

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA REALIZAR LA CONTRATACIÓN DE LA “EXPLORACIÓN
GEOTÉCNICA INDIRECTA MEDIANTE ENSAYOS DE REFRACCIÓN SISMICA, TOMOGRAFÍAS
ELÉCTRICAS Y PRUEBAS DOWN-HOLE, EN LOS MUNICIPIOS DE LA SIERRA, ROSAS Y SOTARÁ –
CAUCA Y YUMBO Y JAMUNDI – VALLE DEL CAUCA**

Bogotá D.C., junio de 2020

1. ESTUDIO TÉCNICO

El Servicio Geológico Colombiano (SGC) a través del Proceso INVESTIGACIÓN, EVALUACIÓN Y MONITOREO DE AMENAZAS GEOLÓGICAS, desarrolla proyectos para generar conocimiento geocientífico, mediante la investigación, evaluación y monitoreo de los procesos que originan amenazas de origen geológico, con el fin de apoyar el ordenamiento del territorio, la gestión del riesgo, los planes de desarrollo de infraestructura y por lo tanto el desarrollo del país. Entre dichos proyectos se encuentra la zonificación de amenaza por movimientos en masa a diferentes escalas y en particular las definidas en el Decreto 1077/2015.

Por otra parte, la Ley 1523 de 2012 determina que las zonificaciones de amenazas por movimientos en masa se constituyen en un insumo para la gestión del riesgo de desastres; con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida y al desarrollo sostenible.

Por lo anterior, el SGC y el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (MVCyT) firmaron un convenio, con el fin de elaborar estudios técnicos para la incorporación de la gestión del riesgo en el proceso de revisión y/o implementación de los planes de ordenamiento de territorial, así como fortalecer técnicamente a las entidades territoriales priorizadas en dicha materia. Dentro de los estudios técnicos, se encuentran los estudios básicos en suelo urbano de expansión urbana y centros poblados, en las áreas definidas en el convenio 802 de 2019 (MVCT-UNAL-SGC), para los municipios de La Sierra, Rosas y Sotará, departamento de Cauca y Yumbo y Jamundi departamento del Valle del cauca.

Por lo anterior, se pretende obtener las propiedades dinámicas representativas de los materiales, como trabajo complementario a la exploración directa, por lo que se requiere realizar 47 líneas sísmicas de 120 m cada una, obteniendo tomografías sísmicas en los perfiles predeterminados; 16 tomografías eléctricas en longitudes de 100 metros cada una, con sensores espaciados cada 5 metros, en perfiles predeterminados, sobre los cuales se obtendrá para los materiales presentes cambios de resistividad. Es importante mencionar que se requiere realizar Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), como puntos de control a lo largo de las tomografías eléctricas y finalmente, ensayos sísmicos tipo "Down-Hole", en 17 perforaciones, realizadas previamente en sitios estratégicos.

Con esta información y otros tipos de exploración se pretende configurar un modelo geológico-geotécnico, que además permitirá realizar el análisis de estabilidad de las laderas en las zonas de estudio y la zonificación de amenazas por movimientos en masa en la zona urbana y de expansión urbana de cada uno de los municipios.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Prestar servicios para realizar la exploración geotécnica indirecta mediante ensayos de refracción sísmica, tomografías eléctricas y pruebas Down-Hole, en los municipios de Rosas, La Sierra y Sotara – Cauca y Yumbo y Jamundi – Valle del Cauca.

2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar exploración geotécnica indirecta mediante el método de refracción sísmica para obtener tomografías sísmicas en 47 sitios ubicados en el área urbana y de expansión urbana y parte de la zona rural de los municipios de La Sierra, Rosas y Sotará, departamento de Cauca y Yumbo y Jamundi, departamento de Valle del Cauca, para un total de 5620 metros lineales
- Realizar exploración mediante tomografías eléctricas en 16 sitios definidos por el SGC, con una longitud de 100 metros cada una, para un total de 1600 metros lineales.
- Realizar 3 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), en cada una de las tomografías eléctricas para control y calibración del modelo, para un total de 48 SEV.
- Realizar pruebas tipo Down-Hole en 17 sitios de perforación.
- Calcular las velocidades compresionales (V_p) y de corte (V_s), para las ondas de cuerpo, de los diferentes estratos que componen el subsuelo de la zona de estudio y con base en estas velocidades, presentar un modelo que muestre las diferentes capas del subsuelo, la forma del contacto entre ellas y sus espesores.
- Elaborar secciones litoestratigráficas del subsuelo correlacionando las resistividades eléctricas con los probables materiales a encontrar
- Determinar las profundidades de la roca, zonas de fallas y discontinuidades laterales.
- Calcular los módulos elásticos del subsuelo conocidos como módulo de Young (E), módulo de corte máximo (G), módulo de deformación volumétrica (K) y relación de poisson, a partir de V_p y V_s .
- Mostar discontinuidades geofísicas correlacionables con fallas geológicas, pliegues y en general discontinuidades de cualquier tipo en el subsuelo.

3. GENERALIDADES

3.1 Área de estudio

El área de estudio está conformada por cinco (5) polígonos, localizados el primero en el municipio de La Sierra (Cauca), el segundo en el municipio de Rosas (cauca), el tercero en el municipio de Sotará (Cauca), el cuarto en el municipio de Yumbo (valle del Cauca) y quinto en el municipio de Jamundí (Valle del cauca), comprendiendo cada uno de ellos el área urbana, de expansión urbana y parte de la zona rural del respectivo municipio, figuras 1 a 5

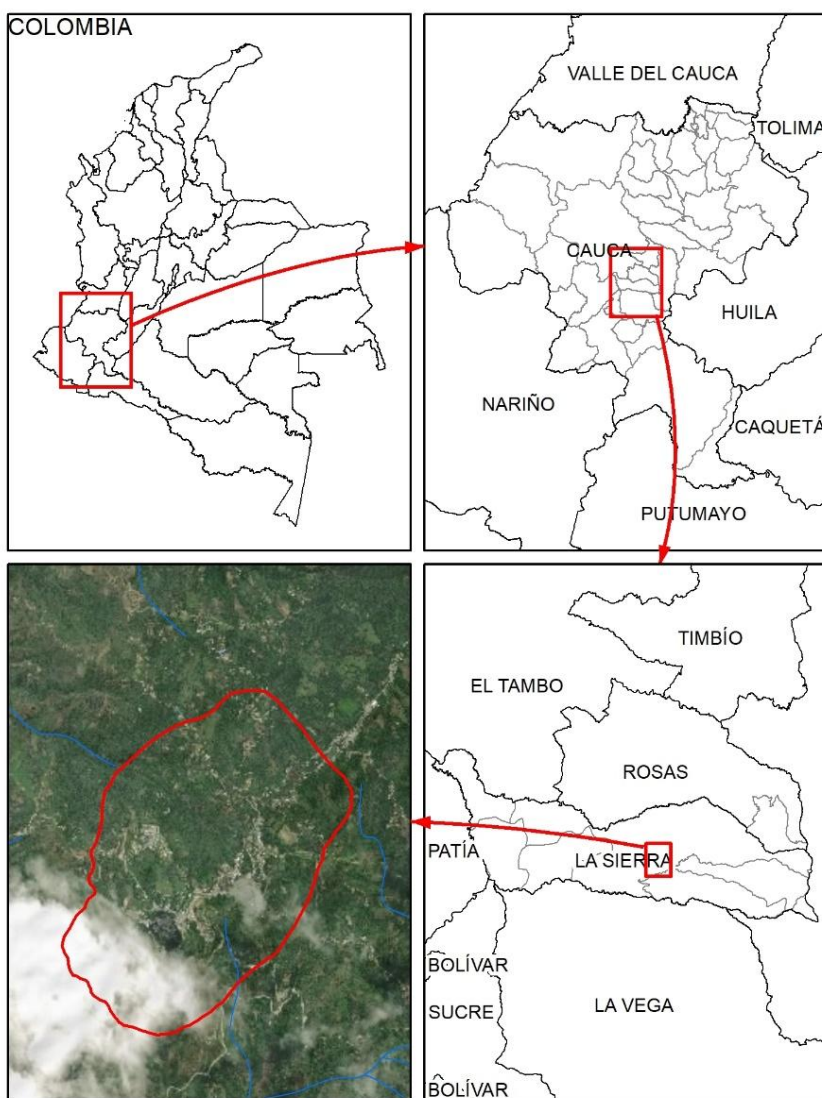


Figura 1. Localización área de estudio-municipio La Sierra, departamento del Cauca

