

**CONSULTORÍA ASESORÍA, EN LA EJECUCIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS
TÉCNICOS PARA INGENIERÍA PARA LAS EMPRESAS PÚBLICAS DE
MEDELLÍN**

MINA LA GUALÍ – AMAGÁ



**INFORME VISITA TÉCNICA DE RECONOCIMIENTO
GEOTECNIA E HIDRÁULICA
I-2869-005-MG-Cap01-01-Rev0**

PREPARADO PARA



Marzo de 2024

		CONTROL DE INFORMES		FT-28
				Versión 0
Documento				Código
INFORME VISITA TÉCNICA DE RECONOCIMIENTO GEOTECNIA E HIDRÁULICA MINA LA GUALÍ - AMAGÁ				I-2869-005-MG-Cap01-01
Revisión	Fecha	Elaboró	Revisó	Verificó
0	2024-03-22	Cristian M. Grajales R. Yessica M. García Q.	Alejandro Garcés Gonzalo Betancur	Gonzalo Betancur
	MODIFICACIÓN:			
	MODIFICACIÓN:			
	MODIFICACIÓN:			

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1 VISITA TÉCNICA.....	1-4
1.1 OBJETIVO Y ALCANCE	1-4
1.2 ASPECTOS GENERALES.....	1-4
1.2.1 Localización de la zona de estudio	1-4
1.3 RECONOCIMIENTO	1-6
1.3.1 Aspectos Geotécnicos.....	1-6
1.3.1.1 Vía Amagá Angelópolis	1-6
1.3.1.2 Predios Mina La Gualí.....	1-16
1.3.2 Aspectos Hidráulicos.....	1-23
1.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	1-27

1 VISITA TÉCNICA

1.1 OBJETIVO Y ALCANCE

Con respecto a los alcances geotécnicos e hidráulicos específicos se realizaron las siguientes actividades:

- Un reconocimiento de campo por algunos predios que hacen parte de la Mina La Gualí, localizada en el municipio de Amagá.
- Un reconocimiento de campo de la vía que comunica los municipios de Angelópolis y Amagá, específicamente en el tramo cercano a los predios de la Mina La Gualí.

1.2 ASPECTOS GENERALES

1.2.1 Localización de la zona de estudio

Especialistas de geotecnia e hidráulica de INTEINSA realizaron una visita de reconocimiento el 19 de marzo de 2024 a algunos predios que hacen parte de la Mina La Gualí y al tramo de vía localizada al costado este de dichos predios, el cual comunica los municipios de Amagá y Angelópolis. Esta zona se ubica al norte del municipio de Amagá, en los límites de las veredas Minas, Gualí y Piedecuesta. En la Figura 1.1 se presenta la ubicación general y detallada de la zona de estudio.

