma del municipio de Medellín del departamento de Antioquia, se ha contemplado la localización de la Zona de Disposición de Materiales de Excavación - ZODME No. 1, la cual se localiza a más de cinco (5) metros del derecho de vía de la tubería del Poliducto Sebastopol-Medellín-Cartago (DDV 5 metros) como se muestra en la Figura 3-117 y corresponde a la única infraestructura proyectada que se acerca al poliducto de CENIT.

-

Figura 3-117 Localización del ZODME No. 1 frente al DDV del Poliducto Sebastopol-Medellín-Cartago



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016.

De acuerdo a las Normas de Ingeniería de Oleoductos –NIO 0400 de ECOPETROL S.A. el derecho de vía del Poliducto Sebastopol-Medellín-Cartago corresponde a 10 metros, cinco a cada lado de la tubería instalada. El diseño de la ZODME no tiene dentro de su área la infraestructura, y está alejado al menos 5 metros de este derecho de vía.

No obstante lo anterior, se revisó con la empresa CENIT – Transporte y Logística de Hidrocarburos S.A.S. y se realizaron las gestiones necesarias con el fin de establecer que

los proyectos Poliducto Sebastopol-Medellín-Cartago, y la construcción y operación de la segunda calzada entre el Túnel de Occidente y el municipio de San Jerónimo (UF 1 y 3) del proyecto Autopista al Mar 1, de conformidad con la norma citada, pueden coexistir, en cumplimiento de lo dispuesto en el inciso segundo del artículo 2.2.2.3.6.4 del Decreto 1076 de 2015.¹

3.2.6.3 Redes eléctricas

Los planos y diseños relacionados con esta infraestructura interceptada se presentan en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Infraestructura Existente)*.

Las redes eléctricas que hacen parte del diseño actual corresponden a redes de distribución de baja y media tensión en su mayoría rural, redes de alumbrado público para carreteras principales, redes de alta tensión y telecomunicaciones.

Actualmente todas las redes están operativas, pero dada la ampliación de la vía es necesario realizar en su mayoría una reubicación de las estructuras y en otros casos se deben cambiar los trayectos de la redes o cambiar el tipo de estructura existente.

Adicionalmente, se conectarán dos cargas nuevas las cuales corresponden a los sistemas de pesaje y estaciones de servicios, las cuales tienen una carga promedio de 160 kW cada una, de acuerdo con los puntos de construcción de las estaciones, estas cargas se deberán alimentar desde las redes existentes de 13,2 kV.

De acuerdo al levantamiento de información de campo se tienen los siguientes niveles de tensión en la Tabla 3-42.

Tabla 3-42 Niveles de tensión

Redes	Niveles
Redes de distribución de baja tensión	220 Vc. a 3 fases
	120 Vc. a 1 fase, 1 neutro
Redes de alumbrado	120 Vc a 3 fases
	220 Vc a 3 fases
Redes de distribución de media tensión	44 k Vc a 3 fases
	13,2 kVc a 3 fases
	7,62 kVc a 1 fase y tierra
Redes de alta tensión	110 c.a. 3 fases

Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

¹ “Artículo 26.- **Superposición de proyectos.** La autoridad ambiental competente podrá otorgar licencia ambiental a proyectos cuyas áreas se superpongan con proyectos licenciados, siempre y cuando el interesado en el proyecto a licenciar demuestre que éstos pueden coexistir e identifique además, el manejo y la responsabilidad individual de los impactos ambientales generados en el área superpuesta.

Para el efecto el interesado en el proyecto a licenciar deberá informar a la autoridad ambiental sobre la superposición, quien a su vez, deberá comunicar tal situación al titular de la licencia ambiental objeto de superposición con el fin de que conozca dicha situación y pueda pronunciarse al respecto en los términos de ley.”

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

El sistema eléctrico se diseñará de tal forma que la caída de tensión, en condiciones normales de operación, no exceda los límites indicados a continuación:

Red de distribución 44 kV	: 5%
Alimentadores a Transformadores	: 1%
Acometidas a circuitos de alumbrado.	: 3 %

Para el diseño de las redes del sistema eléctrico tendrán en cuenta las reservas mostradas en la Tabla 3-43.

Tabla 3-43 Parametros de diseño

Redes	Reserva
Redes troncales	Reserva en potencia 30-40%
Redes de distribución	Reserva en potencia 20-40%
Transformadores de distribución	Reserva en potencia 20-40%

Fuente: Consorcio MAR 1, 2016

3.2.6.3.1 Redes de alta tensión

Solamente se identificaron redes de transmisión de 110 kV. Las características técnicas de esta red de transmisión aérea está en el conductor ACSR calibre 477 kcmil, en circuito sencillo, cable de guarda en acero galvanizado de 3/8", circuito número 603-82.

De acuerdo con el trazado de la vía se pudo determinar que no existen puntos que requieran traslado de redes de alta tensión, por lo tanto, las servidumbres existentes se mantendrán.

3.2.6.3.2 Redes de media tensión

3.2.6.3.2.1 Propuesta de reubicación de redes de media tensión para Unidad Funcional - 1

A continuación se presenta el análisis y la propuesta de reubicación para cada uno de los tramos de red identificados en el inventario de interferencias.

I.002.MT: La interferencia será movida al oriente, aproximadamente 10 metros, para que no interfiera con la nueva calzada. Además, de esta red se suministrará energía a los transformadores cercanos para alumbrado público.

I.003.MT: La interferencia será trasladada en un tramo hacia el nuevo separador para no interferir con el nuevo trazado.

I.006.MT: La red en este punto será protegida para los trabajos en la vía.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

I.008.MT: Se extenderá la red para el suministro de los transformadores cercanos de alumbrado público.

I.010.MT: Se eliminará la estructura 1536 por que obstruye la vía y se le dará nuevo soporte a la red con nueva estructura más lejana. Además, de la red se suministrará a los transformadores de alumbrado público cercanos.

I.012.MT: Se instalarán postes nuevos para aumentar la altura de la red e impedir que interfiera con la vía.

I.013.MT: Se eliminarán estructuras de la vía y se instalarán unas nuevas para darle mayor altura a la red.

I.015.MT: Se aumentará la altura de los vanos de la red con nuevos postes de 14 metros.

I.017.MT: Se aumentará el vano de la red sobre con nuevos postes de 14 metros.

I.018.MT: Se extenderá la red para el suministro de los transformadores de alumbrado público.

I.019.MT: Se instalarán nuevos postes para aumentar el vano del tramo que cruza la vía.

I.022.MT: Se instalarán nuevos postes para aumentar el vano del tramo que cruza la vía.

I.023.MT: Se instalarán nuevos postes para aumentar el vano del tramo que cruza la vía.

I.027.MT: Traslado de la estructura 660, 7 metros al sur para remover obstáculo en la nueva vía.

I.028.MT: Cambiar por postes de 14 metros los postes que interfieren con el trazado de la nueva vía y a su vez aumentar el vano sobre la misma: estructuras 594, 587, 584, 526 y 523.

I.032.MT: Trasladar la estructura 446 para no interferir el trazado de la nueva vía.

I.033.MT: Trasladar al costado de la vía las estructuras 383, 365, 364, 363, 361, 360, 359, 358, 357, 354, 353 para no interferir el nuevo trazado.

Las demás interferencias no afectan el trazado ni la construcción de la nueva vía.

3.2.6.3.2.2 Propuesta de traslado de interferencias media tensión Unidad Funcional – 3

Las actividades se clasificaron de acuerdo con la solución para cada interferencia; es decir

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

se tiene actividades de reubicación, protección temporal o definitiva, reposición, etc.

A continuación se presenta el análisis y la propuesta de reubicación para cada uno de los tramos de red identificados en el inventario de interferencias.

I.400.MT: No es necesario desplazar la interferencia. Se necesitan planes de protección para el trabajo en la vía.

I.401.MT: La interferencia corresponde a una red de media tensión de 7.6 kV cuyo trazado interfiere con el diseño de la nueva vía. Se propone la reubicación de las siete estructuras y de la línea de la siguiente forma:

- i. Desplazar la estructura 1776, 17.75 metros al costado nororiental.
- ii. Desplazar la estructura 1778, 15.5 metros al costado nororiental.
- iii. Desplazar la estructura 1782, 15 metros al costado nororiental.
- iv. Desplazar la estructura 1784, 13.5 metros al costado nororiental.
- v. Desplazar la estructura 1788, 11.6 metros al costado nororiental.
- vi. Desplazar la estructura 1798, 6.4 metros al costado nororiental.
- vii. No desplazar la estructura 1802 de su posición actual.
- viii. Instalar la línea en las estructuras desplazadas.

I.402.MT: La interferencia corresponde a una red de media tensión de 13.2 kV cuyo trazado interfiere con el diseño de la nueva vía. Se propone la reubicación de las diez estructuras y de la línea de la siguiente forma:

- i. No es necesario desplazar la estructura 1762 de su posición actual.
- ii. Desplazar la estructura 1766, 16 metros al costado nororiental.
- iii. Desplazar la estructura 1769, 16.6 metros al costado nororiental.
- iv. Desplazar la estructura 1772, 16 metros al costado nororiental.
- v. Desplazar la estructura 1775, 15.5 metros al costado nororiental.
- vi. Desplazar la estructura 1779, 14 metros al costado nororiental.
- vii. Desplazar la estructura 1782, 15 metros al costado nororiental.
- viii. Desplazar la estructura 1786, 10 metros al costado nororiental.
- ix. Desplazar la estructura 1789, 9.5 metros al costado nororiental.
- x. Desplazar la estructura 1799, 6.7 metros al costado nororiental.
- xi. Instalar la línea en las estructuras desplazadas.

3.2.6.3.3 Redes de baja tensión

3.2.6.3.3.1 Propuesta de traslado de interferencias baja tensión Unidad Funcional – 1

A continuación se presenta el análisis y la propuesta de reubicación para cada uno de los ramos de red identificados en el inventario de interferencias.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

I.003.BT: Traslado de las estructuras 1580 y 1578 al separador para reubicar la red.

I.010.BT: La interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica.

I.012.BT: La interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica.

I.017.BT: La interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica.

I.019.BT: La interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica.

I.020.BT: Verificar diseños finales y nivel del nuevo trazado para evaluar si la construcción a la que la interferencia suministra energía se mantiene.

I.021.BT: La interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica.

I.026.BT: Redes de baja tensión del separador del nuevo trazado serán desmontadas por demolición de las construcciones.

I.029.BT: La interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica.

I.030.BT: La interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica.

I.031.BT: Parte de la interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica. La red necesaria para las construcciones restantes será montada al costado occidental de la vía.

I.089.BT: La interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica.

I.090.BT: La interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica.

I.094.BT: Trasladar la estructura 597 al separador de la vía para eliminar interferencia en el nuevo trazado.

I.095.BT: La interferencia será desmontada al ser necesario la demolición de las construcciones a las cuales suministra energía eléctrica.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

I.096.BT: Trasladar la red con sus estructuras al costado oriental del nuevo trazado de la vía.

3.2.6.3.3.2 Propuesta de traslado de interferencias baja tensión Unidad Funcional – 3

No hay interferencias que afecten el trazado ni la construcción de la nueva vía.

3.2.6.3.4 Redes de alumbrado público

Los planos y diseños relacionados con esta infraestructura interceptada se presenta en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Infraestructura Existente)*.

3.2.6.3.4.1 Propuesta de traslado de interferencias baja tensión Unidad Funcional – 1

Se eliminará todo el alumbrado público actual para realizar una nueva instalación que cubra ambos sentidos de la vía. Se realizaron los cálculos necesarios y la proyección de las nuevas redes con sus respectivos transformadores.

3.2.6.3.4.2 Propuesta de traslado de interferencias baja tensión Unidad Funcional – 3

A continuación se presenta el análisis y la propuesta de reubicación para cada uno de los ramos de red identificados en el inventario de interferencias.

I.400.AP: No es necesario desplazar la interferencia. I.401.AP: No es necesario desplazar la interferencia.

I.402.AP: La interferencia corresponde a una red de alumbrado público cuyo trazado interfiere con el diseño de la nueva vía. Se propone la reubicación de las siete estructuras y de la línea de la siguiente forma:

- i. Desplazar la estructura 1790, 7.2 metros al nuevo separador.
- ii. Desplazar la estructura 1788, 4.5 metros al nuevo separador.
- iii. Desplazar la estructura 1787, 4.7 metros al nuevo separador.
- iv. Desplazar la estructura 1785, 4 metros al nuevo separador.
- v. Desplazar la estructura 1782, 3.9 metros al nuevo separador.
- vi. Desplazar la estructura 1781, 11.7 metros al nuevo separador.
- vii. No es necesario desplazar la estructura 1778 de su posición actual, toca reemplazar la estructura.
-
- viii. No es necesario desplazar la estructura 1777 de su posición actual, toca reemplazar la estructura.
- ix. No es necesario desplazar la estructura 1776 de su posición actual, toca reemplazar la estructura.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

- x. No es necesario desplazar la estructura 1774 de su posición actual, toca reemplazar la estructura.
- xi. No es necesario desplazar la estructura 1773 de su posición actual, toca reemplazar la estructura.
- xii. Desplazar la estructura 1771, 2 metros al nuevo separador.
- xiii. Desplazar la estructura 1770, 2.8 metros al nuevo separador.
- xiv. Desplazar la estructura 1768, 1 metro al nuevo separador.
- xv. Desplazar la estructura 1767, 2.3 metros al nuevo separador.
- xvi. Desplazar la estructura 1765, 3 metros al nuevo separador.
- xvii. Desplazar la estructura 1764, 2.5 metros al nuevo separador.
- xviii. No es necesario desplazar la estructura 1763 de su posición actual. 18. Instalar la línea en las estructuras desplazadas.

I.403.AP: No es necesario desplazar la interferencia. Es necesario reemplazar las estructuras actuales.

3.2.6.4 Redes de tecnologías de la información y las comunicaciones

Los planos y diseños relacionados con esta infraestructura interceptada se presenta en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Infraestructura Existente)*.

3.2.6.4.1 Propuesta de traslado de interferencias Unidad Funcional – 1

A continuación se presenta el análisis y la propuesta de reubicación para cada uno de los ramos de red identificados en el inventario de interferencias.

I.002.TC: El primer tramo, entre las estructuras 1589 y 1590, se cambiará a tramo subterráneo y la estructura 1590 será cambiada y trasladada tres metros fuera de la nueva vía. La estructura 1581 será trasladada 6 metros fuera del trazado de la nueva vía y por lo tanto el tramo de telecomunicaciones entre la estructura 1582, 1581 y 53 será movida.

I.004.TC: La interferencia corresponde a una red de telecomunicaciones cuyo trazado interfiere con el diseño de la nueva vía. Se propone la instalación de dos nuevas estructuras para el cruce del trazado de la nueva vía y de esta forma modificar el tramo en su paso por las estructuras 1574, 1572 y 1571.

I.006.TC: La interferencia cruza el trazado de la nueva vía, por lo tanto de instalará una nueva estructura para realizar el cruce perpendicular de la línea de telecomunicaciones. Se modificará el tramo entre las estructuras 102 y 1551.

I.007.TC: La interferencia interfiere el trazado de la nueva vía. Se eliminará la estructura 1544 y se instalará una nueva para realizar un cruce perpendicular entre el tramo de telecomunicaciones y la vía.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

I.078.TC: La interferencia interrumpe la construcción de la nueva vía entre las estructuras 153 y 167. Se propone la instalación de una nueva estructura en este tramo para desviar la interferencia.

I.012.TC: Se eliminará la interferencia al demoler las construcciones que interfieren con el trazado de la nueva vía.

I.081.TC: La interferencia será desviada en diversos tramos para que no afecte el trazado de la nueva vía. Se moverán al costado norte las estructuras 192, 193, 194, 201, 204, 205, 209, 210, 211, 212, 214 y mover la 215 al nuevo separador, desviando el tramo desde la estructura 191 a 216. Trazar un tramo de red entre las estructuras 212 y 1526 para el suministro de las viviendas cercanas a la vía.

I.082.TC: Suprimir el tramo que sale de la estructura 247 al demoler la construcción que interrumpe el trazado de la nueva vía.

I.015.TC: Suprimir el tramo que llega a la estructura 237 al demoler la construcción que interrumpe el trazado de la nueva vía. Utilizar la estructura 236 para el cruce de la línea sobre la vía.

I.084.TC: Trasladar la estructura 963, 4.6 metros al oriente para ubicarla en el separador y no interferir con el trazado de la nueva vía; Suprimir el tramo que sale de la estructura 877 al demoler la construcción que interrumpe el trazado de la nueva vía y trasladar las estructuras 879, 877 y 876 al separador de la nueva vía modificando el recorrido de la red por estos puntos; Trasladar la estructura 871, 4.5 metros al norte, para ubicarla en el separador y no interferir con el trazado de la nueva vía.

I.089.TC: Suprimir el tramo que sale de la estructura 775 al demoler la construcción que interrumpe el trazado de la nueva vía.

I.021.TC: Suprimir el tramo que sale de la estructura 765 al interrumpir el nuevo trazado de la vía.

I.021.1.TC: Suprimir tramo entre estructuras 760 y 761 al ser demolidas las construcciones a las que presta servicio.

I.090.TC: Suprimir el tramo que sale de la estructura 732 al interrumpir el nuevo trazado de la vía.

I.090.TC: Trasladar al costado nororiental de la vía las estructuras 706, 705, 704, 703, 702, 701 y 700 para modificar el trazado del tramo entre las estructuras 707 y 699.

I.091.TC: Trasladar al costado nororiental de la vía las estructuras 706, 705, 704, 703, 702, 701 y 700 para modificar el trazado del tramo entre las estructuras 707 y 699.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

I.029.TC: Suprimir el tramo que va por las estructuras 638, 1486, 1485, 1484, 1482, 1480, 1483 y 632. Trasladar la línea por las estructuras 63, 636, 635, 634 y 633. Suprimir tramo que sale de la estructura 623.

I.093.TC: Trasladar las estructuras 609, 608, 607, 606, 605, 604, 602, 601, 599 y 598 para así pasar el tramo a estas estructuras. Cambiar el trazado de las líneas a partir de la estructura 593 a un trazado subterráneo hasta la estructura 580. Las estructuras 589, 587 y 586 serán trasladadas a un costado de la vía.

I.094.TC y I.095.TC: Trasladar al costado oriental de la vía las estructuras 526, 523, 521, 519, 518, 515, 513, 512, 507, 506, 505, 504, 502, 499, 497 y 496 para trasladar la red a este nuevo trazado.

I.095.TC: Trasladar las estructuras 492, 491, 487, 486, 485 y 483 al costado oriental del nuevo trazado para extender las líneas por este tramo. Trasladar las estructuras 483, 478, 476, 470, 467, 466, 465, 463, 459, 457 y 456 al separador de la vía para trazar la red por esta nueva ubicación. Trasladar la estructura 454 al costado occidental de la nueva vía para conectar la línea a la estructura 450 y seguir el trazado original. Suprimir el tramo entre las estructuras 452 y 453 por demolición de la construcción a la que sirve.

I.096.TC: Trasladar las estructuras 445 y 444 al costado occidental del nuevo trazado trasladando a su vez la línea desde la estructura 447 a la estructura 443. Trasladar las estructuras 434, 433, 432, 431, 428 y 425 al costado occidental para trasladar este tramo a este costado. Trasladar la estructura 2 metros al separador alterando el trazado de la línea.

I.097.TC: Trasladar las estructuras 399, 398 y 397 al nuevo separador para no interferir en el nuevo trazado. Trasladar la estructura 383 al separador para mover la línea. Trasladar las estructuras 379, 378, 377 y 376, 3 metros al costado de la vía para no interferir en la misma.

I.098.TC y I.099.TC: Trasladar las estructuras 365, 364, 363, 361, 360, 359, 358, 357, 354, 353, 352 y 350 al separador del trazado de la nueva vía. Mover las interferencias a este nuevo trazado.

I.101.TC: Trasladar la estructura 333, 4.3 metros al separador para no obstruir la nueva vía moviendo el tramo por este punto. Trasladar las estructuras 313 y 310 al separador del nuevo trazado para mover el tramo por estos puntos.

Las demás interferencias no mencionadas no necesitan ser removidas o trasladadas de su sitio.

3.2.6.4.2 Propuesta de traslado de interferencias Unidad Funcional – 3

A continuación se presenta el análisis y la propuesta de reubicación para cada uno de los

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

ramos de red identificados en el inventario de interferencias.

I.400.TC: No es necesario desplazar la interferencia.

I.402.TC: La interferencia corresponde a una red de alumbrado público cuyo trazado interfiere con el diseño de la nueva vía. Se propone la reubicación de las siete estructuras y de la línea de la siguiente forma:

- i. No es necesario desplazar la estructura 1759 de su posición actual.
- ii. No es necesario desplazar la estructura 1762 de su posición actual.
- iii. Desplazar la estructura 1766, 16 metros al costado nororiental.
- iv. Desplazar la estructura 1769, 16.5 metros al costado nororiental.
- v. Suprimir el paso de la línea por la estructura 1770.
- vi. Suprimir el paso de la línea por la estructura 1771.
- vii. Desplazar la estructura 1772, 16 metros al costado nororiental.
- viii. Desplazar la estructura 1775, 15.5 metros al costado nororiental.
- ix. Desplazar la estructura 1779, 13.7 metros al costado nororiental.
- x. Desplazar la estructura 1782, 14.8 metros al costado nororiental.
- xi. Desplazar la estructura 1789, 9.5 metros al costado nororiental.
- xii. Desplazar la estructura 1798, 6.5 metros al costado nororiental.
- xiii. Desplazar la estructura 1799, 6.6 metros al costado nororiental.
- xiv. Instalar la línea en las estructuras desplazadas.

3.2.6.5 Distritos de riego

En ninguno de las Unidades Funcionales se ha encontrado interferencia con algún distrito de riego.

3.2.6.6 Redes viales

En la construcción de la segunda calzada se contempla el cruce con cada una de las Unidades Funcionales, por lo tanto, se considera según la clasificación del INVIAS, ver Tabla 3-44

Tabla 3-44 Clasificación de la red vial según INVIAS

Clasificación	Descripción
Primarias	Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países.
Secundarias	Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria.
Terciaria	Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, INVIAS 2008

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

En atención al Requerimiento 2(13) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “*Vías veredales interceptadas*”, a continuación se relacionan las vías que se cruzan con cada una de las Unidades Funcionales: Tabla 3-45 y Figura 3-118 para la UF1 y Tabla 3-46 y Figura 3-119 para la UF3:

Tabla 3-45 Vías cruzan la Unidad Funcional - 1

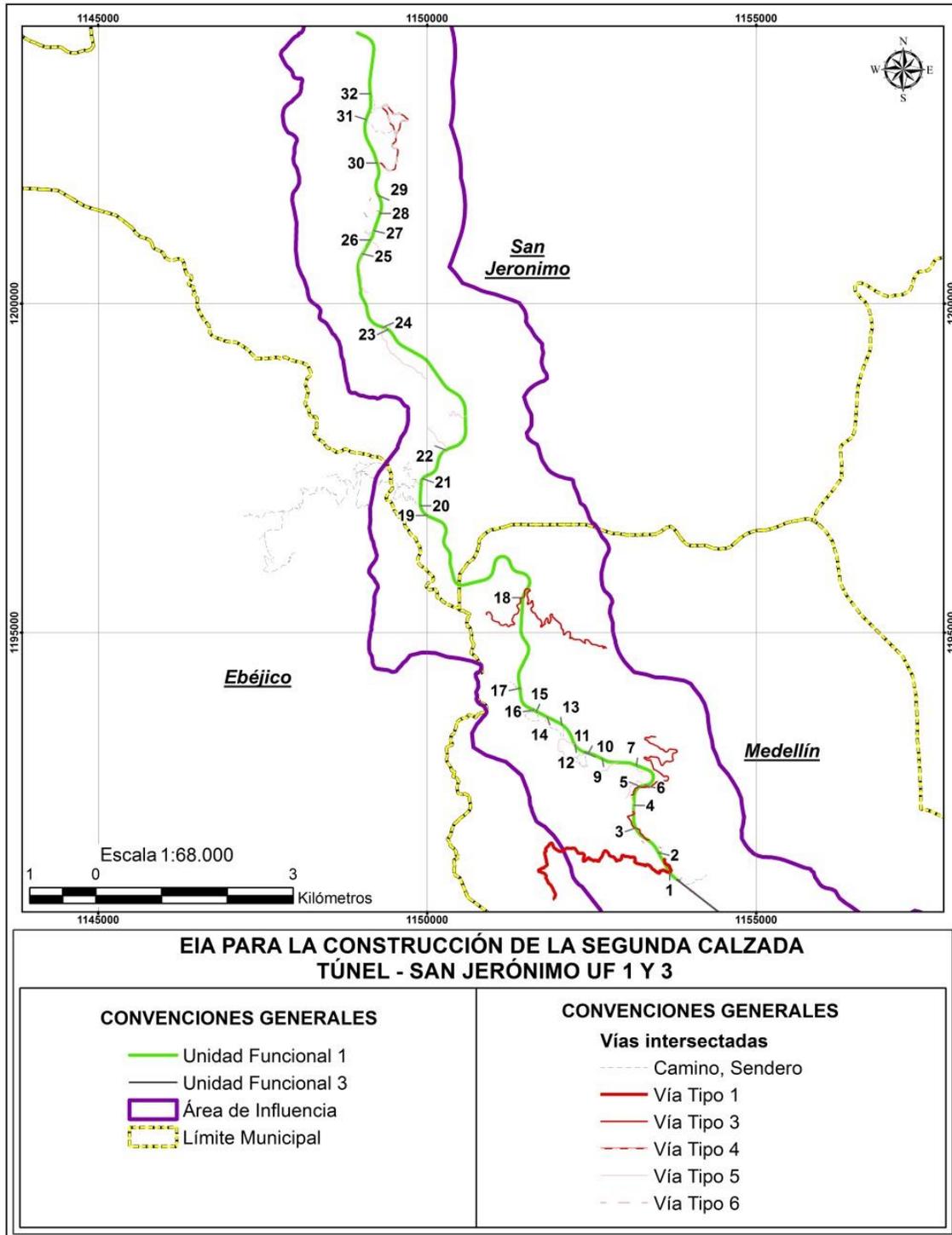
No.	Vereda	Tipo Vía	Descripción IGAC	X	Y
1	La Frisola	1	Vía pavimentada de 2 o mas carriles transitable todo el año	1153685,057	1191355,143
2	La Volcana - Guayabal	6	Vía sin afirmado transitable en tiempo seco	1153513,021	1191655,186
3	La Volcana	3	Vía angosta pavimentada, transitable todo el año	1153168,94	1192028,54
4	La Volcana	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1153142,411	1192374,408
5	La Volcana	3	Vía angosta pavimentada, transitable todo el año	1153236,734	1192658,126
6	La Volcana	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1153302,642	1192679,083
7	La Aldea	0	Vía tipo camino o sendero	1153179,065	1192980,174
8	La Aldea	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1152892,764	1193027,377
9	La Aldea	0	Vía tipo camino o sendero	1152661,77	1193079,004
10	La Aldea	0	Vía tipo camino o sendero	1152390,908	1193181,511
11	La Aldea	0	Vía tipo camino o sendero	1152448,137	1193166,792
12	La Aldea	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1152245,006	1193293,939
13	La Aldea	0	Vía tipo camino o sendero	1152045,989	1193600,563
14	La Aldea	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1151820,308	1193718,861
15	La Aldea	0	Vía tipo camino o sendero	1151659,497	1193799,731
16	La Sucia	0	Vía tipo camino o sendero	1151620,076	1193819,614
17	La Sucia	0	Vía tipo camino o sendero	1151407,997	1194153,895
18	La Sucia	3	Vía angosta pavimentada, transitable todo el año	1151455,898	1195530,369
19	Pesquinal	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1149994,167	1196781,96
20	Pesquinal	0	Vía tipo camino o sendero	1149896,854	1196928,341
21	Pesquinal	0	Vía tipo camino o sendero	1149932,401	1197339,832
22	Piedra Negra	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1150280,139	1197773,091
23	Llano San Juan	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1149405,004	1199605,378
24	Berial	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1149325,188	1199641,059

 <p>Agencia Nacional de Infraestructura</p>	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

No.	Vereda	Tipo Vía	Descripción IGAC	X	Y
25	Berial	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1149018,885	1200757,494
26	Berial	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1149140,022	1200970,529
27	Berial	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1149191,692	1201108,615
28	Berial	6	Vía sin afirmado transitable en tiempo seco	1149284,704	1201372,12
29	Berial	6	Vía sin afirmado transitable en tiempo seco	1149260,599	1201644,452
30	Berial	4	Carretera angosta sin pavimentar transitable todo el año.	1149238,506	1202137,327
31	El Calvario	0	Vía tipo camino o sendero	1149069,568	1202797,546
32	El Calvario	0	Vía tipo camino o sendero	1149135,362	1203192,515