Fuente: Autores

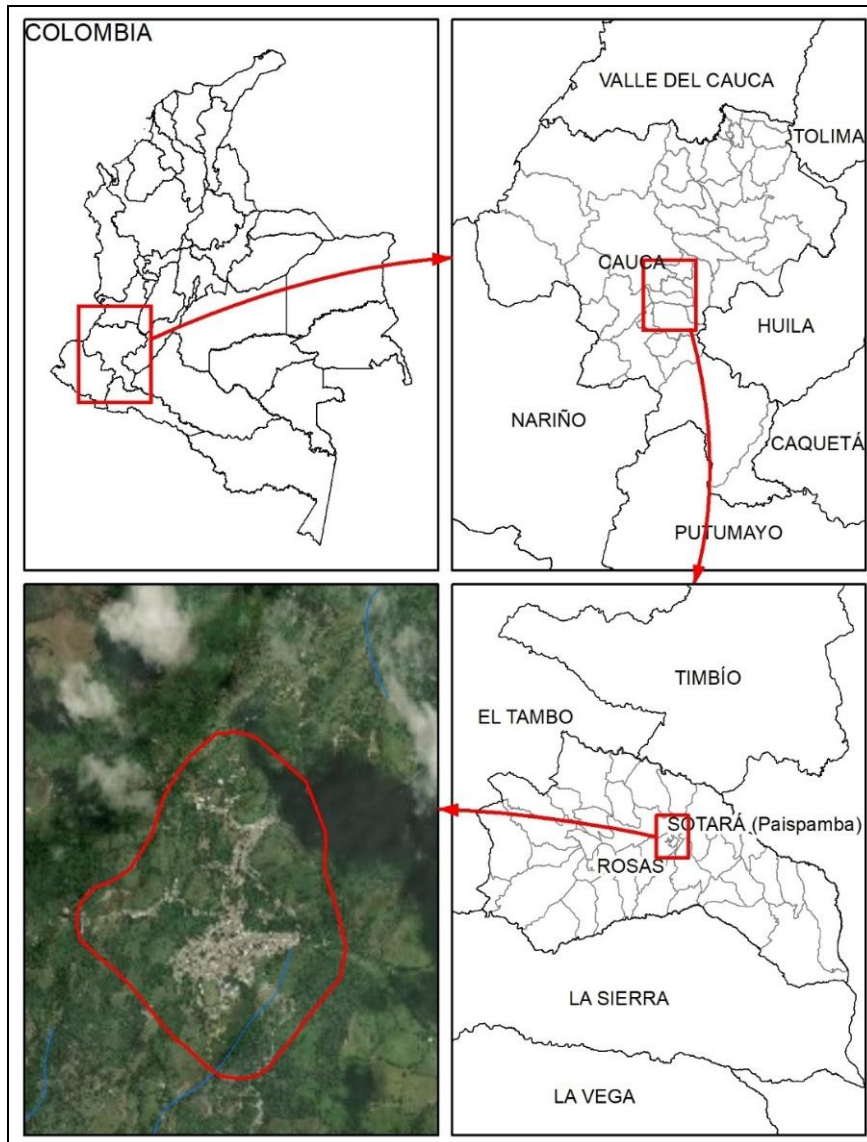


Figura 2. Localización área de estudio-municipio de Rosas, departamento del Cauca
Fuente; Autores

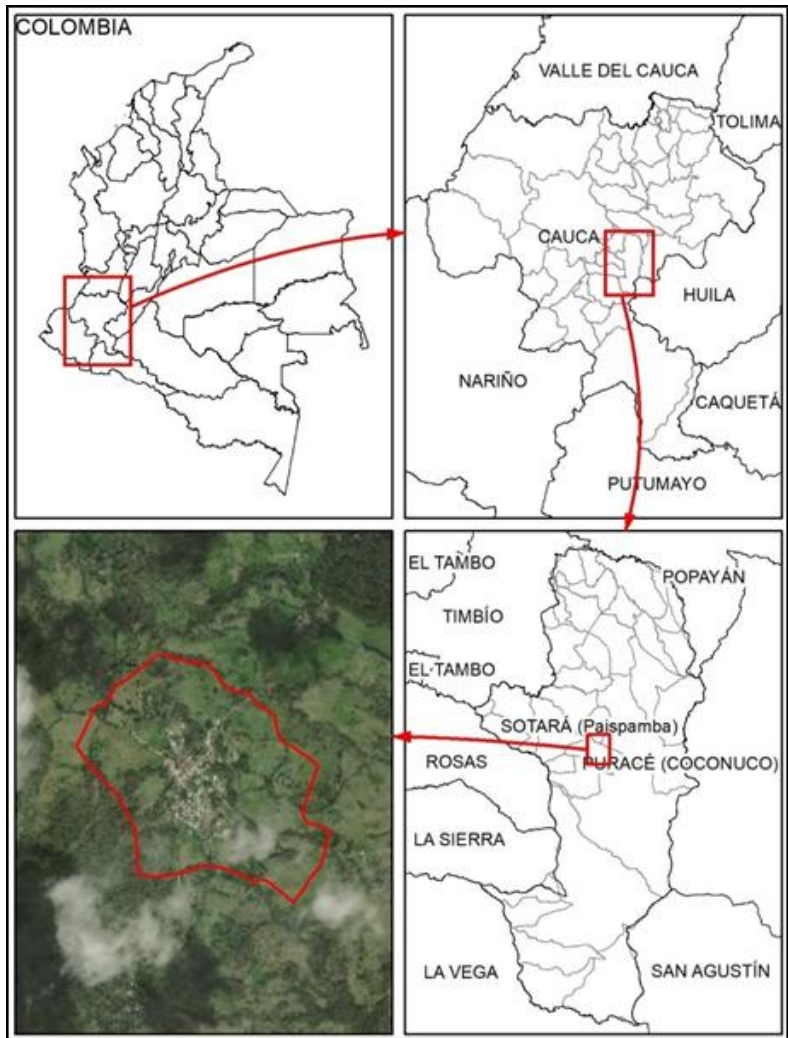


Figura 3. Localización área de estudio-municipio de Sotara, departamento del Cauca
Fuente: Autores

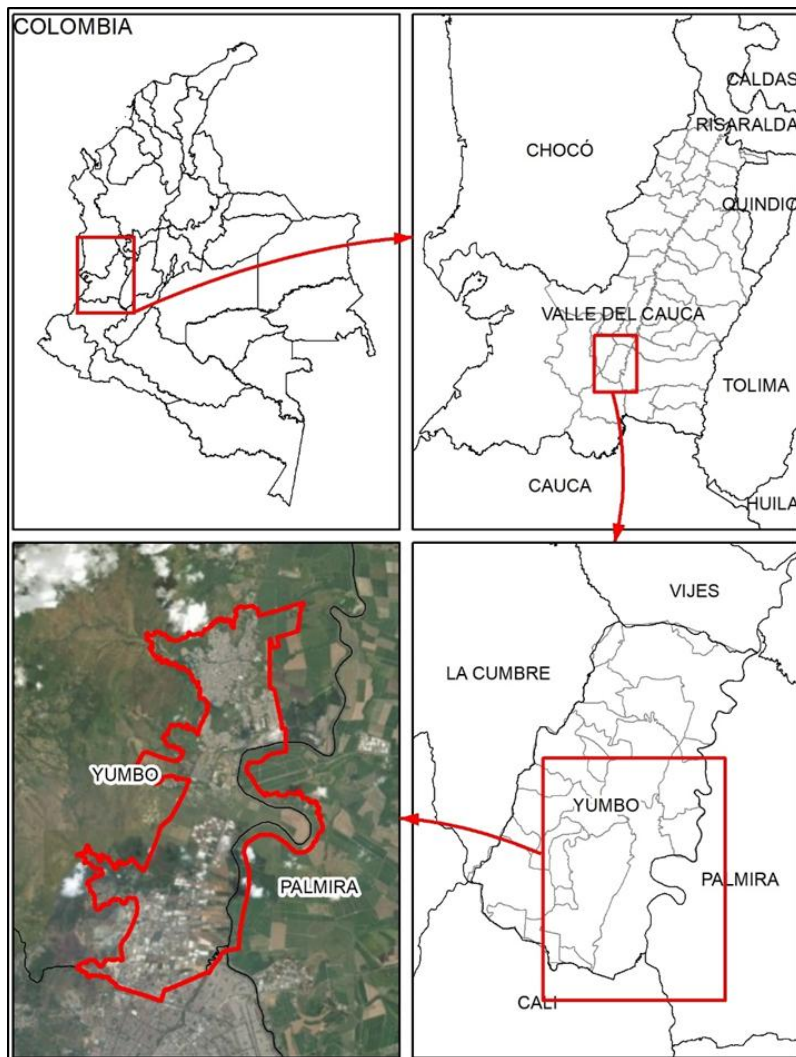


Figura 4. Localización área de estudio municipio Yumbo departamento Valle del Cauca
Fuente: autores