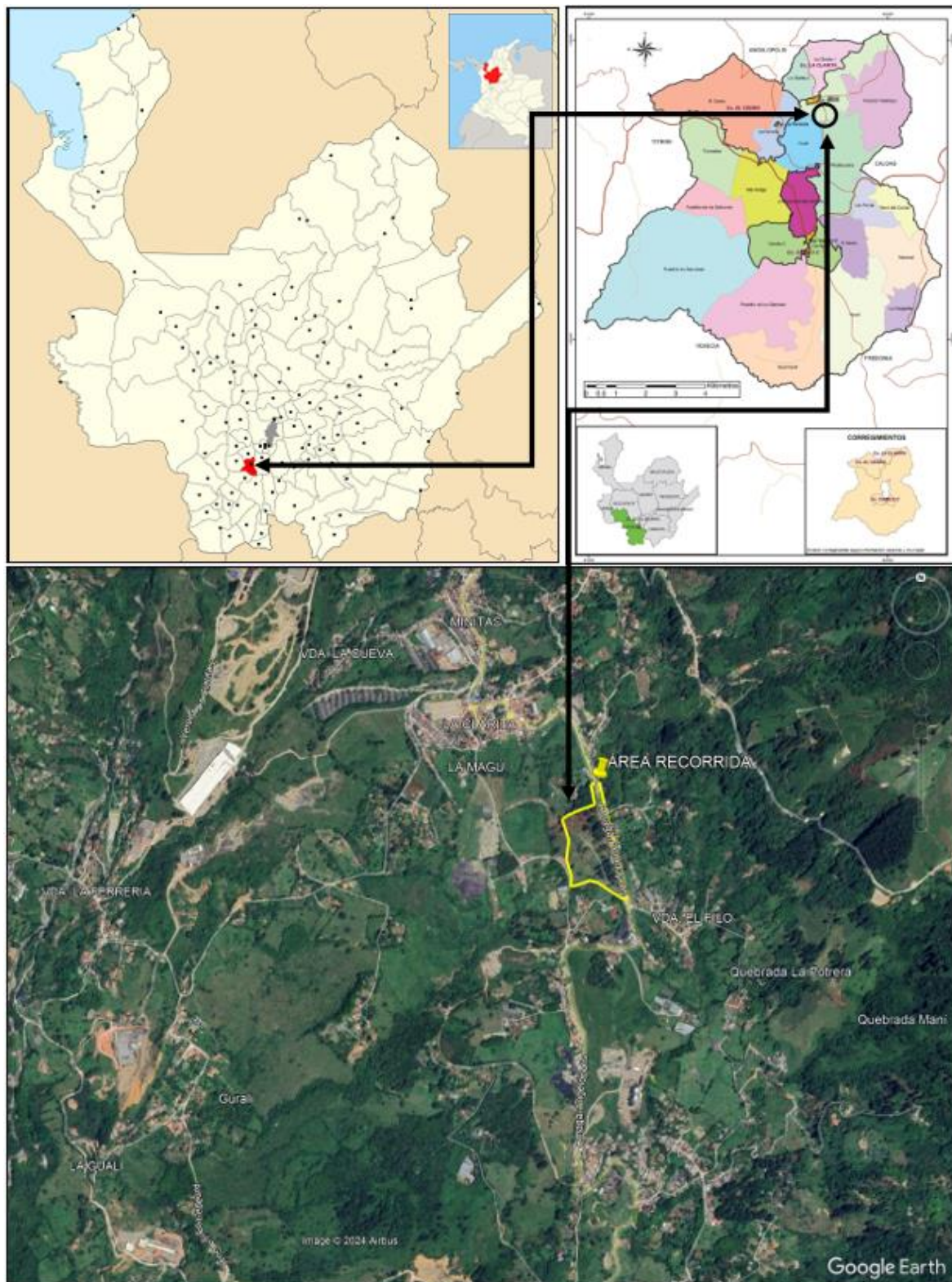


Figura 1.1. Localización de la zona de estudio. Modificado de Google Earth y Alcaldía Amagá

1.3 RECONOCIMIENTO

1.3.1 Aspectos Geotécnicos

A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los aspectos relevantes, desde el punto de vista geotécnico, identificados durante los recorridos de campo, realizados el día 19 de marzo de 2024, en algunos predios que hacen parte de la Mina La Gualí y en el tramo de vía localizada al costado este de dichos predios, el cual comunica los Municipios de Amagá y Angelópolis.

1.3.1.1 Vía Amagá Angelópolis

Los predios de la Mina La Gualí, que fueron recorridos durante la visita de campo, limitan al costado este con la vía que comunica los municipios de Angelópolis y Amagá. El tramo de vía recorrido tiene una longitud de 350 m de los cuales, los primeros 90 m medidos de sur a norte, es decir en dirección Amagá - Angelópolis, están pavimentados, los siguientes 160 m no están pavimentados y los últimos 100 m nuevamente se observan pavimentados. En la Figura 1.2 se presenta en un polígono de color amarillo el área recorrida durante la visita de campo; la línea de color verde corresponde al Tramo 1 que tiene 90 m, la línea de color azul al Tramo 2 de 160 m y la línea de color rojo al Tramo 3 cuya longitud es de 100 m.