Fuente: Consultoría Colombiana.2016

Figura 3-118 Vías cruzan la Unidad Funcional - 1



Fuente: Consultoría Colombiana.2017

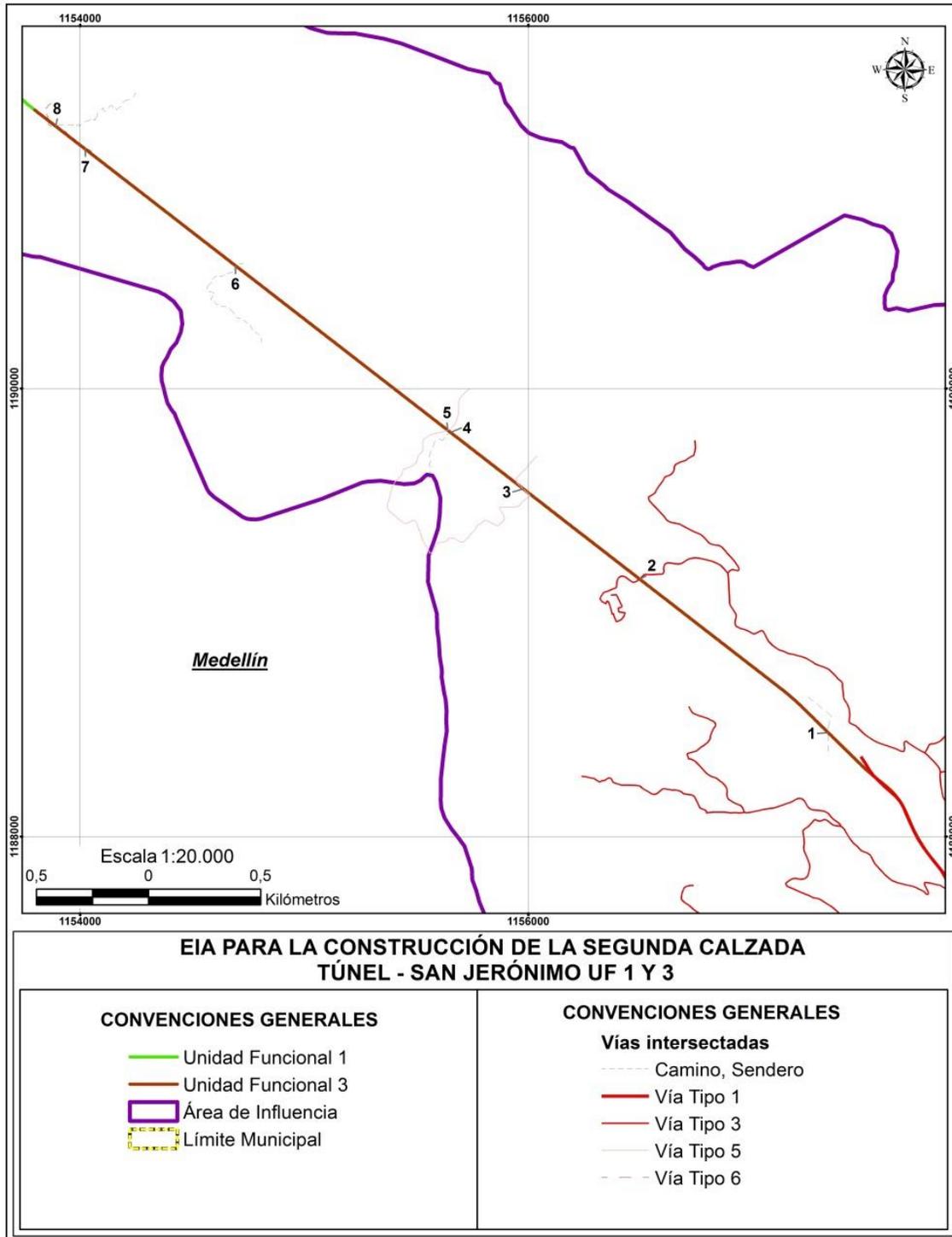
 <p>Agencia Nacional de Infraestructura</p>	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 3-46 Vías cruzan la Unidad Funcional – 3

Id	Vereda	Tipo_Vía	Descripción IGAC	X	Y
1	Naranjal	3	Vía corta de tipo sendero	1157337,957	1188464,128
2	Naranjal	3	Carretera angosta transitable todo el año	1156496,288	1189149,757
3	Naranjal	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1155977,552	1189552,204
4	La Frisola	0	Vía tipo camino o sendero.	1155653,047	1189803,948
5	La Frisola	5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	1155640,319	1189813,822
6	La Frisola	0	Vía tipo sendero	1154694,308	1190546,705
7	La Volcana - Guayabal	6	Vía sin afirmado transitable en tiempo seco	1154022,217	1191069,111
8	La Volcana - Guayabal	0	Vía tipo camino o sendero	1153890,959	1191171,017

Fuente: Consultoría Colombiana.2016

Figura 3-119 Vías cruzan la Unidad Funcional - 3



Fuente: Consultoría Colombiana, 2017

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.6.7 Predios

El trazado proyectado y su servidumbre asociada, pasa principalmente por zonas de pastos o concentraciones de viviendas por su cercanía al corredor actual.

Si bien se tuvieron en cuenta durante los diseños del trazado, distancias mínimas de seguridad con respecto a centros poblados e infraestructura de interés socioeconómico, la geografía colombiana se caracteriza por tener familias que se asientan en zonas aledañas a vías y otras infraestructuras, como este caso.

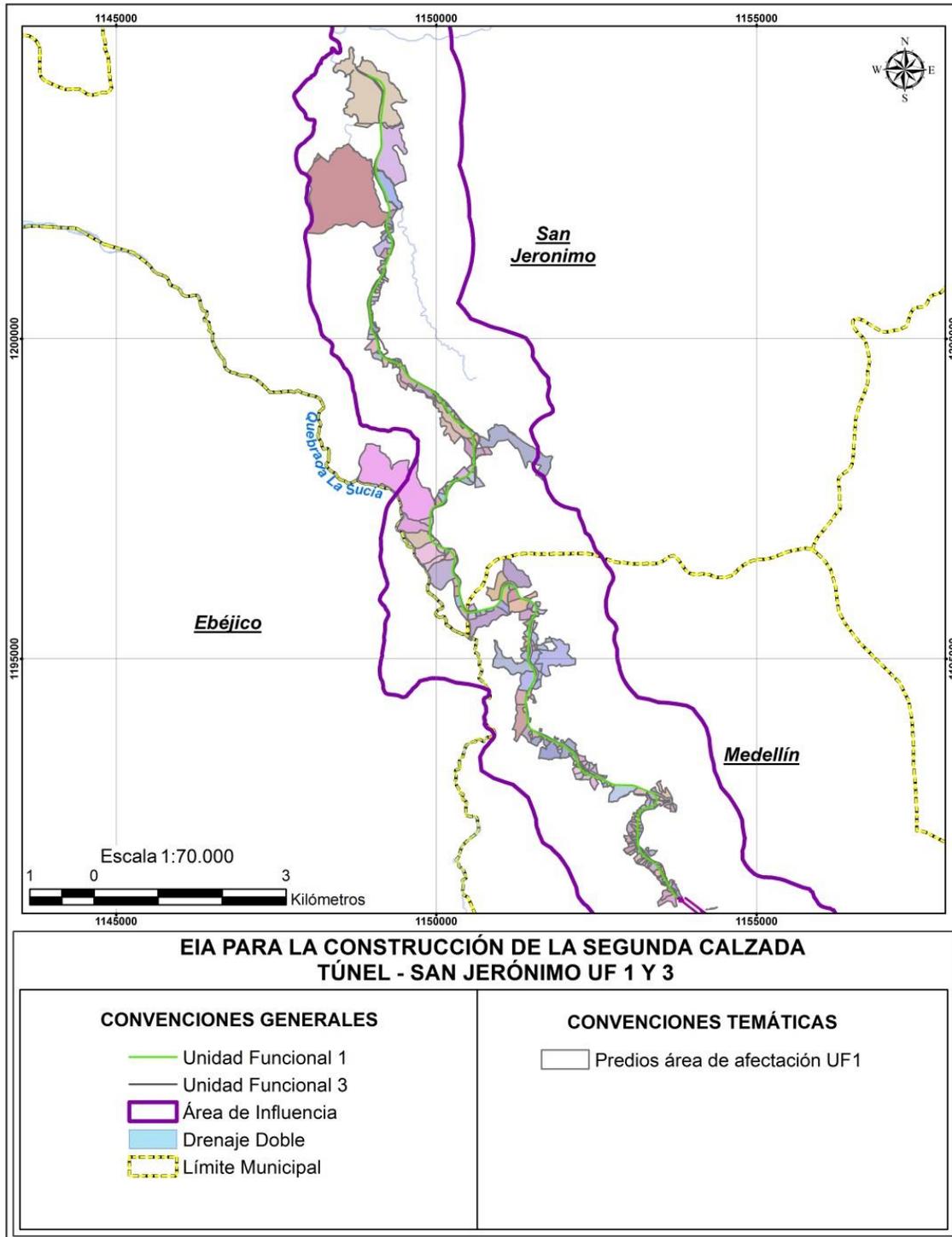
En la Tabla 3-47 y Tabla 3-48 se hace la relación de la cantidad predios que se verían afectados por cada Unidad Funcional, enfatizando en que los datos relacionados corresponden a datos aproximados que serán objeto de ajuste y negociación para la materialización definitiva del proyecto vial. En la Figura 3-120 y Figura 3-121 se muestra la localización de los predios para la Unidad Funcional 1 y 3 respectivamente y el detalle de cada uno de los predios a intervenir se presenta en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Predios)*.

Tabla 3-47 Resumen predios Unidad Funcional 1-

Municipio	Vereda	Cantidad de predios	Área de Intervención (ha)	Área Total del Predio
Medellín	Corregimental Palmitas	2	0,242	8,241
	La Aldea	36	4,522	159,039
	La Frisola	6	0,657	47,544
	La Sucia	18	3,625	296,529
	La Volcana - Guayabal	59	7,805	120,483
	Urquita	14	1,180	157,785
San Jerónimo	Berrial	122	6,315	402,431
	El Calvario	1	4,112	240,239
	Llano San Juan	21	6,268	308,788
	Loma Hermosa	4	0,039	2,252
	Mestizal	17	2,101	185,138
	Pesquinal	10	0,849	332,569
	Piedra Negra	19	6,030	99,375
	Quimbayo	3	2,545	1.168,312
Total			46,290	3.528,726

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Figura 3-120 Predios Unidad Funcional 1



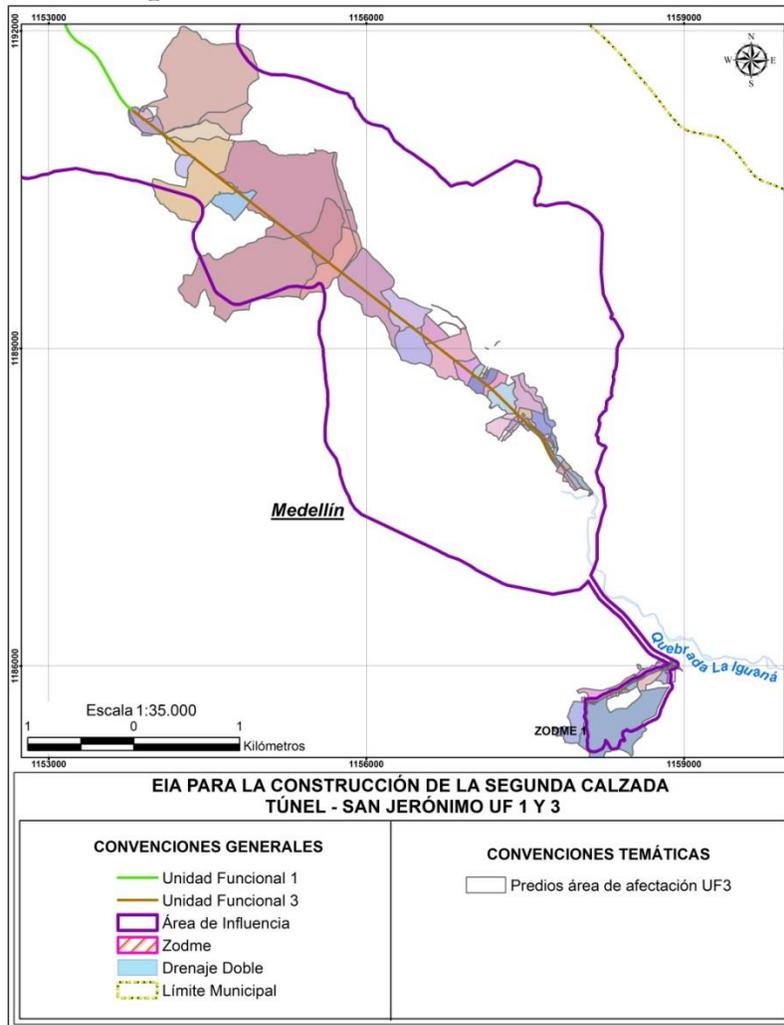
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Tabla 3-48 Resumen predios Unidad Funcional - 3

Municipio	Vereda	Cantidad de predios	Área de Intervención (ha)	Área Total del Predio
Medellín	El Llano	3	0,176	7,017
	La Cuchilla	16	1,894	22,729
	La Frisola	11	2,083	307,671
	La Palma	66	5,932	82,227
	La Volcana - Guayabal	4	0,614	81,567
	Naranjal	32	3,483	229,800
Total			14,181	731,011

Fuente: Consultoría Colombiana.2017

Figura 3-121 Predios Unidad Funcional 3



Fuente: Consultoría Colombiana S.A..2017

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.1</p>	

3.2.6.8 Afectación infraestructura comunitaria

En atención al Requerimiento 2(8) presentado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- el 16 de diciembre de 2016, donde se solicita: “*Afectación de Infraestructura Comunitaria.*”, y el Requerimiento 15: “*Presentar la caracterización de la Comunidad Educativa perteneciente a la IE la Volcana y del proceso estimado de reubicación temporal y relocalización definitiva de las instalaciones de dicha infraestructura*”, a continuación se relaciona la descripción general del traslado de la Institución Educativa La Volcana:

Para el desarrollo del proyecto será necesario el traslado de la Institución Educativa La Volcana, localizada en la vereda del mismo nombre, perteneciente al municipio de Medellín; en este sector funcionará la planta de concreto y asfalto.

La institución educativa cuenta con 2 docentes tiempo completo, para atender 31 estudiantes entre los 6 y 11 años de edad. La planta física consta de 3 salones, 1 biblioteca, 1 cocina, 2 oficinas, 1 restaurante escolar, 1 unidad sanitaria, zona de juegos, patio, zona verde, galpón experimental y cuarto de implementos de aseo. En el predio no se encuentran residentes y tiene vigilancia privada.

A continuación se relaciona el registro fotográfico de dicha infraestructura (Ver Fotografía 3- 1, Fotografía 3- 2, Fotografía 3- 3 y Fotografía 3- 4).

Fotografía 3- 1 Ingreso a la institución educativa



Fuente: Devimar S.A.S., 2017.

Fotografía 3- 2 Acceso peatonal a las aulas escolares



Fuente: Devimar S.A.S., 2017.

Fotografía 3- 3 Hall de acceso a sala de profesores

Fotografía 3- 4 Biblioteca

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.1		



Fuente: Devimar S.A.S., 2017.



Fuente: Devimar S.A.S., 2017.

La caracterización detallada de la institución educativa, así como la gestión adelantada con la comunidad educativa, la Secretaria de Educación y la Alcaldía de Medellín, se relaciona en el capítulo 5.3. Componente socioeconómico, ítem 5.3.3.2.1. Dimensión espacial, Área de Influencia directa, caracterización Institución Educativa La Volcana (Ver ANEXO K12. Mesas de trabajo equipamiento comunitario).

3.2.7 Insumos del proyecto

Durante la fase de construcción del proyecto se contempla la utilización de materiales de construcción para ejecutar las obras, combustibles para los equipos, los insumos procesados para las estructuras en concreto y los explosivos para las excavaciones. Para la utilización de estos materiales se requiere establecer las medidas de manejo, su procedencia y las cantidades estimadas.

3.2.7.1 Materiales de construcción

El desarrollo del proyecto requerirá la utilización de materiales pétreos y granulares para las construcciones y adecuaciones de las vías y accesos; dichos materiales se obtendrán de canteras o sitios de extracción aluvial operados por terceros que tengan licencias minera y ambiental vigentes otorgadas por las respectivas entidades competentes.

No obstante lo anterior, de identificarse la posibilidad y viabilidad de extraer directamente este material por parte del constructor se realizarán los trámites de ley, tanto ambientales como mineros, para proceder a su explotación directa. En ningún caso se realizará sin contar con los permisos legales necesarios.

Los materiales de extracción aluvial serán tratados en una planta de trituración, (ver Figura 3-122), compuesta por la planta primaria móvil de trituración con trituradora de mandíbulas, la planta secundaria móvil de trituración con trituradora de conos, la planta de

cribado y la banda móvil de transferencia.

Figura 3-122 Planta de trituración



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

La necesidad de material de construcción (Sub Base Granular SBG) y la relación de Mezcla Densa Caliente (MDC) por cada Unidad Funcional se presenta en las Tabla 3-49 y Tabla 3-50.

Tabla 3-49 Relación de SBG y MDC requeridas para la Unidad Funcional 1

EJE	Abscisas		LONGITUD	SBG-50	SBG-40	MDC-25	MDC-19
			(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
EJE 2 (CALZADA IZQUIERDA)	+24	13+230	13.206	36.181,2	23.361,6	9.910,6	6.586,1
EJE 3 (CALZADA DERECHA)	14+530	19+050	4.520	14.611,3	9.494,8	4.089,8	2.257,8
Intersección LA ALDEA	Nueva			2.760,6	1.705,4	625,9	338,7
Intersección Ebéjico				573,6	353,5	147,4	78,3
Retorno 1				788,9	497,9	219,8	118,1
TOTAL			17.727	54.915,6	35.413,2	14.993,5	9.379,0

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Tabla 3-50 Relación de SBG y MDC requeridas para la Unidad Funcional 3

EJE	ABSCISAS		LONGITUD	SBG-50	SBG-40	MDC-25	MDC-19
			(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
EJE 1 (CALZADA IZQUIERDA)	+660	+803	143	506,7	334,6	142,0	74,6
	+803	5+399	4.596	3,5	2,3	1,0	0,5
	5+399	5+435	36	120,7	79,7	33,2	17,3
EJE 2 (CALZADA DERECHA)	+0	+660	660	2.938,3	1.949,9	856,8	494,4
TOTAL			5.435	3.569,1	2.366,5	1.033,0	586,9

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.1</p>	

3.2.7.2 Combustibles

El aprovisionamiento de combustible y lubricantes para equipos y vehículos al servicio del proyecto, se recibirá a través de un operador del proyecto debidamente avalado por las autoridades ambientales.

Según el avance de la obra, dentro de la zona de intervención del proyecto se adecuarán zonas temporales para almacenar combustible de forma temporal, de acuerdo a las necesidades de suministro de la maquinaria. No obstante estas áreas, se contará con un sitio central de almacenamiento que se ubicará dentro del polígono de la Planta 1, con capacidad entre 5.000 y 10.000 galones.

Estas zonas contarán con buena ventilación y estarán alejadas de fuentes de ignición, de oficinas y áreas administrativas. Igualmente no se almacenarán con otros productos incompatibles con combustibles y lubricantes.

La zona de almacenamiento estará acorde a la norma NFPA 30, para el almacenamiento de sólidos, líquidos y gases inflamables, contando con aireación, señalización, hojas de seguridad de los elementos almacenados, cubierta en zinc u otro material no inflamable. Se establecerá el plan de contingencia para indicar el procedimiento a seguir en caso de derrames accidentales.

El combustible será transportado en carrotanques los cuales cuentan con tanques de almacenamiento, motobombas, válvulas, tuberías y mangueras que hacen seguro el suministro. Los lubricantes y aceites serán transportados y entregados en canecas de 55 galones o recipientes más pequeños que cumplan con las normas de seguridad de recipientes y contenedores de combustibles y materiales peligrosos.

Se dispondrá de un carrotaller para el transporte de lubricantes y aceites a lo largo de la obra y para el suministro a las máquinas y plantas, cumpliendo igualmente con las normas de seguridad de recipientes, contenedores y transporte de combustibles y materiales peligrosos correspondiente.

El aprovisionamiento de combustible y lubricantes se hará en forma segura y limpia, tomando las medidas necesarias para evitar que se presenten derrames. Lo anterior incluye la revisión previa del estado de acoples y mangueras, empleo de mangueras sin uniones intermedias para evitar fallas de las mismas y registro del estado de los equipos a emplear por el supervisor encargado de las obras previo al cargue de combustibles de los equipos complementarios.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.7.3 Insumos procesados

3.2.7.3.1 Descripción de actividades en la planta de concreto

El proceso de preparación del concreto para el suministro durante la fase constructiva del proyecto se iniciará con la recepción, descargue y almacenamiento de los insumos y materias primas (cemento, agregados finos y gruesos, aditivos y agua), que se realizará con diferentes tipos de vehículos (volquetas dobletroques y trailers, carros cisternas y furgones), los cuales descargarán en las áreas acondicionadas para tal fin. Posteriormente a la descarga, apilado y almacenamiento de las materias primas, se realizará la alimentación de las planta dosificadora, para finalmente depositar los materiales en los carros mezcladores para su homogenización. Después del cargue de los vehículos transportadores de concreto (mixer) se efectuará el lavado de los mismos previo a su salida de la planta.

Se realizarán pruebas de control de calidad (asentamientos, toma de cilindros etc.) de forma aleatoria de acuerdo con los criterios establecidos por control de calidad y especificaciones técnicas del proyecto. Estos cilindros serán sometidos a ensayos de resistencia a la compresión después de pasar por el proceso de curado establecido.

En la planta de dosificación de concreto sólo se realizarán mantenimientos menores de la maquinaria y equipos que no puedan ser trasladados a los talleres autorizados para prestar este servicio en el proyecto; los residuos resultantes y el manejo de aceites, grasas y lubricantes se realizará según lo establecido en el Plan de Manejo de Residuos implementado durante la etapa constructiva por el proyecto.

3.2.7.3.1.1 Producción, recepción, descargue y almacenamiento de las materias primas

Un proceso previo a la elaboración del concreto lo constituye la trituración de los agregados para fabricar el concreto, así como el manejo y el almacenamiento de los otros materiales componentes del mismo, como son los agregados, el cemento, el agua y los aditivos. El manejo y almacenamiento de los materiales es una actividad muy importante ya que su adecuado manejo garantiza la calidad del producto final. El transporte y movimiento de las materias primas con destino a los sitios de almacenamiento, aprovechamiento o de disposición final, se realizará en automotores de carga pesada e incluye el transporte de los materiales e insumos necesarios para el desarrollo de las demás actividades. Condiciones que serán de dinámica y ajuste durante el proceso constructivo según sea requerido o especificado por las particularidades del Proyecto.

A continuación se presenta una descripción del manejo y almacenamiento para cada uno de los materiales componentes del concreto a ser implementadas durante el funcionamiento de la planta dosificadora de concreto:

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Cemento: El almacenamiento de cemento a granel se realizará en silos metálicos de 100 ton o similar localizados dentro de la Planta 1. El suministro de cemento a la planta se efectuará con camiones tipo cisterna o pipas, los cuales emplearán un compresor de baja presión para la descarga del material al Silo. El interior de los silos serán lisos sin orificios que permitan la penetración de humedad ya que si esto sucede se formarán costras de cemento endurecido en el interior, que al desprenderse puede bloquear el sistema de dosificación y dañar el equipo de mezclado. Cada uno de los silos de almacenamiento de cemento estará equipado con tubería de llenado, dosificador de cemento con sistema de cero emisiones que corresponde a un sistema indicador de niveles de cargue de cemento (incluye válvulas de seguridad), sistema de colector de polvos por filtro de cartuchos de alta eficiencia para evitar la polución en cargue.

El cemento será suministrado por un proveedor certificado, que deberá contar con los permisos ambientales requeridos para éste tipo de actividad y adicionalmente de ser posible que cuente con certificación ISO 14001.

Agregados: Las operaciones de trituración, manejo y de almacenamiento pueden afectar propiedades tan importantes como la gradación, la uniformidad del contenido de humedad, la limpieza y la forma. Los sitios o áreas de almacenamiento serán preferiblemente en piso duro (de concreto o suelo – cemento); se deben evitar mezclas entre las pilas de diferente granulometría; el suelo debe estar limpio, libre de vegetación, polvo, materia orgánica, partículas deleznable y cualquier otro elemento que lo pueda contaminar. Teniendo en cuenta lo anterior, los agregados serán producidos y almacenados en áreas y en cantidades que puedan satisfacer las necesidades del proyecto de la siguiente forma:

Grava de 1½ pulgada
 Grava ¾ de pulgada
 Grava de ½ pulgada
 Grava de ¼ pulgada
 Arena triturada

La primera opción para el suministro o adquisición de estos materiales será el que se produzca en la excavación del túnel, y que una vez obtenido el material apto, se utilizará para la producción de concretos hidráulicos. La segunda opción es a través de proveedores que cuenten con los permisos ambientales vigentes ante la Secretaría de Minas y la Autoridad Ambiental competente ubicados preferiblemente en la zona del Proyecto.

Aditivos: El almacenamiento de aditivos se realizará en tanques herméticos de fibra de vidrio, los cuales deben de estar acompañados de diques de contención con el fin de evitar posibles derrames, estos diques deberán tener un 10% de más capacidad a la prevista para almacenar.

Agua: Este insumo del proceso se obtendrá de las fuentes autorizadas en la Licencia Ambiental del Proyecto; dicho recurso será almacenado para abastecer la planta y de igual forma se realizará ciclo cerrado con el agua industrial vertida que será reincorporada al

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

proceso, como parte del manejo y optimización del recurso se contará con tanques en fibra de vidrio, metálicos, plásticos o en concreto con la capacidad adecuada que permitan almacenar y reutilizar nuevamente el agua recirculada si así se hiciese necesario; de este modo se propiciará el uso óptimo del agua dentro del proceso productivo.

3.2.7.3.1.2 Elaboración del concreto en el proyecto

La elaboración de concreto propiamente dicha constará de tres procesos: la trituración, dosificación y mezclado, y el transporte de los materiales. El primero consiste en la fabricación de los agregados con material proveniente de las canteras autorizadas, seleccionado de los cortes y/o del túnel. El segundo consiste en el pesaje de la materia prima, mezclado y cargue al camión mezclador; mientras que el tercer proceso se llevará a cabo en los camiones transportadores donde se continúa la homogenización de los materiales.

Para la dosificación los agregados son transportados desde las áreas de almacenamiento hasta las tolvas dosificadoras utilizando un cargador, el cemento será transportado desde los silos hasta la báscula mediante tornillos sinfín y, por último, el agua y los aditivos son bombeados desde sus respectivos sitios de almacenamiento hasta los sistemas de medición de las instalaciones dosificadoras y mezcladoras. Los materiales son vaciados (Agregados mediante banda transportadora, cemento por gravedad, agua y aditivos por mangueras) al camión mezclador.

En dicho camión estos materiales o insumos seguirán siendo mezclados durante el tiempo requerido para lograr la homogeneidad del concreto, de acuerdo a lo establecido en las tablas para la elaboración de las diferentes mezclas.

Las cantidades estimadas que se requieren obtener para cada Unidad Funcional se relacionan en la Tabla 3-51.

Tabla 3-51 Relación de concretos requeridos por unidad funcional

Unidad Funcional	Concreto requerido (m ³)
1	84.313,95
3	63.318,26
TOTAL	147.632,21

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

El detalle y desglose de los concretos se encuentra en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Concretos UF1-UF3)*.

3.2.7.3.1.3 Cargue y salida del concreto

En el cargue se utilizará un camión mezclador de tambor giratorio que transportará el

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

concreto desde el sitio de elaboración y mezclado hasta el lugar de colocación en obra.

Dependiendo de la necesidad, cada vehículo mezclador o mixer será lavado en su interior, en el sitio previsto para éste fin. Las aguas de lavado serán conducidas al sistema de sedimentación de aguas residuales para garantizar el 100% de recirculación del agua al proceso y no generar descarga fuera de la planta de dosificación de concreto del proyecto en mención.

3.2.7.3.1.4 Mantenimiento

Los vehículos y la maquinaria, así como los demás equipos a utilizar, serán sometidos a mantenimientos periódicos que incluirán limpieza, suministro de combustibles, engrase y cambios de aceite. La siguiente lista presenta los diferentes tipos de mantenimiento que se realizarán dentro de las instalaciones de la planta de elaboración de concreto a los equipos que no pueden ser desplazados hasta el taller del proyecto.

Mantenimiento mecánico: Comprende las actividades de mantenimiento que se ejecutan a los equipos industriales en las instalaciones de los talleres y centro de acopio; tales como limpieza, soldadura, cambio de piezas, montaje y desmontaje de estructuras, cambio de bandas transportadoras, engrase, entre otras. Incluye la inspección de los equipos para detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

Mantenimiento eléctrico: Comprende las actividades de mantenimiento que se llevan a cabo sobre los componentes eléctricos de los equipos y de la maquinaria en general; tales como revisión y cambio de cableado, funcionamiento de dispositivos eléctricos, así como de los demás accesorios de carácter eléctrico del equipo (Diodos, transistores, circuitos, codificadores, etc).

