



**Estudio de necesidad de la vía Santo Domingo – Alejandría COD 62AN22-2
Tramo km 15+700 – km 18+200**

María Camila Portela Gaviria

Informe de práctica académica para optar al título de Ingeniera Civil

Asesor

Carlos Alberto Vega Posada, Ph.D.

Universidad de Antioquia

Escuela Ambiental

Ingeniería Civil

Medellín

2022

Cita	Portela Gaviria [1]
Referencia	[1] M. C. Portela Gaviria, “Estudio de necesidad de la vía Santo Domingo – Alejandría COD 62AN22-2: Tramo km 15+700 – km 18+200”, Semestre de Industria, Ingeniería Civil, Universidad de Antioquia, Medellín, 2022.
Estilo IEEE (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	8
1. Introducción	9
2. Objetivos	10
2.1. Objetivo general	10
2.2. Objetivos específicos	10
3. Marco teórico	11
3.1. Obras de drenaje	12
3.1.1. Obras de drenaje superficial	12
3.1.1.1. Obras de drenaje longitudinal	12
3.1.1.2. Obras de drenaje transversal	13
3.2. Método Racional	13
3.2.1. Área de drenaje	14
3.2.2. Coeficiente de escorrentía del suelo	14
3.2.3. Tiempo de concentración	15
3.2.4. Periodo de retorno	15
3.2.5. Intensidad de precipitación	16
3.3. Capacidad hidráulica	16
3.4. Puentes	17
3.5. Muros de contención	18
3.6. Señales de tránsito	19
3.7. Diseño geométrico	19
4. Metodología	22
4.1. Etapa preliminar	22
4.2. Etapa 1	22

4.2.1. Listado de los puentes y box culverts	23
4.2.2. Listado de las obras de contención existentes	24
4.2.3. Listado de las obras hidráulicas	25
4.2.4. Estructuras existentes importantes y recomendación sobre las mismas	26
4.3. Etapa 2	26
4.3.1. Verificación hidráulica	26
4.3.2. Modificación alineamiento de la vía	27
4.3.3. Obras de contención propuestas	27
4.4. Etapa 3	27
4.4.1. Caracterización ambiental y de las comunidades del área de influencia	27
4.4.2. Demanda de recursos necesarios	28
4.5. Etapa 4	28
4.5.1. Listado de zonas urbanas, presencia de minorías étnicas y consejos comunitarios	28
4.5.2. Condiciones socioeconómicas del área de influencia del proyecto	28
4.6. Etapa 5	28
5. Resultados y análisis	29
5.1. Etapa preliminar	29
5.1.1. Localización	29
5.1.2. Economía	31
5.1.3. Demografía	31
5.1.4. Componente social	32
5.1.5. Componente vial	32
5.2. Etapa 1	32
5.2.1. Listado de puentes y box culverts	32
5.2.2. Listado de obras de contención existentes	34

5.2.3. Listado de las obras hidráulicas	35
5.2.4. Estructuras existentes importantes y recomendación sobre las mismas	38
5.2.5. Sitios de interés geométrico	39
5.2.6. Señalización	39
5.2.7. Otros elementos de interés	40
5.3. Etapa 2	40
5.3.1. Verificación hidráulica	40
5.3.1.1. Capacidad hidráulica alcantarillas	41
5.3.1.2. Capacidad hidráulica Box Culverts	42
5.3.1.3. Drenaje longitudinal	43
5.3.2. Obras de contención nuevas	43
5.3.3. Modificación alineamiento de la vía	44
5.4. Etapa 3	45
5.4.1. Caracterización ambiental	45
5.4.2. Caracterización comunidades	46
5.4.3. Demanda de recursos necesarios para la intervención sugerida	48
5.5. Etapa 4	49
5.5.1. Zonas urbanas, minorías étnicas y consejos comunitarios	49
5.5.2. Condiciones socioeconómicas	51
5.6. Etapa 5	54
5.6.1. Objetivos del proyecto	54
5.6.2. Características del corredor	55
6. Conclusiones y recomendaciones	56
Referencias	57

Lista de tablas

Tabla 1. Valores típicos del coeficiente de escorrentía para zonas rurales. [13]	14
Tabla 2. Periodos de retorno de diseño para obras de drenaje vial. [13]	15
Tabla 3. Velocidades de diseño según tipo de carretera y terreno. [21]	20
Tabla 4. Radios mínimos para peralte y fricción máxima. [21]	21
Tabla 5. Vía Santo Domingo - Alejandría. Código 62AN22-2. [2]	30
Tabla 6. Listado de Puentes.	33
Tabla 7. Listado de Box Culverts.	33
Tabla 8. Listado de obras de contención existentes.	34
Tabla 9. Listado de alcantarillas existentes en el corredor vial.	35
Tabla 10. Listado de señales.	40
Tabla 11. Otros elementos de interés.	40
Tabla 12. Cálculo de caudal máximo por geometría para tuberías de 0.6m y 0.9m de diámetro.	41
Tabla 13. Verificación capacidad hidráulica Alcantarillas.	42
Tabla 14. Cálculo de caudal máximo por geometría para Box Culverts.	42
Tabla 15. Verificación capacidad hidráulica Box Culverts.	43
Tabla 16. Muro de contención propuesto por pérdida parcial de banca.	43
Tabla 17. Población del municipio del área de influencia. [24]	46
Tabla 18. Zonas pobladas.	49

Lista de figuras

Figura 1. Curva IDF - Estación Guayabito. [15]	16
Figura 2. Formato de inspección señalización.	23
Figura 3. Formato de inspección de puentes. Adaptado del INVIAS. [12]	24
Figura 4. Campo para registro de box culvert. Adaptado del INVIAS. [12]	24
Figura 5. Formato de inspección de muros. Adaptado del INVIAS. [18]	25
Figura 6. Formato de inspección de alcantarillas. Adaptado del INVIAS. [11]	26
Figura 7. Localización de la vía Santo Domingo – Alejandría. [22]	29
Figura 8. Localización del tramo. [1]	31
Figura 9. Puente Río Nare (km 16+630).	38
Figura 10. Sección típica.	39
Figura 11. Histograma de secciones transversales por ancho.	44
Figura 12. Área de influencia. [25]	45
Figura 13. Veredas que pueden ser afectadas.	47
Figura 14. Casa en costado derecho de la vía.	48
Figura 15. Centro poblado km 17+700. [22]	50
Figura 16. Reporte de las minorías étnicas en el Municipio de Alejandría. [26]	50
Figura 17. Reporte de Títulos colectivos adjudicados a las comunidades negras del departamento de Antioquia en el Municipio de Alejandría. [26]	51
Figura 18. Cultivo de plátanos y bosque antrópico de pinos.	51
Figura 19. Ganado bovino.	52
Figura 20. Cascada Velo de la Novia.	53
Figura 21. Generadora Alejandría.	54

Resumen

Este trabajo comprende el estudio de necesidad realizado a la vía Santo Domingo – Alejandría COD 62AN22-2 en el tramo del km 15+700 al 18+200, que tuvo como objetivo la identificación de las necesidades en infraestructura vial del corredor y el planteamiento de posibles soluciones. En el desarrollo de este estudio se realizaron recorridos y actividades de campo a lo largo de la vía, que consistieron en la medición, evaluación e inspección a detalle de todas las obras de infraestructura vial existentes, como lo son las alcantarillas, Box Culverts, puentes, muros de contención, y a partir de la información levantada en campo se elaboró un diagnóstico general del estado del corredor y su infraestructura. El registro fotográfico se tomó en el sentido en el cual aumenta el abscisado y los formatos de registro de la información levantada para cada elemento en estudio fueron adaptados de los manuales de inspección de alcantarillas, puentes, pontones y muros de contención del INVIAS. Además de las actividades de reconocimiento en campo, se desarrolló una caracterización demográfica, socioeconómica y ambiental del área de influencia del tramo de vía estudiado. Finalmente, se encontró que el corredor posee una superficie de rodadura en material no seleccionado que presenta baches, y cuenta con una infraestructura vial compuesta por un (1) puente que tiene una grieta en una de sus aletas, cuatro (4) box culverts que presentan acumulación de vegetación, un (1) muro gaviones, quince (15) alcantarillas con diámetro inferior a 90 cm y una (1) señal de tránsito en buen estado. En conclusión, para el mejoramiento de la vía se recomendó pavimentarla y construir sus respectivas cunetas, monitorear periódicamente el estado del puente, realizar actividades de limpieza a los box culverts, reemplazar la totalidad de alcantarillas para lograr un diámetro mínimo de 90 cm y ampliar la sección transversal del corredor en los tramos donde no se cumpla al menos 5 m de ancho para garantizar la seguridad vial.

1. Introducción

La Promotora Ferrocarril de Antioquia, como EICE, en articulación con la Secretaría de Infraestructura Física del Departamento de Antioquia, planteo un proyecto denominado Estudios de Necesidad para Corredores Viales Estratégicos que pretende lograr las metas del Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023 asociado al mejoramiento integral de la competitividad del departamento y la implementación de un sistema multimodal de transporte óptimo para la zona [1].

El corredor Santo Domingo – Alejandría COD 62AN22-2 tiene una longitud total de 18,8 km, se encuentra localizado en la subregión del oriente antioqueño y pertenece a la red vial terciaria del departamento de Antioquia [2]. El estado del corredor es deficiente, por lo cual la población local ha manifestado que es vital su recuperación para lograr el crecimiento y competitividad del municipio, no dejando atrás que la vía tiene escenarios de riesgo por deslizamientos en masa, inundaciones y accidentes de tránsito [3], que resalta la importancia de realizar una evaluación del estado de su infraestructura.

El presente informe contiene el estudio de necesidad de la vía Santo Domingo – Alejandría COD 62AN22-2 realizado durante el proceso de práctica académica en la empresa Alfa y Omega Ingenieros S.A.S, para el tramo correspondiente al km 15+700 - km 18+200, perteneciente a la red de vías terciarias, en la subregión del oriente Antioqueño, siguiendo todos los lineamientos entregados por la Promotora Ferrocarril de Antioquia en su Anexo Técnico. Para desarrollar lo anterior, se contempla realizar recorridos y actividades de campo que permitirán inspeccionar a detalle todas las obras de infraestructura vial y elaborar un diagnóstico general del estado del corredor, con el fin de identificar las necesidades existentes y proponer posibles soluciones. Todas las fotografías tanto en el informe como en los anexos se tomaron en el sentido en que aumenta el abscisado, los formatos de inspección anexados para cada elemento en estudio fueron brindados y aprobados por la entidad, además fueron diligenciados según los manuales de inspección de alcantarillas, puentes, pontones y muros de contención del INVIAS. La finalidad de este estudio de necesidad es identificar las necesidades en infraestructura de la vía y plantear alternativas de solución, con sus respectivas recomendaciones para tener en cuenta en fases posteriores.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Apoyar en los estudios de necesidad del tramo km 15+700 – km 18+200 de la vía Santo Domingo – Alejandría COD 62AN22-2 realizando un diagnóstico general del estado del corredor e infraestructura existente, con el fin de identificar sus necesidades en infraestructura y plantear alternativas de solución.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar cada uno de los puntos de interés que componen la vía, tales como geométricos, obras de drenaje, puentes, muros de contención, señalización, entre otros que se consideren importantes.
- Proponer posibles soluciones a las necesidades de infraestructura encontradas durante el diagnóstico de la vía, que expliquen con claridad las recomendaciones para tener en cuenta en intervenciones futuras.
- Describir las condiciones ambientales, sociales y económicas del área de influencia del proyecto, indicando sus posibles afectaciones con futuras intervenciones.
- Concluir sobre las posibles soluciones analizadas y recomendaciones a seguir, definiendo cuales podrían ser descartadas o aplazadas.