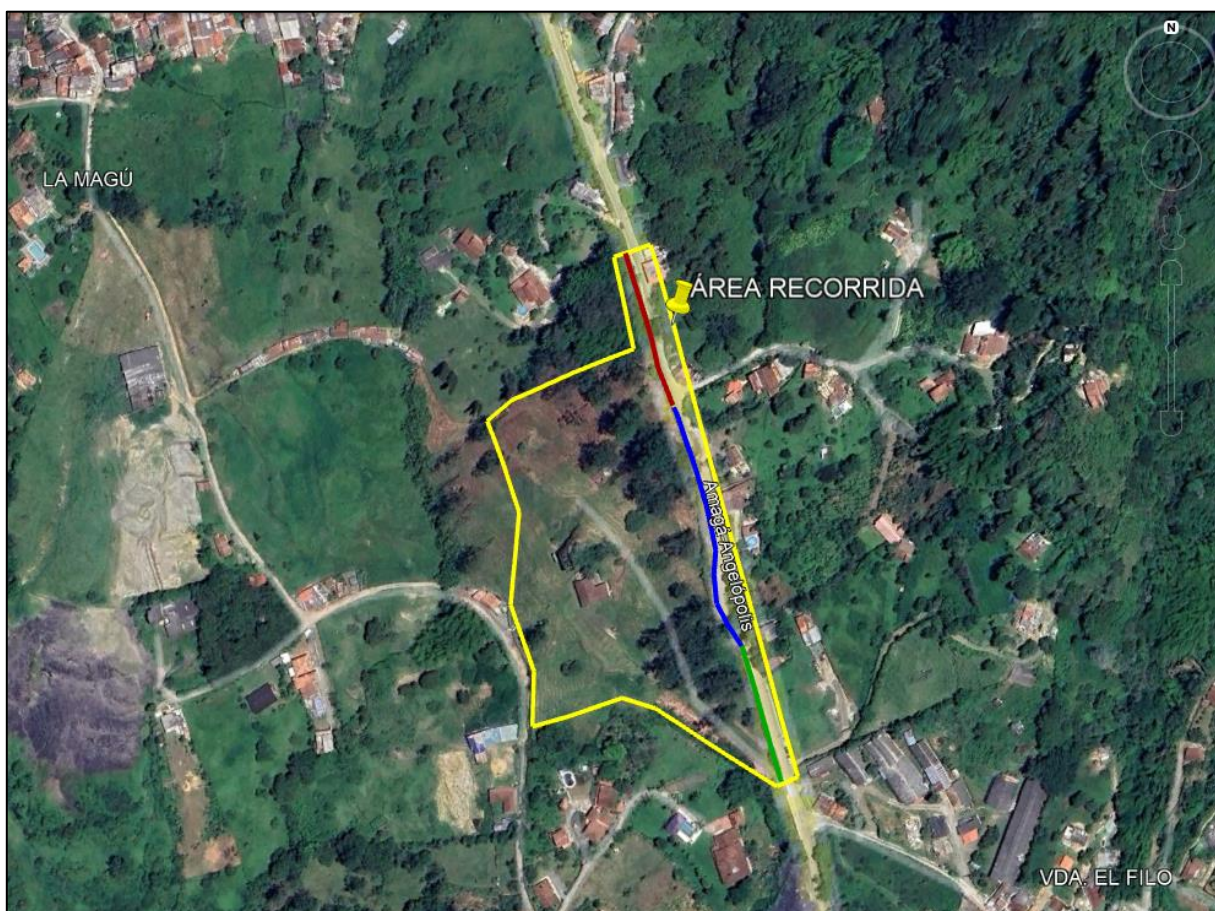


Figura 1.2. Área de interés predios Mina La Gualí. Modificado de Google Earth

En la Figura 1.3 se muestra el Tramo 1 recorrido de la vía existente ubicada al costado este de los predios de la Mina La Gualí. A lo largo de este tramo, la vía se encuentra pavimentada, la carpeta de rodadura no presenta patologías y en general, tiene unas condiciones adecuadas. En cercanías a los bordillos se observa algo de sedimentación y en algunos puntos se evidencia crecimiento de vegetación, sin embargo, en términos generales los bordillos se encuentran en adecuadas condiciones. Al inicio de este tramo se puede observar una obra hidráulica transversal la cual recoge el agua de escorrentía superficial que llega desde la parte alta de la ladera y los flujos de agua que circulan directamente sobre la vía, descargando sobre el predio de la Mina La Gualí; en el Numeral 1.3.2 se presenta de manera detallada las anotaciones desde el punto de vista hidráulico realizados sobre esta obra. Respecto a las laderas de la parte alta de la vía a lo largo del Tramo 1, las cuales se muestran en la Figura 1.4, se puede observar que estas tienen una pendiente moderada, con una geoforma ondulada y con presencia de varias zonas de vaguada (Líneas azules) por donde circula el agua de escorrentía superficial que como se puede observar llegan en mayor proporción a la obra hidráulica mencionada, la cual descarga directamente sobre el predio de la Mina La Gualí. En la parte baja de la ladera al costado este de la vía se evidencian algunos procesos morfodinámicos correspondientes a cicatrices de deslizamientos antiguos tal como se indica con la línea de color naranja en la Figura 1.4.



Figura 1.3. Tramo 1 (90 m). Vía que comunica Amagá y Angelópolis



Figura 1.4. Ladera parte alta Tramo 1 (90 m)

En la Figura 1.5 se muestra la parte inicial del Tramo 2 de la vía existente, ubicada al costado este de los predios de la Mina La Gualí. Como se puede observar en este tramo, la vía no se encuentra pavimentada y se considera, de manera general, que la zona no se encuentra en condiciones adecuadas toda vez que no se cuenta con un sistema de drenaje superficial adecuado, únicamente se evidencian en algunas zonas zanjas conformadas en terreno natural que permiten recolectar el agua de escorrentía superficial y el agua negra proveniente de las viviendas aledañas, adicionalmente, este tramo se caracteriza por tener cambios en el alineamiento vertical que favorecen el flujo de agua hacia los puntos más bajos, y que al no tener obras hidráulicas transversales dispuestas adecuadamente discurren por la vía y posteriormente descargan de manera no controlada a la parte de baja de la ladera justo donde se ubican los predios de la Mina La Gualí. Es importante resaltar que en este punto si bien se observa una obra hidráulica transversal, la cual se mostrará de forma detallada en el Numeral 1.3.2, el descole de la misma falló observándose la estructura volcada y desplazada tal como se muestra en la Figura 1.6.



Figura 1.5. Inicio Tramo 2 (160 m). Vía que comunica Amagá y Angelópolis



Figura 1.6. Zona de empozamiento y descole fallado

En la Figura 1.7 se muestra la zona central del Tramo 2 de la vía existente, ubicada al costado este de los predios de la Mina La Gualí. Como se puede observar en este tramo la vía no se encuentra pavimentada y se considera, de manera general, que la zona no se encuentra en condiciones adecuadas toda vez que no se cuenta con un sistema de drenaje superficial adecuado, únicamente se evidencia en algunas zonas, zanjas conformadas en terreno natural que permiten recolectar el agua de escorrentía superficial y las aguas residuales provenientes de las viviendas aledañas, adicionalmente, este tramo se caracteriza por presentar hundimientos de la vía y un proceso morfodinámico en forma de media luna, en el que se pierde una parte de la banca de la vía, lo anterior sucede sobre los materiales grueso granulares que conforman la superficie de la vía y que al estar desprovistos de una adecuada cobertura sufren fenómenos erosivos y desgarres causados por la acción de la escorrentía superficial y la sobrecarga asociada al tránsito de vehículos (volquetas, buses, motos, automóviles, entre otros). En la Figura 1.8 se muestra el deterioro de la vía en la zona central del Tramo 2.