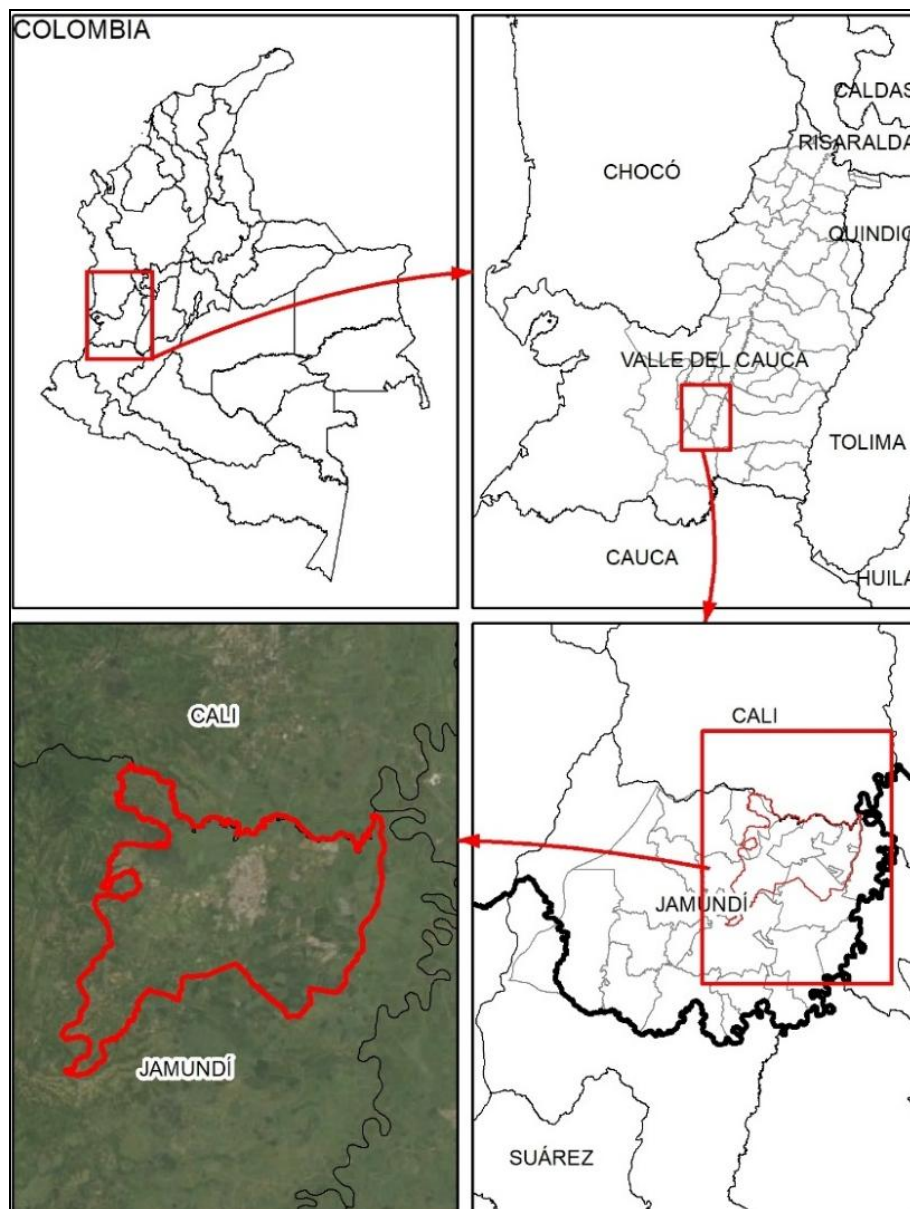


Figura 5. Localización área de estudio municipio Jamundí departamento Valle del Cauca
Fuente: autores

3.2 Características geológicas

3.2.1 Municipio de la Sierra-Cauca

Regionalmente la geología del municipio de la Sierra en su sector oriental forma parte del flanco occidental de la Cordillera Central, mientras la parte occidental del municipio se localiza dentro de la Cuenca Cauca – Patía, con una gran diversidad de unidades litoestratigráficas y estructuras geológicas, conformando dos bloques geotectónicos con respecto a la falla Cauca-Almaguer; bloque occidental y bloque oriental donde se localiza el polígono definido (figura 6). Así mismo, rasgos geomorfológicos como la presencia de morrenas cerca de los focos volcánicos, son evidencia de glaciaciones, con eventos lagunares, fluviales y fenómenos de soliflucción que acompañados de neotectónica y reactivación de fallas, favorecieron un gran proceso denudativo de la Cordillera Central en el Cuaternario (Orrego & Marín, 1980).

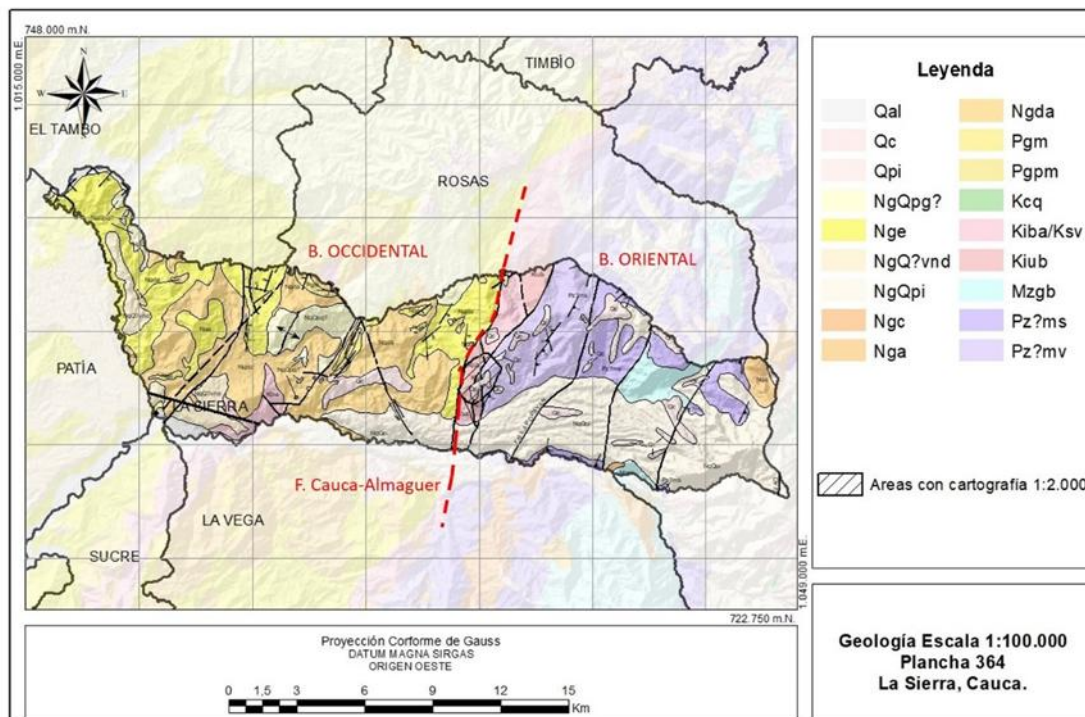


Figura 6. Geología del municipio de la Sierra - Cauca

Fuente: Tomado de Orrego, A. et. Al. 1998.

El bloque oriental, del municipio está limitado por la Falla Cauca-Almaguer al occidente y la Falla Silvia – Pijao al oriente, además al interior de este bloque se encuentran las fallas Popayán, El Crucero y Las Estrellas, todas éstas con orientación regional al noreste y la mayoría con desplazamiento inverso y componente de rumbo.

Específicamente el polígono definido se encuentra localizado dentro de esta complejidad tectónica, concretamente en la zona de interacción de las fallas Cauca Almaguer y la Falla Rosas

Julumito, lo cual está definiendo la calidad de los materiales presentes en dicho polígono, encontrándose altamente fracturados y con gran desarrollo de procesos de meteorización y erosión. La parte occidental, centro, sur y norte del polígono se encuentra localizada sobre rocas del complejo de Rocas Ultramáficas y Máficas (Kiub), del Cretáceo inferior, constituido por un conjunto ofiolítico con serpentinas, gabros, diabasas, tobas, brechas y lavas picríticas; hacia el NE de éstas, en contacto fallado podrían encontrarse rocas del Complejo Barroso Anaimé (Kiba) constituido por limolitas, chert gris y rojizo, grawacas, basaltos almohadillados tobas básicas y diabasas; hacia el extremo E del polígono se encuentran rocas del complejo Arquía (Pz?ms), constituido por esquistos cuarzomícticos, carbonáceos y cuarcitas y en la parte central del polígono estas rocas se encuentran cubiertas por depósitos volcanoclásticos posiblemente mantos de cenizas volcánicas muy recientes (Qc), recubriendo depósitos de ignimbritas y flujos piroclásticos de la Formación Galeón, (INGEOMINAS, 1998).

El casco urbano del municipio de La Sierra se localiza sobre depósitos volcanoclásticos de caída piroclástica, que están cubriendo en forma discordante rocas ígneas del tipo serpentinas, gabros, diabasas, tobas, brechas y lavas picríticas, rocas metamórficas tipo esquistos verdes del Complejo Arquía, rocas máficas y ultramáficas; rocas de tipo sedimentario e ígneo, como limolitas, chert gris y rojizo, grawacas, basaltos almohadillados tobas básicas y diabasas y rocas metamórficas como esquistos.