3.2.7.4 Explosivos

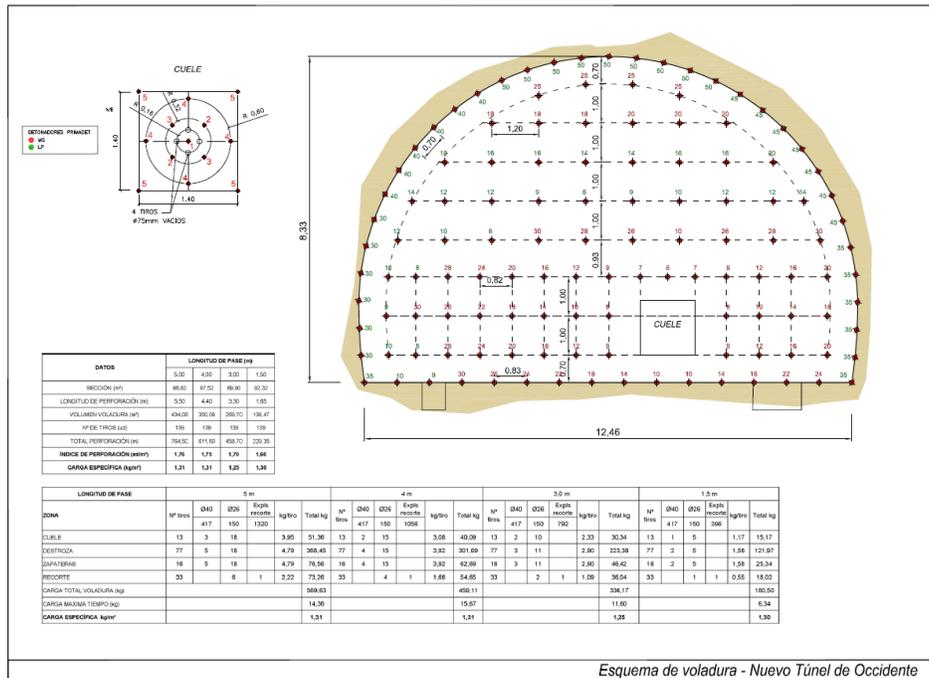
Por las características del proyecto se van a utilizar explosivos, lo cual hace necesario efectuar voladuras como se muestra en la Figura 3-123, con explosivos encartuchados, con carga de fondo que utilizarán cartuchos de 40 mm, sin embargo, como carga de columna el diámetro de los cartuchos será de 26 mm.

Las voladuras en túneles se caracterizan por no existir inicialmente ninguna superficie de salida salvo el propio frente de excavación, por lo que las pegas se efectuarán en condiciones de gran confinamiento. El principio de ejecución se basa en crear un hueco libre con los barrenos hacia el cual se rompen las cargas restantes de la sección.

En cada esquema de voladura, además de la secuencia se muestra el consumo específico de explosivos y el consumo de materiales de perforación para diferentes longitudes de pases de avance.

En los esquemas de voladura como se muestra en la Figura 3-123 se tiene en cuenta que el principal inconveniente que presenta el arranque con explosivos frente al mecánico, es que los perfiles de excavación son mucho más irregulares, con objeto de disminuir al máximo este aspecto desfavorable, los taladros de contorno o de pre-corte se han espaciado aproximadamente 0,6 m. Además la distancia entre la línea de perfil y la contigua estará comprendida entre 0,7 y 0,8 m.

Figura 3-123 Esquema de voladura



Esquema de voladura - Nuevo Túnel de Occidente

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Para las labores de precorte en las cuales se requiere una concentración de carga no excesiva con el objeto de no dañar la roca se utilizará también explosivos gelatinosos o hidrogeles específico para tiros de precorte o recorte, con una concentración de carga de 380 g/m en el fondo y 200 g/m en el resto del taladro, que consiste en una vaina rígida con manguitos de acoplamiento con aletas. Para estos tiros como carga de fondo se utilizarán cartuchos de 26 mm.

Del estudio de vibraciones, se puede establecer que la única afectación que se debe considerar delicada durante la excavación del nuevo túnel de Occidente es el túnel existente, que se encuentra a una distancia de 55 m, para ello el túnel existente está revestido en hastiales con una capa de espesor de 35 cm y revestido en bóveda con una capa de 5 cm de hormigón proyectado, con lo cual se amortiguarán los efectos de vibración.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.8 Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición

Para el manejo y la disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición en las dos (2) Unidades Funcionales se tienen establecidos ZODME, las cuales son zonas de disposición de materiales sobrantes de excavación y su objetivo primordial es alojar de forma permanente el material sobrante de excavación generado durante las actividades constructivas, bajo condiciones seguras que causen un impacto ambiental mínimo, para lo cual en la Tabla 3-52 se presentan estas ZODMEs con la relación de los volúmenes estimados a disponer en cada uno de los sitios identificados e indicando las características generales (ver Figura 3-124). Las coordenadas relacionadas corresponden a los puntos centroides de cada una de los polígonos propuestos.

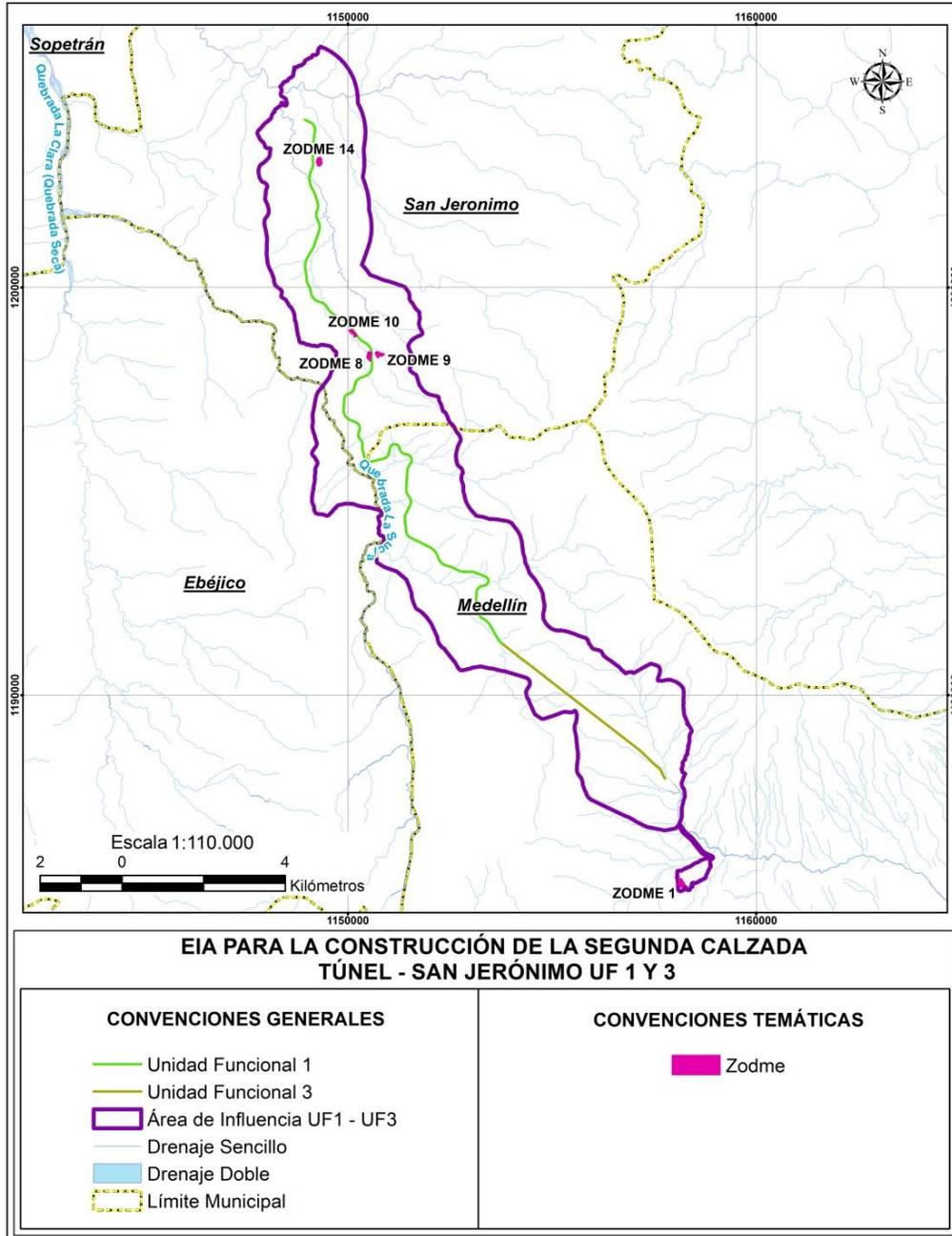
Se señala que la Tabla 3-52 presentan variaciones de área respecto a la Tabla 3-38 Consolidado de áreas consideradas en el proyecto, debido a que en el consolidado se tienen jerarquías, es decir, que los Chaflanes tienen prioridad respecto a las ZODMEs, por lo tanto, en la Tabla 3-38 al área de las ZODMEs, se le restan los Chaflanes de la vía a construir, en caso que haya superposición.

Tabla 3-52 ZODME para las Unidades Funcionales

ZODME	UF	Abscisa	Vereda	Este	Norte	Área (ha)	Capacidad estimada (m ³)
1	UF3	-	La Palma	1158166,80	1185387,73	1,956	273.170
8	UF1	11+000	Piedra Negra	1150520,00	1198313,90	2,022	82.175
9	UF1	11+000	Piedra Negra	1150758,29	1198359,93	1,504	64.690
10	UF1	11+750	Llano San Juan	1150121,07	1198887,94	1,257	121.130
14	UF1	16+650	El Calvario	1149293,97	1203087,20	1,854	138.050
Total						8,593	679,215

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-124 Localización ZODMEs



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

En el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes)* se incluyen los mapas con la localización georreferenciada y los mapas topográficos con planimetría y altimetría de los sitios potenciales de las Zonas de Manejo de Escombros y Material de Excavación (ZODME). Adicionalmente en el mismo anexo se presentan los vértices de los polígonos determinados para cada una de ellas.

3.2.8.1 Consideraciones de manejo, transporte y disposición de Materiales Sobrantes

La caracterización y manejo del material varía para cada unidad funcional, teniendo en cuenta que la UF 3 está sujeta casi en su totalidad al manejo de material proveniente del túnel.

3.2.8.1.1 Balance de masas Unidad Funcional 1

La disposición de los materiales sobrantes de los procesos constructivos se realizará en las Zonas de Manejo de Escombros y Material de Excavación conocidas como ZODME, específicamente las 8, 9, 10 y 14.

El volumen de la excavación de la vía en superficie y los ramales contemplados para esta Unidad Funcional corresponden a 1.880.040 m³, de los cuales se considera un coeficiente de compactación de 10%, lo que determina el corte total indicado en la Tabla 3-53.

Tabla 3-53 Volumen de excavación Unidad Funcional 1

Elemento	Volumen estimado (m ³)
Calzada izquierda	1.001.440
Calzada derecha	844.501
Ramales	34.099
Total	1.880.040
Total con coeficiente de compactación (10%)	1.692.035

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

De este valor de excavación se descuenta el material que se utilizará en los terraplenes de la misma unidad funcional. El estimado de rellenos (terraplenes) se muestra en la Tabla 3-54, indicando que para este caso no se tiene en cuenta factor de compactación.

Tabla 3-54 Volumen de terraplenes Unidad Funcional 1

Elemento	Volumen estimado (m ³)
Calzada izquierda	785.777
Calzada derecha	330.363
Ramales	133.586
Total	1.249.725

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Según lo anterior, se obtiene el balance de masas para la Unidad Funcional 1 presentado en la Tabla 3-55, considerando un porcentaje de 30% de material sobrante del balance que será llevado a Planta 1 para procesamiento y posterior utilización en otras Unidades Funcionales del mismo proyecto Autopista al Mar 1.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 3-55 Balance de masa Unidad Funcional 1

Corte (m ³)	Terraplén (m ³)	Material sobrante (m ³)	Material a disponer (menos 30% de reuso)	ZODME a emplear	Capacidad ZODME (m ³)	Capacidad Remanente para Unidad Funcional 3 (m ³)
1.692.035	1.249.725	442.310	309.617	8, 9, 10 y 14	406.045	96.428

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Se estima un avance diario de excavación equivalente a 700 m³ diarios por frente. Para acarrear este volumen se estima alrededor de 60 viajes en volquetas de 12 m³.

3.2.8.1.2 Balance de masas Unidad Funcional 3

La disposición de los materiales sobrantes de los procesos constructivos, que en una gran proporción corresponden a los productos del túnel, se realizará en las Zonas de Manejo de Escombros y Material de Excavación conocidas como ZODME, específicamente las 1 y 9. Esta última principalmente por la capacidad remanente establecida en el numeral anterior.

Para la construcción del segundo tubo del túnel de occidente se prevén dos frentes, boca Medellín y boca Santa Fe. En la boca Medellín, se usará la ZODME 1 que se encuentra a una distancia aproximada de 5 km del portal. Para la boca Santa Fe, se utilizará la ZODME 9 ubicado a 12 km de este portal.

El volumen total en la excavación del túnel y la vía en superficie para esta Unidad Funcional corresponde a 516.845 m³ (incluye galería principal, portales, nichos y galerías de emergencia), los cuales se obtienen como se muestra en la Tabla 3-56, resaltando nuevamente el uso del factor de compactación del 10% como en la Unidad Funcional anterior.

Tabla 3-56 Volumen de excavación Unidad Funcional 3

Elemento	Volumen estimado (m ³)
Túnel	389.151
Vía en superficie (Calzada izquierda)	37.681
Vía en superficie (Calzada derecha)	33.585
Portales y Galerías	61.648
Total	522.065
Total con coeficiente de compactación (10%)	469.859

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

De este valor de excavación se descuenta el material que se utilizará en los terraplenes de la misma unidad funcional. El estimado de rellenos (terraplenes) se muestra en la Tabla 3-57, indicando que para este caso no se tiene en cuenta factor de compactación.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Tabla 3-57 Volumen de terraplenes Unidad Funcional 3

Elemento	Volumen estimado (m ³)
Vía en superficie (Calzada izquierda)	1.902
Vía en superficie (Calzada derecha)	15.849
Portales y Galerías	17.010
Total	34.760

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Según lo anterior, se obtiene el balance de masas para la Unidad Funcional 3 presentado en la Tabla 3-58, considerando un porcentaje de 30% de material sobrante del balance que será llevado a Planta 1 para procesamiento y posterior utilización en otras Unidades Funcionales del mismo proyecto Autopista al Mar 1.

Tabla 3-58 Balance de masa Unidad Funcional 3

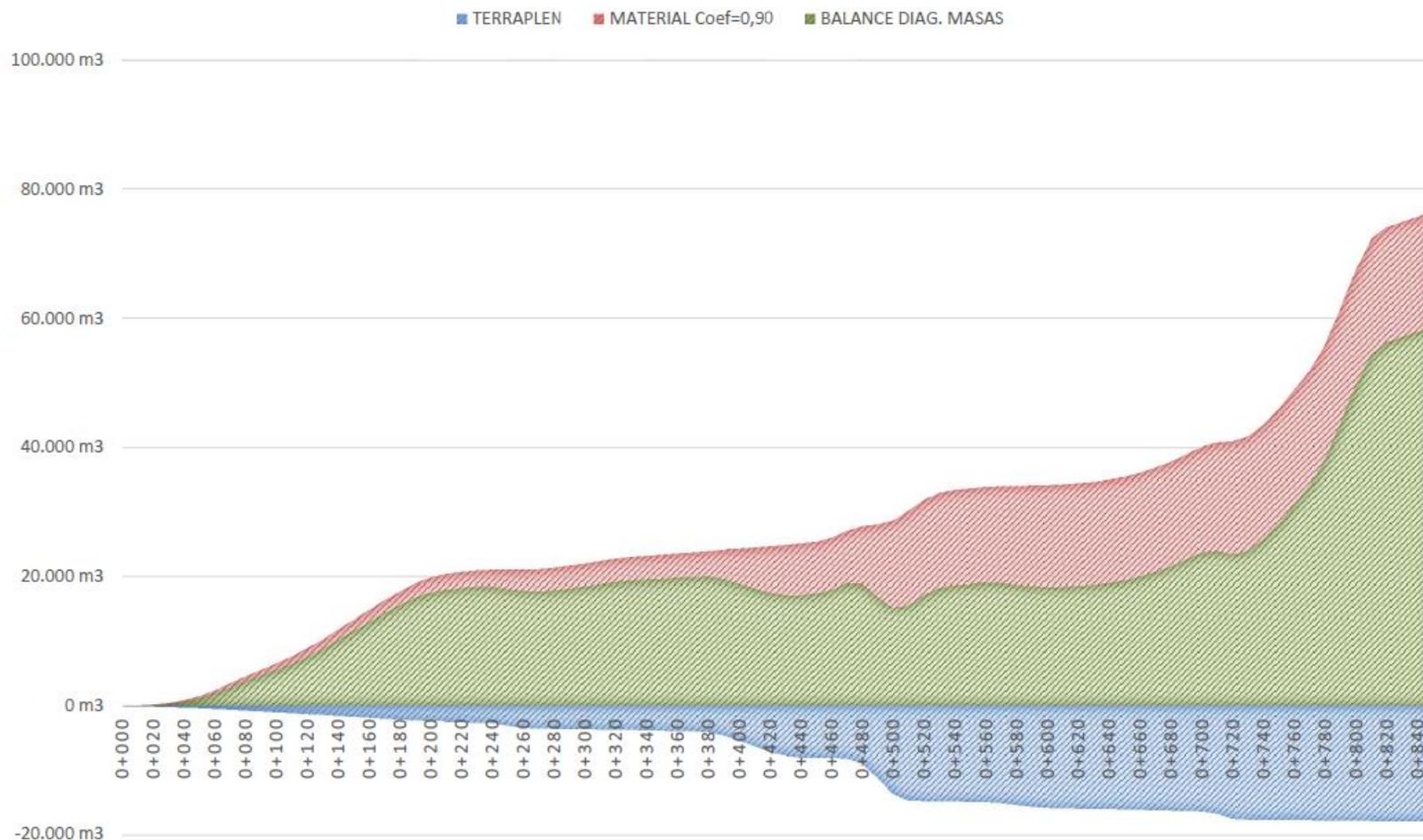
Corte (m ³)	Terraplén (m ³)	Material sobrante (m ³)	Material a disponer (menos 30% de reuso)	ZODME a emplear	Capacidad ZODME (m ³)
469.859	34.760	435.099	304.569	1 y remanente de la UF 3	369.598

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Se estima un avance diario en la excavación de 4 m por cada frente, lo cual equivale a 400 m³ diarios por frente. Para acarrear este volumen se estima alrededor de 34 viajes en volquetas de 12 m³.

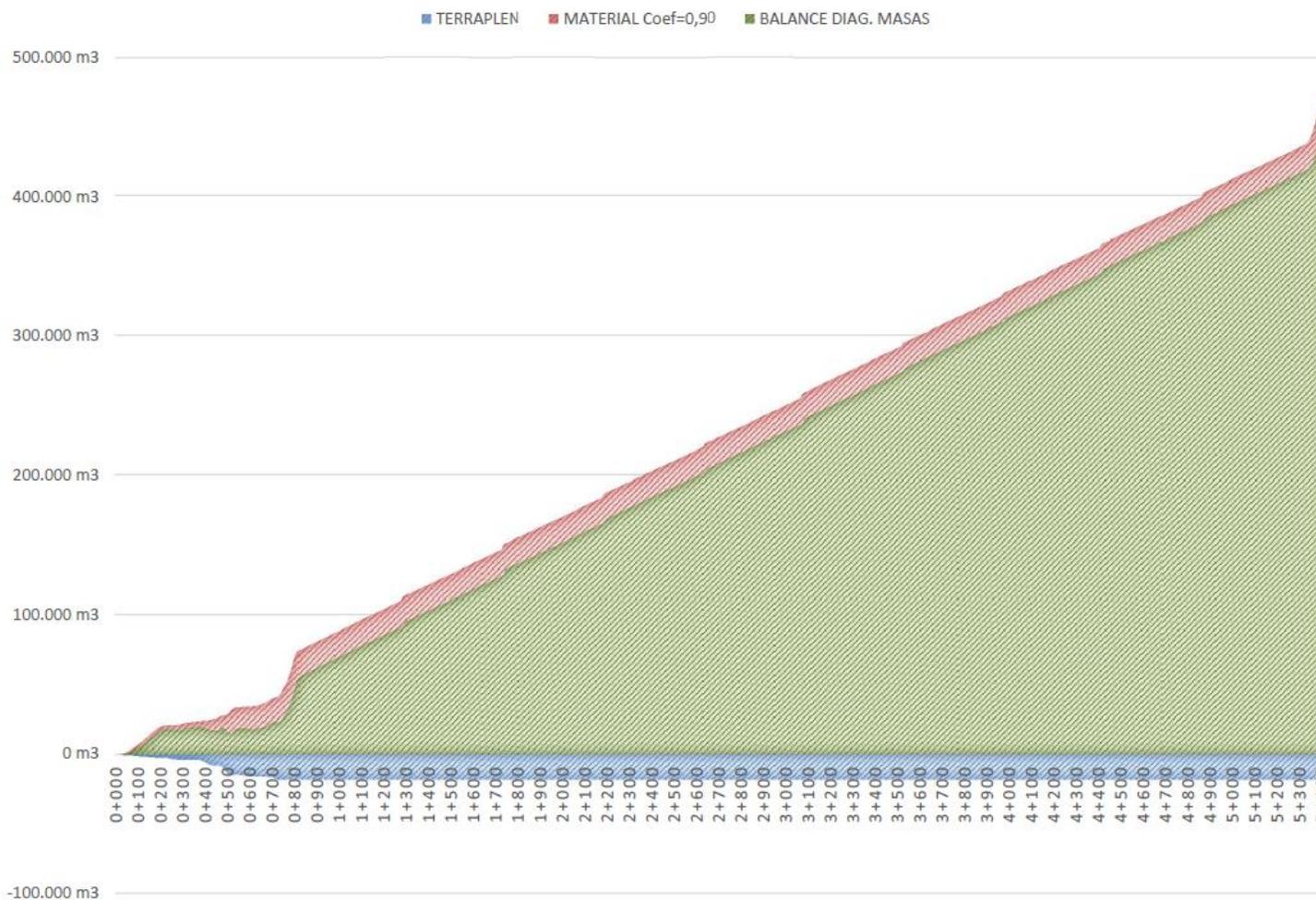
Teniendo en cuenta la relevancia de la excavación en esta Unidad Funcional por la construcción del segundo tubo del túnel, en las Figura 3-125 y Figura 3-126 se presenta gráficamente los balances de masa para esta unidad funcional.

Figura 3-125 Balance de masas vía en superficie – Unidad funcional 3
DIAGRAMA DE MASAS - UF3 (0+000 - 0+850)



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-126 Balance de masas construcción segundo tubo Túnel de Occidente – Unidad funcional 3
DIAGRAMA DE MASAS-UF3



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Como balance final de la disposición para la combinación de las dos Unidades Funcionales consideradas en el presente documento (1 y 3) se tiene las relaciones mostradas en la Tabla 3-59.

Tabla 3-59 Balance de masa general Unidades Funcionales 1 y 3

Cantidad a disponer (m ³)	Capacidad ZODMES (m ³)	Capacidad de excedencia de ZODME (m ³)	% de disponibilidad excedente
614.186	679.215	65.029	9,6

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

El porcentaje de excedencia en la capacidad combinada de las ZODME se considera como suficiente y razonable para eventuales aumentos de material a disponer que puedan originarse durante la construcción.

3.2.8.2 Caracterización ZODME

El material sobrante a disponer en los ZODME proyectados para la Unidad Funcional 1, corresponde en su totalidad al proveniente del descapote y movimientos de tierra de la áreas a intervenir, al igual que el material de excavación de las zonas de préstamo que no cumpla con las características físicas y técnicas adecuadas para ser usado en las obras y los residuos vegetales producto de la rocería y corte de vegetación.

El material de descapote se dispondrá en primera instancia sobre los taludes de los terraplenes de las vías de acceso a los dos ZODME y en las plataformas superiores, así como para el relleno de las zonas de préstamo, como medida complementaria que ayuda en la revegetalización de las áreas intervenidas.

El diseño de la Unidad Funcional 1 se ha realizado teniendo en cuenta la premisa de la compensación de tierra para evitar el excedente de materiales y por tanto, la creación de áreas de depósito de materiales sobrantes.

Sin embargo, durante la etapa de construcción de la Unidad Funcional 1 será necesario contar con los ZODME ya que la topografía de la zona, notablemente ondulada, no permite hacer un manejo compensado de movimiento de tierras.

En el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes)* se encuentra el detalle de todas las ZODME y su respectivo informe de diseño completo.

3.2.8.2.1 ZODME Unidad Funcional 1

Para la Unidad Funcional 1 se consideran las siguientes ZODME:

3.2.8.2.1.1 ZODME 8

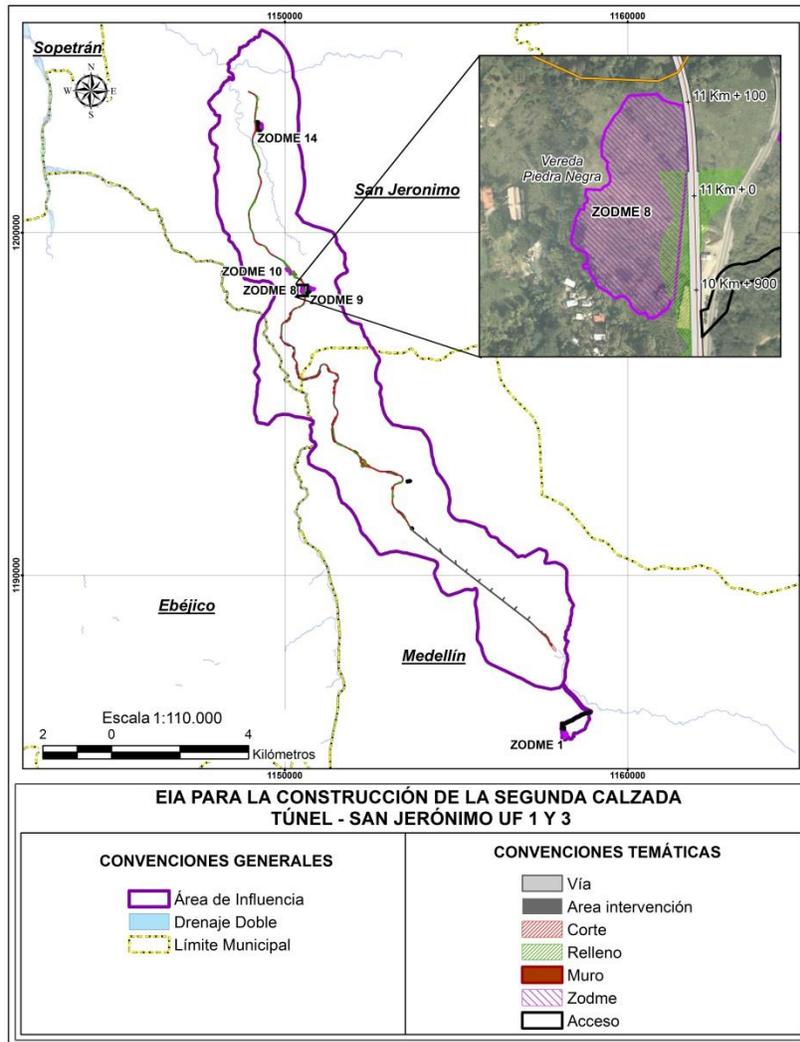
La ZODME 8 se ubica en la Unidad Funcional 1, vereda Piedra Negra, aproximadamente en el K11+00, en el lado izquierdo en dirección de aumento de abscisado, en las coordenadas presentadas en la Tabla 3-60 (Ver Figura 3-127). Cuenta con un área aproximada de 2,022 ha y capacidad de 82.175 m³.

Tabla 3-60 Coordenadas ZODME 8

ZODME 8	Coordenadas Magna Sirgas – Origen Oeste	
	Norte	Este
	1198313,90	1150520,00

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-127 ZODME 8



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Esta ZODME se ubica adyacente a la vía a construir, por lo tanto, no se contempla la construcción de acceso. Cuenta con un canal artificial (cercano al área de la ZOMDE 8) que recoge las aguas de escorrentía y las conduce hasta la quebrada Murrupala como se muestra Fotografía 3-21.

Fotografía 3-21. Drenaje artificial próximo a ZODME 8 que está paralelo al camino para ingreso a pie.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

El tipo de cobertura observado es pastos limpios y tiene una morfología levemente ondulada como se muestra en la Fotografía 3-22.