Figura 1.7. Centro Tramo 2 (160 m). Vía que comunica Amagá y Angelópolis



Figura 1.8. Deterioro de la vía

En la Figura 1.9 se muestra la zona final del Tramo 2 de la vía existente ubicada al costado este de los predios de la Mina La Gualí. Como se puede observar en este tramo la vía no se encuentra pavimentada y se considera, de manera general, que la zona no se encuentra en condiciones adecuadas toda vez que no se cuenta con un sistema de drenaje superficial adecuado, únicamente se evidencian en algunas zonas, zanjitas conformadas en terreno natural que permiten recolectar el agua de escorrentía superficial y el agua negra proveniente de las viviendas aledañas. Es importante resaltar que a lo largo de esta zona se construyó un muro de contención de

aproximadamente 3 m de altura y 8 m de longitud, cuyo cierre con la ladera del costado sur se realizó con costales rellenos de afirmado, dicho cierre falló y por lo tanto, se generó la pérdida de la banca de la vía en una longitud aproximada de 3 m, como se puede visualizar en la Figura 1.10 y en la Figura 1.11. Se aclara que, de acuerdo con lo evidenciado en campo, en el costado donde se generó la inestabilidad mencionada se observaron dos tuberías de descarga que se ubican en la parte baja de la estructura de cierre, lo cual parece haber generado procesos erosivos en el material de fundación de dicha estructura ocasionando su posterior colapso. Las tuberías mencionadas se pueden ver en la Figura 1.12. Si bien la estructura de contención existente se observa en adecuadas condiciones, no presenta fallas, no se evidencian patologías estructurales, y la fundación no se ve afectada por los procesos erosivos actuales; de no hacer una pronta intervención es posible que se presenten problemas de estabilidad futuros en dicha obra, y más cuando parece que la fundación es de tipo superficial. Adicionalmente, por lo que se observa en campo la zona, en general, podría tener un flujo abundante de agua en épocas de precipitación y, por lo tanto, se esperaría que el sistema de drenaje de la estructura de contención contemplara no solo un filtro al espaldar sino también lloraderos, elementos que no se identificaron en campo.



Figura 1.9. Final Tramo 2 (160 m). Vía que comunica Amagá y Angelópolis



Figura 1.10. Vista lateral de la estructura de contención



Figura 1.11. Vista frontal estructura de contención



Figura 1.12. Descargas evidenciadas en la zona inestable

En la Figura 1.13 se muestra el Tramo 3 recorrido a lo largo de la vía existente, ubicado al costado este de los predios de la Mina La Gualí. A lo largo de este tramo la vía se encuentra pavimentada, la carpeta de rodadura no presenta patologías y en general, tiene unas condiciones adecuadas. En las cunetas se observan algunas hojas y algo de sedimentos, sin embargo, en términos generales se encuentra en adecuadas condiciones. Al final de este tramo se pueden ver dos obras hidráulicas transversales las cuales recogen el agua de escorrentía superficial que llega desde la parte alta de la ladera y los flujos de agua que circulan sobre la vía, descargando directamente sobre el predio de la Mina La Gualí. En el Numeral 1.3.2 se presentan de manera detallada las anotaciones, desde el punto de vista hidráulico, realizadas sobre estas obras.

Respecto a las laderas de la parte alta de la vía, a lo largo del Tramo 3, las cuales se muestran en la Figura 1.14 y en la Figura 1.15, se puede observar que estas tienen una pendiente entre moderada y alta, con una geoforma ondulada y con presencia de varias zonas de vaguada (Líneas azules) por donde circula el agua de escorrentía superficial que finalmente descarga sobre el predio de la Mina La Gualí. En cercanías al sitio de vaguada que se muestra en la Figura 1.15 fue posible observar un talud expuesto de 1 m de altura, en el cual se presenta una capa de aproximadamente 0.6 m compuesta por un material con 100% matriz, de textura limo arenosa, seco, de color amarillo claro con betas grises y naranjadas, y de consistencia firme; por debajo de este estrato se tiene un material con una proporción suelo/roca 20/80, la matriz es de textura limosa arenosa de color amarillo claro con betas grises y naranjadas, los

fragmentos de roca son de aproximadamente 0.1 m de longitud y poseen formas subangulares. Ambos estratos podrían considerarse como horizontes in situ.