Recubriendo estas rocas se encuentran depósitos de cenizas volcánicas y muy posiblemente subyaciendo, depósitos de ignimbritas y flujos de la Formación Galeón conformados por una mezcla de fragmentos de roca angulares y redondeados, con superficies de discontinuidad de condiciones pobres, es decir, superficies rugosas, pulidas, altamente alteradas, con rellenos compactos que le permite mantenerse relativamente estable. Los clastos de estos depósitos en su mayoría se encuentran soldados y cuenta con superficies de discontinuidad relativamente persistente, compuesta principalmente de pórfidos dacíticos, andesíticos y pómez, esporádicamente esquistos y rocas ígneas de composición básica, con tamaños que varían entre gravas gruesas hasta cantos de 0,5 m; y en menor proporción bloques de 1,2 m en matriz compacta porfírica con tamaño de grano arena gruesa a grava fina, soldados en su mayor parte. Composicionalmente presenta cuarzo, plagioclasa, pómez y minerales máficos como anfíbol, biotita y esporádicamente piroxeno. Estos depósitos son relativamente delgados, debido a que han sido erodados en su mayoría, quedando solamente relictos de los mismos, sin embargo pueden generar suelos residuales de algunos metros de espesor, especialmente en las zonas deprimidas. Estos depósitos desarrollan suelos residuales con espesores que pueden alcanzar hasta los 4 m.

Las rocas se encuentran fuertemente fracturadas, brechadas y afectadas en su calidad por efectos de la dinámica que implica el cruce de las fallas Cauca Almaguer y la Falla Rosas Julumito, por lo cual se espera encontrar tanto rocas ígneas y metamórficas muy meteorizadas, conformando bloques de varios tamaños que, al contacto con la superficie, se han ido erodando, suavizando el paisaje. Es importante tener en cuenta que el área urbana se encuentra bajo la influencia de las fallas mencionadas, lo que históricamente ha favorecido el

desarrollo de procesos de inestabilidad, generándose movimientos de diferente tipo que han afectado la infraestructura urbana, específicamente la vía que comunica con el municipio de Rosas y las viviendas en diferente intensidad y lugares.

En estas condiciones los materiales que se espera encontrar bajo el casco urbano, son suelos residuales de depósitos piroclásticos, depósitos piroclásticos y rocas ígneas y metamórficas muy fracturadas.

3.2.2 Municipio de Rosas- Cauca

Regionalmente la geología del municipio de Rosas – Cauca, forma parte del flanco occidental de la Cordillera Central, conformado por secuencias Mesozoicas con metamorfismo tipo bórico que están en contacto tectónico contra conjuntos metasedimentarios del Paleozoico que son correlacionables con el Complejo Cajamarca. También se encuentran rocas intrusivas de composición intermedia a ácida del Cretáceo Temprano y del Mioceno. Así mismo, una cadena de volcanes del Neógeno-Cuaternario, asociados con fallas regionales N-S, que ocupan las partes más altas de esta Cordillera. Estos volcanes con su actividad efusiva lávica y piroclástica han modelado el paisaje en los periodos geológicos más recientes. Así mismo, rasgos geomorfológicos como la presencia de morrenas cerca de los focos volcánicos, son evidencia de glaciaciones, con eventos lagunares, fluviales y fenómenos de solifluxión que acompañados de neotectónica y reactivación de fallas, favorecieron un gran proceso denudativo de la Cordillera Central en el Cuaternario (Orrego & Marín, 1980).

Geológicamente el polígono definido para la zonificación detallada que incluye el casco urbano de Rosas, sus zonas de expansión y las áreas periurbanas con presencia de desarrollos, se localiza sobre rocas terciarias de la Formación Esmita (Nge), conforma por un miembro limolítico (limolitas fosilíferas), un miembro arenoso (areniscas arcillosas de color gris verdoso) y un miembro conglomerático (con cantos de chert, basaltos, sedimentitas, rocas ígneas porfíricas y rocas volcánicas andesíticas). Hacia el NW del polígono, las laderas orientales del Cerro Broncaso están constituidas por depósitos de flujos piroclásticos de la Formación Galeón; hacia el costado oriental del polígono se encuentran rocas del Complejo Barroso Anaime (Kiba), constituido por limolitas, chert gris y rojizo, grawacas, basaltos almohadillados tobas básicas y diabasas (INGEOMINAS, 1998) (figura 7).

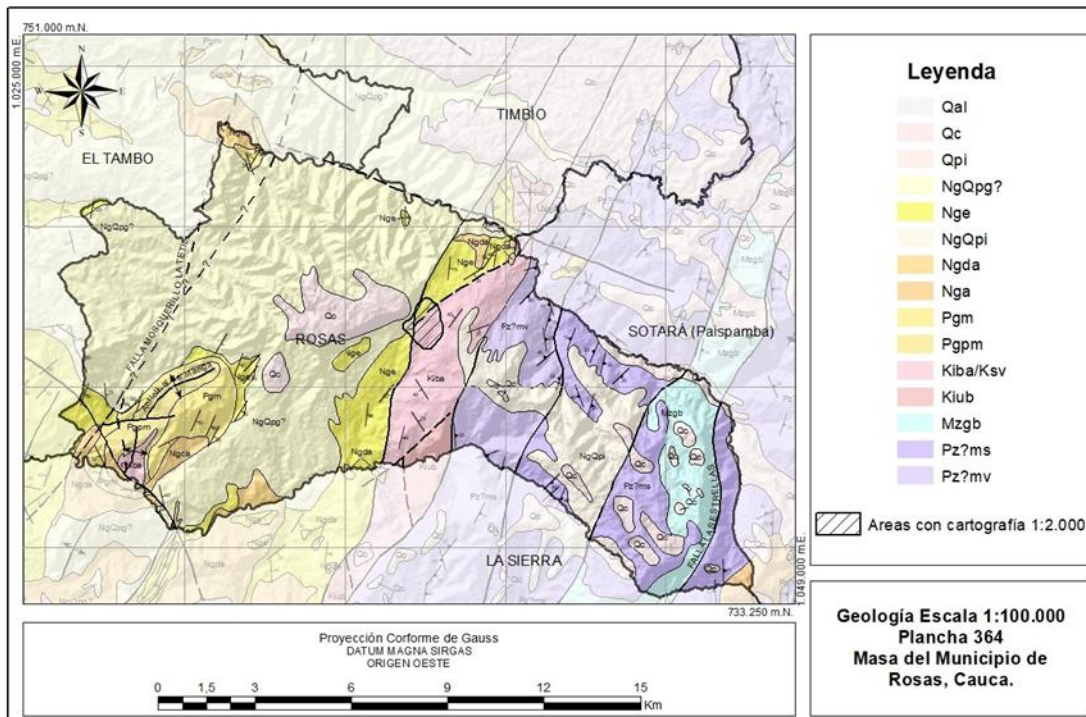


Figura 7. Geología del municipio de Rosas - Cauca

Fuente: Tomado de Orrego, A. el. Al. 1998

Específicamente la parte central, NE y SE del polígono definido, está constituido por intercalaciones de limolitas y areniscas muy fracturadas que en superficie se observan muy meteorizadas. Se presenta como una franja relativamente alargada dispuestas con orientación al N-NE (figura 6). Su calidad además de su composición, están afectadas por la actividad de la Falla Rosas-Julumito, la cual la pone en contacto con rocas del Complejo Barroso-Anaime. Está compuesta por una secuencia de areniscas lodosas silíceas, de grano fino a medio, de color gris verdoso en capas gruesas (0,3–1 m) a muy gruesas (>1 m) con intercalaciones de capas medias (0,1–0,3 m) de limolitas pardo-rojizas a violáceas, ligeramente micáceas con moderada fisilidad. Presenta textura clástica consolidada y en algunos casos con desarrollo local de saprolito grueso con espesor entre 0,5 -1 m (SGC, en prensa).

La parte occidental del polígono, se localiza sobre las laderas del Cerro Broncaso, está compuesta por ignimbritas y flujos piroclásticos, con estructura desintegrada, alto fracturamiento, pobre entramamiento, con mezcla de fragmentos de roca angulares y redondeados, con superficies de discontinuidad de condiciones pobres, es decir, superficies rugosas, pulidas, altamente alteradas, con rellenos compactos que le permite mantenerse relativamente estable. Corresponde a una variedad de flujo piroclástico cuyos fragmentos en su mayoría se encuentran soldados y cuenta con superficies de discontinuidad relativamente persistentes, comportándose como un macizo rocoso (SGC, en prensa). La unidad está

compuesta principalmente de clastos de pórfidos dacíticos, andesíticos y pómez, esporádicamente esquistos y rocas ígneas de composición básica, con tamaños que varían entre gravas gruesas hasta cantos de 0,5 m y en menor proporción bloques de 1,2 m en matriz compacta porfirítica con tamaño de grano arena gruesa a grava fina, soldados en su mayor parte. Composicionalmente presenta cuarzo, plagioclasa, pómez y minerales máficos como anfíbol, biotita y esporádicamente piroxeno. En la zona de influencia de las fallas Broncazo y Rosas-Julumito, esta unidad se encuentra muy fracturada y por tanto favorece la ocurrencia de caídas y otros movimientos en masa (SGC, en prensa). Debido a lo anterior es normal encontrar en estas laderas depósitos de coluvión, provenientes de estos materiales, como producto de antiguos movimientos en masa, cuya distancia de viaje puede alcanzar hasta unos 500 m de distancia al cerro, especialmente en sectores como el Céfiro y la vía que conduce a la vereda la Despensa.