Fotografía 3-22. Tipo de cobertura ZODME 8



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

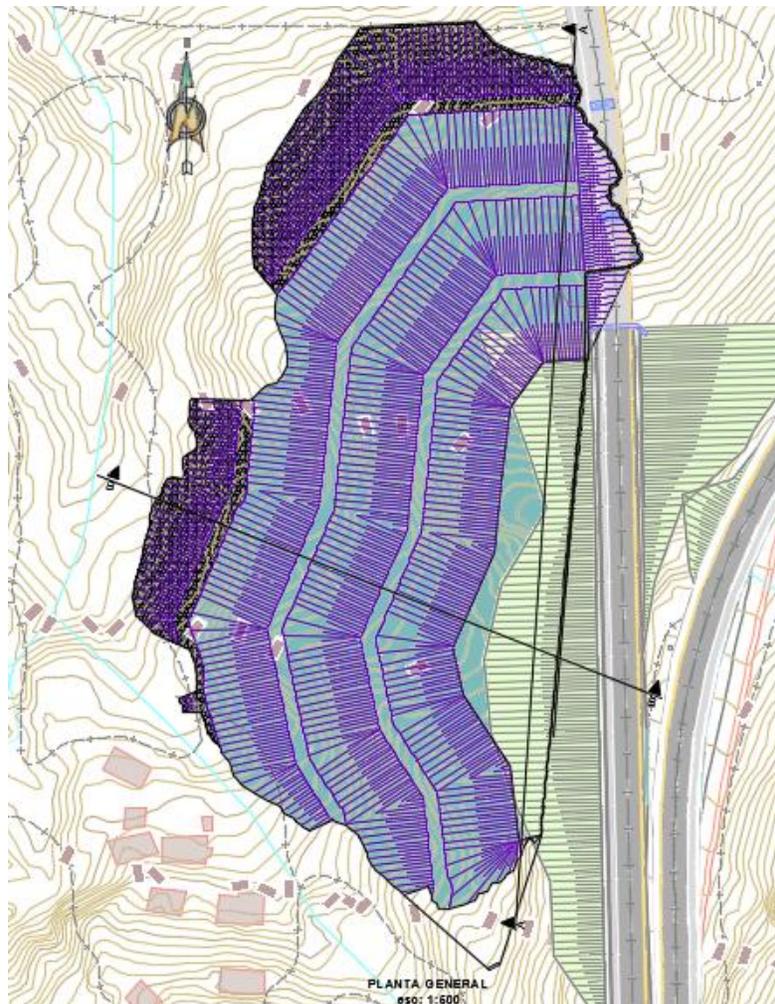
El volumen útil a disponer en la ZODME es aproximadamente de 82.175 m³, con una superficie de ocupación real de 20.220 m². La superficie de la explanada superior una vez finalizado será de 2.383 m², con una altura máxima de relleno de 29,60 metros.

- *Análisis de factores de seguridad y riesgo de desplazamiento ante cargas externas*

El análisis se realizó utilizando el método de Equilibrio Límite-método de las dovelas sucesivas, el cual consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica), sobre cuya base se calculan las tensiones de corte y se comparan con la resistencia disponible, valorada según el criterio de rotura adoptado (Morh Coulomb).

Se procedió a un análisis de los dos perfiles más desfavorables de la ZODME, que son los perfiles longitudinales por la línea de mayor pendiente de la ladera y cuya ubicación se muestra en la siguiente Figura 3-128.

Figura 3-128 Ubicación de los Cortes analizados en la ZODME 8



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

A continuación se presenta el análisis de estabilidad para los perfiles mencionados.

Se realizan dos cálculos, unos para condición de servicio sin sismo y un segundo cálculo en el que se introduce una aceleración horizontal y vertical para simular el sismo.

La aceleración horizontal introducida en el cálculo pseudoestático es de 0,15g, correspondiente con la PGA de la ubicación del ZODME, y una aceleración vertical de 0,10g.

Este Análisis de estabilidad se realiza mediante el uso del programa Slide v6.0 con el cual se determinó el valor del factor de seguridad.

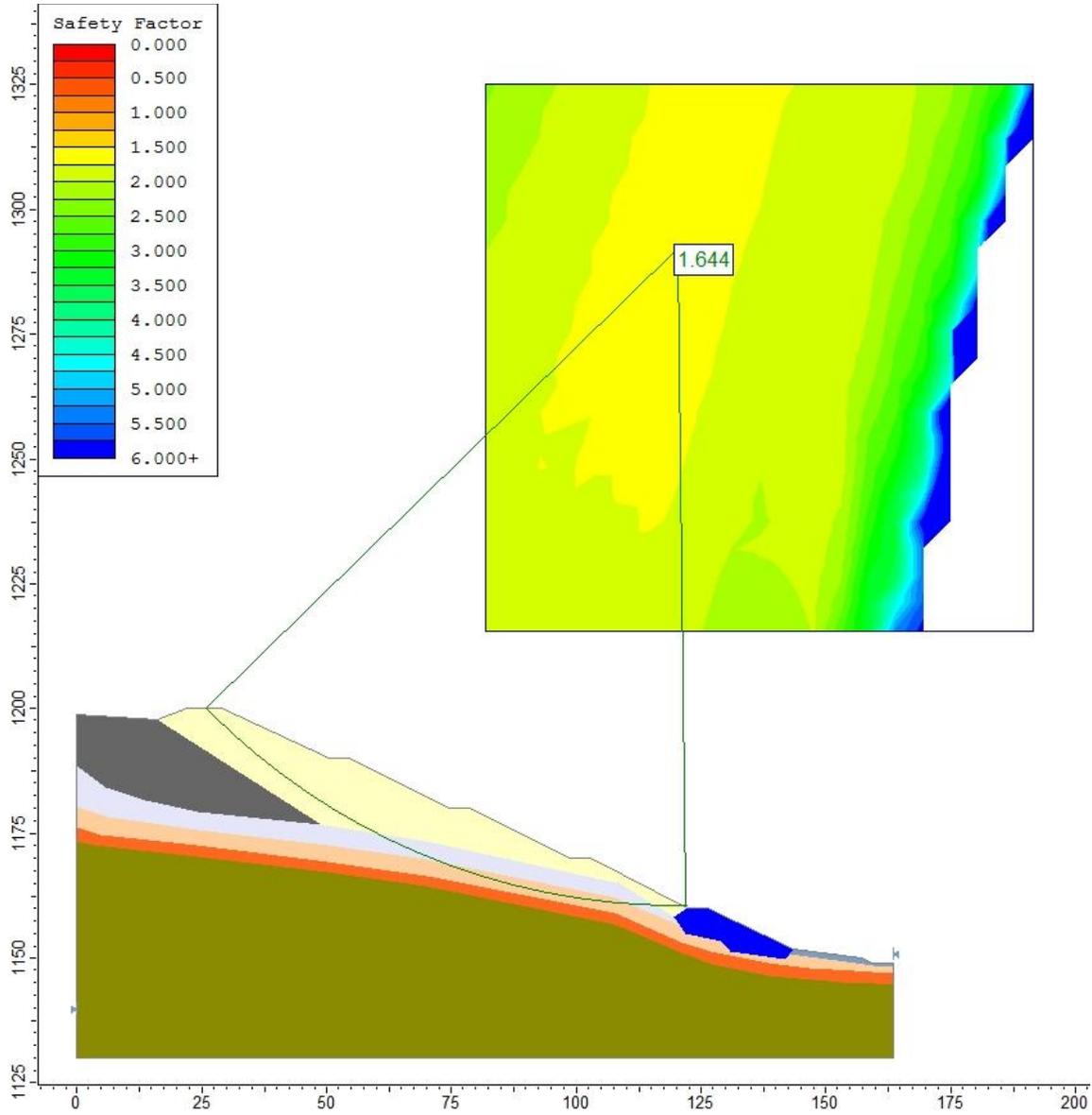
Los coeficientes de seguridad solicitados y los obtenidos son los siguientes, tal y como se comprueba en Tabla 3-61:

Tabla 3-61. Coeficientes de Seguridad de Cálculo ZODMES 8

Servicio	Prescritos	Obtenidos (perfil AA)	Obtenidos (perfil BB)
Sin Sismo	1.50	1.644	1.639
Con Sismo	1.10	1.125	1.124

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-129 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 8



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-130 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 8

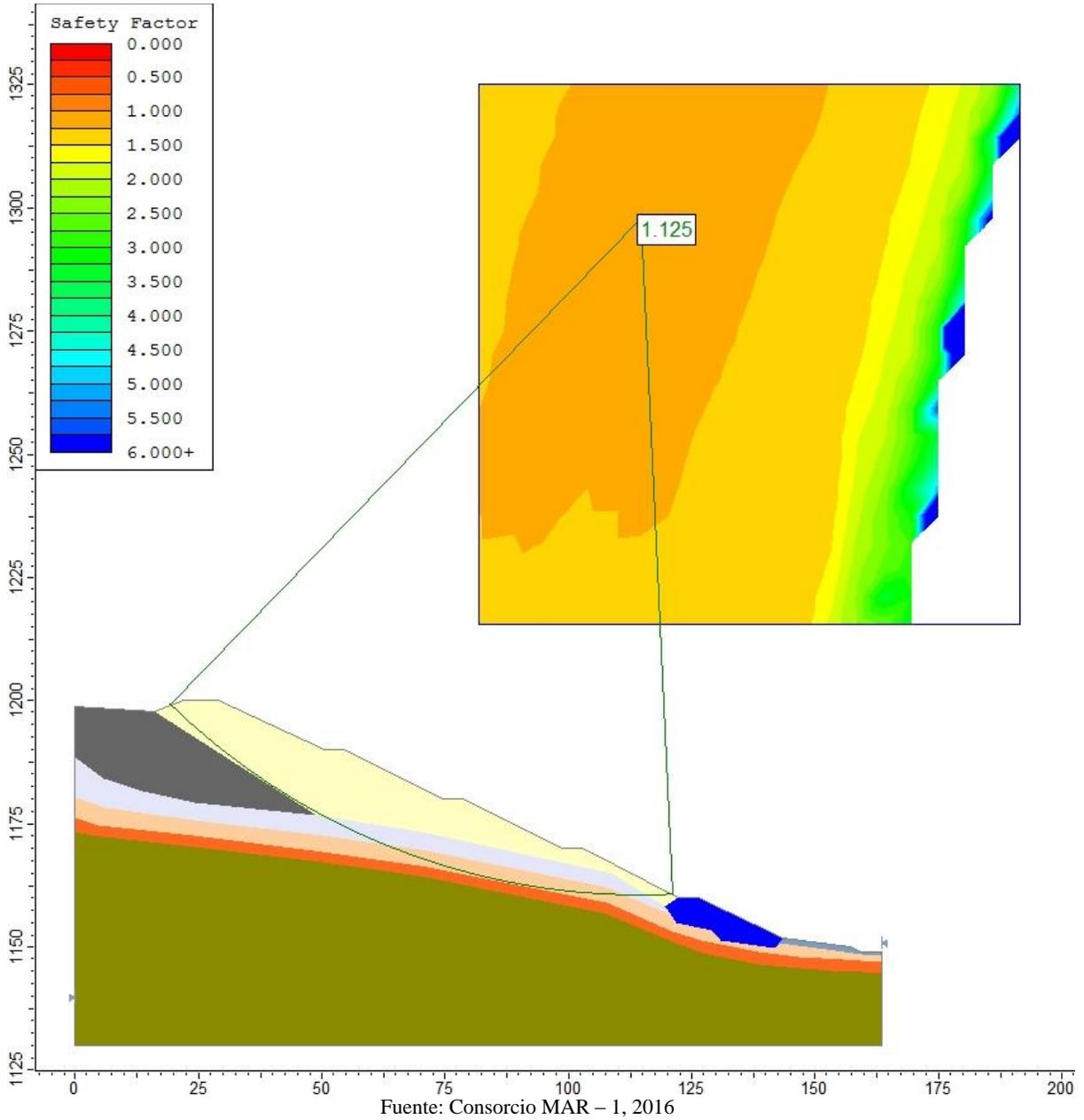


Figura 3-131 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte B-B del ZODME 8

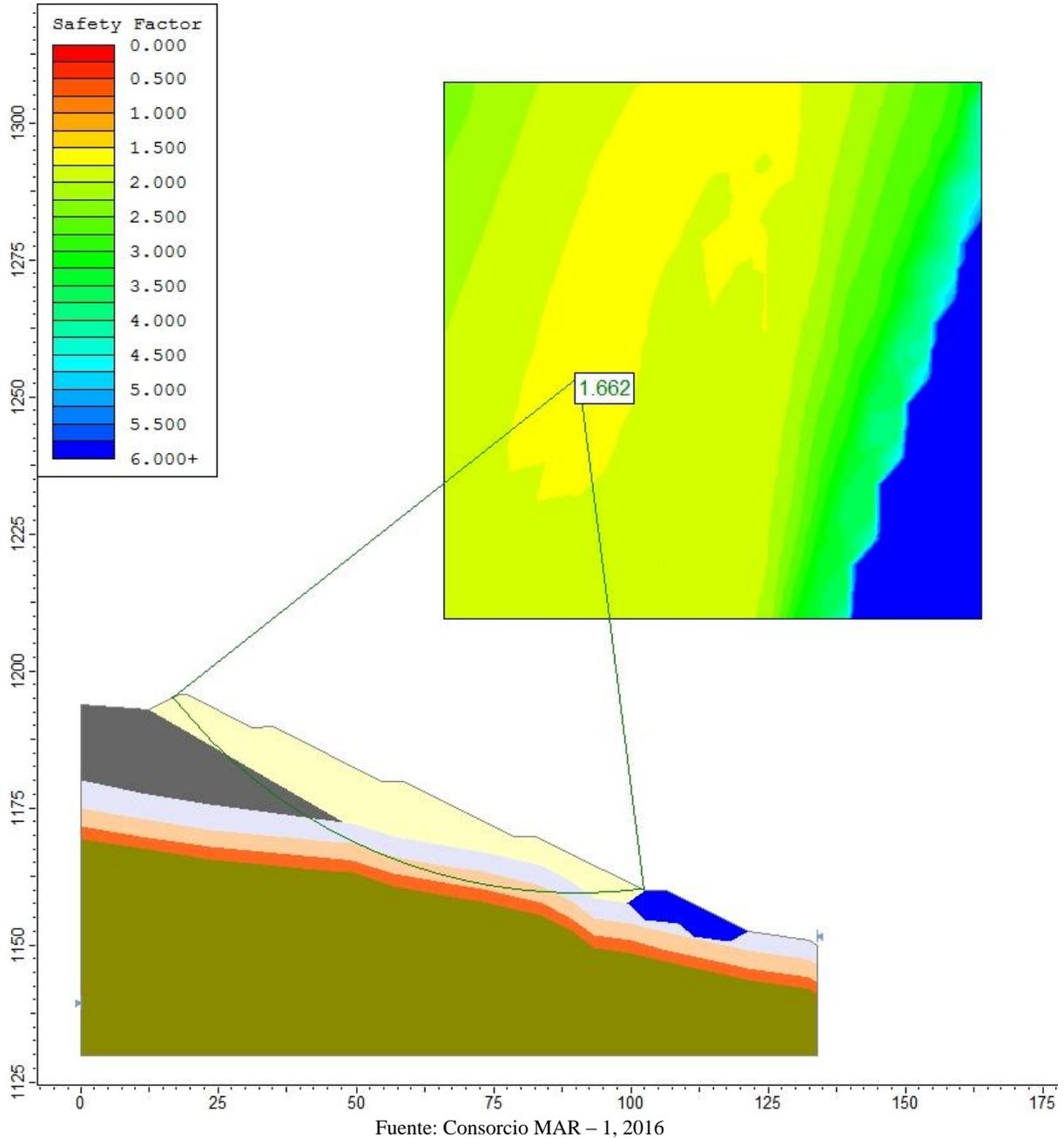
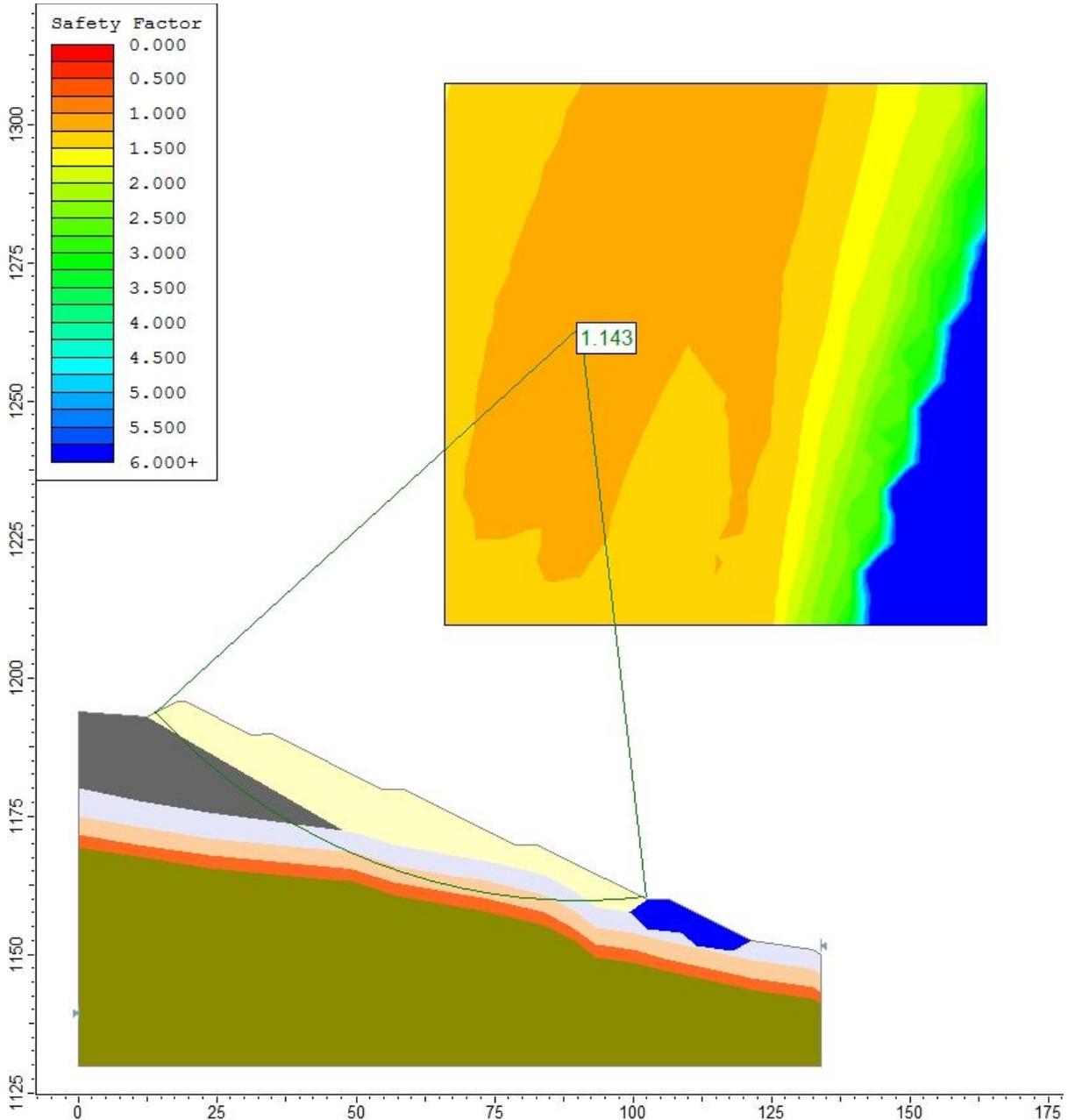


Figura 3-132 Estabilidad con Carga Sísmica del Corte B-B del ZODME 8



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

- *Identificación de las viviendas y los cuerpos de agua existentes en el área propuesta de adecuación final de la (s) ZODME*

El polígono propuesto para esta ZODME no tiene viviendas en los alrededores que se puedan afectar con los trabajos.

	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

Actualmente hay un canal que cruza el relleno. Sin embargo, es artificial y sirve para recoger las aguas de escorrentía, por lo que se hará un manejo de agua sub superficial adecuado para permitir el correcto flujo de agua durante el tránsito en el área a ocupar y su entrega, asegurando un buen manejo hidráulico.

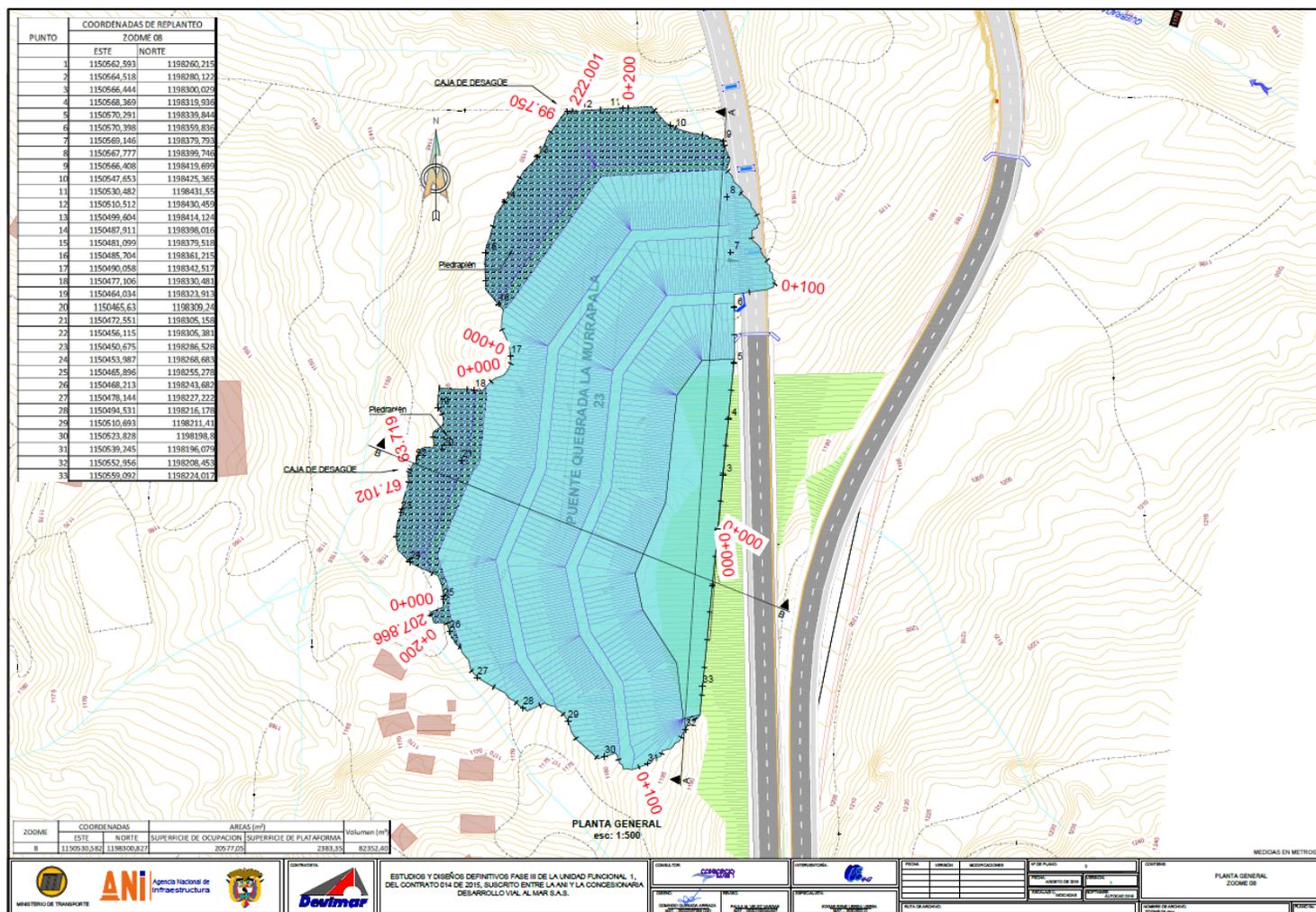
- *Diseño y planos a escala 1:5.000 o más de tallada, en donde se relacionen, entre otras, las obras de infraestructura confinamiento y contención y taludes, entre otros).*

En la Figura 3-133 se presenta el diseño considerado para esta ZODME (ver ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes)).

- *Planta perfil de la conformación final contemplada.*

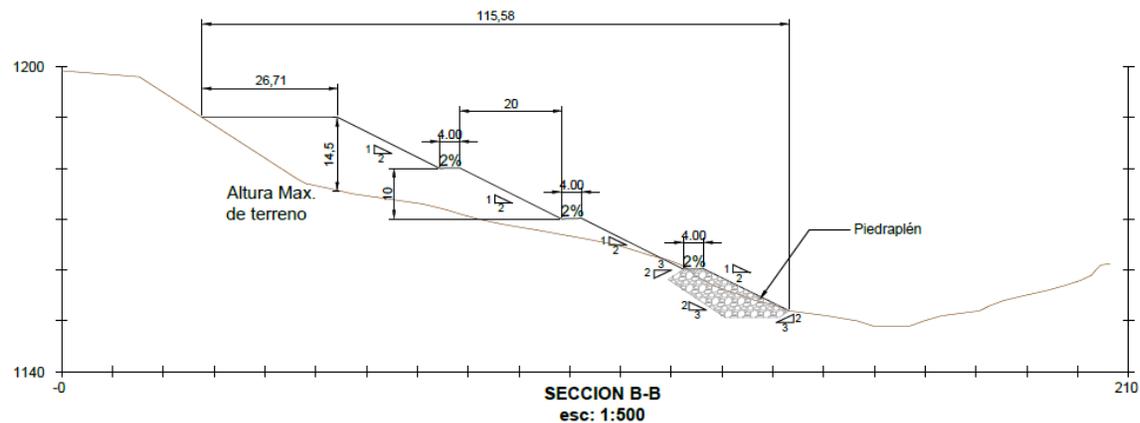
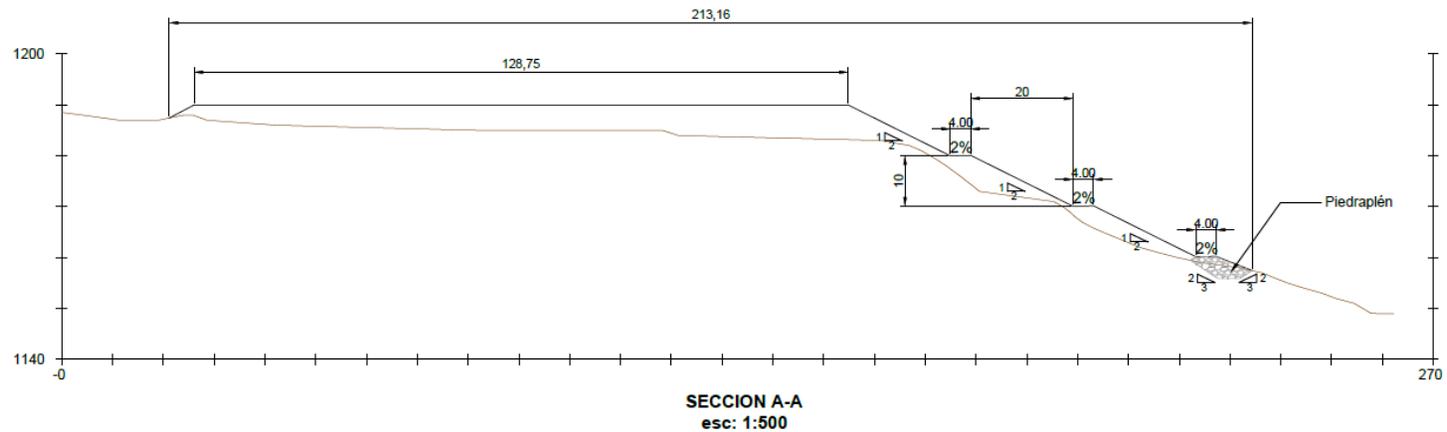
En la Figura 3-134 se presenta el plano de diseño final para la ZODME (ver ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes)).

Figura 3-133 Planta general ZODME 08



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-134 Secciones transversales ZODME 8



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

- *Uso final del ZODME*

Restablecimiento del uso del suelo presente antes de la intervención con la ZODME el cual correspondía a una cobertura de pastos limpios. Por lo cual se propone la incorporación de un manto de tierra que favorezca la recuperación de suelo y provea las condiciones de vegetación nativa. También se plantea revegetalizar con césped y/o hidrosiembra.

3.2.8.2.1.2 ZODME 9

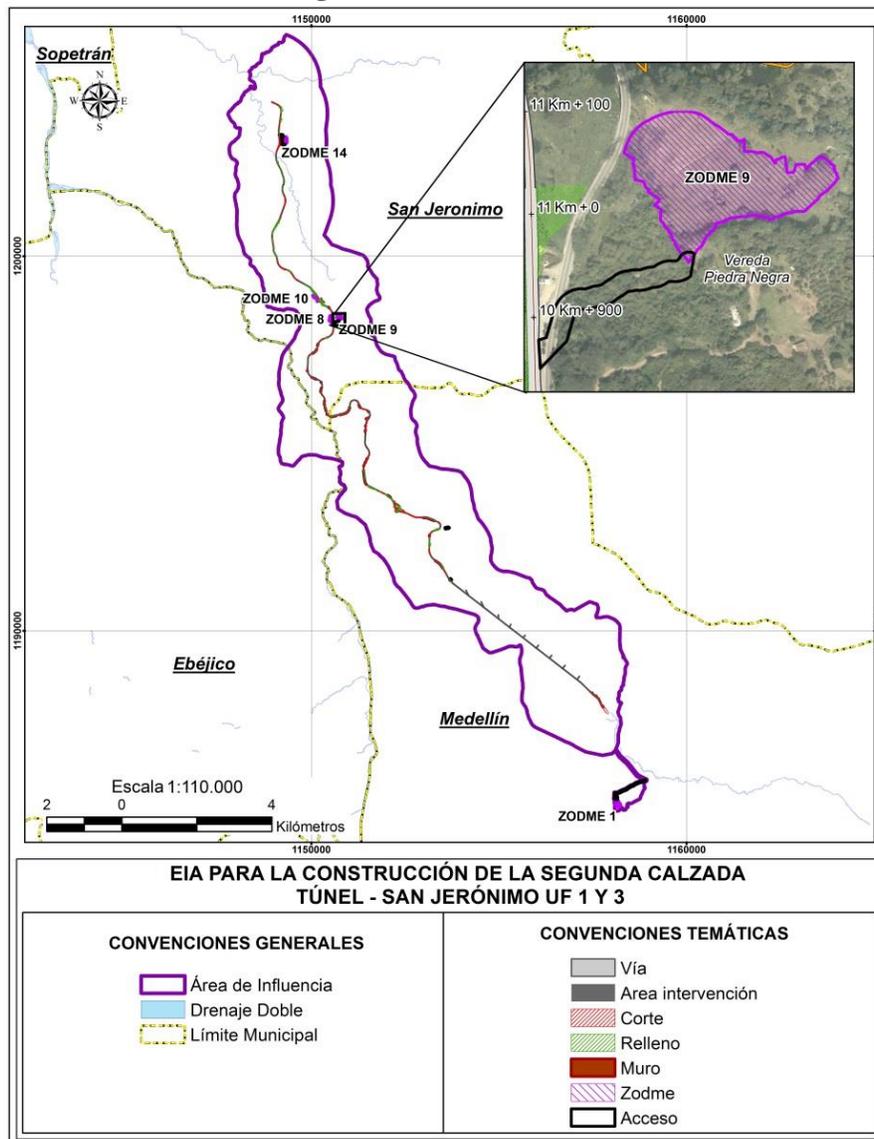
Esta ZODME se ubica muy cerca a la vía actual y se contempla la construcción de una vía de acceso como se muestra en la Figura 3-135. Se localiza en la Unidad Funcional 1, vereda Piedra Negra, aproximadamente en el K11+000, con un área aproximada de 1,504 ha y capacidad de 64.960 m³, en las coordenadas presentadas en la Tabla 3-62.