3. Marco teórico

En el presente trabajo se tiene como objeto realizar un estudio de necesidad a un tramo de la vía Santo Domingo – Alejandría, que se basa en elaborar un diagnóstico a la infraestructura vial existente, para identificar requerimientos como reparación, reposición o construcción de elementos nuevos, que a su vez permiten la planificación de actividades de mantenimiento o mejoramiento en la vía, y garantizan el buen estado de la misma [4].

Para desarrollar un análisis diagnóstico de la vía es importante elaborar una inspección visual de cada uno de los elementos que componen su infraestructura, que se basa principalmente en un proceso de reconocimiento y caracterización detallada, para cuantificar y calificar sus condiciones físicas [5].

Es fundamental que la caracterización de todos los elementos en estudio se registre en inventarios de infraestructura vial, dado que son un insumo técnico importante para posteriores estudios de ingeniería [5]; y permiten priorizar las necesidades de mantenimiento y monitorear las condiciones futuras de las vías [6], ya que en la mayoría de los casos los recursos no son suficientes para atender los requerimientos de todos los corredores que se encuentran en deficientes condiciones. En síntesis, un inventario vial al ser una recopilación organizada de todos los datos de los elementos y características del corredor, se convierten en una herramienta básica para la gestión vial y evitan a los gestores tener que realizar trabajos de campo para la planificación, resolución de problemas y toma de decisiones respecto a una vía [4].

La importancia de realizar estudios de necesidad en las vías radica en la influencia que estas tienen en el crecimiento económico de las zonas urbanas y rurales, puesto que una carretera en buenas condiciones de servicio contribuye al desarrollo socioeconómico de los sectores de la población, debido a que permite una conexión rápida y adecuada entre municipios, ciudades, departamentos y regiones del país [7].

El caso de estudio de este trabajo corresponde a un corredor perteneciente a la red vial terciaria del Departamento de Antioquia, que conecta los municipios de Santo Domingo y Alejandría. Las vías secundarias y terciarias constituyen aproximadamente el 90% de las vías del país y son esenciales para el desarrollo regional y la disminución de la pobreza rural [8], porque la facilidad en el desplazamiento de las personas permite ampliar el mercado de productos,

especialmente agrícolas, ofrecer mano de obra, y acceder a servicios médicos básicos y de educación de mejor calidad [9].

Los puntos de interés a evaluar en este estudio diagnóstico son los correspondientes a las obras de drenaje transversal y longitudinal, los puentes, los muros de contención, las señales de tránsito y las curvas del alineamiento horizontal del diseño geométrico de la vía. A continuación, se definen los conceptos y criterios de cada uno de los elementos en mención.

3.1. Obras de drenaje

Las obras de drenaje son aquellas que se encargan de evacuar el agua que llega a la vía, ya sea por escorrentía superficial o flujo subterráneo con el fin de evitar daños en la estructura de pavimento o superficie de rodadura de una carretera [10].

En este caso, el estudio está enfocado en revisar las obras de drenaje superficial de tipo transversal y longitudinal, a continuación, se mencionan sus aspectos importantes según el Manual para la inspección visual de estructuras de drenaje de la Universidad Nacional de Colombia y el Instituto Nacional de Vías [11]:

3.1.1. Obras de drenaje superficial

Son aquellas encargadas de controlar el agua que llega a la vía producto de la escorrentía superficial. Estas obras son de dos tipos: longitudinales y transversales.

3.1.1.1. Obras de drenaje longitudinal

Estos elementos se caracterizan por estar dispuestos de forma paralela al eje de la vía y tienen como objetivo captar el agua que fluye sobre la vía.

El elemento de drenaje longitudinal a evaluar en este trabajo es la cuneta, la cual es un canal abierto construido a cada lado de la vía con la función principal de recoger las aguas de escorrentía procedentes de la calzada, taludes de corte y laderas adyacentes. Por lo general la cuneta se construye con sección transversal de forma triangular ya que facilita su limpieza, sin embargo, también se encuentran elementos con sección trapezoidal y cuadrada.

3.1.1.2. Obras de drenaje transversal

Son aquellas estructuras que transportan el agua de un lado al otro de la vía, es decir, cruzan el eje de la vía. Las obras de drenaje transversal en una vía son las Alcantarillas y los Box Culverts, estos últimos cumplen la misma función de las alcantarillas, pero se caracterizan por tener una sección cuadrada o rectangular, suelen utilizarse para evacuar un mayor caudal de agua y deben evaluarse siguiendo el Manual de inspección visual de puentes y pontones [12].

Las Alcantarillas son estructuras encargadas de drenar las corrientes de agua permanentes o transitorias, sin embargo, también se utilizan para evacuar el agua proveniente de las cunetas. Estas obras tienen una estructura de entrada y de salida, que tienen la finalidad de conducir el flujo hacia la tubería y entregarlo al sitio de vertimiento de las aguas, respectivamente. Estas se componen de un muro cabezal que sirve de soporte al material de la estructura de la vía y unas aletas que permiten contener el terraplén de la vía o terreno natural. En algunos casos, las alcantarillas pueden presentar estructuras de Encole y Descole, caracterizadas por reducir la velocidad y disipar la energía del flujo de agua a la entrada y salida de la estructura de drenaje, respectivamente.

En la evaluación del estado de las obras de drenaje es indispensable realizar una verificación de la capacidad hidráulica de las mismas, con la finalidad de estudiar si las obras existentes sobre la vía tienen la suficiente capacidad de drenar el caudal máximo esperado. Para esta verificación hidráulica se debe tener en cuenta lo siguiente:

3.2. Método Racional

El método racional es un modelo lluvia – escorrentía, que permite obtener el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial a partir de datos históricos de lluvia de corta duración existentes en la cuenca de estudio [13].

Para el cálculo de un caudal máximo de creciente según un determinado periodo de retorno, se emplea la Ecuación Racional propuesta por Chow [14], en donde se recomienda usarla para áreas aferentes de hasta de 50 km². Sin embargo, en este trabajo se utiliza para cuencas menores a 2,5 km², debido a que así lo recomienda el Manual de Drenaje para Carreteras del INVÍAS [13]. La ecuación es la siguiente:

$$Q=0.278CIA$$

Donde:

Q: Caudal máximo esperado correspondiente al período de retorno de diseño (m³/s).

I: Intensidad de la precipitación según el tiempo de concentración de diseño (mm/h).

A: Área de drenaje (km²).

C: Coeficiente de escorrentía del suelo.

A continuación, se definen los aspectos que se deben tener en cuenta para hallar cada uno de los componentes de la ecuación racional:

3.2.1. Área de drenaje

Es el área por la cual se desarrolla toda la escorrentía de agua que fluye hasta la obra de drenaje, es decir, el área proyectada que se encuentra en la divisoria topográfica de la cuenca [13].

3.2.2. Coeficiente de escorrentía del suelo

Es un valor adimensional que se define como la relación entre el volumen de escorrentía superficial y el volumen de precipitación total, y esta relación depende de los usos del suelo de la cuenca en estudio. En la Tabla 1 se pueden observar los valores típicos del coeficiente de escorrentía para zonas rurales [13].

Tabla 1. Valores típicos del coeficiente de escorrentía para zonas rurales. [13]

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

Según la geología, topografía del terreno y uso del suelo, la vía en estudio se caracteriza por tener suelos limo arcillosos, presenta un terreno ondulado y en gran parte de su área de influencia predominan los pastos como textura del suelo, por lo tanto, el coeficiente de escorrentía utilizado es $C=0.36$.

3.2.3. Tiempo de concentración

Es el tiempo que requiere el agua para fluir desde los límites más extremos de la cuenca hasta la salida de la misma [13].

3.2.4. Periodo de retorno

El periodo de retorno de eventos hidrológicos máximos en obras de drenaje es el tiempo promedio en años, en que el caudal pico de una creciente determinada es igualada o superada una vez [13]. En la Tabla 2 se pueden observar los periodos de retorno definidos para el diseño de obras de drenaje vial.

Tabla 2. Periodos de retorno de diseño para obras de drenaje vial. [13]

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

3.2.5. Intensidad de precipitación

La intensidad de precipitación requerida para calcular el caudal máximo esperado se puede extraer de una curva IDF (Intensidad – Duración - Frecuencia), a partir del tiempo de concentración y el periodo de retorno de diseño para la obra de drenaje en estudio. En este trabajo se tomó el menor valor de la curva para la duración, dado que representa una intensidad mayor, y por ende un mayor caudal de diseño. Además, se utilizó la curva IDF suministrada por el IDEAM de la estación hidrometeorológica Guayabito (ver Figura 1) ubicada en el Municipio de Santo Domingo (Antioquia) [15].

En el caso de las alcantarillas la intensidad de precipitación para un periodo de retorno de 10 años y una duración de 15 minutos que corresponde al tiempo de concentración mínimo según el área aferente, es igual a 132 mm/h. Para los Box Culverts, la intensidad de precipitación correspondiente al mismo tiempo de concentración y un periodo de retorno de 25 años es igual a 144 mm/h.

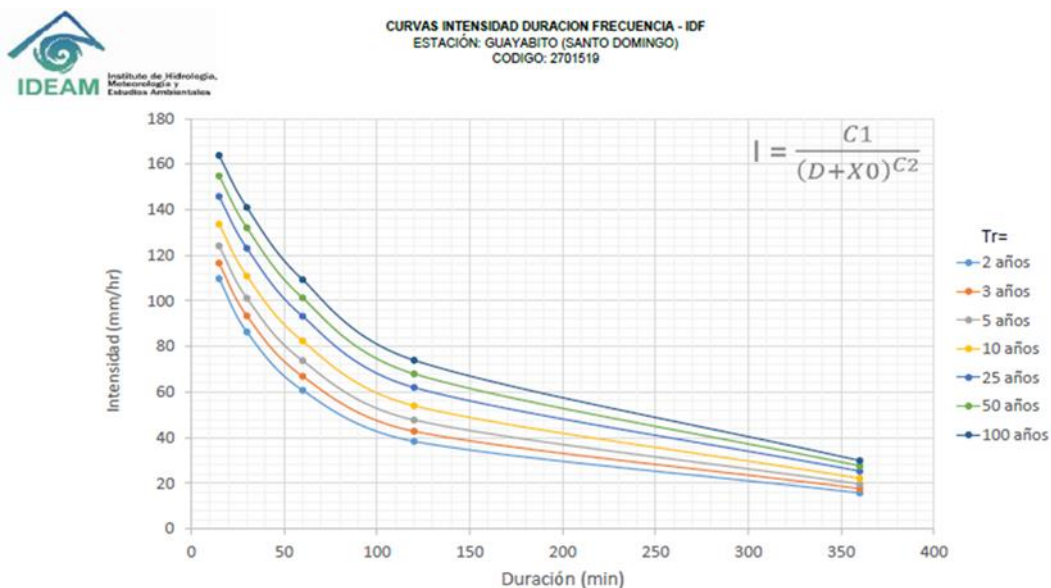


Figura 1. Curva IDF - Estación Guayabito. [15]

3.3. Capacidad hidráulica

Además de calcular el caudal máximo de diseño, se debe calcular la capacidad de la obra de drenaje, es decir, el caudal que es capaz de drenar dada su sección transversal del ducto, con el fin de revisar que la capacidad sea mayor al caudal máximo de diseño. La expresión que define la capacidad de la obra de drenaje para un flujo uniforme está dada por la Ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde:

Q: Caudal máximo (capacidad de la obra)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning para el material del canal.