Figura 1.13. Tramo 3 (100 m). Vía que comunica Amagá y Angelópolis



Figura 1.14. Ladera parte alta Tramo 3 (100 m)



Figura 1.15. Vaguada a lo largo de la ladera parte alta Tramo 3 (100 m)



Figura 1.16. Material encontrado en la ladera parte alta Tramo 3 (100 m)

1.3.1.2 Predios Mina La Gualí

Los predios de la Mina La Gualí se encuentran al costado oeste de la vía que va desde Amagá hacia Angelópolis y pueden ser observados en la vista frontal presentada en la Figura 1.17. De manera general se puede ver que, a diferencia de las laderas aledañas, este sector presenta una intervención antrópica importante toda vez que muestra una geoforma compuesta por taludes y bermas, lo anterior posiblemente asociado a la actividad minera desarrollada en el área y a las construcciones aledañas que se observan en cercanías al lote.



Figura 1.17. Vista frontal predios Mina La Gualí. Modificado de Google Earth

En la Figura 1.18 se pueden visualizar diferentes zonas a lo largo del área de interés. En términos generales, la zona tiene una geoforma ondulada, y predominan las pendientes entre bajas y moderadas, se observa cobertura vegetal en la mayor parte del predio y la actividad antrópica se evidencia puesto que se presentan formas irregulares a lo largo del lote dando la impresión de que existieran montículos de materiales dispuestos indistintamente sobre el mismo, aclarando que estos se encuentran cubiertos por la vegetación. Es importante resaltar que a lo largo del lote se encontraron zonas planas que pueden ser susceptibles a acumulación de agua en épocas de lluvia y que al no contar con obras de drenaje superficial adecuadas podrían favorecer la filtración de agua.



Figura 1.18. Geoforma predios Mina La Gualí

A lo largo de los predios de la Mina La Gualí se observan zanjas en terreno natural que el personal de EPM indica que ha construido para darle un manejo a los flujos de agua producto de la escorrentía superficial y a los provenientes de las obras hidráulicas transversales dispuestas a lo largo de la vía y que descargan directamente sobre el lote. En la Figura 1.19 se presentan algunas zanjas en terreno natural y que se encuentran con cobertura vegetal, mientras que en la Figura 1.20 se presentan algunas zanjas que no presentan cobertura vegetal. Es importante resaltar que en las zonas donde no se tiene cobertura vegetal se observan unos materiales de color marrón claro con una relación matriz/clastos 80/20, de textura areno limosa, seco; los clastos son de hasta 0.1 m de longitud, varían de subredondeados a subangulosos, y presentan colores variables entre gris, marrón oscuro y negro. En este material se observa mayor heterogeneidad por lo que se considera que corresponde a un depósito antrópico. Es importante resaltar que, en las zanjas sin cobertura vegetal, el material presenta algunas grietas de aproximadamente 0.02 m de abertura y 0.4 m de extensión a lo largo de las paredes de dichas zanjas, tal como se puede ver en la Figura 1.20, lo cual favorece la filtración de agua al interior del suelo.



Figura 1.19. Zanjas en terreno natural con cobertura vegetal



Figura 1.20. Zanjas en terreno natural sin cobertura vegetal

Tal como se indicará de forma detallada en el Numeral 1.3.2, los predios presentan zonas de incisión asociadas a las descargas de las obras hidráulicas provenientes de la vía. Dichos canales generados por el flujo de agua pueden tener alturas de hasta 2 m aproximadamente, las paredes se observan desprovistas de vegetación y los materiales encontrados corresponden a materiales heterogéneos, con una relación matriz/clastos 50/50, la matriz es de textura areno limosa, seca, de color marrón claro; los clastos son de hasta 0.05 m de longitud, varían de subredondeados a subangulosos, y presentan colores variables entre gris, marrón oscuro y negro. En este material se observa mayor heterogeneidad por lo que se considera que corresponde a un depósito antrópico. En la Figura 1.21 se presentan los materiales encontrados en las zonas de incisión generadas por las descargas.



Figura 1.21. Materiales de las zonas de incisión generadas por las descargas

Es importante resaltar que en la zona se observaron algunas expresiones de movimientos principalmente de tipo superficial, los cuales se asocian a la presencia de depósitos antrópicos a lo largo del sitio de estudio, que corresponden a materiales de baja resistencia que al saturarse producto de los flujos de agua que discurren de manera no controlada por el lote generan el desplazamiento paulatino del material superficial, y en los casos donde no existe cobertura, incluso se observa que este es susceptible a sufrir procesos erosivos.

En la Figura 1.29 se puede ver que algunos postes y arboles encontrados a lo largo de los predios de la Mina La Gualí están inclinados, adicionalmente se encontró una estructura conformada por ladrillos y que aparentemente pudo ser un tanque de almacenamiento, que está desplazada a lo largo de la ladera. En la Figura 1.23 se pueden observar procesos erosivos asociados a las descargas inadecuadas de las obras hidráulicas que descargan hacia los predios de la Mina La Gualí, dichos

procesos son generados por el flujo de agua no controlado a lo largo de materiales que por sus características geotécnicas son susceptibles a erosionarse.

En la Figura 1.24 se observa una edificación antigua que presenta grietas en las paredes y que EPM indica que fue necesario desocupar producto de los movimientos presentados en la zona. En la parte trasera de esta casa se encontró un muro de contención contra la ladera que esta en adecuadas condiciones y que no presenta patologías evidentes. Sin embargo se resalta que a un costado de esta misma estructura, se observa que una parte del muro de contención si presenta un desplazamiento entre módulos, lo anterior se asocia al movimiento generado por el empuje hidrostático de los flujos de agua no controlados que discurren por la ladera en épocas de lluvia y que son abundantes tal como se evidencia en la imagen suministrada por EPM y que se presenta en la Figura 1.25.