Tabla 3-62 Coordenadas ZODME 9

ZODME 9	Coordenadas Magna Sirgas – Origen Oeste	
	Norte	Este
	1198359,93	1150758,29

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-135 ZODME 9



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

En ciertos sectores se observa suelo suelto, lo que sugiere que el uso como relleno puede mejorar el terreno.

Presenta morfología ondulada conveniente para el uso como ZODME (Ver Fotografía 3-23). Se encuentra muy cerca de la quebrada Murrapala, por lo tanto, se respetará la distancia establecida para los cuerpos de agua de 30 metros según Decreto 2811/74 -Art.83.

El tipo de cobertura observada es pastos limpios (Ver Fotografía 3-24).

Fotografía 3-23. Distancia a la Qda. Murrapala al ZODME 9



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 3-24. Tipo de cobertura ZODME 9



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

El volumen útil a disponer en el ZODME es aproximadamente de 64.690 m³, con una superficie de ocupación real de 15.040 m². La superficie de la explanada superior una vez finalizado será de 2.565 m², con una altura máxima de relleno de 25,33 metros.

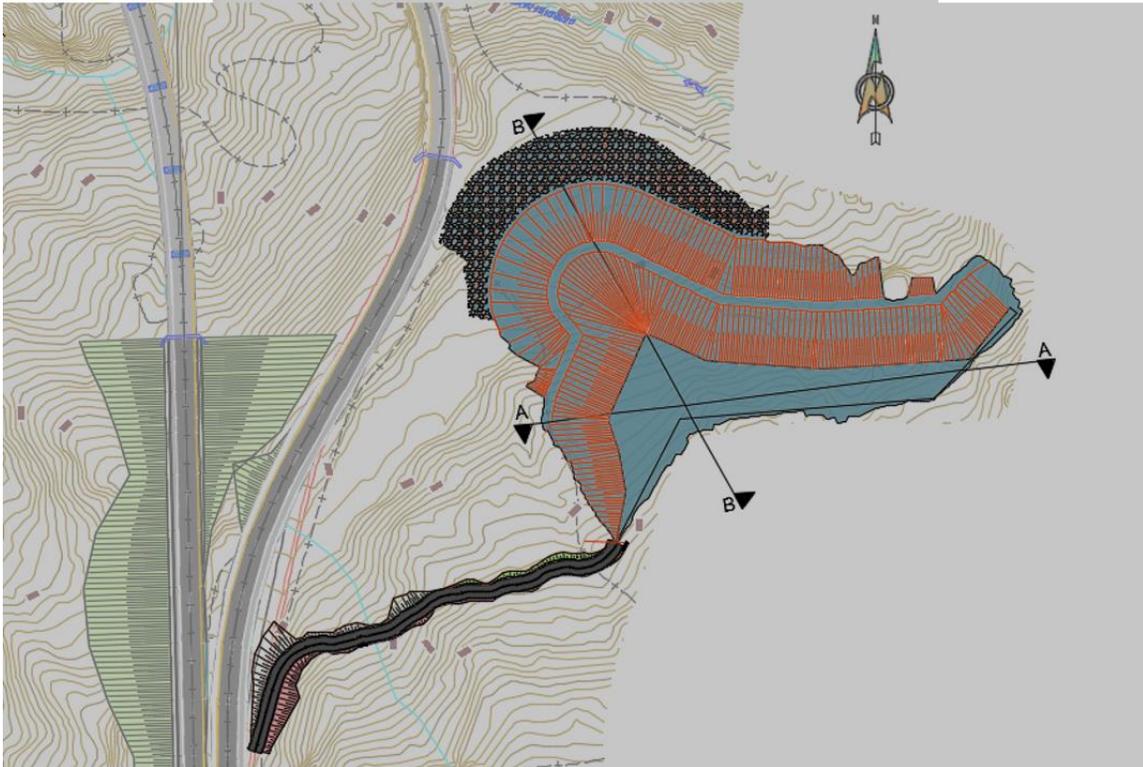
- *Análisis de factores de seguridad y riesgo de desplazamiento ante cargas externas*

El análisis se realizó utilizando el método de Equilibrio Límite-método de las dovelas sucesivas, el cual consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el

talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica), sobre cuya base se calculan las tensiones de corte y se comparan con la resistencia disponible, valorada según el criterio de rotura adoptado (Morh Coulomb).

Se procedió a un análisis de los dos perfiles más desfavorables del ZODME, que son los perfiles longitudinales por la línea de mayor pendiente de la ladera y cuya ubicación se muestra en la siguiente Figura 3-136.

Figura 3-136 Ubicación de los Cortes analizados en la ZODME 9



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

La vía de acceso cuenta con una longitud aproximada de 162,44 m.

A continuación se presenta el análisis de estabilidad para los perfiles mencionados.

Se realizan dos cálculos, unos para condición de servicio sin sismo y un segundo cálculo en el que se introduce una aceleración horizontal y vertical para simular el sismo.

La aceleración horizontal introducida en el cálculo pseudoestático es de 0,15g, correspondiente con la PGA de la ubicación del ZODME, y una aceleración vertical de 0,10g.

Este Análisis de estabilidad se realiza mediante el uso del programa Slide v6.0 con el cual se determinó el valor del factor de seguridad.

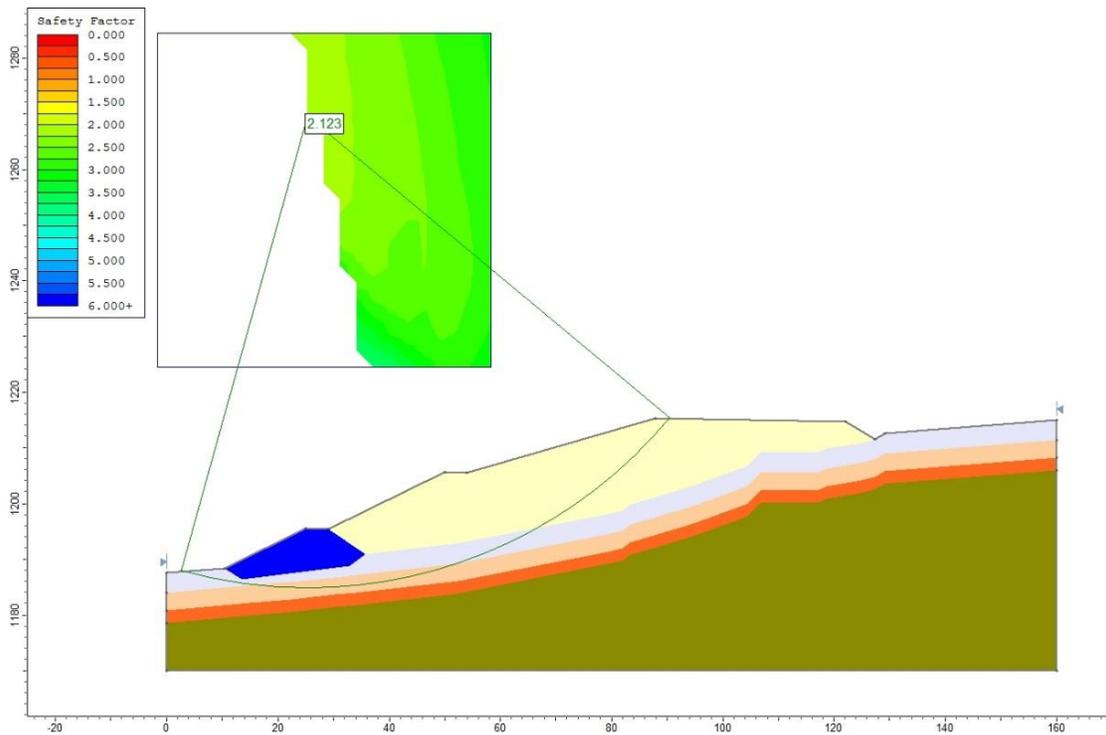
Los coeficientes de seguridad solicitados y los obtenidos son los siguientes, tal y como se comprueba en Tabla 3-63:

Tabla 3-63 Coeficientes de Seguridad de Cálculo ZODMES 9

Servicio	Prescritos	Obtenidos (perfil BB)
Sin Sismo	1.50	2.123
Con Sismo	1.10	1.369

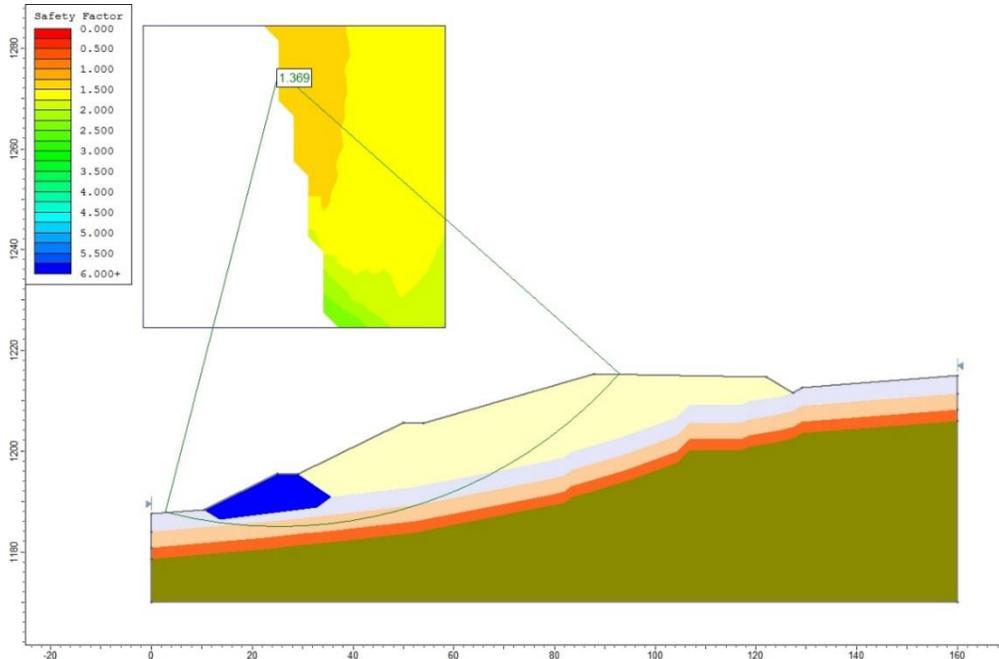
Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-137 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte BB del ZODME 9



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-138 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte BB del ZODME 9



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

- *Identificación de las viviendas y los cuerpos de agua existentes en el área propuesta de adecuación final de la (s) ZODME*

El polígono propuesto para esta ZODME no tiene viviendas en los alrededores que se puedan afectar con los trabajos.

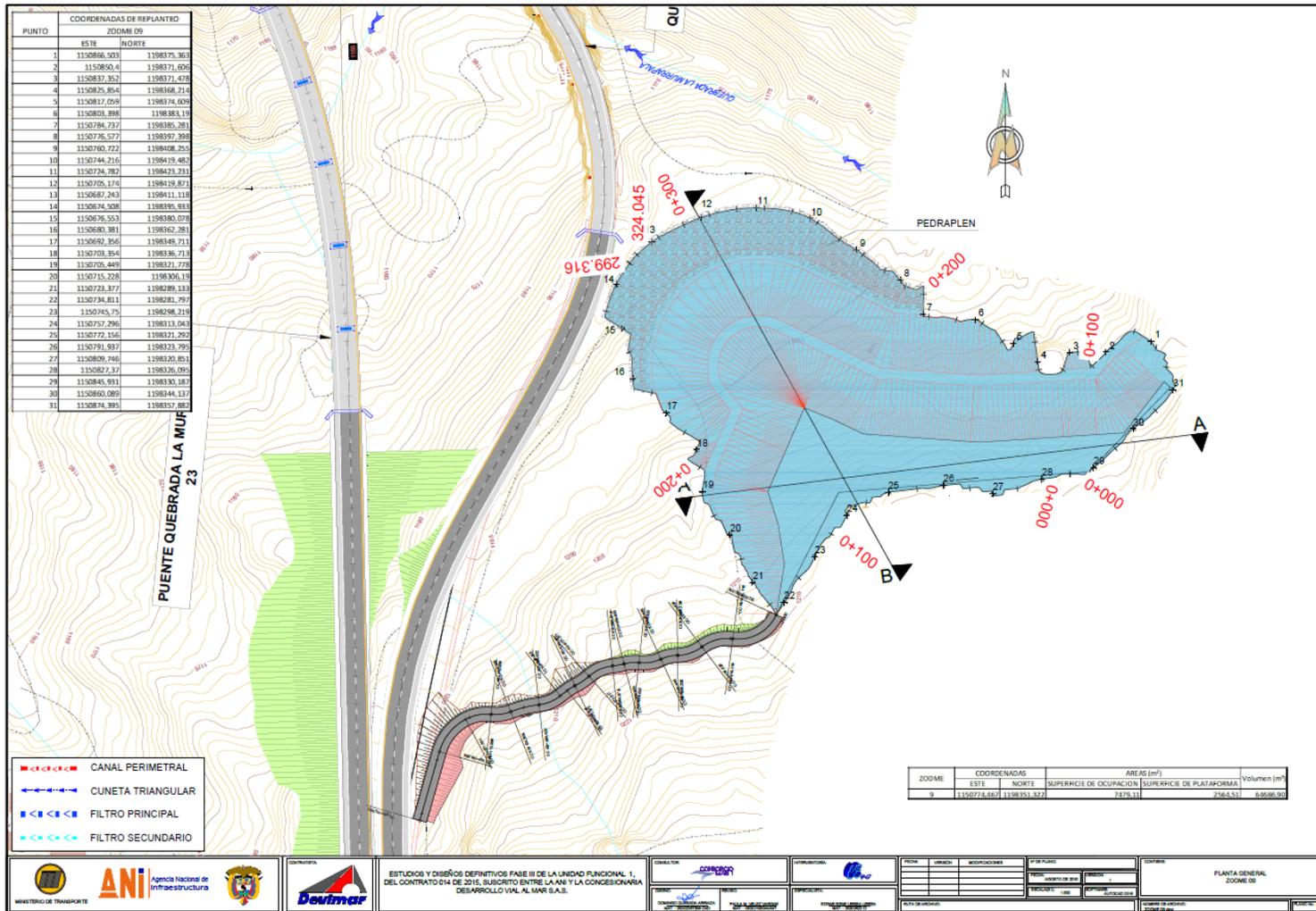
- *Diseño y planos a escala 1:5.000 o más de tallada, en donde se relacionen, entre otras, las obras de infraestructura confinamiento y contención y taludes, entre otros).*

En la Figura 3-139 se presenta los diseños finales del ZODME (ver ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes)).

- *Planta perfil de la conformación final contemplada.*

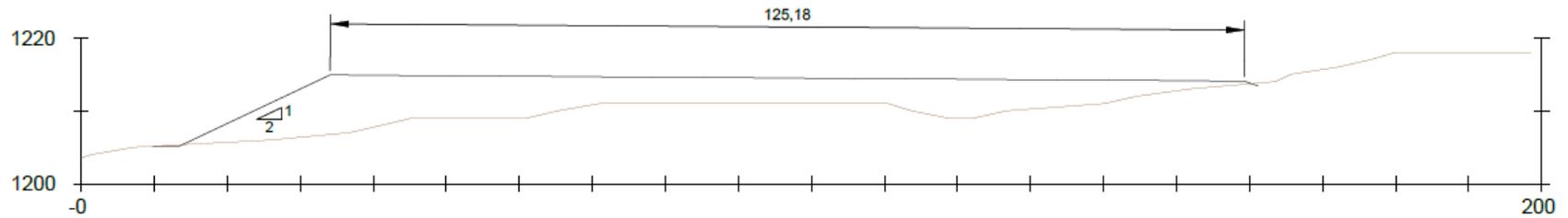
En la Figura 3-140 se presenta los planos finales de la ZODME (ver ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes)).

Figura 3-139 Planta general ZODME 9

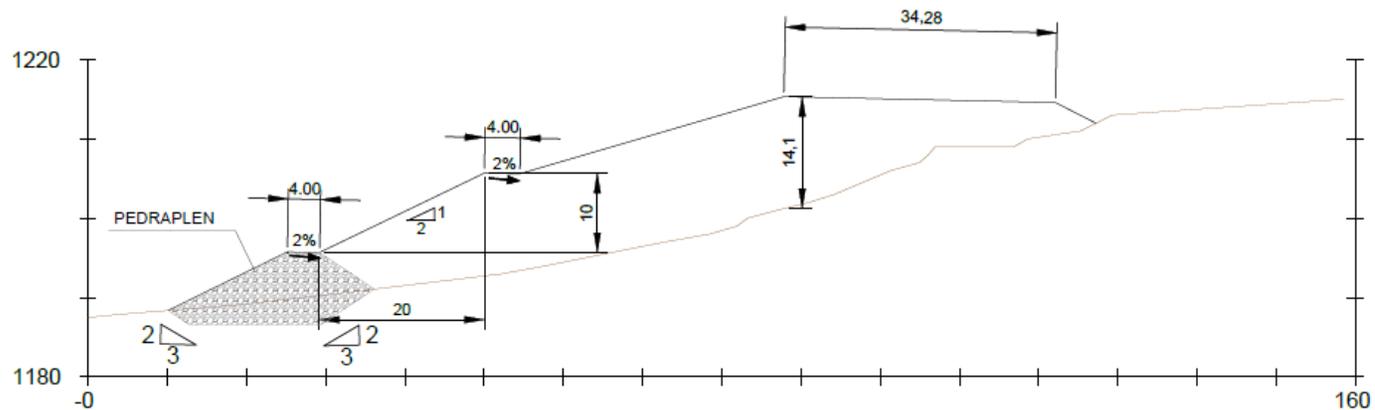


Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-140 Secciones transversales ZODME 9



SECCION A-A



SECCION B-B

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

- *Uso final del ZODME*

Restablecimiento del uso del suelo presente antes de la intervención con el ZODME el cual correspondía a una cobertura de pastos limpios. Por lo cual se propone la incorporación de un manto de tierra que favorezca la recuperación de suelo y provea las condiciones de vegetación nativa. También se plantea revegetalizar con césped y/o hidrosiembra.

3.2.8.2.1.3 ZODME 10

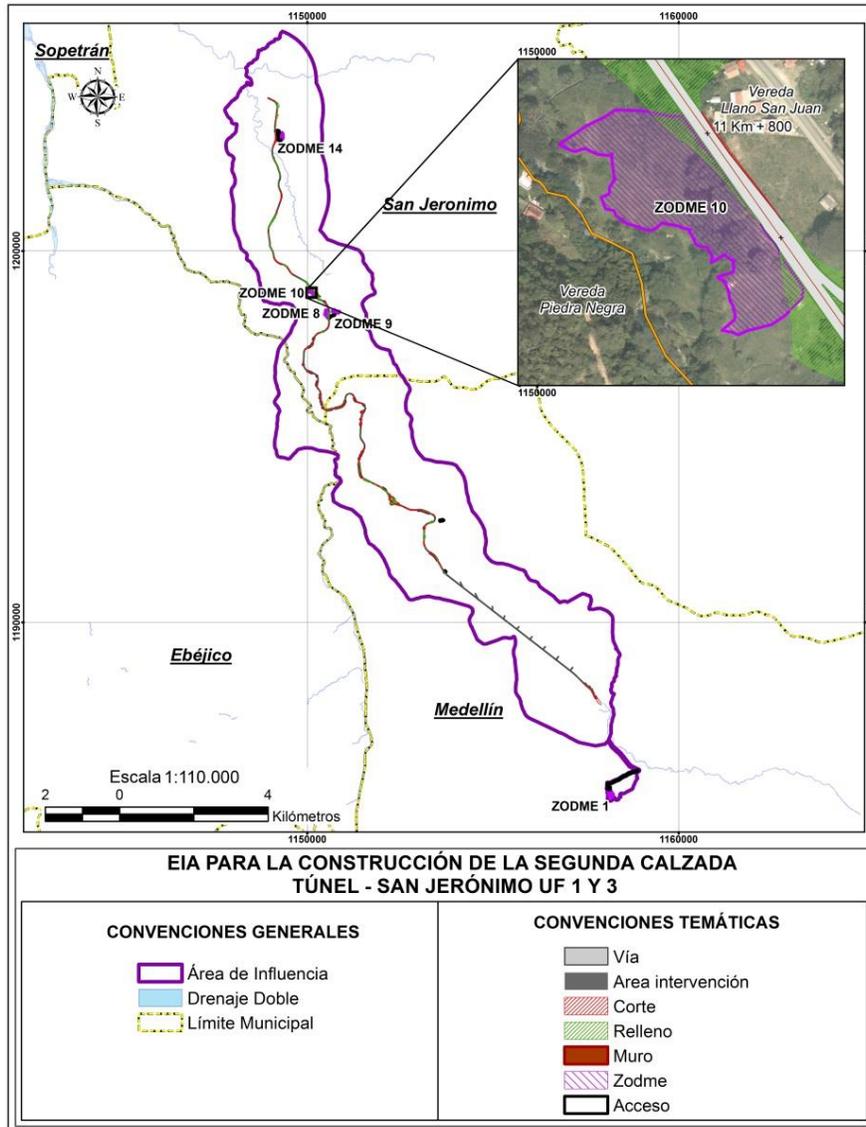
En esta ZODME se ubica el restaurante Don Pedro que además tiene un lote muy grande y en la parte baja del mismo hay un drenaje, como se observa en la Fotografía 3-25, al cual se le respetará las distancias establecidas para los cuerpos de agua de 30 metros según Decreto 2811/74 -Art.83. Se ubica en la Unidad Funcional 1, en la vereda Llano San Juan, con un área aproximada de 1,257 ha, capacidad de 12.130 m³, en las coordenadas presentadas en la Tabla 3-64 (Ver Figura 3-141).

Tabla 3-64 Coordenadas ZODME 10

ZODME 10	Coordenadas Magna Sirgas – Origen Oeste	
	Norte	Este
	1198887,94	1150121,07

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-141 ZODME 10



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Esta ZODME se encuentra adyacente a la vía a construir, por lo tanto, se establece que no se requerirá la construcción de una vía para ingreso. Se localiza aproximadamente en el K11+750 (abscisado de la vía nueva).

El tipo de cobertura observada es de pastos limpios y una morfología ondulada como se muestra en la Fotografía 3-26. El volumen útil a disponer en el ZODME es aproximadamente de 121.130 m³, con una superficie de ocupación real de 12.570 m². La superficie de la explanada superior una vez finalizado será de 4.295 m², con una altura máxima de relleno de 32,33 metros

Fotografía 3-25. Drenaje cercano a la ZODME 10



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 3-26. Tipo de cobertura ZODME 10



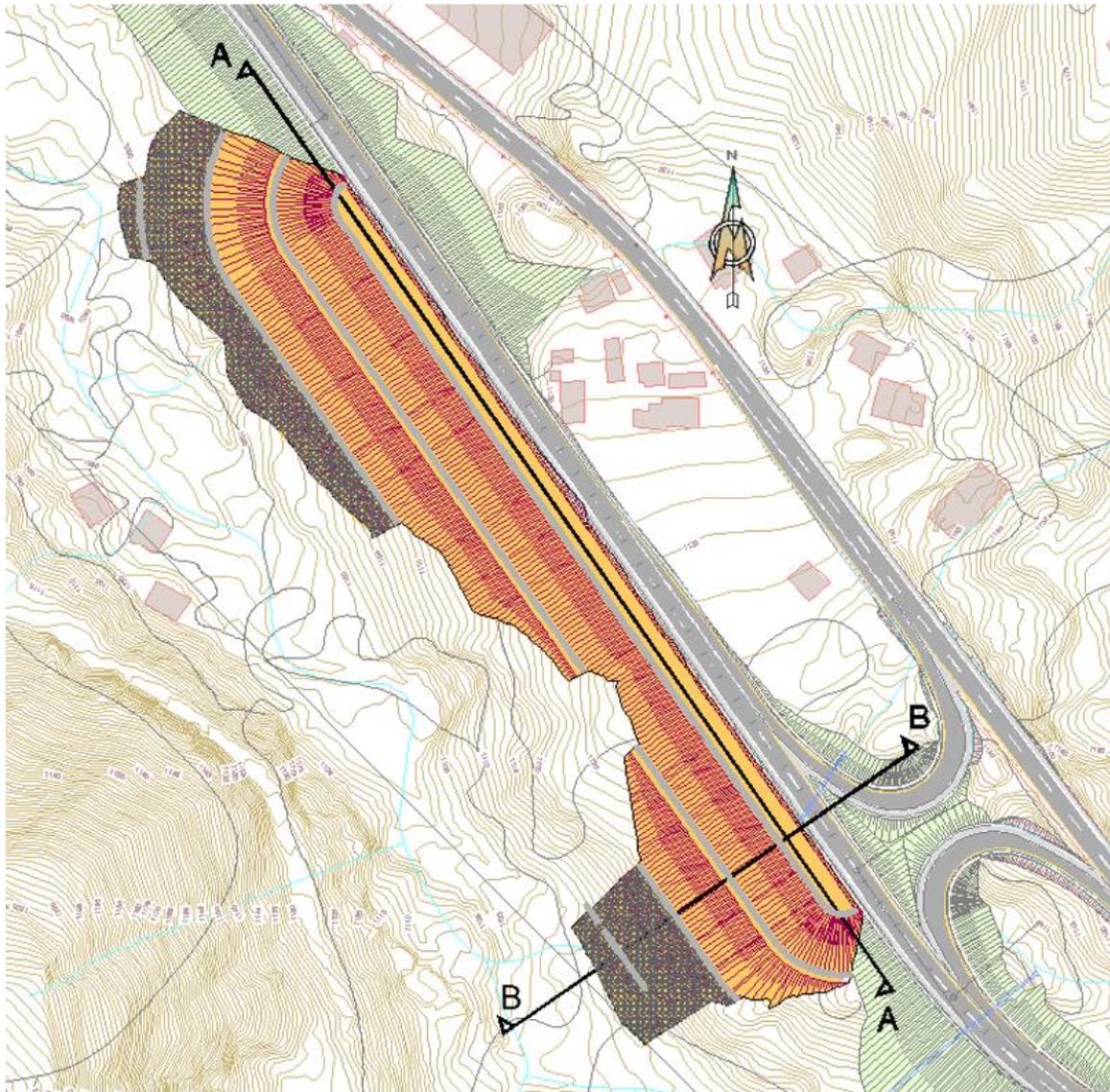
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

- *Análisis de factores de seguridad y riesgo de desplazamiento ante cargas externas*

El análisis se realizó utilizando el método de Equilibrio Límite-método de las dovelas sucesivas, el cual consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica), sobre cuya base se calculan las tensiones de corte y se comparan con la resistencia disponible, valorada según el criterio de rotura adoptado (Morh Coulomb).

Se procedió a un análisis del perfil más desfavorable del ZODME, que es el perfil longitudinal por la línea de mayor pendiente de la ladera y cuya ubicación se muestra en la siguiente Figura 3-142.

Figura 3-142 Ubicación de los Cortes analizados en el ZODME 10



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

A continuación se presenta el análisis de estabilidad para los perfiles mencionados.

Se realizan dos cálculos, uno para condición de servicio sin sismo y un segundo cálculo en el que se introduce una aceleración horizontal y vertical para simular el sismo.

La aceleración horizontal introducida en el cálculo pseudoestático es de 0,15g, correspondiente con la PGA de la ubicación del ZODME, y una aceleración vertical de 0,10g.