A: Área (sección transversal del ducto)

R: Radio hidráulico, A/P

P: Perímetro mojado.

S: Pendiente del ducto.

Para el cálculo de la capacidad hidráulica de las obras se tomó en cuenta una pendiente del 2% y un coeficiente de Manning de 0,015 correspondiente a la rugosidad del concreto.

3.4. Puentes

Un puente es una edificación de servicio que permite dar continuidad a una vía que se ve interrumpida por un cruce, ya sea de un cauce de agua, una vía, un accidente geográfico, entre otros [16].

Para la revisión del estado actual de los puentes existentes en el tramo de estudio, se tienen en cuenta los tipos de daños que se puedan encontrar, ya sea por diseño, construcción o funcionamiento.

Los daños por diseño son las Fisuras, que son el resultado de los esfuerzos que actúan sobre los elementos estructurales; el Aplastamiento Local, referido a las fracturas y grietas que se presentan en zonas de alta concentración de cargas como lo son los apoyos de los elementos simplemente apoyados; los Asentamientos, que se relacionan con la presencia de fisuras en las vigas adyacentes a las pilas, deflexiones y fracturas en los apoyos, las fisuras se caracterizan por estar en dirección vertical; el Volcamiento, generado por un mal dimensionamiento de los elementos; y la Vibración excesiva, representa el movimiento que percibe la estructura debido a sobrecargas, fuerzas no consideradas en el diseño, falta de rigidez o diseños deficientes, esta vibración es acumulativa y genera daños que pueden derivar en el colapso del puente [12].

Los daños más típicos por construcción son los Hormigueros, que se evidencian por zonas vacías en las caras de los elementos de concreto; la Segregación, referida al desplazamiento de los agregados gruesos hacia la parte superior del elemento; la Fisuración por Retracción, que se manifiesta con fisuras de poco espesor y no siguen ningún patrón o simetría; y la Exposición del Acero de Refuerzo, que se observa en los elementos de acero expuestos a la intemperie debido a la pérdida del recubrimiento [12].

Los daños que se presentan por funcionamiento son las Eflorescencias, generadas por las sales que son lixiviadas fuera del concreto; la Carbonatación, que es la reacción entre el dióxido de carbono con los componentes alcalinos del concreto y facilita la corrosión del acero de refuerzo; la Corrosión de la armadura, se manifiesta en fisuras del concreto paralelas a la dirección del acero de refuerzo, descascaramiento o desprendimiento del recubrimiento; la Contaminación del concreto, ocasionada por la presencia de microorganismos que pueden aumentar la permeabilidad del concreto, conducir a la saturación del material y causar daños por procesos de humedecimiento y secado; las Fallas por Impacto, se manifiestan en la presencia de daños como fisuramientos o descascaramientos generados por el impacto de un cuerpo en la estructura; y la Socavación, que es la erosión causada por el agua o materiales abrasivos transportados por una corriente, generada en los estribos, aletas, pilas, cimentaciones o lecho de los ríos [12].

3.5. Muros de contención

Las estructuras de contención tienen la función de controlar deslizamientos de pequeñas dimensiones, controlar deslizamientos en la pata de taludes con alta inclinación, disminuir la extensión de la falla en grandes masas, soporte para rellenos en bermas y limitar el derecho de la vía o zonas de préstamo de materiales [17].

Para la inspección de estas estructuras se debe tener en cuenta señales de movimiento en el talud, estabilidad al volcamiento, deslizamiento, capacidad portante y general, y la condición de drenaje de agua en el muro [18].

Las señales que representan movimiento del talud son las grietas de tracción en la carretera, el hundimiento de la subrasante, la presencia de detritos en la vía, el abultamiento sobre o bajo la carretera, los cambios de forma en el equipamiento de la vía como las desviaciones en los árboles o líneas eléctricas, la deformación de estructuras adyacentes, el drenaje deficiente de agua superficial o subsuperficial y la erosión [18].

3.6. Señales de tránsito

Las señales de tránsito son elementos que instruyen a los actores viales la forma correcta y segura para transitar por las vías, con la finalidad de evitar riesgos, facilitar la circulación y optimizar los tiempos de viaje [19]. En este trabajo, se revisará la señalización vertical dado que la vía al no estar pavimentada no cuenta con elementos de señalización horizontal.

La función de las señales verticales es reglamentar las limitaciones, prohibiciones o restricciones, advertir acerca de condiciones peligrosas e informar sobre las rutas, direcciones, destinos y sitios de interés. Según la función que desempeñan se clasifican en Reglamentarias, Preventivas, Informativas y Transitorias [19].

3.7. Diseño geométrico

El diseño geométrico de una carretera es la correlación entre varias disciplinas como la topografía, la geología, la hidrología, la sociología, la economía, entre otros, que permiten realizar un trazado vial seguro, cómodo y eficiente para los usuarios que la van a transitar. Además, en la etapa de diseño geométrico es fundamental proyectar los costos, con el fin de evitar costos elevados que limiten a futuro la construcción de la vía [20].

El diseño geométrico de una vía se compone por un trazado de su eje en planta y en perfil, y por el trazado de la sección transversal a lo largo de su eje [20]. En este trabajo la evaluación del diseño geométrico se enfoca en revisar el cumplimiento normativo de las curvas del alineamiento horizontal de la vía, con el fin de garantizar la seguridad a las personas que transitan por la vía.

El alineamiento horizontal de una carretera es la proyección de su eje real sobre un plano horizontal, y este eje se compone principalmente por tramos rectos denominados tangentes que se entrelazan entre sí por medio de las curvas [20].

El manual de diseño geométrico de vías clasifica una carretera según su funcionalidad como primaria, secundaria o terciaria, y de acuerdo con el tipo de terreno sea plano, ondulado, montañoso o escarpado [21]. A partir de esta clasificación se puede determinar la velocidad de diseño para cada tramo homogéneo de la vía, tal como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Velocidades de diseño según tipo de carretera y terreno. [21]

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

En este trabajo el tramo de estudio pertenece a una vía secundaria dado que comunica dos cabeceras municipales [21] y se encuentra en un terreno ondulado – montañoso, sin embargo, se decide tomar una velocidad de diseño de 20 km/h correspondiente a una vía terciaria dadas las condiciones topográficas del terreno que no permiten la velocidad mínima de 40 km/h para vías secundarias.

De acuerdo con la velocidad de diseño definida para la vía se determina el radio mínimo que deben tener las curvas horizontales para garantizar el criterio de seguridad. Como se observa en la Tabla 4, el radio mínimo para las curvas horizontales del tramo en estudio es de 15 m, por lo tanto, se debe revisar que el eje de vía existente cumpla con este lineamiento.

Tabla 4. Radios mínimos para peralte y fricción máxima. [21]

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 ⁽¹⁾
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

4. Metodología

4.1. Etapa preliminar

En primer lugar, en esta etapa se compiló la información necesaria para llevar a cabo el trabajo de campo, para esto se descargaron las planchas 132IIIC y 148IA en escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, con las cuales se conformó el mapa base en el software ArcGIS, además se consultó información disponible de CORNARE y del Mapa Geológico de Antioquia para precisar datos generales del área.

Seguidamente se localizó el corredor y se consultó toda la información relacionada a la zona de estudio. La localización del corredor se realizó con ayuda de Google Earth, y se ilustró con fotografías el inicio y fin del tramo. Adicionalmente, para el contexto del corredor se buscó información referente a la demografía, economía, componente social y estado vial.

4.2. Etapa 1

En este componente se realizó una inspección a todas las alcantarillas, box culverts, puentes, muros de contención y señales de tránsito, que consistió en tomar fotografías y hacer mediciones de sus elementos, además, se realizaron observaciones importantes acerca del estado y funcionalidad de estas, todo esto basado en las directrices mencionadas en los manuales para inspección de alcantarillas, muros y puentes del INVIAS.

Además, durante el recorrido de campo se realizó una inspección visual del estado de la señalización, con su respectivo registro fotográfico. En la Figura 2, se muestra la ficha utilizada para el registro de información referente a las señales de tránsito existentes en la vía.

ABSCISA		LADO		COORDENADA		ESTADO/DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
				X	Y		

Ferrocarril de Antioquia		INVENTARIO DE SEÑALIZACIÓN	
REALIZADO POR:		FECHA:	
		** **	
		DE: ** **	
HOJA:		DE:	
NOMBRE DE LA VÍA:		Santo Domingo - Alejandría	
NOMBRE DEL SECTOR:			
CONCESIÓN:		MANTENIMIENTO INTEGRAL:	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
A.M.V.:		SECTOR DE ADMON. VIAL N°:	
		<input type="checkbox"/>	
		CODIGO DE LA VIA: 6 4 A N 2 2 - 2	

Figura 2. Formato de inspección señalización.

Una vez terminado el trabajo de campo, se recopilaron las fotografías, se elaboraron los inventarios de los puntos de interés y se digitalizó toda la información de las inspecciones en las fichas técnicas adaptadas de los formatos sugeridos por los manuales de inspección del INVIAS.

4.2.1. Listado de los puentes y box culverts

Teniendo en cuenta el manual de inspección de puentes y pontones [12], se realizaron diferentes actividades para la descripción y evaluación de cada uno de estos.

En los puentes se midió la longitud, ancho y galibo total del puente, además de medir todas las dimensiones de los diferentes elementos que lo componen, como el bordillo, las barandas, la losa, las vigas, los estribos y las aletas, se identificó el tipo de puente y se realizó una inspección visual para identificar grietas, deterioro del concreto, corrosión del acero por pérdida de su recubrimiento y acumulación de vegetación. En los box culverts se midieron las dimensiones del conducto, las aletas y la losa, y se realizó la misma inspección visual descrita para los puentes.

Las herramientas utilizadas para la medición de los elementos mencionados anteriormente fueron: un odómetro y un flexómetro, y en la inspección visual se utilizó un celular con cámara para tomar el registro fotográfico.

Toda la información obtenida de la inspección realizada a los puentes y box culverts se plasmó en un formato de ficha técnica mostrada en la Figura 3, teniendo en cuenta que para los

box culverts se diligenció específicamente en el ítem de conductos enterrados que se observa en la Figura 4.