En la Figura 1.26 se puede observar la parte baja de los predios de la Mina La Gualí, se evidencia nuevamente que la zona se caracteriza por presentar una forma irregular posiblemente asociada a las actividades antrópicas y se observan procesos de reptación en la ladera, adicionalmente se ven zonas de vaguada que favorecen la concentración de flujos de agua y además, existen zonas de empozamiento en la vía producto del agua que viaja a través de la ladera.

Finalmente, en la parte baja fue posible ver un talud de menor altura carente de cobertura vegetal, tal como lo muestra la Figura 1.27, en el que se tiene un material heterogeneo con una relación matriz/clastos 70/30, la matriz es de textura areno limosa, seca, de color marrón oscuro; los clastos son de hasta 0.1 m de longitud, varían de subredondeados a subangulosos, y presentan colores variables entre gris, marrón y negro. En este material se tiene mayor heterogeneidad por lo que se considera que corresponde a un depósito antrópico.



Figura 1.22. Evidencia de movimientos (Postes, estructuras y arboles)



Figura 1.23. Erosión en zonas de descarga de obras hidráulicas



Figura 1.24. Estructuras dispuestas en la zona



Figura 1.25. Afectación en estructuras producto de los flujos de agua EPM ESP. (2024). Fotos Gualí. Medellín



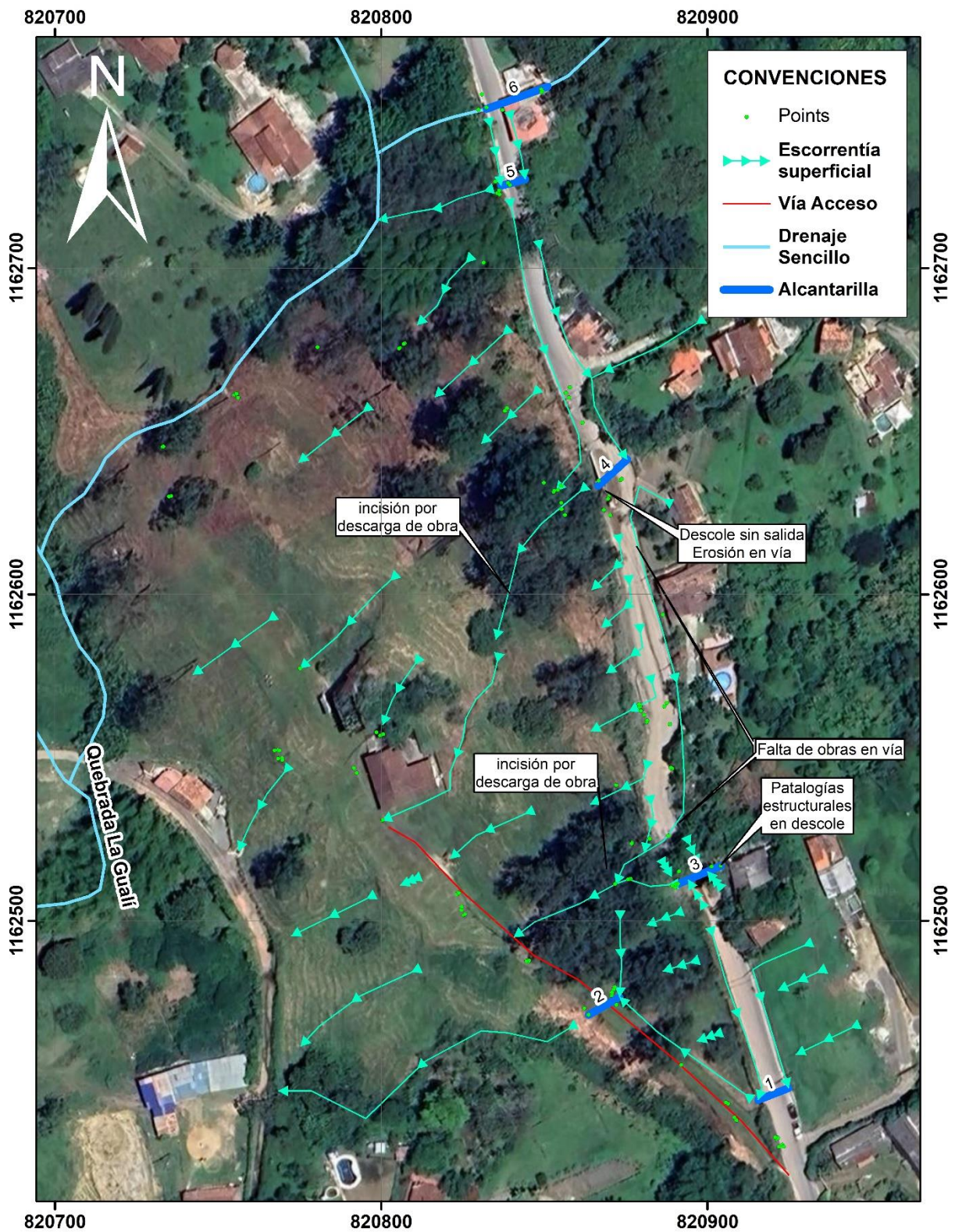
Figura 1.26. Parte baja predios Mina La Gualí