Este Análisis de estabilidad se realiza mediante el uso del programa Slide v6.0 con el cual se determinó el valor del factor de seguridad.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

Los coeficientes de seguridad solicitados y los obtenidos son los siguientes, tal y como se comprueba en la Tabla 3-65:

Tabla 3-65 Coeficientes de Seguridad de Cálculo ZODMES 10

Servicio	Prescritos	Obtenidos (perfil AA)	Obtenidos (perfil BB)
Sin Sismo	1.50	1.727	1.752
Con Sismo	1.10	1.192	1.228

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-143 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 10

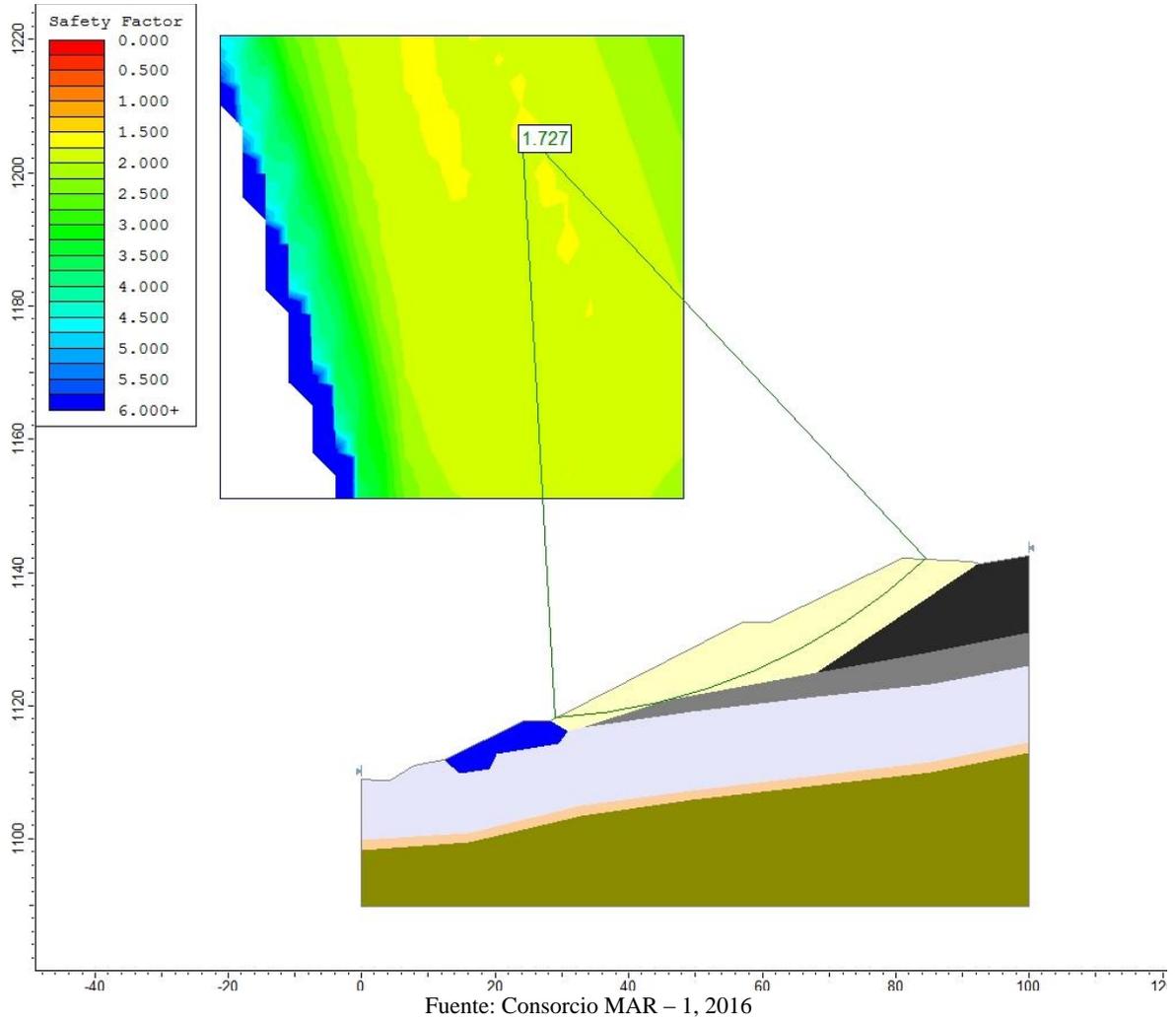
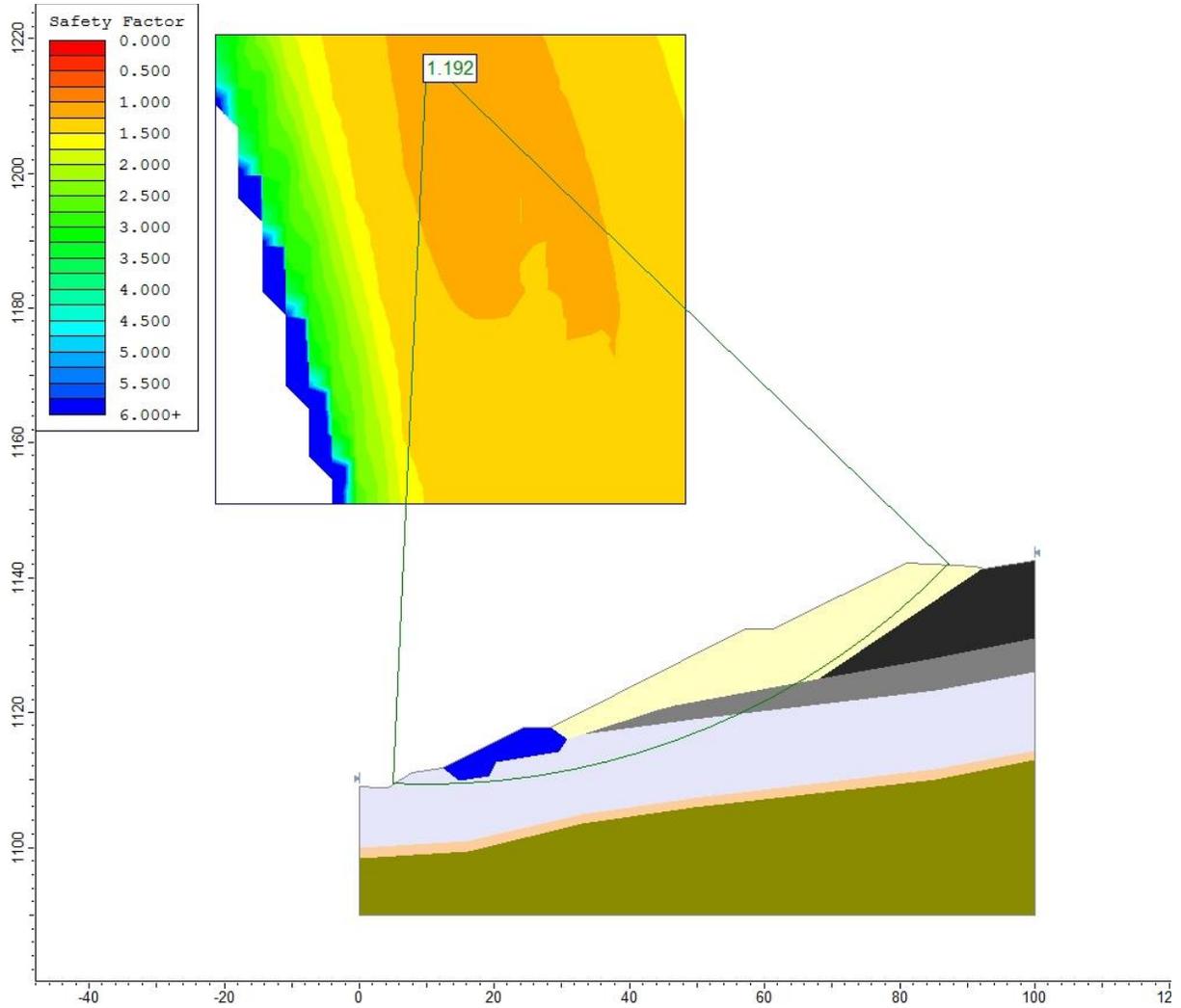
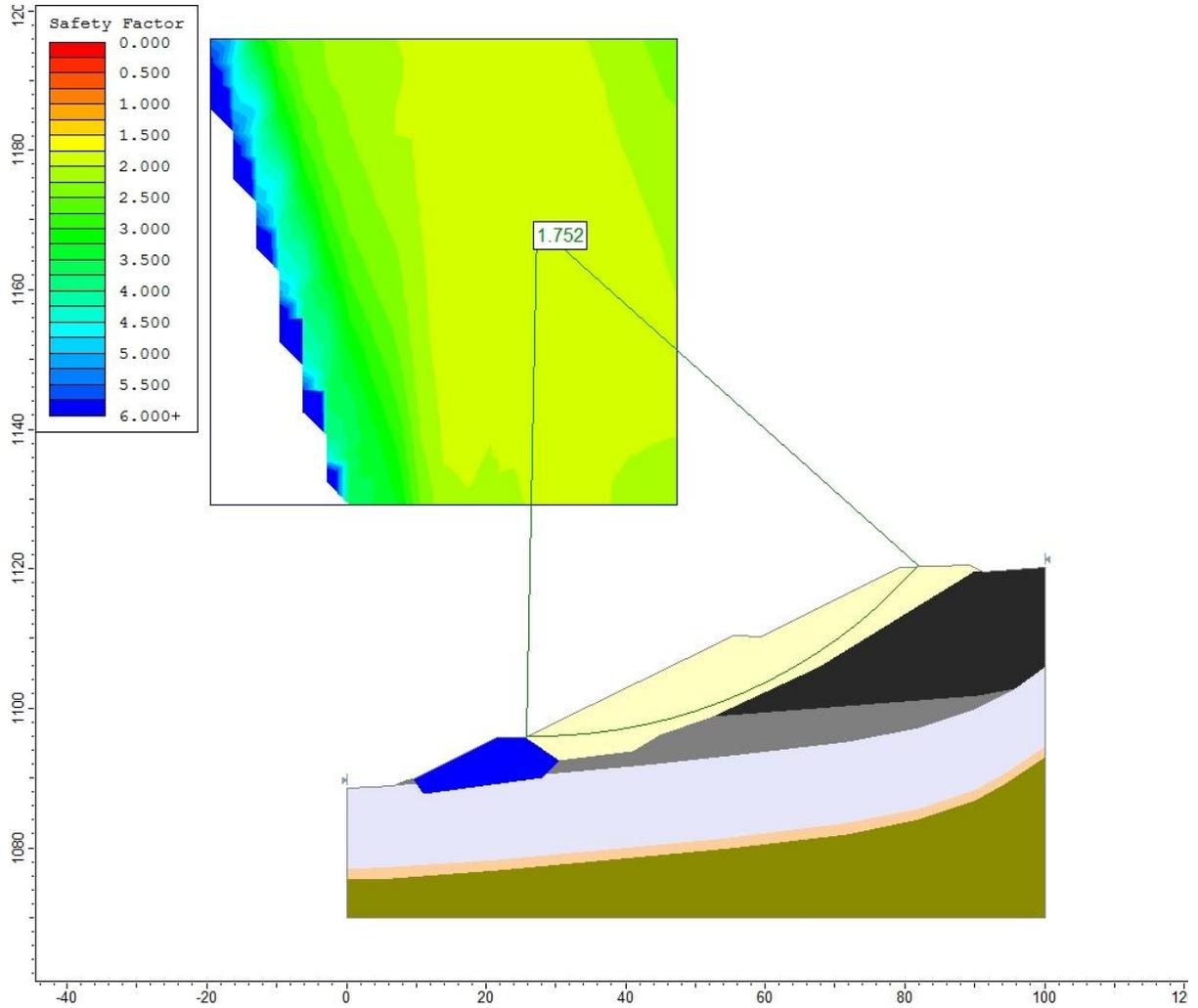


Figura 3-144 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 10



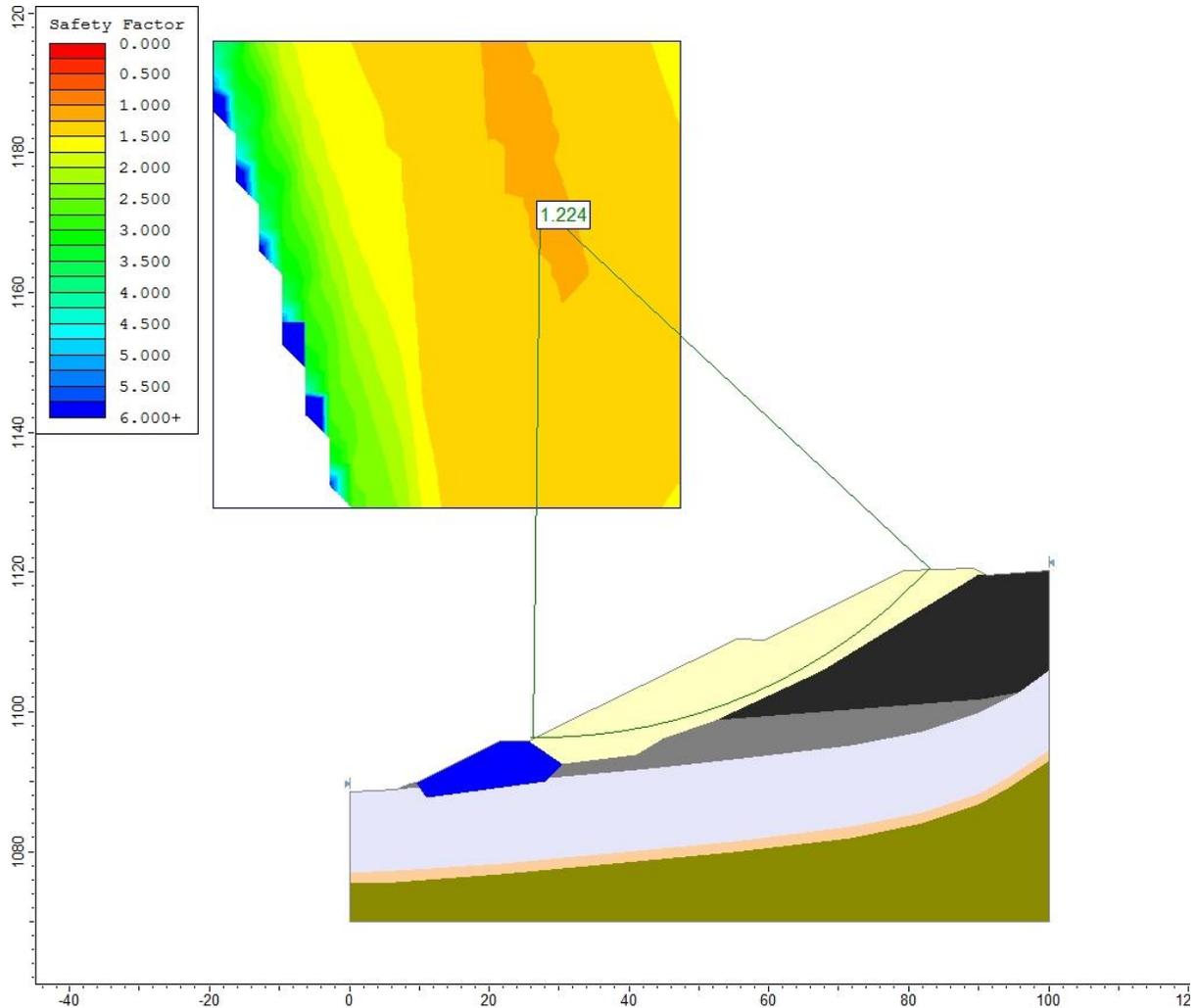
Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-145 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte B-B del ZODME 10



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-146 Estabilidad con Carga Sísmica del Corte B-B del ZODME 10



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

- *Identificación de las viviendas y los cuerpos de agua existentes en el área propuesta de adecuación final de la (s) ZODME*

En el polígono propuesto para esta ZODME existe una vivienda que se verá afectada con la construcción del mismo. Existe un drenaje sencillo que pasa por un costado del predio y va a respetar la distancia de los treinta (30) metros.

- *Diseño y planos a escala 1:5.000 o más de tallada, en donde se relacionen, entre otras, las obras de infraestructura confinamiento y contención y taludes, entre otros).*

En la Figura 3-147 se presentan los diseños finales del ZODME (ver ANEXO B ASPECTOS

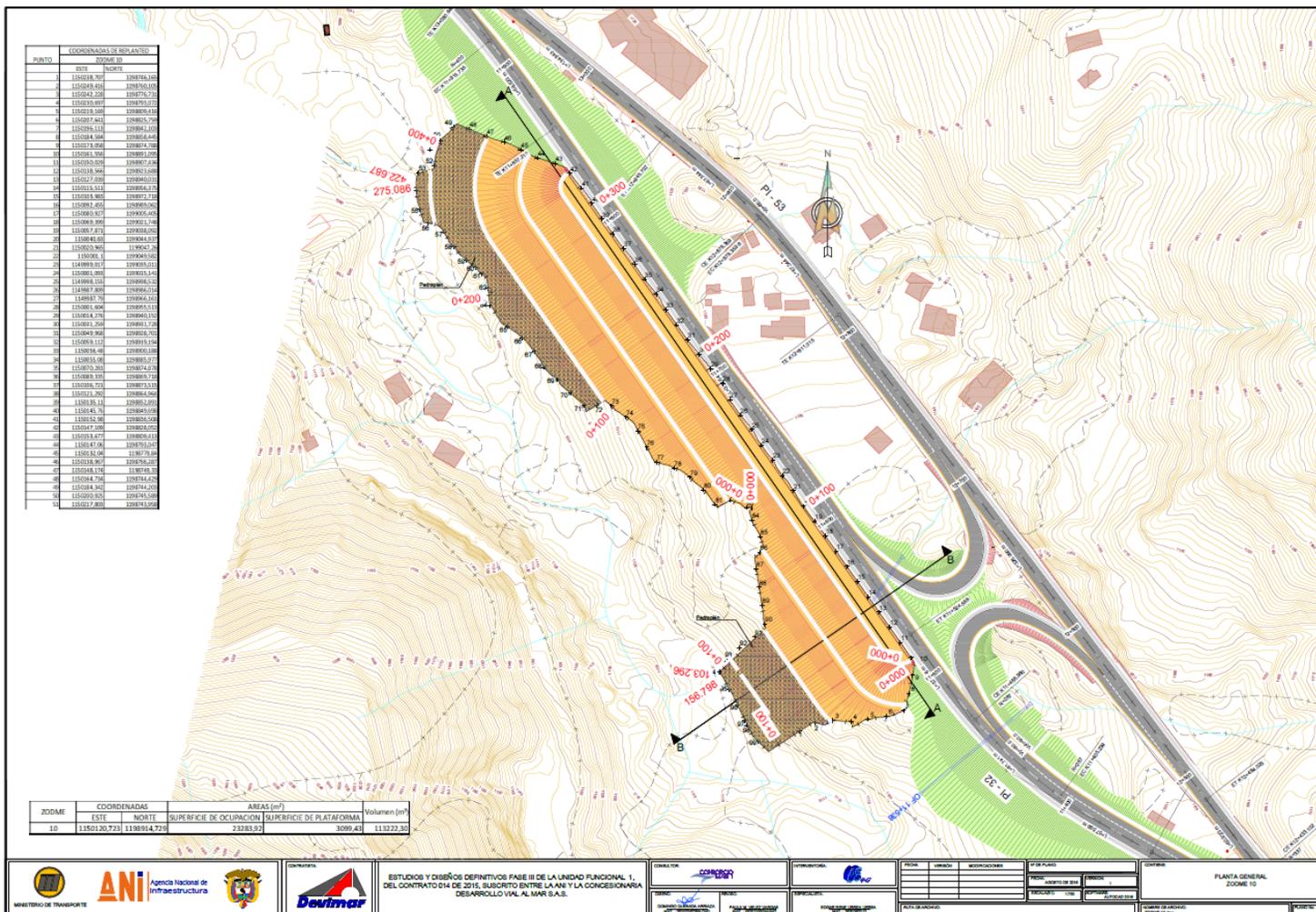
	<p align="center">CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p align="center">VERSIÓN 0.1</p>	

CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes).

- *Planta perfil de la conformación final contemplada.*

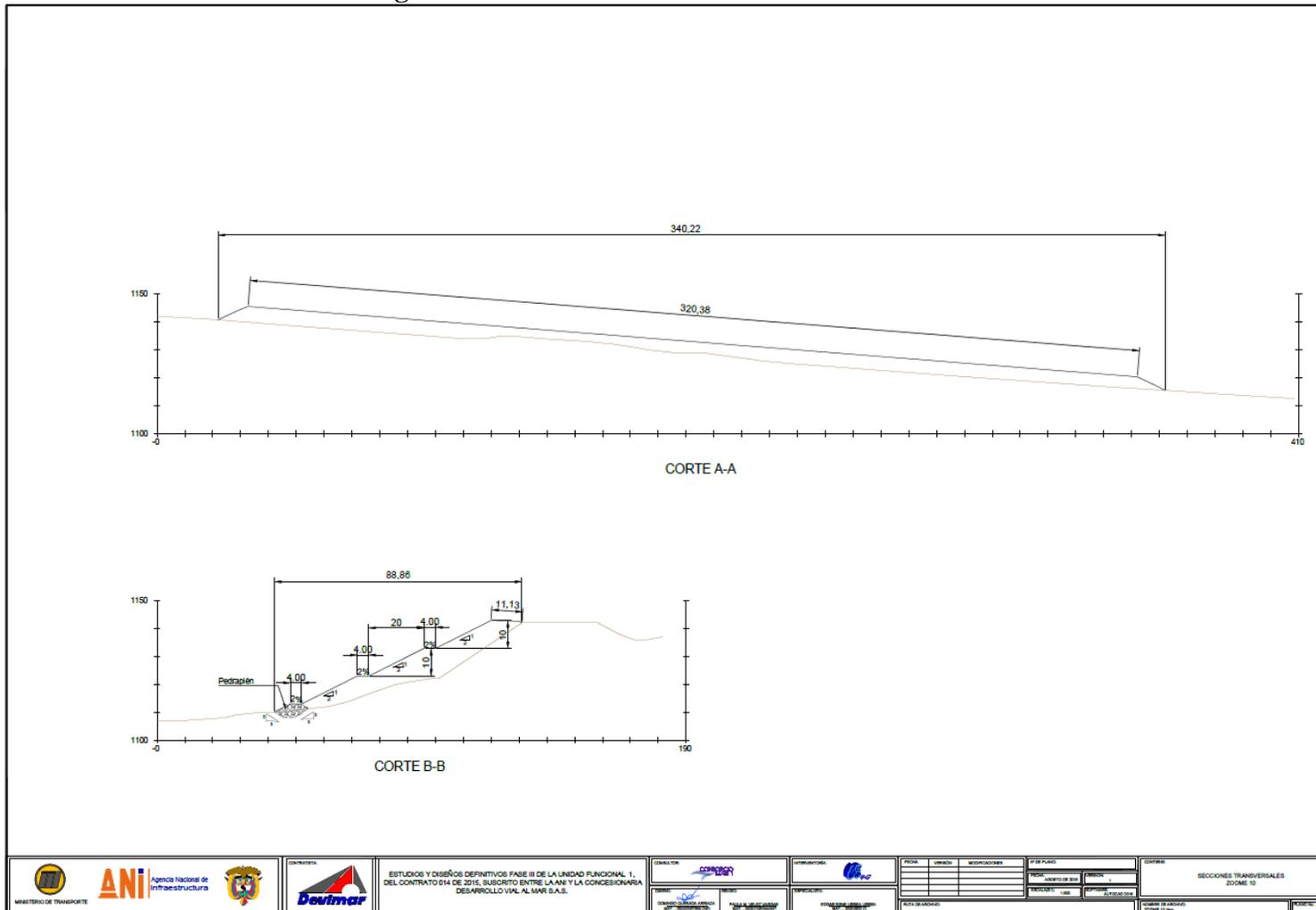
En la Figura 3-148 se presenta los planos finales del ZODME (ver *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes)*).

Figura 3-147 Planta general ZODME 10



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-148 Secciones transversales ZODME 10



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

- *Uso final del ZODME*

Restablecimiento del uso del suelo presente antes de la intervención con la ZODME el cual correspondía a una cobertura de pastos limpios. Por lo cual se propone la incorporación de un manto de tierra que favorezca la recuperación de suelo y provea las condiciones de vegetación nativa. También se plantea revegetalizar con césped y/o hidrosimbra.

3.2.8.2.1.4 ZODME 14

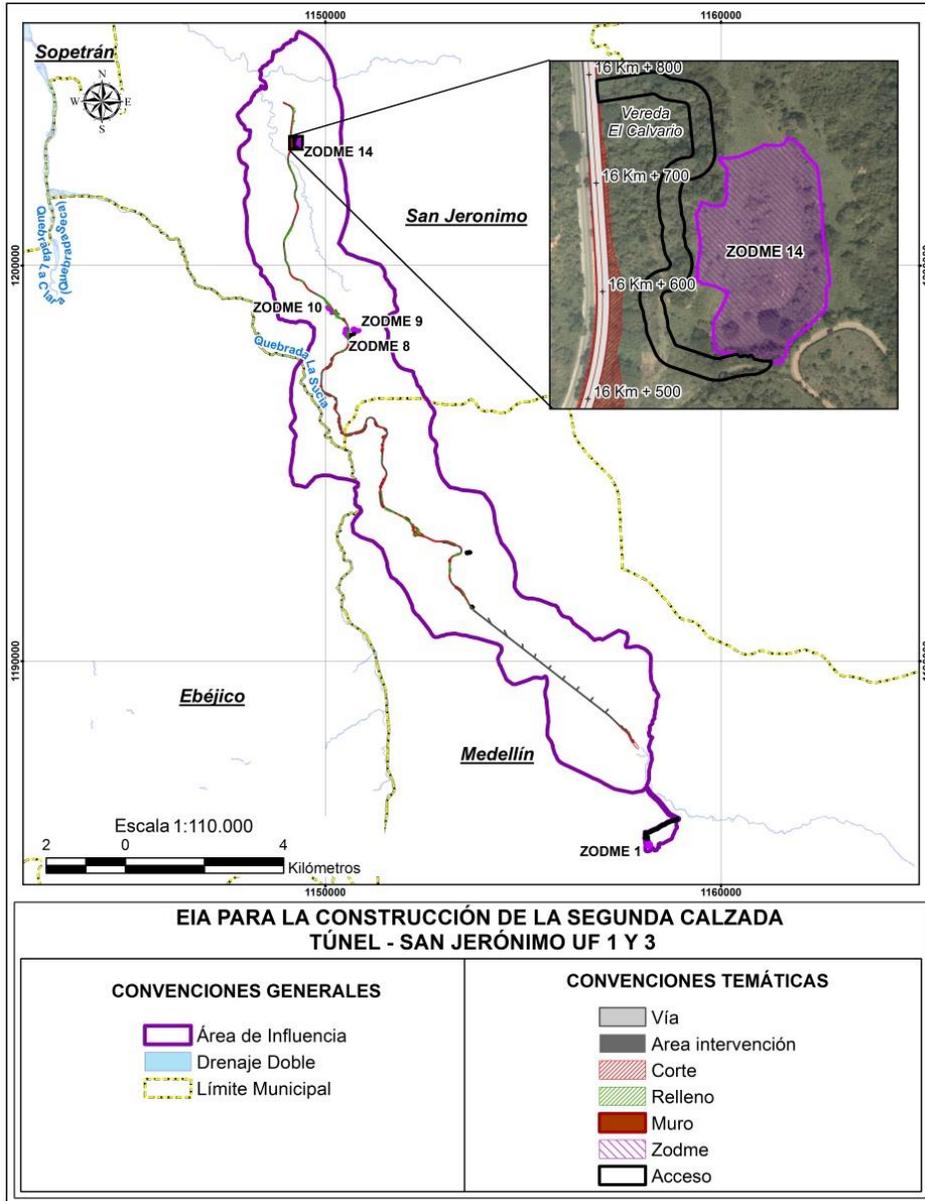
En el área propuesta para esta ZODME presenta una morfología suave con forma sinclinal. Se localiza en la Unidad Funcional 1, vereda El Calvario, con un área aproximada de 1,854 ha, capacidad estimada en 138.050 m³, aproximadamente en el K16+650. En la parte norte se encuentra un drenaje como se observa en la Fotografía 3-27, al cual se le respetará las distancias establecidas para los cuerpos de agua de 30 metros según Decreto 2811/74 - Art.83. Se ubica en las coordenadas presentadas en la Tabla 3-66. Se contempla la construcción de una vía de acceso como se indica en la Figura 3-149.

Tabla 3-66 Coordenadas ZODME 14

ZODME 14	Coordenadas Magna Sirgas – Origen Oeste	
	Norte	Este
	1203087,20	1149293,97

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-149 ZODME 14



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

El tipo de cobertura observada es de vegetación de mosaico de pastos con espacios naturales en forma de cuenca. Se identifica predominio de suelo arcillosos, como se evidencia en la Fotografía 3-28.

El volumen útil a disponer en la ZODME es aproximadamente de 138.050 m³, con una superficie de ocupación real de 18.540 m². La superficie de la explanada superior una vez finalizado será de 11.380 m², con una altura máxima de relleno de 38,17 metros.