FORMATO PARA INSPECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE PUENTES										
		Levantó _____ Revisó _____ Fecha Aprobó _____ Abcisa a Inicio _____ Abcisa a Final _____ Supervisor _____								
Sistema de coordenadas inicio puente Norte _____ Este _____ Altitud _____					Sistema de coordenadas fin puente Norte _____ Este _____ Altitud _____					
Identificación del puente										
Obstáculo(s) que salva			Nombre del obstáculo							
Tipo de puente (1) Transversal _____ Longitudinal _____ Obra Enterrada _____ No Carriles _____ Paso superior/inferior _____ Tipo de Puente _____ Conducto Enterrado Superior _____										
Dimensiones generales										
Longitud Total (m)			Gálibo (m)			Ancho total (m)			No de Luces	
Longitud Total accesos (m)			Gálibo Accesos (m)			Ancho accesos (m)			Long luz mayor (m)	
Registros Daños										
SUPERFICIE	Elemento		Registros Daños				Calificación		Observaciones	
	Superficie del puente									
	Tipo (1)									
	Superficie de los accesos peatonales									
	Tipo (2)									
JUNTAS DE EXPANSIÓN	Tipo (3)									

Figura 3. Formato de inspección de puentes. Adaptado del INVIAS. [12]

CONDUCTOS ENTERRADOS	Conducto		l	a	h	Material (19)	Concreto						
	Dimensiones (m)						Sección (20)						
Fundación						Material (21)							
Dimensiones (m)						Material (22)							
Encole						Tipo (23)							
Dimensiones (m)						Material (22)							
Encole						Tipo (23)							
Dimensiones (m)						Material (22)							
Descole						Tipo (23)							
Dimensiones (m)						Material (22)							
Descole						Tipo (23)							
Dimensiones (m)						Material (22)							

Figura 4. Campo para registro de box culvert. Adaptado del INVIAS. [12]

4.2.2. Listado de las obras de contención existentes

A partir del manual de inspección de muros de contención [18], se identificó a qué lado de la vía se encuentra el muro teniendo siempre en cuenta la dirección en que aumenta el abscisado, que tipo de muro es y en qué estado se encuentra, es decir bueno (B), regular (R) o malo (M), y se midió la longitud, la altura, y el ancho de la pata y la corona.

Las herramientas utilizadas para realizar las mediciones son las mismas mencionadas en el ítem del listado de puentes y box culverts. También se realizó una inspección visual, considerando los mismos criterios descritos en la inspección de puentes, y se tomaron las fotografías necesarias.

La información tomada en campo se registró en la ficha técnica mostrada en la Figura 5.

PRI		PRF		LADO (D/D)	LONG. (m)	ANCHO (m) CORON.	ALT. (m)	PATA/ CORONA	TIPO "MUR"	ESTADO (B/R/M)	REGISTRO FOTOGRAFICO		OBSERVACIONES

C.C TIPO "MURO": CONCRETO CICLOPEO - C.H. CONCRETO HIDRAULICO - G. GAYIONES

Figura 5. Formato de inspección de muros. Adaptado del INVIAS. [18]

4.2.3. Listado de las obras hidráulicas

Con base en el manual de inspección de alcantarillas [11] se realizó la inspección de cada una de las obras. Inicialmente, para el ducto, se identificó si tiene tubería simple, doble o múltiple, especificando para esta última el número de ductos, se midió el diámetro, largo y ángulo de esviaje, que es el ángulo que forma el eje de la tubería con una línea perpendicular al eje de la vía, y se reconoció su material de fabricación. Posteriormente, se identificó la composición de la obra, es decir, la existencia de una estructura de conducción a la entrada y la salida de la obra, y los elementos que componen el encole y descole de la obra, como el muro cabezal, aletas, poceta, muro de acompañamiento, guarda ruedas y solado. Posterior al reconocimiento de la obra, se midieron las dimensiones de los elementos de la estructura de entrada y salida de la obra, teniendo en cuenta el tipo de estructura, por ejemplo, en el caso de la poceta se mide su altura, ancho y largo, o si es muro cabezal y aletas, para el primero se mide su espesor, altura y largo, y para las aletas se mide su largo, altura inicial y final. También se midió la altura, largo y espesor del guarda ruedas, y en caso de que la obra tuviera la estructura de conducción, se medían las dimensiones de su sección y su longitud.

Finalmente, se tomó un registro fotográfico y se realizó una inspección visual de cada una de las obras, determinando que daños presenta, como por ejemplo grietas, fragmentación o deterioro del concreto, pérdida total de algún elemento y acumulación de vegetación y sedimentos.

En la Figura 6 se puede observar el formato de la ficha técnica en el cual se registró toda la información levantada para cada una de las alcantarillas.

ELEMENTOS		REGISTRO DE DAÑOS	CUANTIFICACIÓN		FOTOGRAFÍA	ESQUEMAS
			CANT.	UN.		
ENCOLE						
Longitud:	Sección:					

TIPO DE ALCANTARILLA		CARACTERÍSTICAS DEL DUCTO		ELEMENTOS DE LA ALCANTARILLA	
CAJÓN	ANCHO (m):	LONGITUD (m)	ANGULO DE ESVAJAJE (°)	ENT	SAL
TUBERÍA	ALTURA(m):		MATERIAL	ESTRUCTURA DE CONDUCCIÓN (ENCOLE - DESCOLE)	
	DIAMETRO (m):		DE TUBERÍA	MURO CABEZAL	
SIMPLE			CONCRETO	GUARDA RUEDAS	
DOBLE			METÁLICA	ALETAS	
MULTIPLE	No. DE DUCTOS:		OTRA	MURO DE ACOMPAÑAMIENTO	
			CUAL	POCETA O LAVADERO	
OTRA	CUAL:			SOLLADO	



FORMATO DE INSPECCIÓN VISUAL DE ALCANTARILLAS	
	
EVALUACIÓN DE LAS OBRAS DEL CONTRATO No. 075 de 2021	
TERRITORIAL NOMBRE DE LA VÍA _____ CÓDIGO DE LA VÍA _____ SECTOR _____	MANTENIMIENTO INTEGRAL CONCESIÓN _____ A.M.V. _____ SECTOR ADM. VIAL No. _____
	FECHA: _____ HOJA: _____ DE: _____ LEVANTADO POR: _____

Figura 6. Formato de inspección de alcantarillas. Adaptado del INVIAS. [11]

4.2.4. Estructuras existentes importantes y recomendación sobre las mismas

Se considera que las estructuras existentes importantes son los puentes, box culverts y muros de contención, y para cada uno de estos se realizó una ficha, tal como se mencionó anteriormente. Entonces, a partir de la información levantada en campo se realizaron las recomendaciones pertinentes para los puentes, box y muros con daños que representan afectaciones en su funcionamiento, mostrando su respectiva fotografía.

4.3. Etapa 2

4.3.1. Verificación hidráulica

En este componente se realizó una verificación de la capacidad hidráulica de las obras ubicadas en drenajes permanentes, utilizando el método racional para caudales máximos, que requiere el área de descarga de agua en la obra y los datos de precipitación, que fueron suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. El área de descarga en la obra se dibujó manualmente en el software ArcGIS, a partir de los shapes de drenajes, las curvas de nivel y el tramo.

Después de la verificación, se realizó un predimensionamiento de las obras que no tengan suficiente capacidad, utilizando la ecuación de Manning y el caudal máximo esperado.

Además, la vía carece de obras hidráulicas longitudinales de descarga en las obras transversales, como lo son las cunetas, por lo tanto, se propuso una cuneta tipo con filtro según el manual de diseño de cuentas de EPM.

4.3.2. Modificación alineamiento de la vía

Se revisó la geometría del alineamiento horizontal de la vía, específicamente los radios de curva, teniendo en cuenta el manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS [21]. Una vez realizada la revisión, se recomendó un alineamiento nuevo que cumple con la normativa y garantizaría seguridad a los vehículos que transitan por la vía.

4.3.3. Obras de contención propuestas

En este ítem se recomienda la construcción de obras de contención nuevas como solución al problema de pérdida parcial de banca en diferentes tramos de la vía.

Además, según el manual de diseño geométrico de carreteras, en las secciones que no cumplan con el ancho mínimo, se sugirió depositar material de lleno y construir un muro de contención para el aumento de las secciones transversales.

4.4. Etapa 3

4.4.1. Caracterización ambiental y de las comunidades del área de influencia

En la caracterización ambiental, se ingresó el tramo de estudio en la aplicación Tremarctos 3.0 y se tomó la información que refleja los impactos ambientales considerables en el área de influencia. También se realizó una clasificación ambiental del área afectada teniendo en cuenta la precipitación, la temperatura y el clima, los cuales fueron extraídos de mapas del IDEAM.

En la caracterización de las comunidades, se muestra un mapa de los municipios que se verían afectados por las intervenciones en la vía, especificando en una tabla el porcentaje del tramo que cruza cada municipio, se buscó información de la dinámica poblacional de estos municipios, y se realizó un mapa del tramo con las veredas que se pueden ver más afectadas. Finalmente, se nombraron los centros poblados, escuelas, y otros equipamientos presentes a lo largo de la vía, ya que serán directamente afectados por intervenciones futuras.

4.4.2. Demanda de recursos necesarios

Teniendo en cuenta la caracterización ambiental, se describen los recursos demandantes de acuerdo con las intervenciones a realizar en el tramo.

4.5. Etapa 4

4.5.1. Listado de zonas urbanas, presencia de minorías étnicas y consejos comunitarios

En el tramo de vía de Santo Domingo a Alejandría no se identificaron zonas urbanas como tal, ya que es una vía terciaria ubicada en la zona rural, sin embargo, en este ítem se consideraron los centros poblados observados en campo.

Teniendo las abscisas de las zonas de interés, se procedió a tomar imágenes en Google Earth y medir las distancias de los caseríos, además estos se describieron de acuerdo con la información tomada en campo.

Por otro lado, se usó la base de datos del Anuario Estadístico de Antioquia para buscar información acerca de la presencia de minorías étnicas y consejos comunitarios con títulos adjudicados en el área de estudio.

4.5.2. Condiciones socioeconómicas del área de influencia del proyecto

En este componente se mencionó de manera general las principales actividades económicas del municipio teniendo su plan de desarrollo, y posterior a esto, se describieron las condiciones socioeconómicas observadas a lo largo del corredor, con el fin de mostrar cuales de las condiciones del municipio se presentan en el área de influencia de la vía.

4.6. Etapa 5

Se plantearon los objetivos del proyecto a corto, mediano y largo plazo, se realizó una descripción general de las características y aspectos relevantes del corredor. Además, en el capítulo de conclusiones de este informe, se expusieron las recomendaciones que se deben tener en cuenta para el mejoramiento de esta vía.

5. Resultados y análisis

5.1. Etapa preliminar

5.1.1. Localización

La vía Santo Domingo - Alejandría tiene una longitud de 18.8 km, inicia en el PR 0+000 y finaliza en el PR18+800 (Figura 7). En este trabajo se mostrarán los resultados obtenidos del estudio diagnóstico para un tramo de esta vía que está comprendido entre el km 15+700 y el km 18+200.



Figura 7. Localización de la vía Santo Domingo – Alejandría. [22]

Esta vía pertenece a la red vial terciaria del Departamento de Antioquia, según subcapítulo 1.3 Red vial secundaria a cargo del Departamento de la Circular 9 de Inventario de la Red Vial en el Departamento de Antioquia diciembre 2015 [2].

Tabla 5. Vía Santo Domingo - Alejandría. Código 62AN22-2. [2]

Código	Nombre	Subregión Operativa	Long.Total GPS (km)	Long.Total Pavimentad o GPS (km)	Long.Total No Pavimentad o GPS (km)	Long.Total Odométro (km)	Long.Total Pavimentad o Odométro (km)	Long.Total No Pavimentad o Odométro (km)	Jerarquía Orden
62AN22-2	Santo Domingo - Termales - Alejandría	ORIENTE	18,9	1,0	17,9	18,8	1,0	17,8	3

Según la revisión del corredor conforme a la ley 1228 de 2008 y a la categorización del mismo, que es de tercer orden, se debe tener una faja mínima de retiro de 15m a cada lado a partir del eje de la vía, para un derecho de vía de 30m [23]. De acuerdo con las condiciones existentes en el tramo de estudio, se evidencia que las fajas mínimas de retiro de la vía están invadidas en la mayoría de su trayecto.