Hacia la parte NE del polígono se encuentran rocas del Cretáceo Inferior, del Complejo Barroso-Anaime (Kiba), constituido por rocas ígneas volcánicas de composición básica, de color gris oscuro verdoso con manchas negras y de color verde amarillento, pudiendo corresponder a basaltos y diabasas, con contenido de piroxenos, anfíboles y plagioclasa, en algunos casos con textura porfirítica. Se encuentran débilmente meteorizadas, cuya matriz rocosa se encuentra fresca a ligeramente decolorada, como se observa en la vía a la vereda la Violeta. Estas rocas se presentan como una franja alargada en dirección N-NE junto al casco urbano de Rosas y hacia el costado oriental de la vía Panamericana. En general está conformada por una secuencia de rocas básicas que incluye basaltos, piroclastitas, diques de gabros y algunas capas de sedimentitas. Es normal encontrar en la ladera inferior de la vía Panamericana, al N del casco urbano, depósitos de coluvión con bloques de hasta 2 m, de diámetro en matriz limoarcillosa, que se interdigitan con secuencias de limolitas y arcillolitas.

Al E del casco urbano de Rosas también pueden encontrarse afloramientos de rocas básicas de composición dacítica asociadas a basaltos, del Complejo Anaime, siendo las lavas las que sobresalen conformando los cerros orientales del casco urbano. De igual forma sobre dichas laderas, se pueden observar depósitos de coluvión, como el que se observa en el lado oriental del cementerio, el cual se extiende hacia la ladera inferior de la vía que conduce al municipio de la Sierra.

Hacia el centro y sur del casco urbano del municipio, en general, se pueden encontrar suelos residuales de depósitos piroclásticos de la Formación Galeón y limolitas y arcillolitas de la Formación Esmita con nieles de saprolito de esta última. Hacia la zona de las piscinas, se observan suelos espesos de limolitas y arcillolitas, bastante afectados por la actividad de la falla de falla Rosas Julumito, lo cual ha facilitado los procesos de meteorización y erosión en esta zona.

3.2.3 Municipio de Sotará – Cauca

Regionalmente la geología del municipio de Sotará, forma parte del flanco occidental de la Cordillera Central, conformado por secuencias Mesozoicas con metamorfismo tipo barico que están en contacto tectónico con conjuntos metasedimentarios del Paleozoico que son correlacionables con el Complejo Cajamarca. También se encuentran rocas intrusivas de composición intermedia a ácida del Cretáceo Temprano y del Mioceno. Así mismo, una cadena de volcanes del Neógeno-Cuaternario, asociados con fallas regionales N-S, que ocupan las partes más altas de esta Cordillera. Estos volcanes con su actividad efusiva lavica y piroclástica han modelado el paisaje en los periodos geológicos más recientes. Así mismo, rasgos geomorfológicos como la presencia de morrenas cerca de los focos volcánicos, son evidencia de glaciaciones, con eventos lagunares, fluviales y fenómenos de soliflucion que acompañados de neotectónica y reactivación de fallas, favorecieron un gran proceso denudativo de la Cordillera Central en el Cuaternario (Orrego & Marín, 1980) (INGEOMINAS, 1998), (Figura 8).

De igual forma el territorio del municipio de Sotará presenta una gran complejidad estructural, con la presencia de fallas que siguen dos direcciones principales NE y NW. La zona está dominada por el sistema de Fallas de Romeral al cual pertenecen las fallas de San Jerónimo, Silvia-Pijao que atraviesa el casco urbano de Sotará, Las Estrellas, Crucero y Popayán. La dinámica de estas estructuras y su actividad tectónica han afectado intensamente las características de la mayoría de las rocas.

El polígono definido para Sotará (Paispamba), que incluye el casco urbano, su zona de expansión y áreas periurbanas, se localizan sobre rocas Paleozoicas pertenecientes al Complejo Arquía (Pz?ms y Pz?mga); rocas sedimentarias e ígneas del Cretáceo Inferior del Complejo Quebrada Grande (Kcq) y depósitos de cenizas volcánicas recientes (Qc) que cubren depósitos de ignimbritas, flujos piroclásticos y lahares de la Formación Galeón. La falla Silvia Pijao, divide este polígono en una zona occidental y una zona oriental (figura 8).

En la zona occidental el polígono se localiza sobre depósitos volcanoclásticos de cada piroclástica o cenizas volcánicas (Qc). En general, las cenizas se encuentran meteorizadas y están constituidas por óxidos, fragmentos de vidrio, de pumita y de tridimita. Están recubriendo muy posiblemente, depósitos de ignimbritas y flujos de la Formación Galeón, conformados por una mezcla de fragmentos de roca angulares y redondeados, con superficies de discontinuidad de condiciones pobres, es decir, superficies rugosas, pulidas, altamente alteradas, con rellenos compactos que le permite mantenerse relativamente estable. Los clastos de estos depósitos en su mayoría se encuentran soldados y cuenta con superficies de discontinuidad relativamente persistente, compuesta principalmente de pórfidos dacíticos, andesíticos y pómez, esporádicamente esquistos y rocas ígneas de composición básica, con tamaños que varían entre gravas gruesas hasta cantos de 0,5 m y en menor proporción bloques de 1,2 m en matriz compacta porfirítica con tamaño de grano arena gruesa a grava fina, soldados en su mayor parte. Composicionalmente presenta cuarzo, plagioclasa, pómez y

minerales máficos como anfíbol, biotita y esporádicamente piroxeno unidades de depósitos de ignimbritas y unidades de roca antiguas cretácicas y paleozoicas.

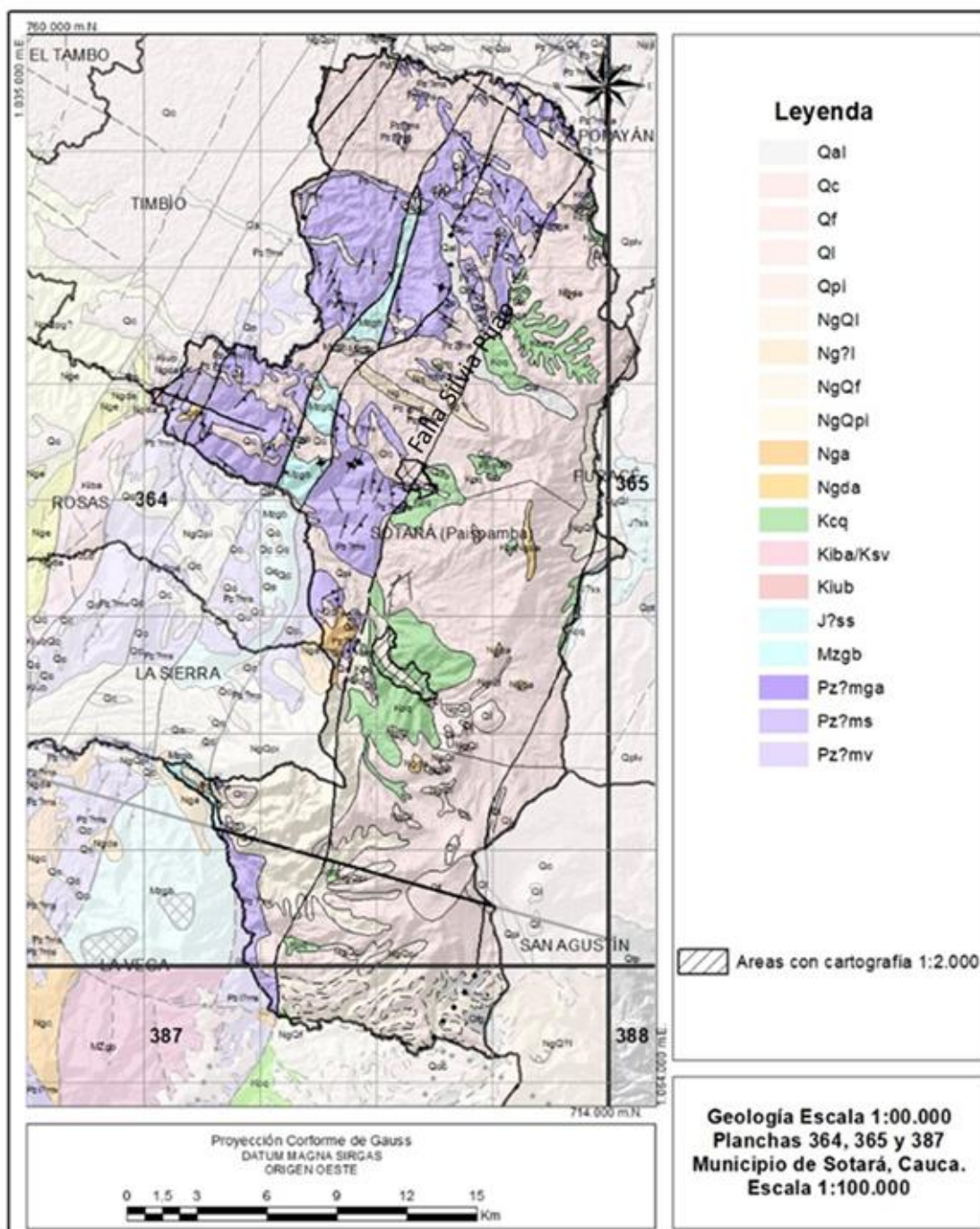


Figura 8. Geología del municipio de Sotará - Cauca

Fuente: Tomada de Orrego, A. et. Al. 1998; Orrego, Et. Al. 1996 e INGEOMINAS, 2003

Estos depósitos pueden tener espesores variables que pueden exceder los 12 m, especialmente en las zonas planas o deprimidas, con el desarrollo de suelos residuales espesos. De acuerdo al estudio de suelos para la construcción del Centro de Integración Ciudadana (CIC) en Paispamba, estos materiales son de textura limo-arcillosa de alta plasticidad y de consistencia blanda a media (CITEC, 2019).