Figura 1.27. Materiales parte baja predios Mina La Gualí

1.3.2 Aspectos Hidráulicos

Durante la inspección del sitio, se confirmaron las condiciones descritas anteriormente. Desde una perspectiva hidrológica e hidráulica, el área recibe agua directamente durante eventos de precipitación, así como de las descargas de varias obras de la vía ubicadas en la parte superior del terreno. En general, el sitio de estudio recibe el flujo de diferentes alcantarillas pertenecientes a la vía que comunica los municipios de Amagá y Angelópolis, las cuales se caracterizan por ser estructuras circulares de concreto con un diámetro de 0.90 metros ($\varnothing=36"$). Estas estructuras han sido designadas para este caso particular según se ilustra en la Figura 1.28. El drenaje superficial antes de alcanzar el terreno está principalmente controlado por la vía superior, la cual presenta problemas estructurales y zonas de inestabilidad.



La descarga de la alcantarilla 1 se vierte sobre un área con cobertura vegetal escasa, y luego es canalizada por una serie de cunetas excavadas en el terreno que dirigen el agua hacia el noreste, a lo largo del acceso vial al predio, hasta empalmar con la alcantarilla 2, como se muestra en la Figura 1.29. Estas obras fueron realizadas por EPM con el objetivo de evitar daños sobre la vía de acceso.



Figura 1.29. Condición de descarga alcantarilla 1 y cunetas a borde la vía de acceso

La alcantarilla 2 fue implementada por EPM en el terreno para controlar el flujo proveniente del talud superior y de las cunetas remodeladas en el suelo que recogen el agua de la alcantarilla 1 de la vía, tal como se observa en la Figura 1.30.



Figura 1.30. Condiciones de la alcantarilla 2

Por otro lado, la alcantarilla 3 presenta fallas estructurales en el descole, lo que compromete sus condiciones en el manejo adecuado del agua en la descarga. Además, aguas abajo, en la zona del terreno en estudio, la alcantarilla vierte directamente sobre el suelo, aguas abajo de la descarga, se destaca un canal, el cual muestra expresiones de erosión por el arrastre de partículas, tal como se representa en la Figura 1.31.



Figura 1.31. Condiciones descarga de la alcantarilla 3

El tramo de la vía comprendido entre las alcantarillas 3 y 4 se destaca por presentar zonas de inestabilidad donde aún no se han concluido las obras viales necesarias para su finalización (Ver Figura 1.32). En esta zona, el agua se acumula sobre la vía y se dirige hacia el lote de estudio de manera dispersa, ocasionando zonas específicas de erosión y surcos en el terreno debido a la acumulación progresiva de agua en puntos de drenaje localizados. Además, se observa un flujo constante de agua residual proveniente de las viviendas adyacentes a la vía, lo cual contribuye a la saturación del suelo en el área de estudio.

Es importante destacar que, para el lote en cuestión, la zona comprendida entre el tramo de la alcantarilla 1 y la alcantarilla 4 ha experimentado condiciones de descarga de las obras que ha contribuido a la saturación del suelo, lo cual podría haber desencadenado los procesos de deslizamiento identificados en la zona.



Figura 1.32. Tramo entre Alcantarilla 3 y 4

1.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El tramo de vía analizado posee condiciones generales adecuadas en las zonas donde se construyó pavimento flexible, la zona donde se evidencia mayor afectación corresponde a la que no se encuentra pavimentada. En el tramo de vía que esta en afirmado, no se cuenta con un sistema de drenaje superficial adecuado, se observan descargas inadecuadas, se presentan cambios en el alineamiento vertical y hundimientos que favorecen la acumulación de agua sobre la vía, se evidencian fenómenos erosivos, desgarres y procesos de inestabilidad, y se observa una obra hidráulica y una estructura de cierre de un muro de contención colapsadas. Es importante resaltar que las situaciones descritas anteriormente, pueden estar asociadas al inadecuado manejo del agua lluvia y del agua negra a lo largo de la zona, a la falta de cobertura de los materiales, y a que es posible que las características de los materiales que conforman la zona no sean ideales y que al saturarse detonen procesos morfodinámicos; lo anterior en conjunto con la sobrecarga asociada al tránsito de vehículos.

Es importante aclarar que si bien la estructura de contención que existente se observa en adecuadas condiciones, de no hacer una pronta intervención es posible que se presenten problemas de estabilidad futuros en dicha obra, y más cuando parece que la fundación es de tipo superficial. Adicionalmente, por lo que se observa en campo la zona en general podría tener un flujo abundante de agua en épocas de precipitación y por lo tanto se esperaría que el sistema de drenaje de la estructura de contención contemplara no solo un filtro al espaldar sino también lloraderos, elementos que no se identificaron en campo.