El tramo de estudio se localiza en el municipio de Alejandría (Figura 8), el cual está ubicado en la subregión Oriente del departamento de Antioquia en el conjunto de municipios de la zona de embalses. Limita por el norte con el municipio de Santo Domingo; por el este con el municipio de San Roque; por el sur con los municipios de Guatapé y San Rafael; y por el oeste con los municipios de El Peñol y Concepción. Es también conocida con el apelativo de La Perla del Nare [24].

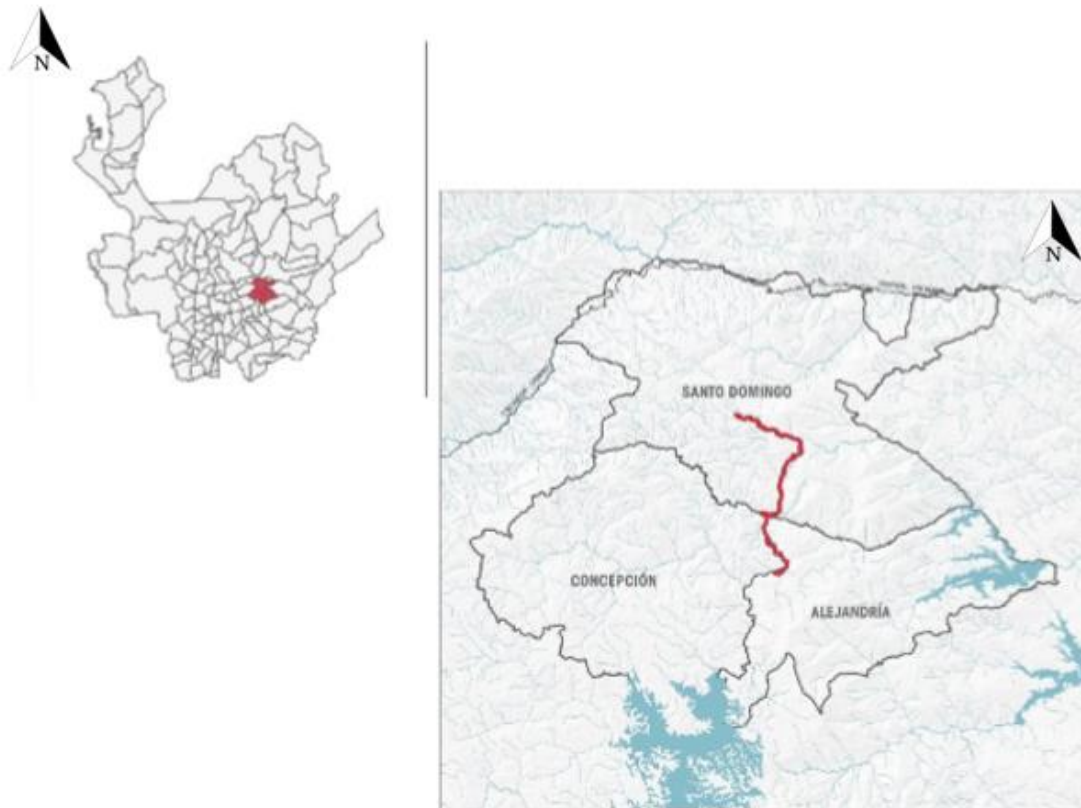


Figura 8. Localización del tramo. [1]

5.1.2. Economía

La economía de Alejandría se basa principalmente en el turismo, ya que el municipio cuenta con diferentes atractivos naturales, también destacan otras actividades económicas como lo son la extracción de oro, la ganadería, la explotación forestal y los cultivos de caña de azúcar y plátano. Las actividades que ocupan la mayor parte de la población son: la agricultura (producción de panela, café, fique, frijol y maíz) el comercio, la minería, la ganadería que es practicada por parte de la población. La piscicultura se revela como una nueva fuente de empleo. De igual manera se destaca que gracias a las diferentes fuentes hídricas del municipio, Alejandría también produce energía eléctrica [24].

5.1.3. Demografía

El municipio de Alejandría tiene una población total de 4.698 habitantes, de los cuales 2.338 (49,8%) son hombres y (2.360) 50,2% son mujeres, no hay población indígena, la población negra, mulata o afrocolombiana es del 0,26%, y no hay población raizal [24].

5.1.4. Componente social

El Municipio de Alejandría, viene mejorando paulatinamente sus niveles de calidad educativa, pero de acuerdo con el Plan provincial, Alejandría con una media de 1,7 % en cuanto a la calidad en la educación es uno de los municipios que hacen parte de la provincia con la calificación más baja. El municipio cuenta con el comité de convivencia escolar, liderado por la secretaria de Educación y apoyado por la Institución Educativa Procesa Delgado, desde allí se articulan todas las estrategias para brindarles a los estudiantes el mayor bienestar posible [24].

5.1.5. Componente vial

La vía está compuesta por material no seleccionado, presenta baches generados por procesos erosivos en la superficie de rodadura debido a la inexistencia de drenajes óptimos y la obstrucción de las alcantarillas existentes, lo cual refleja un escaso mantenimiento del corredor.

En general es una vía que presenta un tráfico muy bajo, en la parte que corresponde al municipio de Santo Domingo, mientras que el tramo localizado en el municipio de Alejandría presenta mayores condiciones de uso por ser una zona de turismo debido a la existencia de sitios recreativos como balnearios y estaderos. Este corredor se caracteriza por tener un atractivo turístico que es la cascada “Velo de la Novia”, en la cual se reúne una gran cantidad de personas para apreciar el paisaje, específicamente los fines de semana.


Según el personal de la alcaldía, el mantenimiento realizado a la vía es mínimo, dado que solo se realiza cuando se presentan situaciones críticas que generan el cierre de esta. El último mantenimiento preventivo realizado no tiene registro y no se ha ejecutado durante el tiempo transcurrido de esta administración.

5.2. Etapa 1

5.2.1. Listado de puentes y box culverts

El tramo de estudio posee un puente en regular estado debido a que posee una grieta en una de sus aletas (Tabla 6).

Tabla 6. Listado de Puentes.

N°	Abscisa	Tipo	Long (m)	Ancho (m)	Observaciones	Estado	Fotografía
1	16 + 630	Losa simplemente apoyada	40,8	6	Grieta en una aleta	Regular	



*Bueno: la obra analizada no requiere de ningún tipo de trabajo o una limpieza para seguir en funcionamiento.

*Regular: la obra requiere de un mantenimiento completo para cumplir su función, como lo es el retiro del material que impide el paso del flujo en caso de las obras de drenaje.

*Malo: la estructura tiene comprometida su integridad, sea por envejecimiento o daños causados por actores externos.

El corredor también cuenta con cuatro (4) box culverts en total, los cuales requieren limpieza debido a la acumulación de vegetación existente. En la Tabla 7 se muestra el inventario de Box Culverts.

Tabla 7. Listado de Box Culverts.


N°	Abscisa	Elemento	Estado	Recomendación	Fotografía
1	16 + 340	Box Culvert	Acumulación de vegetación.	Limpieza.	
2	16 + 475	Box Culvert	Acumulación de vegetación.	Limpieza.	

N°	Abscisa	Elemento	Estado	Recomendación	Fotografía
3	16 + 820	Box Culvert	Acumulación de vegetación.	Limpieza.	
4	18 + 100	Box Culvert	Acumulación de vegetación.	Limpieza.	

5.2.2. Listado de obras de contención existentes

La vía cuenta con un (1) muro de Gaviones en regular estado, en la Tabla 8 se presenta un resumen de sus características principales.

Tabla 8. Listado de obras de contención existentes.

N°	Abscisa	Tipo	Longitud (m)	Altura visible (m)	Estado	Fotografía
1	16 + 110	Gaviones	5	2	Regular	

*Bueno: la obra analizada no requiere de ningún tipo de trabajo o una limpieza para seguir en funcionamiento.





*Regular: la obra requiere de un mantenimiento completo para cumplir su función.






*Malo: la estructura tiene comprometida su integridad, sea por envejecimiento o daños causados por actores externos.






5.2.3. Listado de las obras hidráulicas

En la Tabla 9 se presenta el resumen de la cantidad de alcantarillas existentes en el tramo km 15+700 y 18+200 de la vía Santo Domingo – Alejandría. Se recomienda como tratamiento la demolición y reemplazo del total de las alcantarillas debido a que poseen conductos de 0.6 metros de diámetro, y según la norma de drenajes deberían tener un diámetro mínimo de 0.9 metros para garantizar su adecuado mantenimiento y limpieza. Además, en la inspección realizada a las mismas se encontró que la mayoría presenta daños en sus elementos, ductos obstruidos por acumulación de sedimentos y acumulación de vegetación que genera deterioro en el concreto.

Tabla 9. Listado de alcantarillas existentes en el corredor vial.

N°	Abscisa	Tipo de obra	Tratamiento	Fotografía
1	15 + 700	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	
2	15 + 750	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	
3	16 + 090	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	
4	16 + 220	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	

N°	Abscisa	Tipo de obra	Tratamiento	Fotografía
5	16 + 380	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	
6	16 + 720	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	
7	17 + 240	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	
8	17 + 360	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	
9	17 + 450	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	

N°	Abscisa	Tipo de obra	Tratamiento	Fotografía
10	17 + 530	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	 <p>28 dic. 2021 12:52:57 p. m. Alejandra-Santo Domingo Concepción Antioquia</p>
11	17 + 650	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	 <p>28 dic. 2021 12:56:17 p. m. Alejandra-Santo Domingo Concepción Antioquia</p>
12	17 + 820	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	 <p>28 dic. 2021 12:41:01 p. m. Alejandra-Santo Domingo Concepción Antioquia</p>
13	17 + 910	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	 <p>28 dic. 2021 12:42:12 p. m. Alejandra-Santo Domingo Concepción Antioquia</p>
14	17 + 970	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	 <p>28 dic. 2021 12:52:52 p. m. Alejandra-Santo Domingo Concepción Antioquia</p>

N°	Abscisa	Tipo de obra	Tratamiento	Fotografía
15	18 + 070	Alcantarilla	Demolición y reemplazo	

5.2.4. Estructuras existentes importantes y recomendación sobre las mismas

Se consideran obras importantes, aquellas de las que depende el funcionamiento de la vía, como puentes, box culverts y muros de contención. Estos elementos son nombrados y caracterizados en capítulos anteriores del presente informe, donde con ayuda de las fichas de inspección se genera una descripción para cada elemento. A continuación, se nombran los elementos importantes sobre los cuales se tienen recomendaciones para su mantenimiento y el óptimo funcionamiento de la vía.

En el puente del Río Nare (km 16+630) se encontró una grieta en la aleta del estribo al inicio del puente, esta grieta se encuentra en un elemento no estructural (Figura 9), pero se recomienda realizar un monitoreo periódico de la estructura para verificar que no aparezcan grietas en elementos estructurales como los estribos y las vigas.



Figura 9. Puente Río Nare (km 16+630).

5.2.5. Sitios de interés geométrico

El tramo de estudio presenta anchos variables en la capa de rodadura, siendo el ancho promedio igual a 5,3m. En gran parte del recorrido se presentan tramos que generan complejidad en la movilidad de dos vehículos uno al lado del otro debido al ancho de la vía, sin embargo, no se encontraron puntos críticos en su trazado geométrico. En la Figura 10 se muestra una esquematización de la sección típica del corredor.