Por debajo de estos depósitos hacia la parte sur se observan rocas metamórficas tipo esquistos verdes (metabasitas) y Metasedimentitas del Complejo Arquía (Pz?ms), compuestas por metabasitas que se pueden distinguir en campo por su coloración verde grisácea, son macizas y con buena foliación. También se pueden encontrar esquistos verdes y metasedimentitas como metapelitas, meta-areniscas y esquistos negros, metabrechas y meta-conglomerados. La textura, estructura y mineralogía de las metapelitas corresponde a esquistos cuarzo-sericíticos en capas concordantes con las metabasitas, con espesores que varían desde decímetros a varios metros. También es común encontrar cuarcitas delgadas y capas de cuarzo lenticulares asociados a capas de esquistos negros. Las metabasitas son rocas macizas con buena foliación que corresponden a metasedimentitas (Orrego y Acevedo, 1996).

En la zona oriental el polígono se localiza también sobre depósitos recientes vulcanoclásticos al igual que en la zona occidental, subyacidos por rocas sedimentarias del Cretaceo Inferior, conformadas por turbiditas e intercalaciones de flujos basálticos del Complejo Quebrada Grande (Kcq), constituido por un conjunto de rocas volcánicas, vulcanoclásticas y sedimentarias Cretácicas, de afinidad oceánica con evidencias de deformación (Acevedo y Alvarado, 1996) y algunos parches de rocas metamórficas tipo esquistos verdes (metabasitas) y Metasedimentitas del Complejo Arquía (Pz?ms).

Estas rocas se encuentran muy fracturadas por efecto de la actividad tectónica de la Falla Silvia Pijao, lo cual afecta en forma importante las características de dichas rocas, con el desarrollo de importantes procesos de meteorización y erosión, especialmente a través de los sistemas de fracturas y diaclasas.

De acuerdo con lo anterior, en el polígono definido se pueden encontrar suelos residuales de distinto espesor, tanto de depósitos piroclásticos como de rocas ígneas y metamórficas, depósitos vulcanoclásticos, rocas ígneas y metamórficas y coluviones de diferente espesor.

3.2.4 Municipio de Yumbo – Valle del Cauca

A partir de la información secundaria consultada del municipio de Yumbo a diferentes escalas, se relacionan las unidades litológicas y materiales posibles a encontrar en el área de estudio en la exploración geotécnica, en donde se presentan las unidades geológicas según los mapas geológicos de las planchas 279, 280, 299 y 300 a escala 1:100.000 del SGC (figura 9) y su correspondencia con las unidades geológicas a escala 1:1.000 de estudios detallados en algunos sectores cercanos al área urbana del municipio de Yumbo (tabla 1)

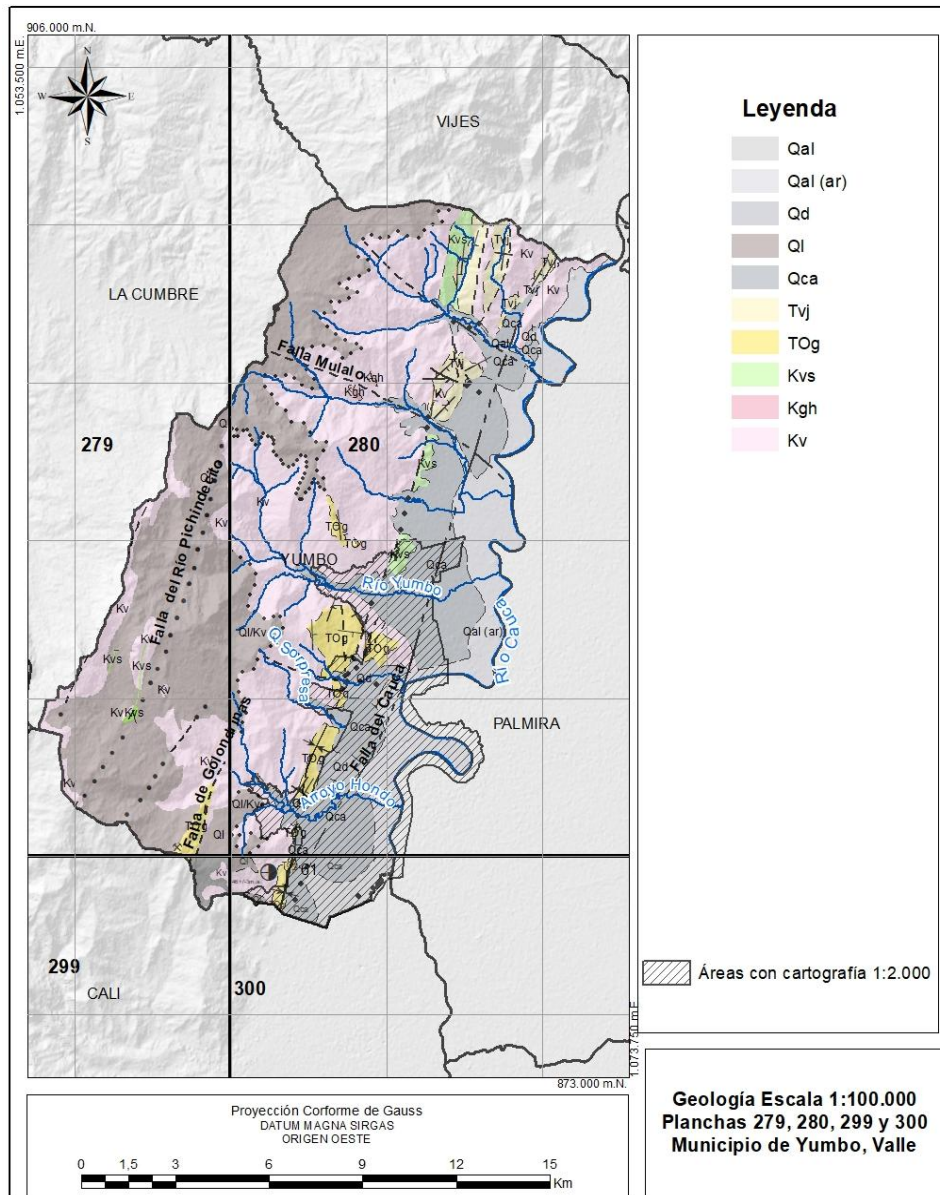


Figura 9. Esquema de unidades geológicas municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca

Fuente: Geología de las Planchas 279, 280, 299 y 300

Tabla 1. Descripción de Unidades Geológicas área exploración municipio de Yumbo

1:100.000 (SGC)	1:1.000 (Paris et al; 2005)	Descripción litológica
Qal	Qall	Depósitos de transición de abanico a llanura aluvial, comprenden arenas, limos y arcillas no consolidadas. A lo largo de los ríos menores son angostas y de textura granular
	Qt	Depósitos de terraza levantados por encima del nivel de base de la erosión y sometidos a disección por las corrientes actuales, generalmente granulares (arenas-gravas)
	Qaj-Qaa	Abanicos aluviales jóvenes y antiguos, con textura arenosa, limoarenosa y arcillosa, con algunas gravas y bloques, espesores de hasta 25 metros
Qca	Qtj-Qta-Qco	Depósitos de conos aluviales, talus o piedemonte jóvenes (Qtj), talud o piedemonte antiguos (Qta), coluviales, presentan espesores de hasta cuatro metros
TOg	Qrv-Qrs	Suelo residual de rocas sedimentarias (Qrs) provenientes de areniscas, lodolitas y conglomerados, Suelo residual de rocas basálticas y diabásicas, presentan espesores de hasta tres metros
	PgOg (E2g)	Formación Guachinte: Rocas sedimentarias parcialmente meteorizadas (TOgm) de areniscas cuarzosas, limolitas, conglomerados, shales y niveles de carbón asociados al horizonte fosilífero La Leona
Kv-Kvs	Kv-K2v	Formación Volcánica (Kv): Roca parcialmente meteorizada de basaltos y diabásicas

Fuente: Geología de las Planchas 279, 280, 299, 300 y Paris et al; 2005

3.2.5 Municipio de Jamundi – Valle del Cauca

Según la información secundaria consultada del municipio de Jamundí, se relacionan las unidades litológicas y materiales posibles a encontrarse en el área de exploración, en donde se presentan las unidades geológicas a partir de los mapas geológicos de las planchas 299, 300, 320 y 321 a escala 1:100.000 del SGC (figura 10) y su correspondencia con las unidades geológicas a escala 1:50.000 de estudios de otros autores como del POMCH (tabla 2).