La ladera del costado este de la vía presenta pendientes entre moderadas y altas, se evidencian geoformas onduladas y se observan varias zonas de vaguada por donde circula el agua de escorrentía superficial que finalmente descarga sobre el predio de la Mina La Gualí. La ladera del costado oeste que corresponde a los predios de la Mina La Gualí, posee una geoforma ondulada, predominan las pendientes entre bajas y moderadas, se observa cobertura vegetal en la mayor parte del predio y se evidencia una intervención antrópica importante toda vez que se presentan formas irregulares a lo largo del lote dando la impresión de que existieran montículos de materiales dispuestos indistintamente sobre el mismo, adicionalmente se observan zonas conformadas por taludes y bermas, aclarando que estos se encuentran cubiertos con vegetación. Es importante resaltar que a lo largo del lote se encontraron zonas planas que pueden ser susceptibles a acumulación de agua en épocas de lluvia y que al no contar con obras de drenaje superficial adecuadas podrían favorecer la filtración de agua.

A lo largo del predio de la Mina La Gualí se encontraron zanjas y zonas de descarga de las obras hidráulicas afectadas por procesos erosivos, en estos sectores fue posible observar el material dispuesto superficialmente en el lote, el cual, en términos generales, corresponde a un material heterogéneo, el cual se considera que podría corresponder a un depósito antrópico, posiblemente asociado a la actividad minera desarrollada en el área y a las construcciones aledañas que se observan en cercanías al lote.

Es importante resaltar que en la zona se observaron algunas expresiones de movimientos principalmente de tipo superficial, los cuales se asocian a la presencia de depósitos antrópicos a lo largo del sitio de estudio, que corresponden a materiales de baja resistencia que al saturarse, producto de los flujos de agua que discurren de manera no controlada por el lote, generan el desplazamiento paulatino del material superficial, y en los casos donde no existe cobertura, incluso se observa que este es susceptible a sufrir procesos erosivos. Las hipótesis planteadas anteriormente encuentran respaldo en las evidencias de campo correspondientes a la inclinación de árboles y postes de energía, se observa una estructura pequeña en ladrillos que se ha desplazado a lo largo de la ladera, y se evidencia que la estructura de cierre del muro de contención y el descole de una obra hidráulica colapsaron. Además, EPM indica que producto de los movimientos del terreno fue necesario desalojar una estructura localizada en medio del predio debido al agrietamiento de la misma y que se dio la obstrucción parcial de la vía de acceso al interior del predio debido a desplazamientos del terreno que alcanzaron la calzada.

Durante eventos de precipitación, el drenaje superficial prioriza la dirección noreste a suroeste dada la geomorfología del sitio. Se destaca que las estructuras hidráulicas de la vía descargan sobre el terreno en estudio, careciendo de una infraestructura adecuada para canalizar el agua hacia un punto de descarga apropiado. Esta carencia ocasiona una concentración puntual de caudal, que, combinada con las características del terreno, promueve la erosión y la formación de surcos y canales que pueden evolucionar hacia cárcavas, generando problemas de inestabilidad en la zona.

Si bien las condiciones mencionadas se enfocan en la zona sur del lote, próxima a la vía de acceso del lote, es posible que se presenten condiciones desfavorables similares en la zona norte del terreno por la descarga directa de las obras de drenaje sobre el terreno del lote recorrido.

A pesar de que las estructuras hidráulicas de la vía suelen ser concebidas con la finalidad de gestionar eficazmente el flujo superficial del agua, es imperativo reconocer que algunas de estas estructuras pueden exhibir deficiencias en su diseño, ya sea en términos de ubicación inadecuada o por presentar fallos estructurales debido a la falta de estabilidad en la vía. Para conocer la pertinencia de dichas obras sería necesario realizar un estudio hidrológico e hidráulico detallado.

Se recomienda la ejecución de obras hidráulicas que intercepten el escurrimiento proveniente de las estructuras de cruce existentes en la vía, con el fin de dirigir estas aguas hacia puntos de descarga adecuados durante eventos de precipitación. Estas obras no solo ayudarán a controlar el transporte de sedimentos, sino que también reducirán los riesgos de socavación e inestabilidad en las áreas afectadas.

Las hipótesis planteadas anteriormente parten de las evidencias observadas en campo, sin embargo, para corroborar dichas hipótesis se recomienda realizar un estudio interdisciplinario detallado que incluya las áreas de geología, geotecnia, estructuras, hidrología e hidráulica. Lo anterior también sería necesario en caso de que se requiera definir las obras de estabilización y las obras hidráulicas requeridas para mejorar las condiciones en el sitio de estudio.

Mientras se realizan dichos estudios detallados se podría considerar realizar un monitoreo geotécnico de la zona mediante instrumentación a partir de puntos de control topográfico que permitan conocer la magnitud y dirección de los movimientos que se están generando en el predio de la Mina La Gualí; además de dichos puntos de control dispuestos en varias secciones, también sería necesaria la instalación de uno o dos inclinómetros que permitan determinar la profundidad de la superficie de falla del proceso detectado de tal forma que se puedan recomendar obras que puedan controlar efectivamente la problemática del sector.