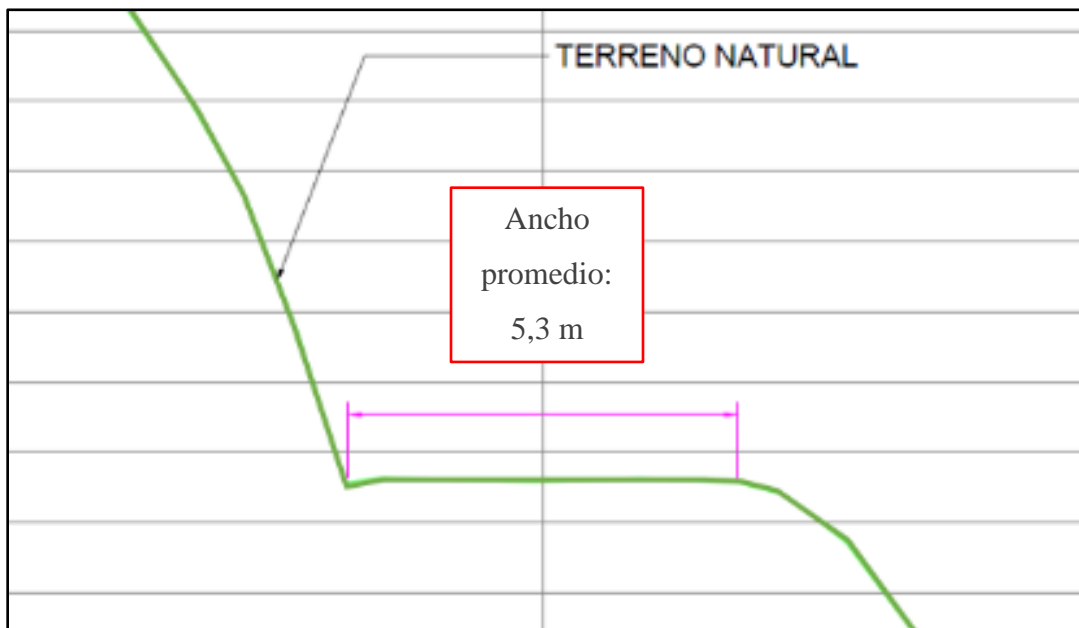



Figura 10. Sección típica.

5.2.6. Señalización

El tramo del km 15+700 al km 18+200 de la vía Santo Domingo – Alejandría solo posee una señal de tránsito de tipo informativa de localización que se encuentra en buen estado y está ubicada en el km 18+062 al costado izquierdo de la vía (Tabla 10).

Tabla 10. Listado de señales.

N°	Elemento	Abscisa	Tipo	Estado	Fotografía
1	Señal	18 + 062	Informativa de localización	Bueno	

*Bueno: Cumple su función o puede requerir limpieza.

*Regular: Requiere mantenimiento de sus componentes o rocería para cumplir su función.

*Malo: Se encuentran sin información, inclinadas y no es posible cumplir su función por lo cual se deben reemplazar.

5.2.7. Otros elementos de interés

Durante el recorrido del tramo de vía se encontraron varios elementos no mencionados anteriormente, pero de importancia para el análisis del corredor vial (Tabla 11).

Tabla 11. Otros elementos de interés.

Abscisa	Elemento
16 + 000	Generadora Alejandría
16 + 160	PCH
16 + 280	Entrada Generadora Alejandría
17 + 000	Centro poblado
17 + 510	Terraplén
17 + 900	Punto inicial rodadura
18 + 200	Punto final rodadura

5.3. Etapa 2

5.3.1. Verificación hidráulica

Las obras menores a chequear son aquellas que se encuentren ubicadas en drenajes permanentes que crucen la vía, teniendo en cuenta esto, se encontró según la cartografía obtenida que, la mayoría de las alcantarillas comprendidas entre el km 15+700 y 18+200 se encuentran localizadas en drenajes intermitentes que se activan principalmente en temporadas de lluvia, por lo

tanto, no se tiene información de estos drenajes para extraer sus áreas aferentes y realizar la verificación de la capacidad hidráulica. Sin embargo, se tienen cuatro (4) alcantarillas localizadas en drenajes permanentes que serán objeto de la evaluación hidráulica, estas se ubican en las abscisas 15+750, 16+380, 17+240 y 17+820. Además, los Box Culverts localizados en las abscisas 16+340, 16+820 y 18+100 también serán objeto de la revisión hidráulica dado que se encuentran en drenajes permanentes.

De acuerdo con los recorridos de campo realizados y la revisión de la cartografía existente de los drenajes permanentes, no se requieren alcantarillas ni box culverts en puntos nuevos, dado que no se identificaron pasos de agua sobre la vía o bateas que requieran la construcción de obras transversales.

5.3.1.1. Capacidad hidráulica alcantarillas

Con la finalidad de determinar la capacidad hidráulica de la alcantarilla a reemplazar se realiza el cálculo del caudal máximo para una geometría típica con tubería de 0.90 m de diámetro y 2 % de pendiente, y para una de 0.60 m con las mismas características. Si el caudal calculado es menor o igual a la capacidad estimada se colocará esta tubería con la geometría especificada, si es mayor se debe incrementar el diámetro o la pendiente.

En la Tabla 12 se muestra que el caudal máximo que puede tener una alcantarilla con tuberías de 0.6m y 0.9m es de 0.75 m³/s y 2.22 m³/s, respectivamente.

Tabla 12. Cálculo de caudal máximo por geometría para tuberías de 0.6m y 0.9m de diámetro.

Diámetro (m)	Pendiente (m/m)	Material ducto	n de Manning	Área (m²)	Perímetro mojado (m)	Radio hidráulico (m)	Caudal máximo (m³/s)
0.6	0.02	Concreto	0.015	0.28	1.88	0.15	0.75
0.9	0.02	Concreto	0.015	0.64	2.83	0.23	2.22

A continuación se muestra la verificación hidráulica de las alcantarillas con el caudal máximo esperado en un periodo de retorno de 10 años:

Tabla 13. Verificación capacidad hidráulica Alcantarillas.

Abscisa	Área aferente (km ²)	I (mm/h)	C	Q máx (m ³ /s)	Diámetro existente (m)	Q máx por geometría (m ³ /s)	Revisión capacidad	Diámetro requerido (m)
15+750	0.03	132	0.36	0.41	0.6	0.75	Cumple	0.9
16+380	0.03	132	0.36	0.41	0.6	0.75	Cumple	0.9
17+240	0.04	132	0.36	0.52	0.6	0.75	Cumple	0.9
17+820	0.08	132	0.36	1.07	0.6	0.75	No cumple	0.9

Como se observa en la Tabla 13, tres (3) de las alcantarillas cumplen con la capacidad requerida, sin embargo, se recomienda reponerlas por alcantarillas con diámetro de 0.9m, debido a que como se mencionó anteriormente, el manual de drenajes de carreteras exige conductos con esa sección mínima para garantizar el adecuado mantenimiento y limpieza de las obras de drenaje. La alcantarilla restante no cumple con la capacidad hidráulica, dado que el caudal máximo por geometría es menor al caudal máximo esperado, por lo tanto, se recomienda realizar una reposición de la obra por una que posea un diámetro de tubería de 0.9m que si cumple con la capacidad hidráulica requerida (Tabla 12).

5.3.1.2. Capacidad hidráulica Box Culverts

En la Tabla 14 se puede observar la capacidad máxima de caudal que tiene cada uno de los Box Culverts según las dimensiones de su conducto.

Tabla 14. Cálculo de caudal máximo por geometría para Box Culverts.

Abscisa	Ancho (m)	Altura (m)	Pendiente (m/m)	n de Manning	Área (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio hidráulico (m)	Caudal máximo (m ³ /s)
16+340	3.7	4.5	0.02	0.015	16.65	12.70	1.31	188.04
16+820	4.1	4.6	0.02	0.015	18.86	13.30	1.42	224.44
18+100	2.8	4.1	0.02	0.015	11.48	11.00	1.04	111.36

A continuación se muestra la verificación hidráulica de las obras con el caudal máximo esperado en un periodo de retorno de 25 años:

Tabla 15. Verificación capacidad hidráulica Box Culverts.

Abscisa	Área aferente (km ²)	I (mm/h)	C	Q máx (m ³ /s)	Ancho (m)	Altura (m)	Q máx por geometría (m ³ /s)	Revisión capacidad
16+340	0.59	144	0.36	8.43	3.7	4.5	188.04	Cumple
16+820	0.51	144	0.36	7.38	4.1	4.6	224.44	Cumple
18+100	0.33	144	0.36	4.79	2.8	4.1	111.36	Cumple

Como se observa en la Tabla 15 las obras cumplen la capacidad hidráulica, dado que el caudal máximo por geometría es mayor al caudal máximo esperado, por lo tanto, solo se recomienda realizar actividades de limpieza a los Box Culverts.

5.3.1.3. Drenaje longitudinal

Para la totalidad del tramo se recomienda la construcción de cunetas con filtro, las cuales deberán ser ubicadas al costado de la vía con talud de corte, para así garantizar un correcto drenaje de las aguas superficiales y subterráneas de la zona. Las cunetas y los filtros realizarán descarga en las obras de drenaje transversales existentes. La sección recomendada de la cuneta será de un total de 0.8m, con 0.6m hacia el costado de la vía y 0.2m hacia el talud. Por su parte el filtro tendrá la profundidad necesaria para drenar las aguas subterráneas con un diámetro de 10 pulgadas mínimo con la pendiente de la vía.

5.3.2. Obras de contención nuevas

En la vía se encontró un punto con pérdida parcial de banca, y como solución a este problema se recomienda la construcción de un muro de contención (Tabla 16).

Tabla 16. Muro de contención propuesto por pérdida parcial de banca.

Elemento	Abscisa	Coordenada
Muro de contención	15+860	6°23'44''N, 75°08'33.5''W

Según el manual de diseño geométrico de carreteras el ancho mínimo de calzada es de 6m para una vía ondulada-montañosa, por lo tanto, en los tramos de la vía donde no se cumpla, se recomienda depositar material de lleno y construir muros de contención.

En la Figura 11, se presenta la frecuencia de los anchos de la vía basada en las mediciones tomadas cada 250m, el histograma muestra mayor agrupación de datos en los intervalos [5.3, 5.8], lo que indica que el ancho promedio de la vía en el tramo se encuentra en ese intervalo.

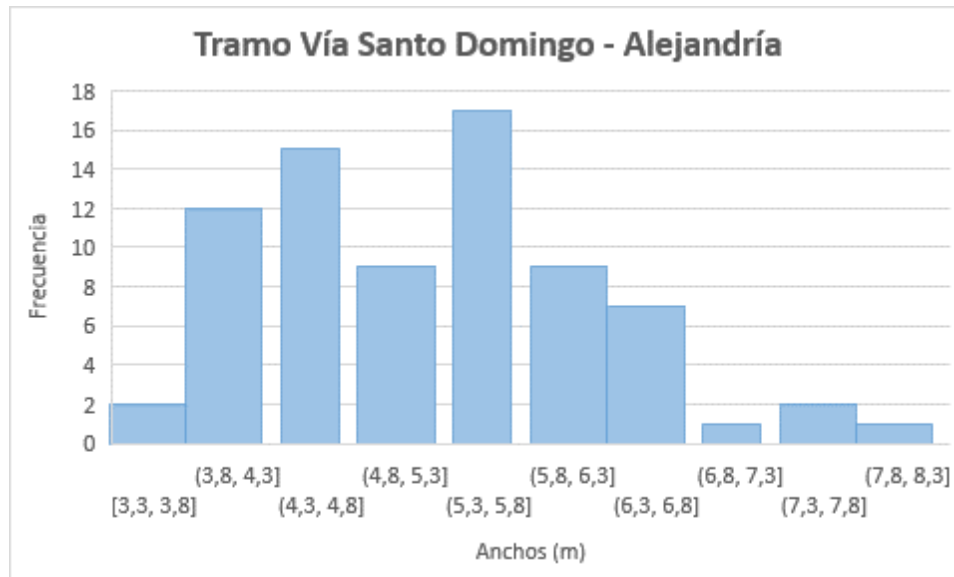


Figura 11. Histograma de secciones transversales por ancho.