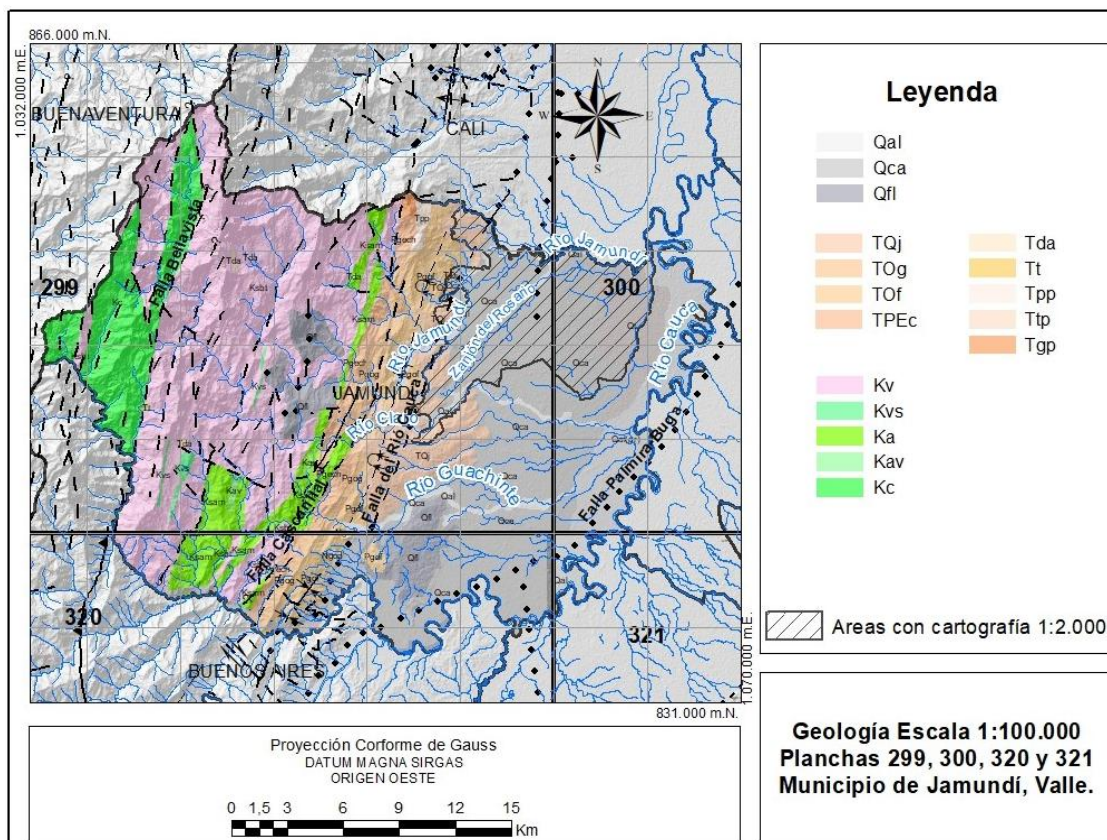


Figura 10. Esquema de unidades geológicas municipio de Jamundí, departamento del Valle del Cauca

Fuente: Geología de las planchas 299, 300, 320 y 321

Tabla 2. Descripción de Unidades Geológicas área exploración municipio de Jamundí

1:100.000 (SGC)	1:50.000 (POMCH)	Descripción litológica
Qal	Qal	Depósitos de llanuras aluviales consistentes en arenas, limos y arcillas no consolidadas. A lo largo de los ríos menores son angostas y de textura granular
	Qal(li)	Depósitos aluviales río Cauca con predominio de material limoso o de llanura de inundación
	Qt	Depósitos de terraza levantados por encima del nivel de base de la erosión y sometidos a disección por las corrientes actuales, generalmente granulares
	Qal7	Aluviones gruesos, generalmente granulares
Qca	Qca(RCl)	Depósitos de conos aluviales o aluviales retrabajados, varían entre fino granular y grueso granular
	Qca(RJa)	

1:100.000 (SGC)	1:50.000 (POMCH)	Descripción litológica
	Qca2(RPan)	
TQj	TQj (Pgoj)	Formación Jamundí: depósitos no consolidados de abanicos aluviales
TOf	TQf (Pgof)	Formación Ferreira: conglomerados cuarzosos y areniscas cuarzosas, lodolitas y niveles de carbón asociados al horizonte fosilífero San Francisco
TOg	TQg (Pgoj)	Formación Guachinte: areniscas, limolitas, lutitas, shales y niveles de carbón asociados al horizonte fosilífero La Leona

Fuente: Geología de las planchas 299, 300, 320, 321 y POMCH

4 ALCANCE DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

Se realizará en el área urbana, de expansión urbana y parte de la zona rural de cada uno de los municipios de La Sierra, Rosas y Sotará, Departamento del Cauca, Yumbo y Jamundi Departamento del Valle del Cauca.

- Ejecución de 47 líneas sísmicas por método de refracción sísmica, para el cálculo de velocidades de ondas de cuerpo independientes tanto compresionales P, como de corte S, con longitud de cada línea de 120 m y un arreglo geométrico de 5m cada geófono, distribuidos de la siguiente manera:

Rosas (Cauca)	Sotara (Cauca)	La Sierra (Cauca)	Jamundí (Valle del Cauca)	Yumbo (Valle del Cauca)
7 Líneas Sísmicas	7 Líneas Sísmicas	7 Líneas Sísmicas	12 Líneas Sísmicas	14 Líneas Sísmicas

- Ejecución de ensayos tipo Down-Hole en 17 sitios de perforación, para el cálculo de velocidades de ondas superficiales independientes tanto compresionales P, como de corte S, con mediciones cada metro en profundidad a lo largo de la tubería previamente instalada y distribuidos de la siguiente manera:

Rosas (Cauca)	Sotara (Cauca)	La Sierra (Cauca)	Jamundí (Valle del Cauca)	Yumbo (Valle del Cauca)
3 Ensayos	3 Ensayos	3 Ensayos	4 Ensayos	4 Ensayos

- Ejecución de 16 tomografías eléctricas de longitud aproximada de 100 metros cada una, en los municipios de Yumbo y Jamundi – Valle del Cauca, para un total de 1600 m. La localización definitiva podrá variar si el SGC o el contratista así lo consideran de acuerdo con las condiciones de campo, con soporte técnico concluyente entre las partes y debidamente soportado, distribuidos de la siguiente manera:

Jamundí (Valle del Cauca)	Yumbo (Valle del Cauca)
8 Tomografías eléctricas	8 Tomografías eléctricas

- Ejecución de 48 sondeos eléctricos verticales (3 por cada tomografía eléctrica)

5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En la tabla 3, se relacionan las actividades a contratar con su respectiva especificación técnica.

Tabla 3. Especificaciones técnicas asociadas

ÍTEM	1. EXPLORACIÓN DE CAMPO	
	DESCRIPCIÓN	Especificación Asociada
2.1	líneas de refracción sísmica	ASTM D777 (Vp)
2.2	Prueba Down-hole	ASTM 7400
2.3	Prueba de tomografía eléctrica	ASTM D6431 – 18

Fuente; Autores

Igualmente, los trabajos a realizar deben atender a las especificaciones técnicas que se exponen a continuación:

- Localizar los sitios de exploración indirecta del subsuelo con base en las indicaciones señaladas en campo por los profesionales del Servicio Geológico Colombiano; determinando con exactitud las coordenadas de localización amarradas a la cartografía del IGAC en el sistema MAGNA SIRGAS y expresada en coordenadas geográficas, teniendo en cuenta el punto de elevación en m.s.n.m. Esta ubicación puede ser realizada con GPS manual.
- Se deberá presentar una descripción detallada de la metodología a desarrollar y equipos a utilizar; tanto de la adquisición como de la interpretación de los datos. Así mismo una relación de los trabajos ejecutados por el proponente (objetivos, cliente, lugar y fecha de ejecución, duración, síntesis de los resultados), que correspondan específicamente a la temática en cuestión, anexando soportes que así lo certifiquen.
- Se deberá mantener durante la exploración geofísica, profesionales en Ingeniería Civil, Geología o Ingeniería Geológica especialista en geofísica, en calidad de Residentes de Campo, según las cantidades dadas posteriormente, teniendo en cuenta la importancia que reviste su presencia y el requerimiento del personal Propuesto. Estos profesionales deben dedicar tiempo completo durante la ejecución de los trabajos de campo.
- Todos los elementos e insumos necesarios para la ejecución de los trabajos deben ser suministrados por el contratista. En este caso es posible que se requiera generar espacio para los procesos mediante corte de vegetación.
- El Contratista debe tener en cuenta que debe asumir los gastos correspondientes a la adecuación de accesos y pago de servidumbres en los sitios de trabajo. Además, debe asegurar la entrada a los sitios con los líderes de la región.