Fotografía 3-27. Drenaje cercano a la ZODME 14



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 3-28. Tipo de cobertura ZODME 14



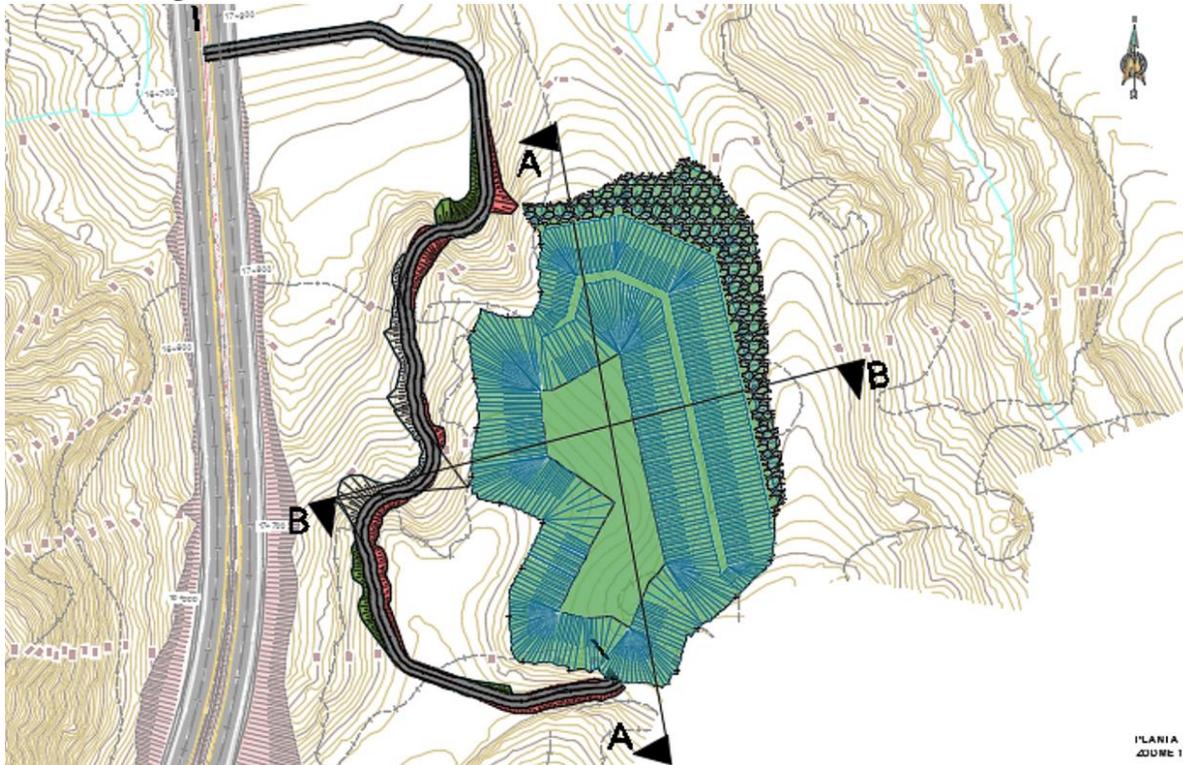
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

- Análisis de factores de seguridad y riesgo de desplazamiento ante cargas externas

El análisis se realizó utilizando el método de Equilibrio Límite-método de las dovelas sucesivas, el cual consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica), sobre cuya base se calculan las tensiones de corte y se comparan con la resistencia disponible, valorada según el criterio de rotura adoptado (Morh Coulomb).

Se procedió a un análisis del perfil más desfavorable del ZODME, que es el perfil longitudinal por la línea de mayor pendiente de la ladera y cuya ubicación se muestra en la siguiente Figura 3-150.

Figura 3-150 Ubicación de los Cortes analizados en la ZODME 14



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

La vía de acceso cuenta con una longitud aproximada de 469,12 m

A continuación se presenta el análisis de estabilidad para los perfiles mencionados.

Se realizan dos cálculos, unos para condición de servicio sin sismo y un segundo cálculo en el que se introduce una aceleración horizontal y vertical para simular el sismo.

La aceleración horizontal introducida en el cálculo pseudoestático es de 0,15g, correspondiente con la PGA de la ubicación del ZODME, y una aceleración vertical de 0,10g.

Este Análisis de estabilidad se realiza mediante el uso del programa Slide v6.0 con el cual se determinó el valor del factor de seguridad.

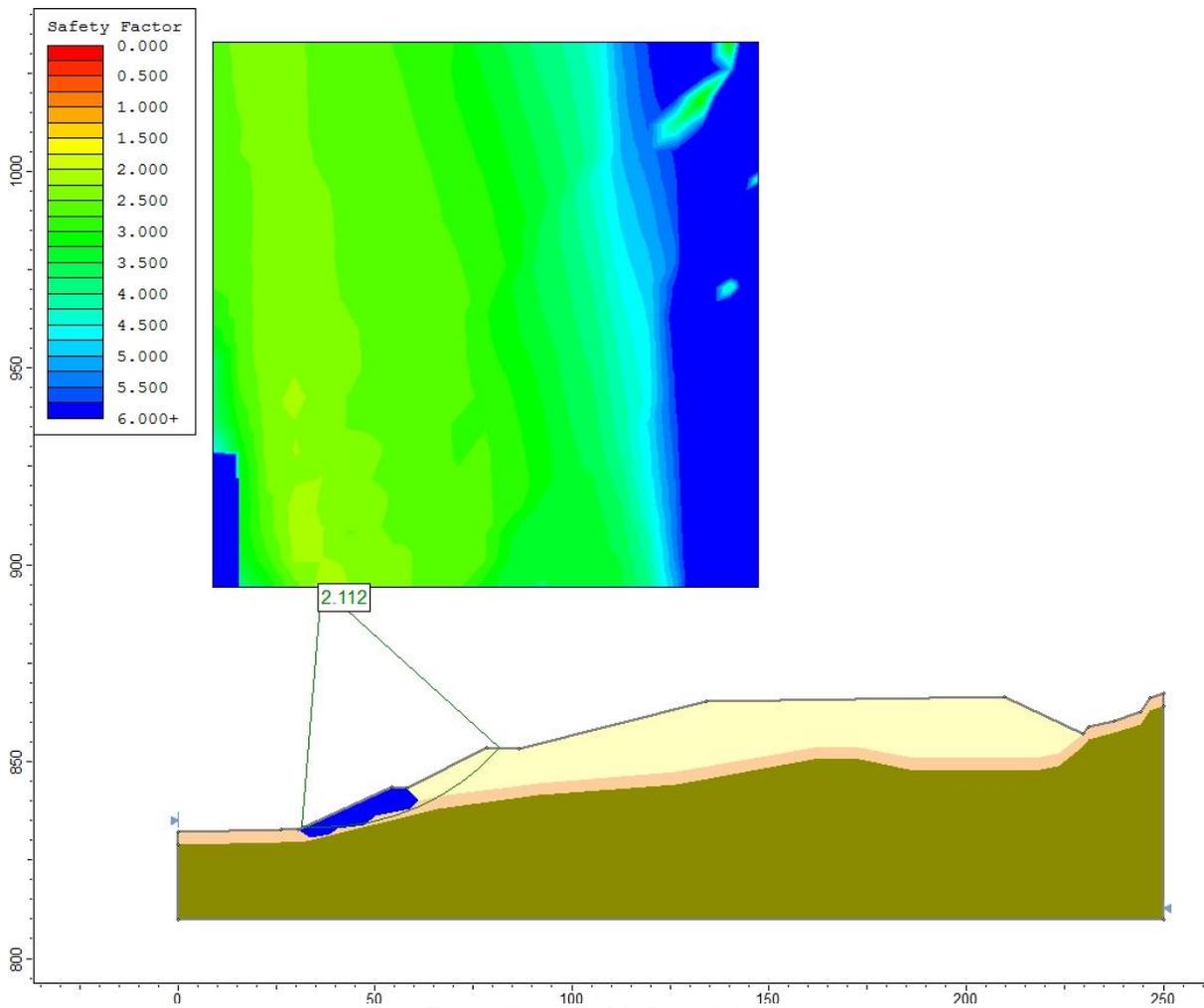
Los coeficientes de seguridad solicitados y los obtenidos son los siguientes, tal y como se comprueba en Tabla 3-61:

Tabla 3-67 Coeficientes de Seguridad de Cálculo ZODMES 14

Servicio	Prescritos	Obtenidos (perfil AA)	Obtenidos (perfil BB)
Servicio	1.50	2.112	1.855
Con sismo	1.10	1.440	1.287

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-151 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 14



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-152 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 14

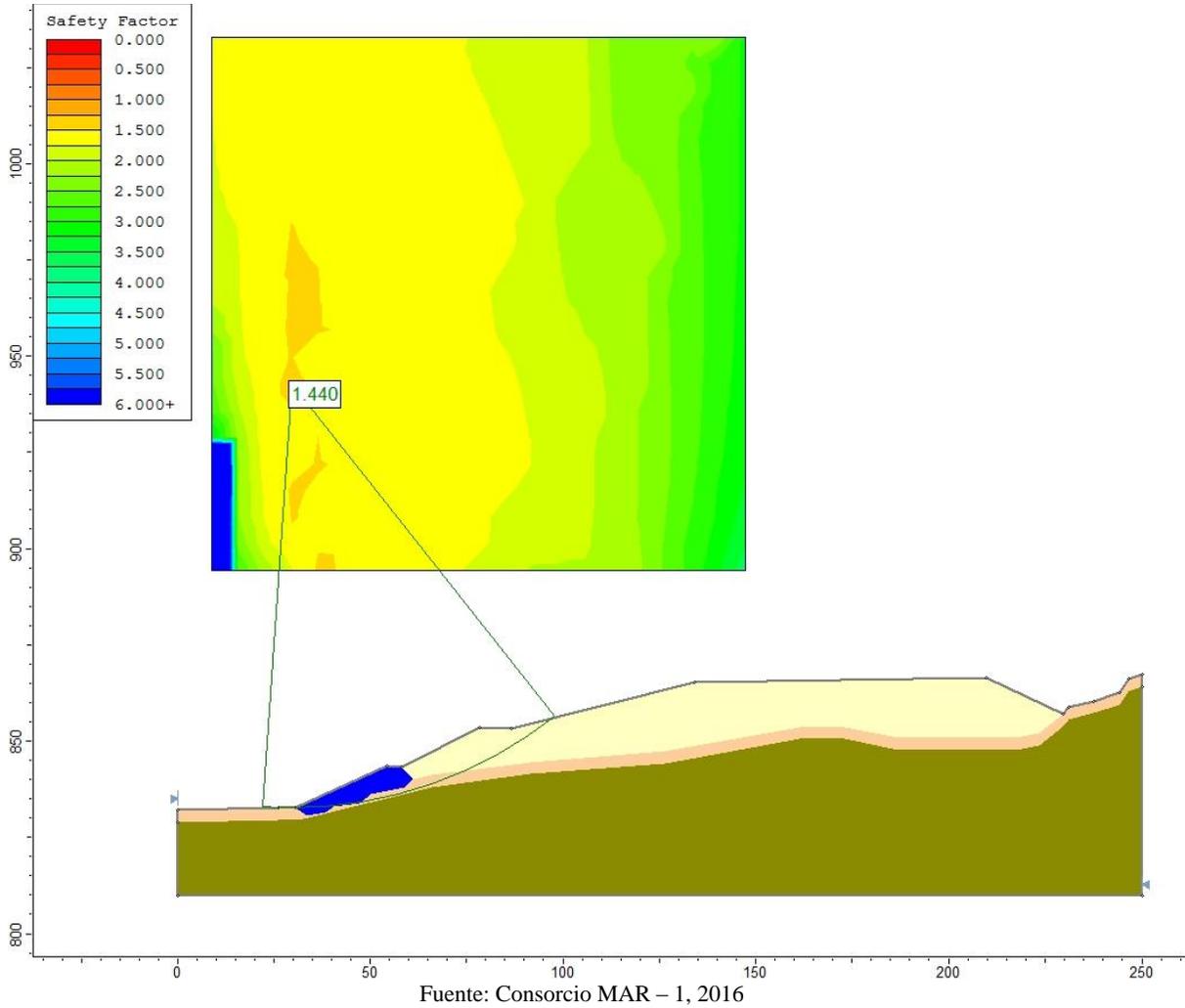
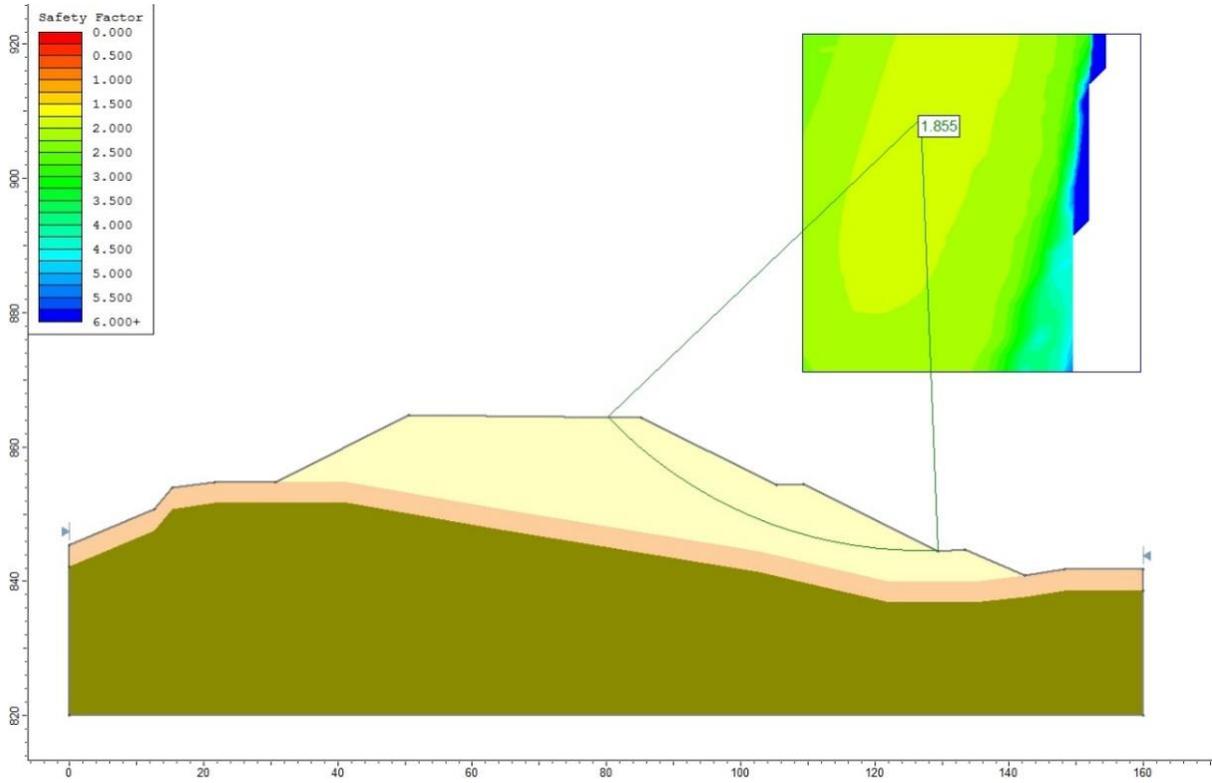
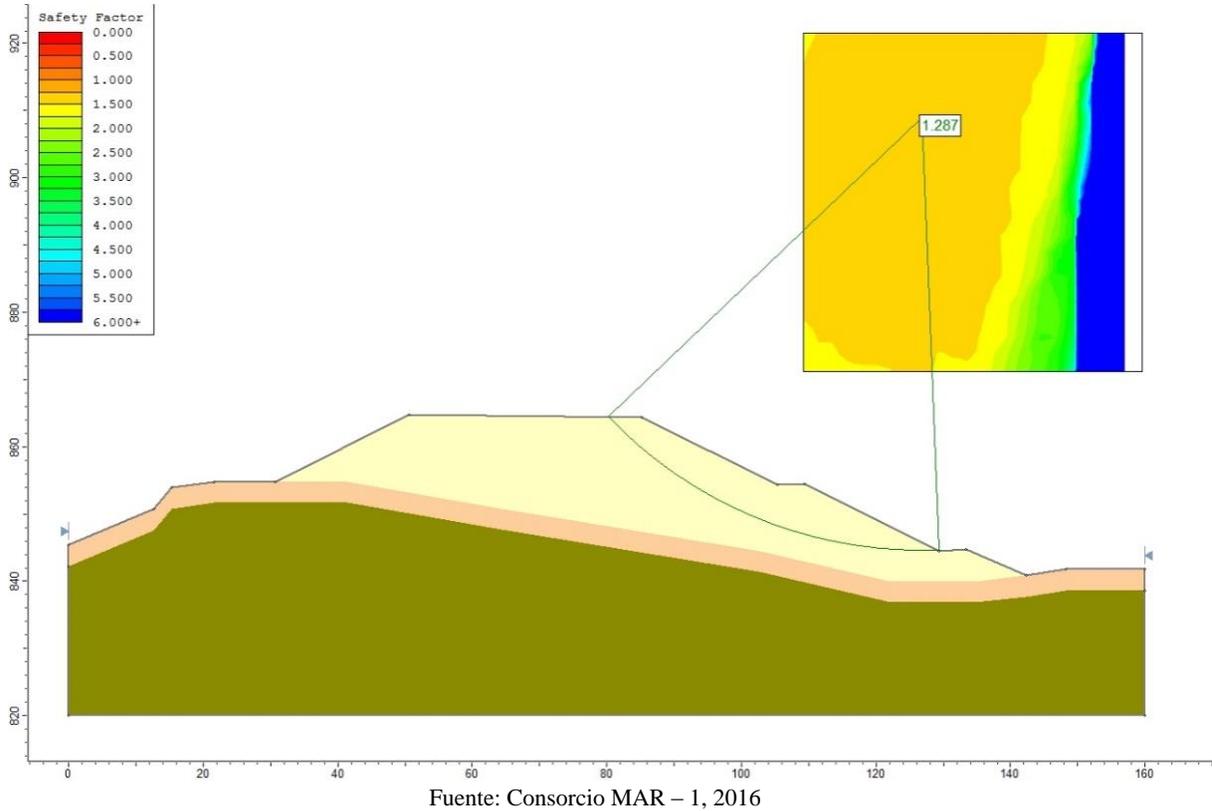


Figura 3-153 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte BB del ZODME 14



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-154 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte BB del ZODME 14



- *Identificación de las viviendas y los cuerpos de agua existentes en el área propuesta de adecuación final de la (s) ZODME*

El polígono propuesto para este ZODME no tiene viviendas en los alrededores que se puedan afectar con los trabajos. Existe un drenaje sencillo que pasa por un costado del predio, al cual se le respetará la distancia de los treinta (30) metros.

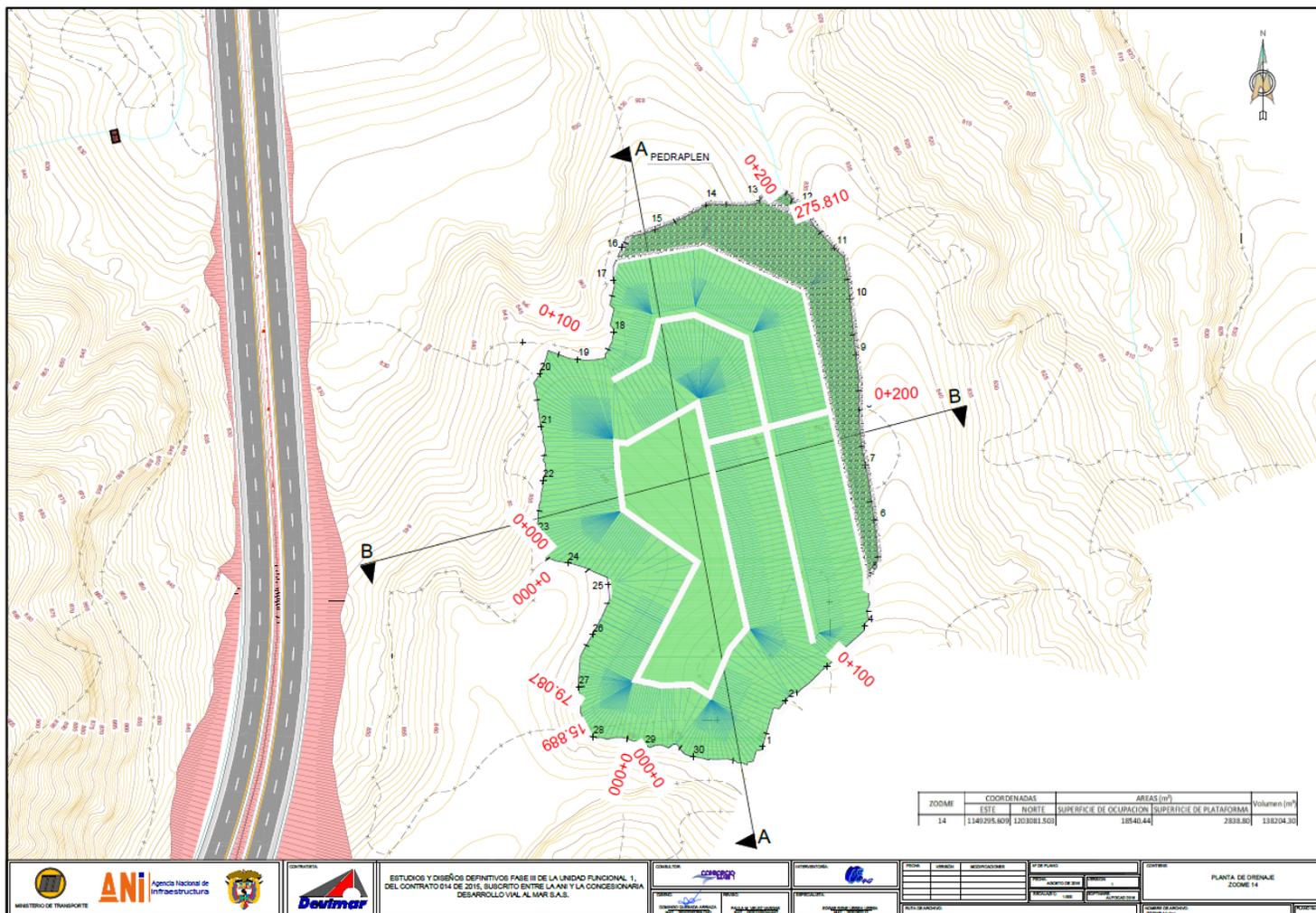
- *Diseño y planos a escala 1:5.000 o más detallada, en donde se relacionen, entre otras, las obras de infraestructura confinamiento y contención y taludes, entre otros).*

En la Figura 3-155 se presentan los diseños finales de la ZODME. (ver ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes))

- *Planta perfil de la conformación final contemplada.*

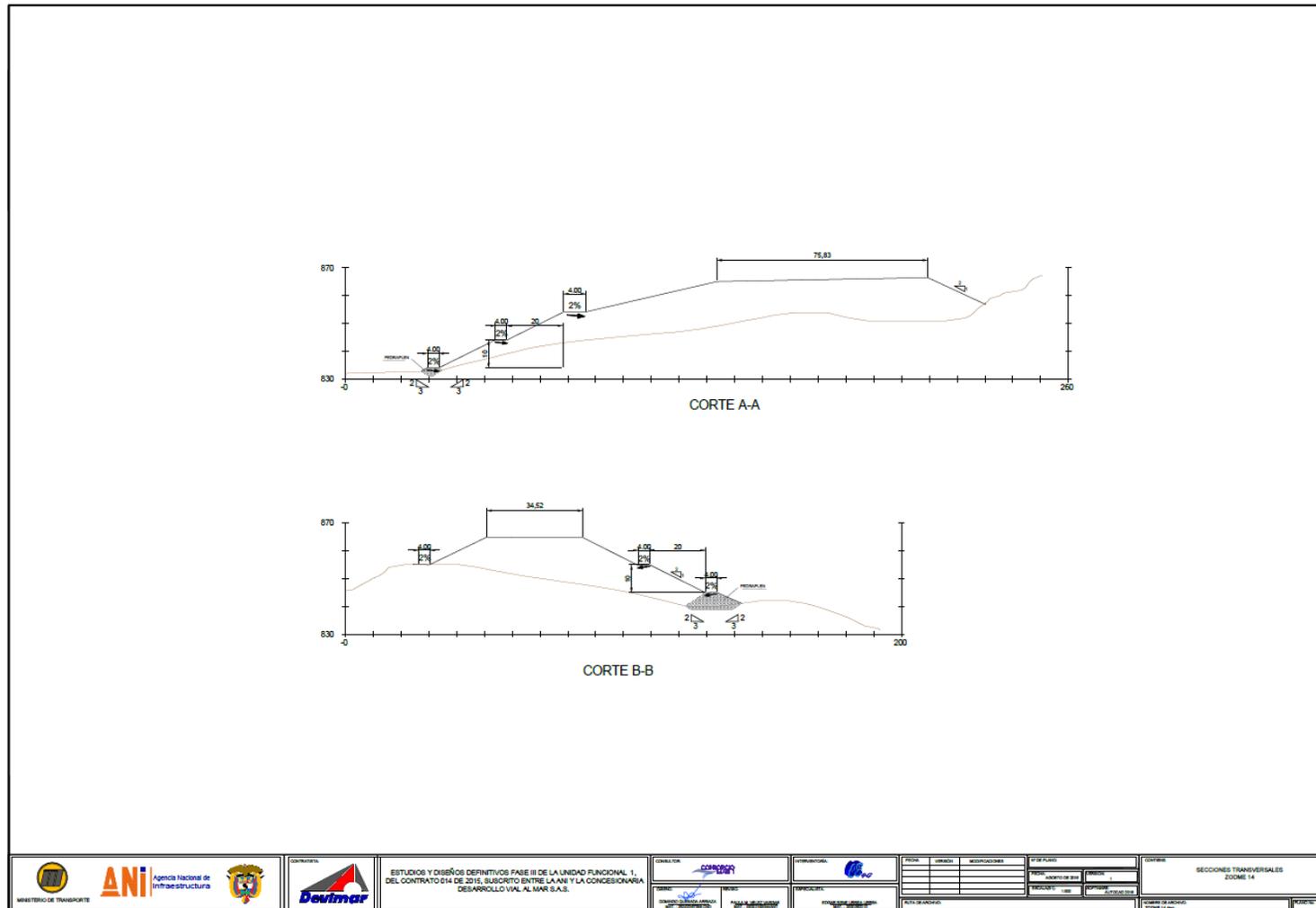
En la Figura 3-156 se presenta los planos finales de la ZODME (ver ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes)).

Figura 3-155 Planta general ZODME 14



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-156 Secciones transversales ZODME 14



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

- *Uso final del ZODME*

Restablecimiento del uso del suelo presente antes de la intervención con el ZODME el cual correspondía a una cobertura de pastos limpios. Por lo cual se propone la incorporación de un manto de tierra que favorezca la recuperación de suelo y provea las condiciones de vegetación nativa. También se plantea revegetalizar con césped y/o hidrosimbra.

3.2.8.2.2 ZODME Unidad Funcional 3

3.2.8.2.2.1 ZODME 1

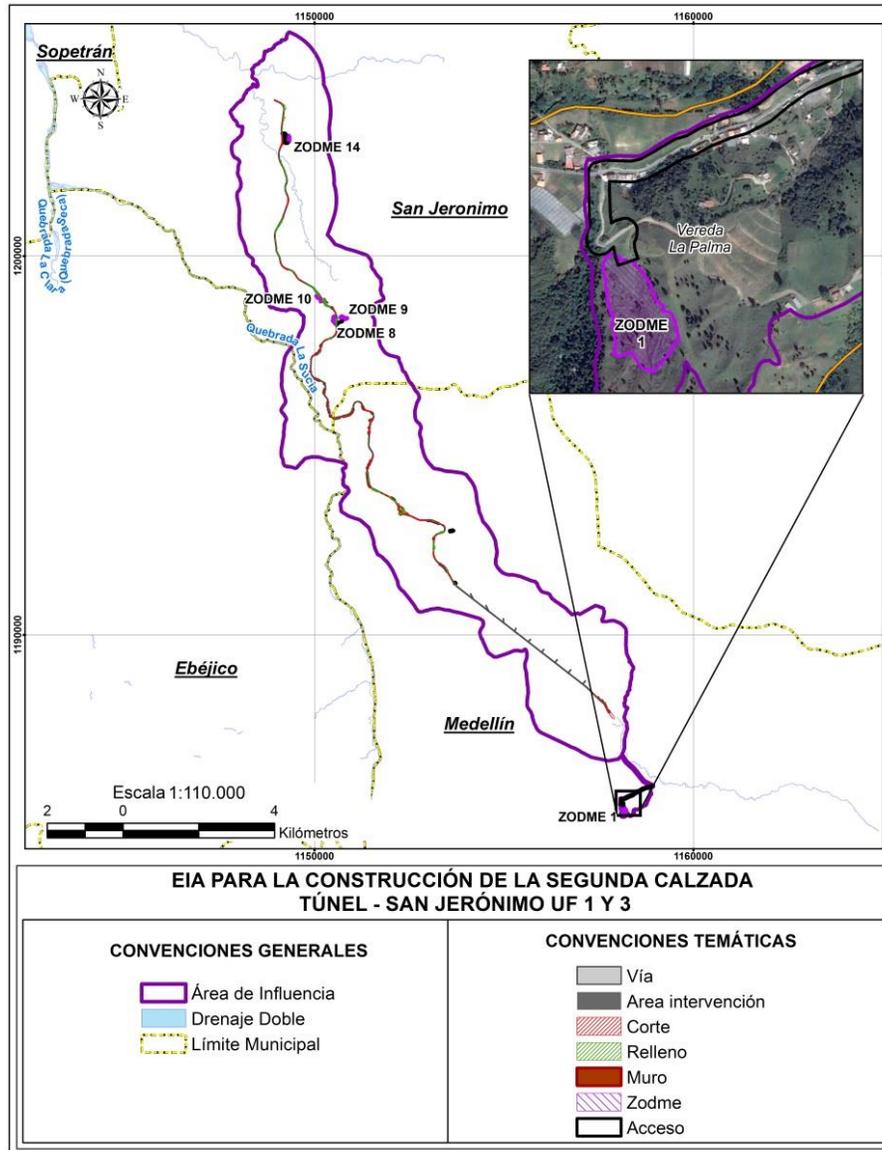
Esta ZODME tiene un acceso de unos 200 metros de longitud con un ancho de banca de 6 metros, con cunetas en tierra (Ver Figura 3-157). La vía es de tipo rural (ver Fotografía 3-29). La ZODME 1 se encuentra ubicada en la Unidad Funcional 3, en la vereda La Palma que hace parte de la zona rural de Medellín, con un área de 1.956 ha, capacidad de 273.170 m³, en las coordenadas presentadas en la Tabla 3-68.