5.3.3. Modificación alineamiento de la vía

Teniendo en cuenta que la vía se encuentra en un terreno ondulado, se recomienda una velocidad de operación de 20 km/h. Por lo tanto, con esta velocidad, se realizó una revisión de la geometría del alineamiento horizontal del tramo, dándole importancia al radio mínimo de curva que se debe tener, según las especificaciones del manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS [21].

En el chequeo, se tomó un peralte máximo de 6% que corresponde a un radio mínimo de 15m, y se encontró que a lo largo de la vía todas las curvas horizontales cumplen con los lineamientos bajo los cuales se revisó, por lo tanto, no se considera necesario la modificación del alineamiento en la vía en estudio, lo cual es un aspecto positivo debido a que con un posible mejoramiento de la vía se estarían evitando afectaciones prediales por este componente.

Con respecto al alineamiento vertical del tramo no se propone ninguna modificación debido a que esto implica intervenciones en taludes y afectaciones prediales, y se considera que la velocidad contemplada es adecuada para las pendientes existentes.

5.4. Etapa 3

5.4.1. Caracterización ambiental

Para la caracterización ambiental de la zona en estudio se tomaron en cuenta estudios e información de la aplicación Tremarctos 3.0 donde se identificó que en el tramo en estudio se cuenta con una afectación crítica en caso de requerir intervenir todo el tramo, esta afectación sería de tipo “Afectación Crítica” debido a la fauna y flora encontrada.

En la vía Santo Domingo - Alejandría habitan 18 especies de aves migratorias, 1 mamífero, 1 anfibio y 2 reptiles las cuales son endémicas de la zona. Además, en la zona de influencia del corredor se encuentran diferentes ecosistemas entre los cuales los más afectados serían la vegetación secundaria y los bosques naturales del orobioma medio de los Andes. La información anterior fue extraída del reporte de alertas tempranas generado por Tremarctos 3.0.

Como se observa en la Figura 12, las afectaciones e impactos de este corredor están contempladas en áreas de distribución de especies sensibles, ecosistemas vulnerables y límites con Parques Nacionales Naturales.

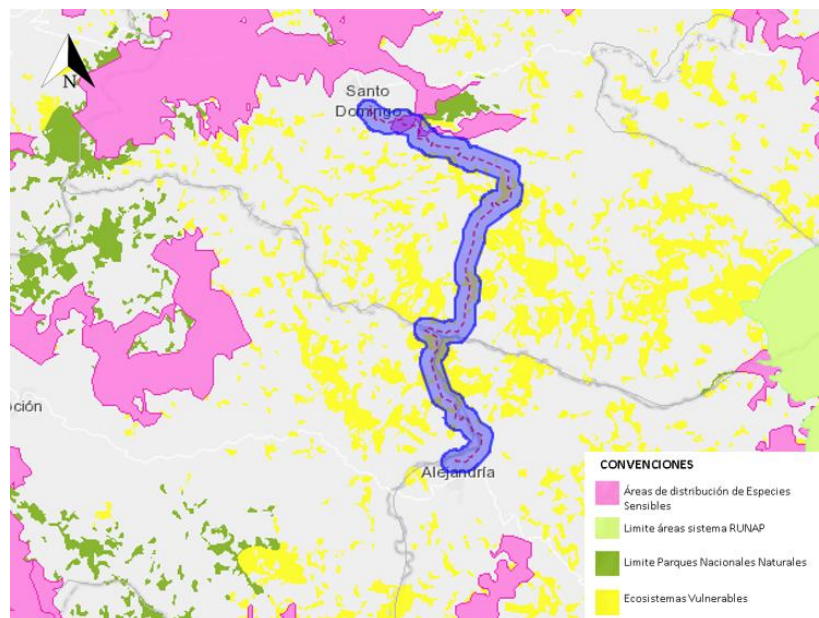


Figura 12. Área de influencia. [25]

Durante los recorridos de campo realizados al área de estudio se identificaron diferentes cuestiones ambientales a tener en cuenta, tales como la afectación generada debido al cultivo tanto de madera, café, maíz y otros alimentos, actividades de las que dependen la subsistencia, el trabajo

y la generación de recursos económicos de la mayor parte de la población residente en el área de estudio, sin embargo, la magnitud y prolongación en el tiempo han incidido en su conformación como factor de degradación del ambiente desde distintos enfoques.

En primer lugar, la demanda de áreas extensas de tierra implica la necesidad para el agricultor de disponer de áreas boscosas, involucrando un proceso de deforestación que, a su vez, altera la dinámica hidrológica y ecológica del territorio; esto, iniciando con una segmentación de los corredores de fauna, que se ve relegada a pequeñas zonas de bosque y obligada a desplazarse hacia otros ecosistemas. En segundo lugar, se deben tener en cuenta las consecuencias de la aplicación de materiales de abono y pesticidas usados para aumentar la producción a gran escala de los elementos cultivados, ya que afectan la composición tanto del suelo de la zona, las corrientes de aguas cercanas y las diferentes especies de fauna y flora endémicas.

5.4.2. Caracterización comunidades

El tramo en estudio se desarrolla en el Municipio de Alejandría, por lo tanto, su población podría ser la más afectada de forma negativa por las perturbaciones generadas en sus rutinas diarias debido a las intervenciones planteadas y de forma positiva por los beneficios que trae consigo el mejoramiento de la vía.

En cuanto a la dinámica poblacional del municipio [24], se observa en la Tabla 17 que la mayor parte de la población de Alejandría se concentra en la cabecera municipal.

Tabla 17. Población del municipio del área de influencia. [24]

Municipio	Cabecera municipal		Área rural		Población total
	Población	%	Población	%	
Alejandría	2485	53,4	2172	46,6	4657

En la Figura 13 se puede observar que las veredas pertenecientes al área de influencia de la vía Santo Domingo – Alejandría son: Reyes, El Rosario-Reyes, Los Naranjos pertenecientes al municipio de Santo Domingo, Fátima localizada en el Municipio de Concepción, y Remolino, El Popo y Tocaima con pertenecientes al Municipio de Alejandría.

Para el tramo en estudio km 15+700 – km 18+200 las veredas afectadas serían Remolino, El Popo y Tocaima, ya que son las que se ubican en el municipio de Alejandría.



Figura 13. Veredas que pueden ser afectadas.

Durante el recorrido de campo, se identificó una pequeña central hidroeléctrica llamada “Generadora Alejandría” en el km 16+000 y un kilómetro más adelante se encontró un centro poblado de gran extensión.

En esta vía no hay presencia de gran cantidad de centros poblados, ya que predomina la existencia de casas dispersas. Además, los centros poblados encontrados a lo largo de la vía se caracterizan por estar muy distanciados entre sí, y de acuerdo con lo observado, en general las casas están construidas en mampostería con ausencia de elementos estructurales (Figura 14), lo cual refleja un modo constructivo informal que no cumple con los estándares normativos de la NSR-10 y pone en riesgo la vida de las personas que las habitan. Además, es importante destacar que en la vía no se encontró ningún centro de salud, por lo cual las personas no tienen acceso inmediato a servicios de salud y en caso de emergencia tienen que ir hasta la cabecera municipal para ser atendidos, y tampoco se encontró ninguna estación de policía, que permita brindar servicios de seguridad a la población en caso de que lo requieran.



Figura 14. Casa en costado derecho de la vía.

5.4.3. Demanda de recursos necesarios para la intervención sugerida

En el tramo de vía en estudio, según el trabajo realizado en campo y análisis hidráulicos, como se mencionó en el apartado anterior, se proponen las siguientes obras: cunetas para la totalidad del tramo y un muro de contención por pérdida parcial de banca. De acuerdo con lo anterior, la demanda de recursos se describe a continuación:

Ocupación de cauces

La construcción de alcantarillas, box culverts y muros de contención aledaños a cauces de agua requieren la solicitud de permisos de ocupación de cauce, dado que son obras que afectaran su funcionamiento normal. En este caso el muro de contención propuesto no está ubicado en un cauce, y las alcantarillas que se deben reemplazar ya deberían contar con los respectivos permisos, por lo tanto, se debe revisar que si se dispongan de estos.

Aprovechamiento forestal

Para llevar a cabo la construcción de muros de contención y modificación del alineamiento de la vía se requiere intervención del paisaje en puntos donde los árboles se encuentren cercanos a la vía y la calzada sea muy angosta.

Demanda del suelo

Al construir las obras propuestas se interviene el recurso suelo al realizar las actividades de excavación, sobre excavación y llenos, además se sobrecarga el suelo en la zona donde se ubica la obra.

Desplazamiento de especies

Al realizar intervenciones al alineamiento de la vía, obras hidráulicas y muros de contención, la fauna de la zona se ve afectada principalmente porque se interrumpen sus rutas migratorias y se genera ruido lo que conlleva al ahuyentamiento de las mismas, en términos generales se afecta su hábitat natural.

5.5. Etapa 4

5.5.1. Zonas urbanas, minorías étnicas y consejos comunitarios

En el tramo de estudio se identificó una zona poblada en el kilómetro 17+700. De manera general, las viviendas se encuentran distanciadas entre sí y están construidas en mampostería con ausencia de elementos estructurales (Tabla 18)

Tabla 18. Zonas pobladas.

Zona poblada (Abscisa)	Característica
17+700	Trece viviendas

La zona poblada identificada tiene una longitud de 500 m y se compone de trece (13) casas distribuidas en los dos márgenes de la vía (Figura 15).



Figura 15. Centro poblado km 17+700. [22]

Por otra parte, según el Anuario Estadístico de Antioquia 2016 del Departamento Administrativo de Planeación [26], en el municipio de Alejandría no se identifican resguardos indígenas (Figura 16).

Descargar G143.xlsx (1019 Descargas)

Año: 2016
 Capítulo: Generalidades
 Tema: 1.4-Datos generales de los municipios de Antioquia
 Item: 1.4.3.-Resguardos indígenas de Antioquia

Buscar: Alejandría

Código del departamento	Código región	Código zona	Código de municipio	Municipio	Resguardo y/o comunidad	Código DANE	Área hectáreas	Titulos colectivos resolución de INCORA o acuerdos del INCODER	Etnias	Total hectáreas con ampliación	Hectáreas adquiridas sin incluir en resguardos
No se encontraron resultados											

Mostrando registros del 0 al 0 de un total de 0 registros (filtrado de un total de 64 registros)

Figura 16. Reporte de las minorías étnicas en el Municipio de Alejandría. [26]

Adicionalmente, en el área de estudio no se reconocen consejos comunitarios, los cuales son definidos como “Grupos de personas Afrocolombianas que se constituyen legalmente, para efectos de titulación colectiva de tierras adjudicables de acuerdo con el artículo 5 de la ley 70 de 1993” a través de INCODER” [26], tal y como se evidencia en la Figura 17.