Tabla 3-68 Coordenadas ZODME 1

ZODME 14	Coordenadas Magna Sirgas – Origen Oeste	
	Norte	Este
	1158166,8	1185387,7

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-157 ZODME 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

El volumen útil a disponer en la ZODME es aproximadamente de 273.170 m³, con una superficie de ocupación real de 19.560 m². La superficie de la explanada superior una vez finalizado será de 4.825 m², con una altura máxima de relleno de 30 metros.

Esta ZODME se encuentra contigua a un relleno utilizado por el proyecto anterior y presenta canales artificiales que conducen las aguas que descenden de la parte alta de la montaña como se observa en la Fotografía 3-30 con una topografía ondulada y una cobertura de vegetación secundaria.

Fotografía 3-29. Acceso a ZODME 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 3-30. Canal artificial – ZODME 1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

- *Análisis de factores de seguridad y riesgo de desplazamientos ante cargas externas*

El análisis se realizó utilizando el método de Equilibrio Límite-método de las dovelas sucesivas, el cual consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica), sobre cuya base se calculan las tensiones de corte y se comparan con la resistencia disponible, valorada según el criterio de rotura adoptado (Morh Coulomb).

Se procedió a un análisis de los dos perfiles más desfavorables del ZODME, que son los perfiles longitudinales por la línea de mayor pendiente de la ladera y cuya ubicación se muestra en la siguiente Figura 3-158.

Figura 3-158 Ubicación de los Cortes analizados en el ZODME 1



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

A continuación se presenta el análisis de estabilidad para los perfiles mencionados.

Se realizan dos cálculos, unos para condición de servicio sin sismo y un segundo cálculo en el que se introduce una aceleración horizontal y vertical para simular el sismo.

La aceleración horizontal introducida en el cálculo pseudoestático es de 0,15g, correspondiente con la PGA de la ubicación del ZODME, y una aceleración vertical de 0,10g.

Este Análisis de estabilidad se realiza mediante el uso del programa Slide v6.0 con el cual se determinó el valor del factor de seguridad.

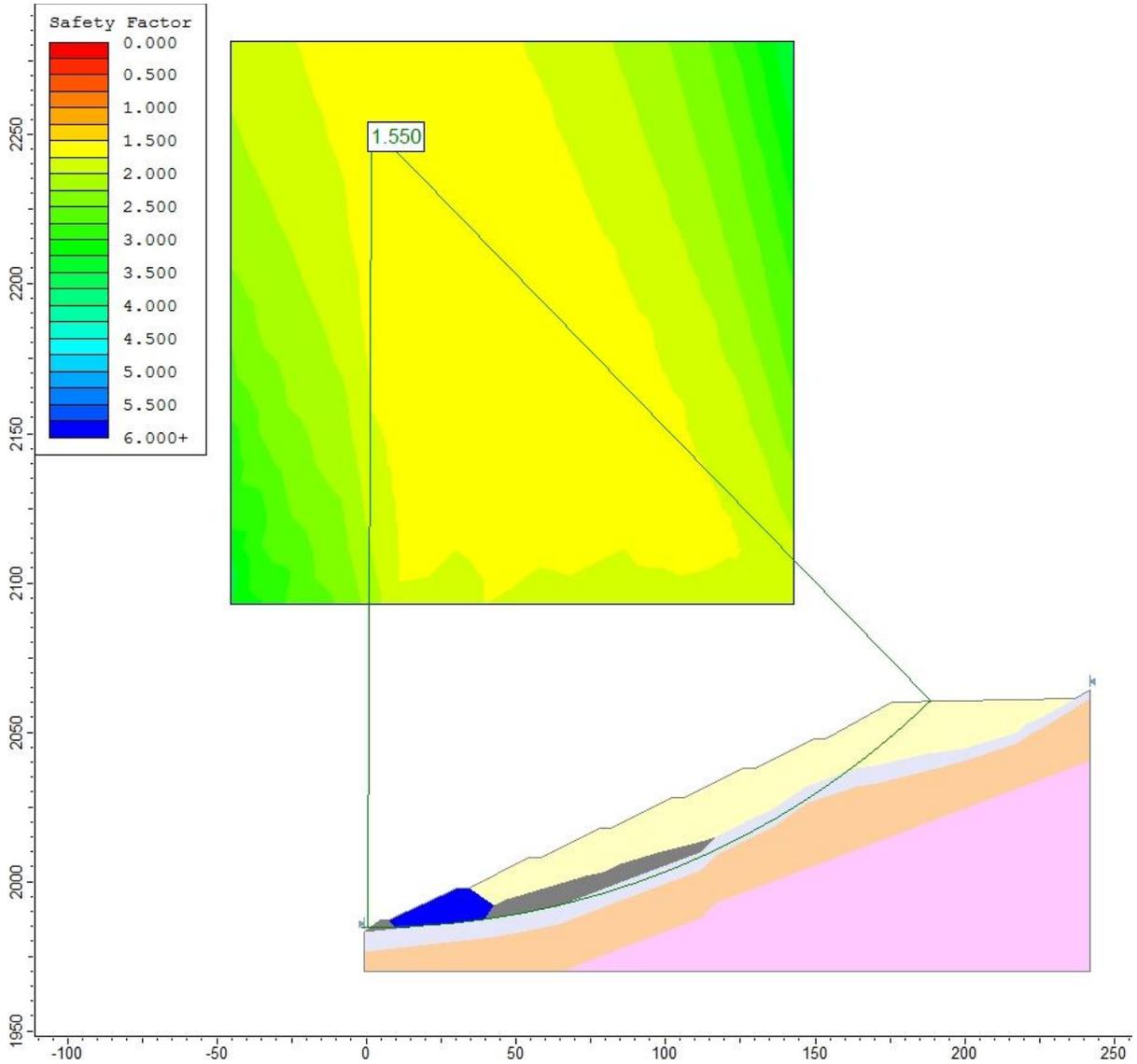
Los coeficientes de seguridad solicitados y los obtenidos son los siguientes, tal y como se comprueba en la Tabla 3-69:

Tabla 3-69 Coeficientes de Seguridad de Cálculo ZODMES 1

Servicio	Prescritos	Obtenidos (perfil AA)
Servicio	1.50	1.550
Con sismo	1.10	1.101

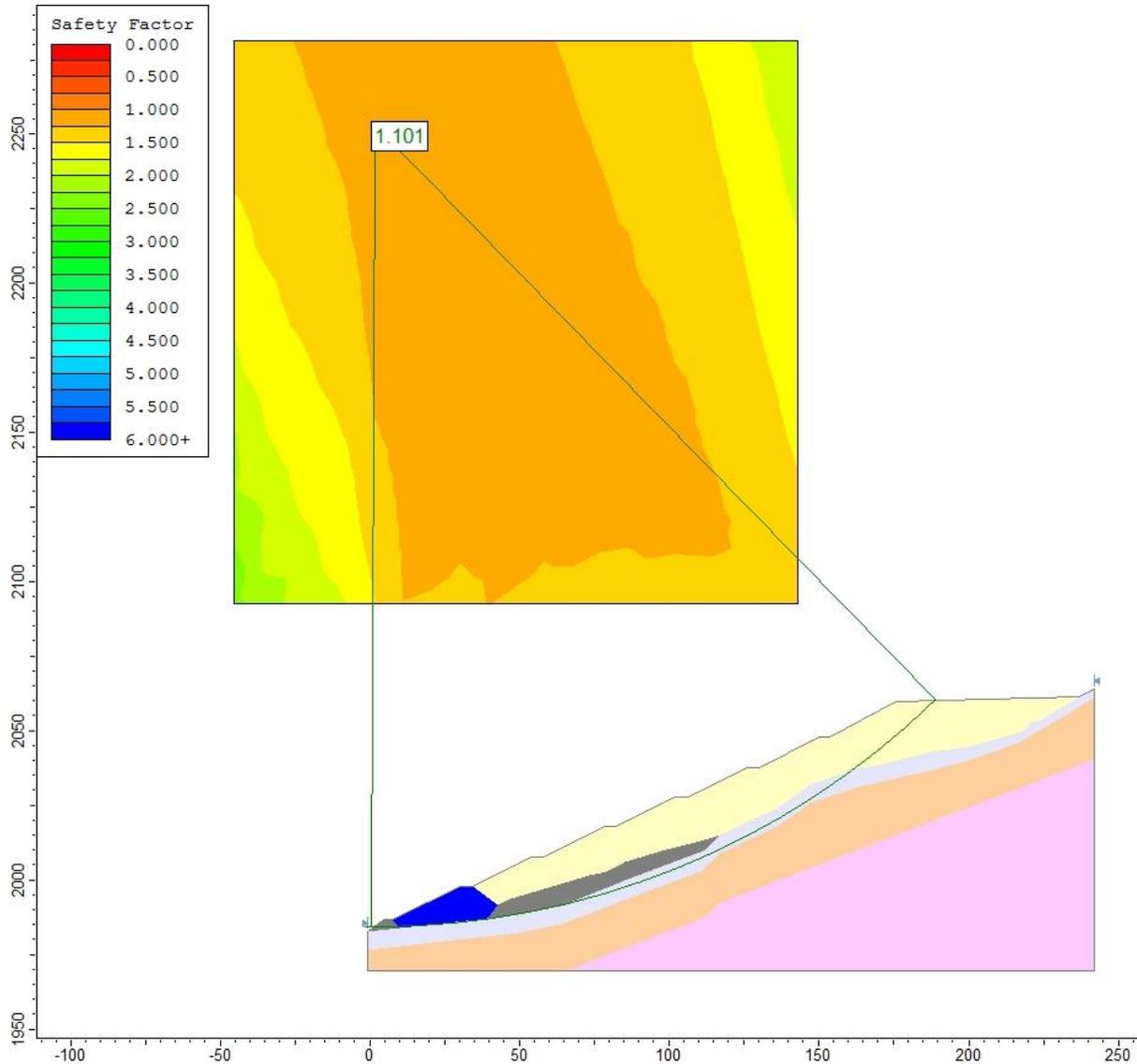
Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-159 Estabilidad sin Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 1



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

Figura 3-160 Estabilidad Con Carga Sísmica del Corte AA del ZODME 1



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

- *Identificación de las viviendas y los cuerpos de agua existentes en el área propuesta de adecuación final de la (s) ZODME*

El polígono propuesto para esta ZODME no tiene viviendas en los alrededores que se puedan afectar con los trabajos.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

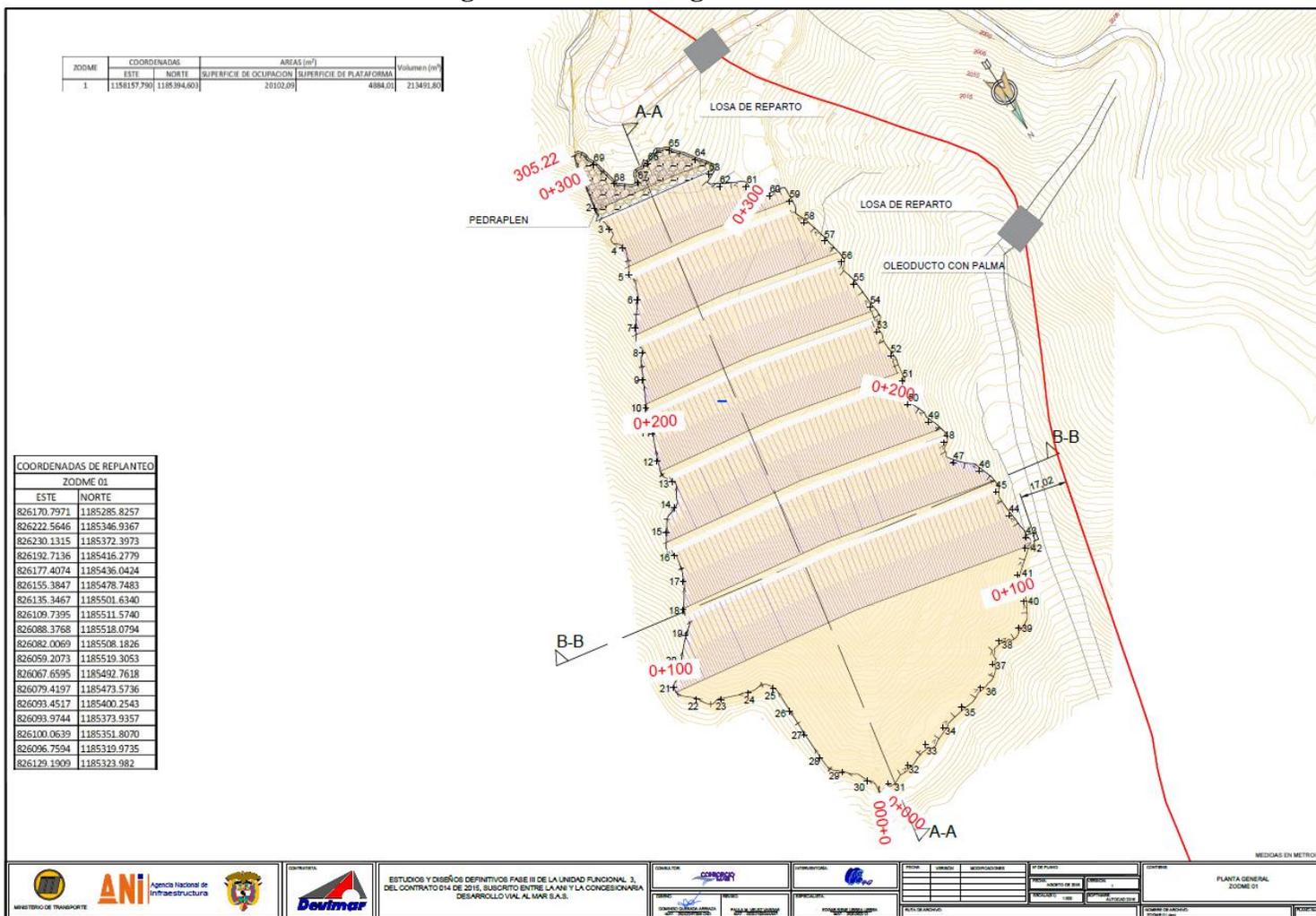
- *Diseño y planos a escala 1:5.000 o más de tallada, en donde se relacionen, entre otras, las obras de infraestructura confinamiento y contención y taludes, entre otros).*

En la Figura 3-161 se presentan los diseños finales de la ZODME (ver *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes)*).

- *Planta perfil de la conformación final contemplada.*

En la Figura 3-162 se presenta los planos finales de la ZODME (ver *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Zodmes)*).

Figura 3-161 Planta general ZODME 1



Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

- *Uso final del ZODME*

Restablecimiento del uso del suelo presente antes de la intervención con el ZODME el cual correspondía a una cobertura de pastos limpios. Por lo cual se propone la incorporación de un manto de tierra que favorezca la recuperación de suelo y provea las condiciones de vegetación nativa. También se plantea revegetalizar con césped y/o hidrosiembra.

Para esta Unidad Funcional también se considera el uso de la ZODME 9, descrita anteriormente en la Unidad Funcional 1, la cual recibirá los sobrantes de excavación procedentes del túnel en el portal Santa Fe.

3.2.9 Residuos peligrosos y no peligrosos

El proyecto contempla la generación de residuos peligrosos y no peligrosos provenientes de las distintas actividades constructivas, operación de campamentos y plantas de asfalto y concreto.

En este contexto en el presente numeral se describen las características de los residuos sólidos y se propone el modelo de gestión a implementar, ciñéndose a los lineamientos y requisitos establecidos en la normatividad nacional y local vigente, con base en los principios de prevención y reducción en la fuente en aras de minimizar y controlar los potenciales impactos que se producen sobre el ambiente.

En términos generales en el proyecto de construcción del proyecto vial se espera generar residuos que se clasificaran en tres grandes categorías: Residuos de construcción (escombros y lodos), residuos domésticos (convencionales) y residuos industriales.

A continuación se describen las generalidades de la gestión de residuos que son objeto de autorización en el presente estudio de impacto ambiental.

3.2.9.1 Clasificación y cuantificación de los residuos sólidos

En la construcción de las obras se generan residuos sólidos provenientes del descapote, las excavaciones, demoliciones, lodos de instalación de pilotes; los cuales pueden ser reutilizados en las obras para la reconfiguración de taludes, canteras y/o nivelación del terreno. No obstante dadas las características mecánicas del material de corte esperado, no es viable ningún tipo de aprovechamiento, por lo tanto es procedente la identificación de sitios para la disposición final controlada del material sobrante.

A continuación se describen las características de los generados en las actividades constructivas:

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

- Tipo 1. Escombros: Material arcilloso, rocoso o granular proveniente de las excavaciones y que no cumple con las especificaciones técnicas para ser utilizado como material de obras; a los residuos de demoliciones de estructuras existentes, residuos de concreto. Son aprovechables siempre y cuando no estén contaminados.
- Tipo 2. Sobrantes de material de descapote: Material orgánico proveniente de las actividades desmonte y descapote. Se consideran residuos aprovechables biodegradables
-
- Tipo 3. Lodos: Residuos con alto porcentaje de humedad, provenientes de piscinas de las plantas de concreto y trituración de otras actividades. Están clasificados como residuos aprovechables.

3.2.9.1.1 Clasificación de los residuos sólidos domésticos

Durante el desarrollo del proyecto en sus dos etapas se generarán diversos tipos de residuos domésticos u ordinarios, los cuales se reducirán considerablemente en la etapa de operación, teniendo en cuenta la disminución en el número de personas en los campamentos. Se realizará una gestión integral de residuos sólidos, para la cual es necesario identificar y clasificar los residuos domésticos e industriales según sus características:

- Tipo 1. Residuos reciclables y/o reutilizables: corresponden a envolturas y envases limpios de vidrio, plástico, cartón, madera, papel o PET (envases de gaseosas); periódicos, revistas, folletos, catálogos, cuadernos, hojas de papel, fotocopias, sobres, tarjetas, cartón, bolsas de papel, cajas, cartulinas y cartones, latas vacías y aplastadas; todos en buen estado, que no estén húmedos o sucios, ni con restos de alimentos.
-
- Tipo 2. Residuos orgánicos: todos los desperdicios orgánicos (restos de alimentos, cáscaras de frutas y verduras, alimentos descompuestos etc.) que pueden ser transformados en suelo orgánico o abono a través del proceso de compostaje, o aprovechados para alimento de especies domésticas.
-
- Tipo 3. Residuos no aprovechables: como su nombre lo indica son residuos que no tienen ningún valor para el reciclaje y van normalmente a los rellenos sanitarios; en general los que estén sucios, con restos de comida, o mojados, como empaques o envases de papel, cartón, plástico o caucho, bolsas de mecató, icopor, tetra pack, papel carbón, servilletas y papel higiénico, barrido y colillas de cigarrillo.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.9.1.2 Clasificación de los residuos sólidos industriales

- Tipo 1. Residuos reciclables y/o reutilizables: a este grupo corresponden materiales sobrantes de construcción como el vidrio, aluminio, madera, embalajes de cartón y plástico, y la chatarra.
-
- Tipo 2. Residuos peligrosos o contaminados: se consideran en este grupo los geotextiles (geomembranas), lonas, guantes, zapatos, estopa, en general, 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 y/o hidrocarburos, como producto de las actividades normales de mantenimiento de maquinaria, equipos y herramientas; empaques y envases provenientes de los combustibles, lubricantes, solventes, cemento, pinturas, aceites, anticorrosivos, etc., y las colillas de soldadura.
-
- También en este grupo se incluyen los empaques de los explosivos a utilizar para el proyecto, y cualquier residuo de los mismos; las baterías de aparatos eléctricos, equipos de telefonía móvil o sus partes, equipos de oficina, tales como computadores o sus partes, equipos de conectividad (módems, decodificadores), fax, copiadoras, impresoras, etc.
-
- Los residuos provenientes de la enfermería, como gasas, algodones, jeringas, etc., que han estado en contacto con fluidos corporales, también se consideran residuos peligrosos, con un riesgo potencial a los seres humanos u otros organismos vivos debido a que no son degradables, pueden acumularse biológicamente, pueden ser letales o pueden causar efectos perjudiciales acumulativos.
-
- Tipo 3. Residuos no aprovechables – basura: son residuos que no pueden ser reciclados o aprovechados posteriormente, y van normalmente a los rellenos sanitarios; corresponden a pedazos de láminas de metal, tubería, trapos, etc.

En caso de generarse otros residuos industriales, peligrosos o contaminados, el contratista para cada actividad se encargará de almacenarlos debidamente hasta que una empresa certificada, que cuente con licencia ambiental se haga cargo del manejo y disposición final de esta clase de residuos.

3.2.9.2 Volúmenes a generar

En el presente capítulo se hace descripción de los posibles volúmenes de residuos que se generarán, basados en datos de proyectos similares realizados por el consultor.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR I.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.9.2.1 Residuos de construcción

De acuerdo al cronograma del proyecto se espera que la etapa de construcción de la vía tenga una duración de 3 años, en los cuales se espera la generación sólidos provenientes del descapote, las excavaciones, demoliciones, lodos de instalación de pilotes.

En la Tabla 3-70 se presenta el resumen el volumen estimado de residuos provenientes del aprovechamiento forestal por cada una de las coberturas encontradas. El volumen de residuos está determinado como el 30% del volumen estimado de aprovechamiento forestal y corresponde básicamente a la fracción de follaje y residuos no aprovechables. Respecto a la fracción aprovechable se acataran las medidas establecidas en la ficha Manejo del aprovechamiento forestal.

Tabla 3-70 Resumen aprovechamiento forestal por cobertura

Cobertura	Volumen aproximado a aprovechar (m ³)	Volumen estimado de residuos Forestales (m ³)
Bosque de galería con predominio de árboles	268,21	77,64
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	69,35	30,36
Mosaico de pastos y cultivos	16,24	8,45
Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales arbóreos	39,67	21,95
Pastos arbolados	235,50	130,23
Pastos enmalezados	87,23	38,63
Pastos limpios	260,76	80,21
Tejido urbano continuo	0,67	0,27
Vegetación secundaria alta	11,62	3,97
Vegetación secundaria baja	32,42	11,52
Vivienda rural nucleada	933,10	405,03
TOTAL	1954,77	808,25

Fuente: Consultoría Colombiana 2016

3.2.9.2.2 Residuos domésticos u ordinarios

En la Tabla 3-71 se presenta la estimación de volúmenes por producción mensual y per cápita de residuos ordinarios basados en producciones medidas en proyectos similares.

Tabla 3-71 Estimación cuantía de volúmenes de residuos ordinarios generados

Residuo	Promedio mensual kg/mes	Promedio esperado mensual estimado Kg /mes	PPC** (Kg/Trabajador –día)
Residuos comunes	458	5947,5	0,20
Residuos orgánicos	168	2181,3	0,07
Plástico, cartón, papel de archivo	215	2795,0	0,09
Total	840	10923,9	0,36

**PPC = (Promedio esperado mensual estimado Kg / 30 días * 600 trabajadores); población de referencia 600 trabajadores ubicados en el campamento.

Se estima la generación de 43,2 kg/día de residuos domésticos por plataforma de trabajo, para los 120 trabajadores que laborarán en estas plataformas (60 en la boca Santa Fe y 60 en la boca Medellín).

Se debe tener en cuenta que todas las actividades constructivas no se llevaran a cabo al mismo tiempo y que cada plataforma de trabajo será instalada cuando la construcción especifica lo requiera, esto mismo se debe tener en cuenta para el desmantelamiento. Cada uno de estas plataformas deberá tener una zona específica donde disponer temporalmente los residuos sólidos generados, para posteriormente ser recogidos por la empresa encargada de hacer la recolección y manejo de los mismos.

3.2.9.2.3 Residuos industriales

Siguiendo la misma metodología que los residuos ordinarios, pero basado en producciones por kilómetro de proyecto de construcción de vías.

Se estimó entonces la producción de residuos industriales cuyos resultados se presentan en la Tabla 3-72, en las cuales se evidencia que los de mayor generación corresponden a la chatarra, seguido de llantas y los aceites usados.

Tabla 3-72 Volúmenes estimados de residuos Industriales

Residuo	Promedio mensual (kg/(km*mes))	Promedio esperado mensual estimado (Kg /mes)	Producción esperada durante la construcción del proyecto (t)
Aceites usados	116,07	2667,99	128,06
Residuos sólidos contaminados	55,82	1283,08	61,59
Chatarra	273,15	6278,63	301,37
Llantas usadas	1,00	22,99	1,10
Total	446,04	10252,68	492,13

Fuente: Consultoría Colombiana 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.1	

3.2.10 Costos del proyecto

El costo de estas Unidades Funcionales es:

Tabla 3-73 Costos estimados para la construcción de calzadas en Unidades funcionales 1 y 3.

Actividad	UF1	UF3	Valor Estimado
Adquisición de predios	\$ 103.080.217.975	\$ 1.816.788.860	\$ 104.897.006.836
Obras civiles	\$ 211.517.224.942	\$ 180.030.000.000	\$ 391.547.224.942
Adquisición y alquiler de maquinaria para obras civiles	\$ 134.573.698.948	\$ 172.970.000.000	\$ 307.543.698.948
Constitución de servidumbres	\$ 4.010.977.123	\$ 74.221.139	\$ 4.085.198.262,00
Total Valor Estimado para Construcción	\$ 453.182.118.988	\$ 354.891.000.000	\$ 808.073.118.988

Corresponde a los costos aproximados del proyecto, entregados por la Concesión Desarrollo vial al Mar-DEVIMAR

3.2.11 Cronograma del proyecto

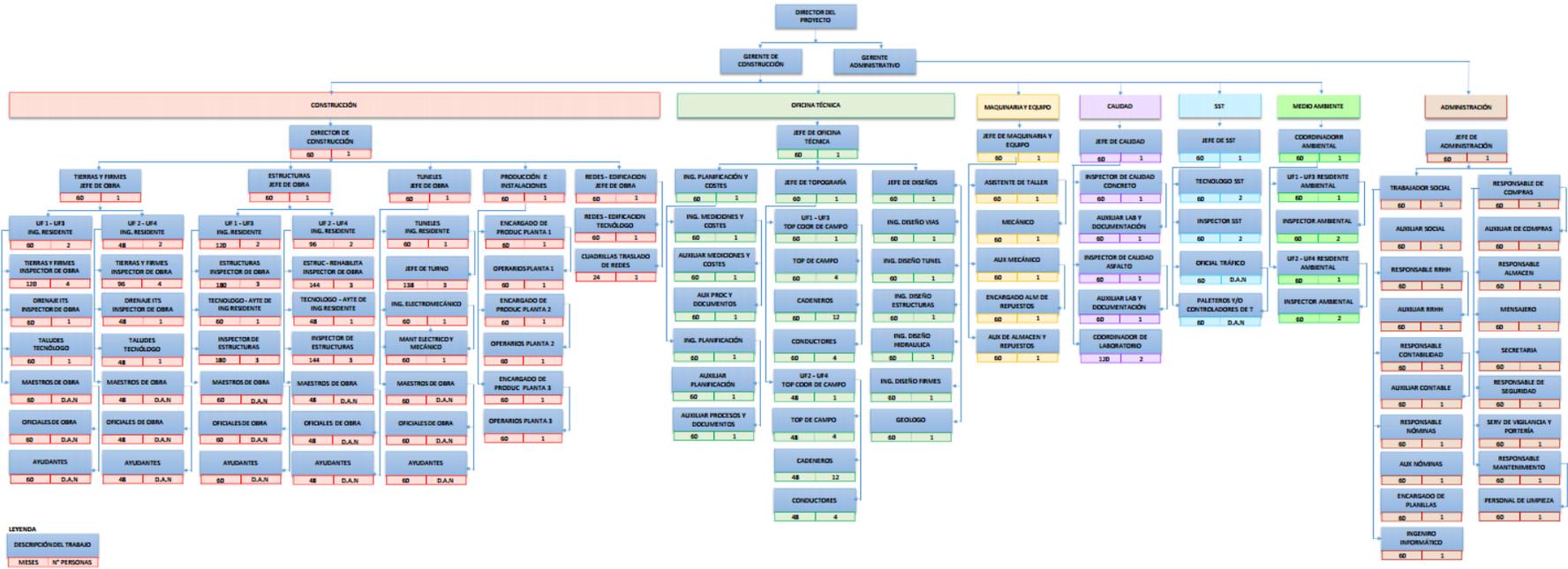
Para el proyecto vial Autopista Mar 1, se tiene prevista una etapa de preconstrucción de un año para solicitar los permisos y elaboración de diseños, y para la ejecución de las obras se tiene propuesto una duración de 4 (cuatro) años. En el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Cronograma)* se presenta el cronograma donde se presenta el programa detallado del proyecto.

	<p align="center"> CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1. </p>	
	<p align="center"> ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL </p>	
	<p align="center"> VERSIÓN 0.1 </p>	

3.2.12 Organización del proyecto

En la Figura 3-164 se presenta el organigrama de obra contemplado para el proyecto Autopista al Mar 1, el cual también se adjunta en el *ANEXO B ASPECTOS CIVILES CONSTRUCTIVOS (Organigrama)*.

Figura 3-164 Organigrama de obra – Proyecto Autopista al Mar 1



NOTA: El presente documento se encuentra sujeto a modificaciones de acuerdo con las necesidades del proyecto.

Fuente: Consorcio MAR – 1, 2016