Descargar G144.xls (954 Descargas)

Año: 2016
Capítulo: Generalidades
Tema: 1.4-Datos generales de los municipios de Antioquia
Item: 1.4.4-Títulos colectivos adjudicados a las comunidades negras del departamento de Antioquia

Buscar: Alejandría

CÓDIGO REGIÓN	CÓDIGO ZONA	CÓDIGO DE MUNICIPIO	MUNICIPIO	TÍTULO COLECTIVO	ÁREAS HECTÁREAS	NÚMERO DE RESOLUCIÓN	FECHA
No se encontraron resultados							

Mostrando registros del 0 al 0 de un total de 0 registros (filtrado de un total de 35 registros)

Figura 17. Reporte de Títulos colectivos adjudicados a las comunidades negras del departamento de Antioquia en el Municipio de Alejandría. [26]

5.5.2. Condiciones socioeconómicas

Según las observaciones realizadas a lo largo del tramo, se evidenciaron actividades agrícolas por cultivos de café, caña y plátano. En la Figura 18 se puede observar uno de los cultivos de plátano identificados durante el recorrido, además de apreciar también un bosque antrópico de pinos para industria maderera.



Figura 18. Cultivo de plátanos y bosque antrópico de pinos.

En cuanto a las actividades ganaderas, se identificó ganado bovino y un matadero, que refleja una contribución importante por parte del área de influencia a la economía del municipio.

En la Figura 19 se muestra uno de los ganados bovinos percibidos en el recorrido. Adicionalmente, si bien no se observaron actividades del sector porcicultor, la comunidad mencionó la existencia de un criadero de cerdos en una zona aledaña a la vía.



Figura 19. Ganado bovino.

Por otro lado, es importante resaltar el potencial turístico que tiene la vía Santo Domingo - Alejandría, ya que cuenta con un atractivo turístico, que es la cascada “Velo de la novia” desarrollada en el Río Nare (Figura 20), además de un establecimiento recreativo llamado “Termales de la Roca” que tiene un restaurante, tienda y piscina termal.



Figura 20. Cascada Velo de la Novia.

Otro aspecto fundamental en la economía del área de influencia es la pequeña hidroeléctrica ubicada en el margen izquierdo de la vía llamada “Generadora Alejandría” (ver Figura 21), que contribuye a la generación de energía eléctrica y de empleos para las personas de la zona aledaña.



Figura 21. Generadora Alejandría.

5.6. Etapa 5

5.6.1. Objetivos del proyecto

Para el mejoramiento de la vía se plantean metas a corto, mediano y largo plazo, que tienen como finalidad beneficiar la movilidad, comercio y calidad de vida de los habitantes pertenecientes al área de influencia. Estas metas serán descritas a continuación.

Corto plazo

- Realizar limpieza y mantenimiento a las obras existentes y material depositado en la calzada, resultante de los movimientos en masa.
- Mejorar el estado de la capa de rodadura de la vía.

Mediano plazo

- Reemplazar las obras hidráulicas cuyo diámetro no cumple con las especificaciones técnicas del Manual de Drenajes del INVÍAS.
- Construir elementos de contención y demás componentes necesarios para la estabilización de taludes.

- Revegetalizar los taludes que no requieren intervenciones estructurales ni de manejo de aguas.
- Instalar señalización vertical faltante.

Largo plazo

- Desarrollar la negociación, adquisición y adecuación de predios necesarios para las intervenciones propuestas.
- Ejecutar ampliaciones en la vía, tanto por ancho de calzada como por la totalidad de obras que así lo requieran.
- Realizar la pavimentación de la vía.

5.6.2. Características del corredor

El tramo de estudio pertenece a la vía Santo Domingo- Alejandría COD 62AN22-2, que tiene una longitud de 18,8 km y conecta el nordeste con el Oriente Antioqueño.

Actualmente, gran parte del corredor se encuentra en material no seleccionado, presenta baches a causa de la erosión de la superficie del terreno y deficiente manejo de aguas de escorrentía. Además, se presentan condiciones de inseguridad vial debido a la existencia de pérdidas parciales de banca.

Por otro lado, se identificó un centro poblado y no hay presencia de resguardos indígenas ni consejos comunitarios adjudicados referidos a grupos de personas afrocolombianas constituidos legalmente.

Ahora bien, se evidenció que la actividad económica más importante se basa en el sector agropecuario, sustentado principalmente en los cultivos de café, caña, plátano y actividades ganaderas y porcicultoras. Adicionalmente, se identifican actividades de comercio a menor escala, tales como pesca, minería ilegal y turismo.

6. Conclusiones y recomendaciones

La superficie de rodadura del corredor se compone de material no seleccionado, presenta erosión en la superficie del terreno y deficiente manejo de aguas de escorrentía, lo que genera pérdida del material en algunas zonas de la vía. Como solución a largo plazo, se plantea pavimentar la vía, construir las respectivas cunetas y demás obras de drenaje que permitan mantener un buen estado de la vía.

Los puntos de interés diagnosticados fueron: un (1) puente, cuatro (4) box culverts, una (1) obra de contención, quince (15) alcantarillas y una (1) señal de tránsito.

En el diagnóstico realizado a las alcantarillas en el corredor, se identificó que el estado típico de estas es la acumulación de vegetación y sedimentos, y daños en sus elementos. Además, el total de las alcantarillas tienen un diámetro menor a 90 cm, por lo que no cumplen con el Manual de Drenajes del INVÍAS. Para esto, se sugiere reemplazar todas las alcantarillas por obras que cumplan con un conducto mínimo de 90 cm.

En la inspección visual llevada a cabo al puente, se evidenció la necesidad de realizar un monitoreo periódico al puente ubicado sobre el río Nare, ya que presenta una grieta en una de las aletas.

En la evaluación realizada a los box culverts, solo se identificó la necesidad de realizar actividades de limpieza a los mismos, dado que se encuentran en buen estado y cumplen con la capacidad hidráulica requerida.

A partir de las secciones transversales medidas en el corredor, se obtuvo que el ancho promedio de la calzada oscila entre 5,3m y 5,8m, lo cual indica que no se cumple con el ancho mínimo especificado por el INVÍAS, para la velocidad de diseño considerada de 20 km/h. Sin embargo, se recomienda realizar ampliaciones en el corredor, con el fin de lograr que la vía tenga en su totalidad un ancho de calzada de al menos 5 m más cunetas propuestas para garantizar la seguridad vial. Esta solución podría ser aplazada debido a los altos costos que implica la afectación de áreas prediales.

Por último, en cuanto a la identificación de posibles Zonas de Manejo de Escombros y Material de Excavación (ZODMES), no se detectaron lugares aptos para la disposición de tales materiales en el área adyacente al tramo, teniendo en cuenta criterios ambientales, topográficos e hidrológicos.

Referencias

- [1] Promotora Ferrocarril de Antioquia and Gobernación de Antioquia, “Anexo 4. Estudios de necesidad para corredores viales del Departamento de Antioquia,” Medellín.
- [2] Gobernación de Antioquia - Secretaría de Infraestructura Física, “Circular 9. Inventario de la Red Vial en el Departamento de Antioquia,” 2015.
- [3] Municipio de Alejandría, “Plan municipal para la gestión de riesgo de desastres 2013 - 2016,” 2013. [Online]. Available: http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/20.500.11762/18571/1/Alejandria_Antioquia.pdf
- [4] C. Kraemer, J. M. Pardillo, S. Rocci, M. G. Romana, V. Sánchez Blanco, and M. Á. del Val, *Ingeniería de carreteras Volumen I*. Madrid: McGraw-Hill, 2003.
- [5] J. R. Quintero González, “Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte,” *Rev. Fac. Ing.*, vol. 20, no. 30, pp. 65–77, 2011.
- [6] K. Opiela and D. D. Perkins, “Infrastructure inventories - the starting point for effective highway management,” *ITE J.*, vol. 56, no. 2, pp. 27–34, 1986.
- [7] L. Y. Cáceres Gómez and J. L. Galvis Cardenas, “ESTUDIOS TÉCNICOS PARA LA FORMULACIÓN DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO, EN FLEXIBLE Y RÍGIDO POR EL MÉTODO DE LA AASHTO E INVIAS, PARA LAS VÍAS DE LA CALLE 4ª DESDE LA AV. 17ª HASTA LA AV. 20, AV. 17ª ENTRE CALLES 3 Y 4ª, AV. 18 ENTRE CALLES 3 Y 4,” Universidad Francisco de Paula Santander, 2020.
- [8] T. Yepes, L. Villar, J. Aguilar, and J. M. Ramírez, “Infraestructura de transporte en Colombia,” *Cuad. Fedesarrollo*, vol. 46, p. 162, 2013, [Online]. Available: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstre>
- [9] G. J. Pérez Valbuena, “La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia,” *Doc. Trab. sobre Econ. Reg.*, no. 64, 2005, [Online]. Available: <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/3194>
- [10] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de pavimentos para carreteras*, Segunda ed., vol. 7, no. 1. 1998.
- [11] Universidad Nacional de Colombia and Instituto Nacional de Vías, “Manual para la

- inspección visual de estructuras de drenaje,” Bogotá D.C., 2006.
- [12] Universidad Nacional de Colombia and Instituto Nacional de Vías, “Manual para la inspección visual de puentes y pontones,” Bogotá D.C., 2006. [Online]. Available: www.invias.gov.co
- [13] Instituto Nacional de Vías, “Manual de Drenaje para Carreteras,” 2009.
- [14] V. Te Chow, D. R. Maidment, and L. W. Mays, *Hidrología aplicada*. Santafé de Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A., 1994.
- [15] Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), “Curva Intensidad Duración Frecuencia - IDF Estación: Guayabito (Santo Domingo) Código: 2701519,” 2017.
- [16] J. L. Bosio Velasquez, J. López Acuña, E. Gallo Deza, M. Pastor Guajardo, and P. Lainez-Lozada Campos, *Puentes - Análisis, diseño y construcción*, 2da edició. Lima, Perú: American Concrete Institute, 1994.
- [17] Instituto Nacional de Vías, *Manual de Estabilidad de Taludes Geotecnia Vial*. Santafé de Bogotá, D. C.: Editorial de la Escuela Colombiana de Ingeniería, 1998.
- [18] Universidad Nacional de Colombia and Instituto Nacional de Vías, “Manual para la inspección visual de obras de estabilización,” Bogotá D.C., 2006.
- [19] Ministerio de Transporte, “Manual De Señalización Vial - Dispositivos uniformes para la regulación de tránsito en calles, carretras y ciclorrutas de Colombia,” 2015.
- [20] J. Cárdenas Grisales, *Diseño geométrico de carreteras*, Segunda ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2013.
- [21] Instituto Nacional de Vías, “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras,” 2008.
- [22] Google Earth, “Imagen Satelital.” <https://www.google.com/intl/es/earth/> (accessed Jun. 30, 2022).
- [23] Ministerio de Transporte Colombia, “Ley N° 1228, 16 de julio de 2008,” 2008. [Online]. Available: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2008/ley_1228_2008.pdf
- [24] Alcaldía de Alejandría, “Plan de Desarrollo Municipal de Alejandría. 2020-2023,” 2020, [Online]. Available: <http://www.alejandria-antioquia.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-20202023>
- [25] Tremarctos Colombia, “Reporte de Alertas Tempranas.” <http://www.tremarctoscolombia.org/> (accessed Jun. 24, 2022).

- [26] Gobernación de Antioquia - Departamento Administrativo de Planeación, “Anuario Estadístico de Antioquia,” 2016. <https://www.antioquiadatos.gov.co/index.php/1-4-3-resguardos-indigenas-de-antioquia> (accessed May 29, 2022).