5.1 Líneas de refracción sísmica

- Se realizarán ensayos de refracción sísmicas en una longitud total 5640 metros; de las capas someras hasta una profundidad de 50 m en la zona urbana, de expansión urbana y parte de la zona rural de los municipios de estudio, distribuidas en 47 líneas de 120 m cada una, la localización definitiva podrá variar si el SGC o el contratista así lo consideran de acuerdo con las condiciones de campo, con soporte técnico concluyente entre las partes y debidamente soportado.
- Las mediciones de refracción sísmica se llevarán a cabo a lo largo de los perfiles longitudinales con el uso de geófonos de configuración triaxial o multicanal 3D, de tal manera que un único sensor registre los tiempos de llegada de ondas Vp y Vs o mediante el uso de geófonos uniaxiales verticales para registrar los tiempos de llegada de ondas Vp y uniaxiales horizontales para registrar el tiempo de llegada de ondas Vs.
- Los equipos para exploración sísmica (líneas de refracción sísmica) deberán contar con geófonos espaciados cada 5m. No se aceptará equipos donde se realice una sola medición y posteriormente se asuma la relación de poisson, o una relación entre Vp/Vs.
- Para la ejecución del ensayo, no se aceptará la medición de ondas P y ondas S, con métodos de ondas superficiales (MASW, SASW, ReMi, etc), ni ningún otro método que estime la variación de la velocidad de propagación de las ondas con la profundidad.

5.2 Prueba Down-hole

- Realizar ensayos tipo Down-Hole en (17) de las perforaciones definidas por el SGC. Estas perforaciones serán acondicionadas mediante la instalación en su interior de tubería PVC como la usada para inclinómetros (ranurada), con diámetro interno de 2.5 pulgadas, siendo acorde con el tamaño del sensor o geófono, garantizando que quede totalmente centrada y vinculada al subsuelo, tal como lo exige la norma ASTM D-7400-17 "*Standard Test methods for Downhole Seismic Testing*" siendo esto realizado por una firma contratada para tal fin.
- Para el caso de las pruebas en el municipio de Sotara, Cauca (3 pruebas), se realizará en perforaciones acondicionadas mediante la instalación en su interior de tubería PVC como la usada para piezómetro, con diámetro interno de 2.5 pulgadas, siendo acorde con el tamaño del sensor o geófono, garantizando que quede totalmente centrada y vinculada al subsuelo, tal como lo exige la norma ASTM D-7400-17 "*Standard Test methods for Downhole Seismic Testing*" siendo esto realizado por una firma consultora contratada para tal fin.
- El equipo requerido para la ejecución del ensayo, será un geófono triaxial (registra ondas p y ondas s, respectivamente), con desplazamiento a lo largo de la tubería, con medición cada metro en profundidad, garantizando la estabilidad del sensor en cada medición.

- El procesamiento e interpretación de los resultados obtenidos en campo debe presentarse a manera de perfiles geofísicos describiendo el espesor de los estratos, correlación litológica, velocidades de onda P y S de los materiales.

5.3 Prueba de Tomografía eléctrica

- Se realizarán 16 pruebas de tomografía eléctrica, con longitudes de 100 metros cada una, para un total de 1600 m, que se realizarán en la zona urbana, de expansión urbana y parte de la zona rural de los municipios de Yumbo y Jamundí, departamento del Valle del Cauca.
- El ensayo se deberá realizar con la técnica multielectrónica, con disposición lineal de electrodos ubicados a una distancia constante
- Todas las medidas se deberán realizar de forma totalmente automatizada, es decir sin necesidad de mover manualmente ningún electrodo.
- Los electrodos en superficie se deberán colocar cada 5 metros de forma equiespaciada, formando una línea recta.
- Se requiere realizar el análisis de la variación vertical del valor de la resistividad en 3 puntos por cada tomografía, para un total de 48 SEV.

6 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Las actividades generales que se deben seguir para la correcta ejecución de los trabajos de exploración del subsuelo son las siguientes:

- Se requiere realizar las actividades en dos (2) frentes de trabajo uno para los municipios que corresponde al departamento del Cauca (Rosas, la Sierra y Sotará) y el otro para los municipios que corresponde al departamento del Valle del Cauca (Yumbo y Jamundí), cumpliendo con cada una de las especificaciones técnicas y los profesionales requeridos en cada frente.
- Recopilación y análisis de información: Es obligación del contratista recopilar y analizar información de tipo geológico, geomorfológico y geotécnico relevante de la zona de estudio.
- Modelo geológico y de referencia de la zona de estudio: Se deberá establecer el modelo geológico y estructural de partida, constituyendo una línea base para la descripción adecuada y acorde con las unidades geológicas presentes en el área de estudio y para la interpretación geofísica del subsuelo. Para tal fin el SGC suministrará la información geológica pertinente.
- Reconocimiento de campo y definición de arreglos y limitantes de la exploración: Antes de comenzar la exploración geofísica se debe realizar un reconocimiento de campo para identificar las características del terreno, sus limitantes y diseñar los mejores arreglos para la toma de información, no obstante, lo sugerido en los presentes términos de referencia.
- Levantamiento de información geofísica en campo: Estas actividades se deberán planear concertadamente con el supervisor designado por el SGC, con el fin de garantizar la integridad de cada una de las investigaciones, teniendo en cuenta que se trabajará simultáneamente en varios municipios.
- Los equipos para llevar a cabo estas actividades deberán estar en buen estado, que cumplan las especificaciones técnicas requeridas, que sean debidamente verificados con el fin de garantizar la calidad de los trabajos.
- Procesamiento e interpretación: Se deben especificar las etapas del procesamiento y los criterios de interpretación de los datos geofísicos, los cuales deben basarse en el modelo geológico, mostrando el proceso con un flujograma. El procesamiento de la información geofísica, debe disponer de alta tecnología con el fin de garantizar la calidad de las interpretaciones. Se deben entregar tomografías sísmicas.
- Para realizar los respectivos cálculos de velocidades no se acepta información asumida y/o correlacionada, como parámetros de entrada, en el caso de la densidad del medio o peso unitario del material, este debe ser entregado por parte del SGC.

- Confrontación con parámetros geotécnico: Los resultados deberán ser congruentes y validados con las características geomecánicas identificadas en la exploración directa.
- El Contratista deberá entregar un reporte técnico semanal, en el cual se hará el recuento de las actividades ejecutadas, los problemas presentados, su avance, la respuesta a preguntas efectuadas en el informe anterior, lecturas de exploración obtenidos, con el respectivo registro fotográfico, ensayos geofísicos ejecutados, entre otros. Los informes se entregarán al supervisor del SGC o quien esté designado por parte del SGC, para su revisión y discusión conjunta el día de la reunión semanal entre las partes que se establezca en la ejecución del contrato.

Para alcanzar el objetivo planteado en el presente proceso contractual, se requiere que el Contratista, dé alcance cabal a los siguientes aspectos:

- Realizar todas las actividades necesarias para cumplir con las obligaciones derivadas de la contratación.
- El Contratista deberá garantizar los ensayos geofísicos en todo tipo de material, para lo cual deberá contar con los elementos necesarios, garantizando en todo momento la calidad de los resultados obtenidos.
- Las pruebas de refracción sísmica y de resistividad eléctrica deberán contar con las especificaciones técnicas convenidas y el análisis de la información obtenida acorde con las normas existentes para este tipo de actividades. Requiriendo una descripción detallada de la metodología a utilizar, tanto de la adquisición como del procesamiento e interpretación de los datos. Esta metodología deberá estar de acuerdo a las normas para la adquisición, procesamiento e interpretación de métodos vigentes.
- Guardar reserva y confidencialidad sobre el contenido de la información que el SGC le confíe y ponga a su disposición para cumplir el objeto de los presentes términos y deberá hacer extensiva esta determinante al equipo humano vinculado a cualquier actividad en su desarrollo.
- El almacenamiento digital de la información de trabajo y los soportes de seguridad que se requieran para evitar la pérdida parcial o total de la información son responsabilidad del contratista, quien será el responsable único por los perjuicios que le sean imputados en contra del SGC por pérdida de información o entrega no oportuna de la misma.
- Contar con el profesional especializado en cada frente de trabajo y técnicos que se requieran para cumplir cabalmente el contrato, además del personal mínimo exigido, deberá estar tiempo completo al momento de la ejecución de cada uno de los ensayos.
- Garantizar que todos los profesionales a quienes se les asignen labores en desarrollo del contrato cuenten con matrícula o tarjeta profesional vigente o permiso temporal, cuando a ello hubiere lugar, de conformidad con las normas aplicables.
- Garantizar que el equipo de trabajo propuesto será el mismo que realizará la ejecución del contrato.
- Suministrar y mantener, durante la ejecución del contrato y hasta la liquidación del mismo, el personal profesional y técnico ofrecido, exigido y necesario.
- Dedicar el personal requerido en el sitio de ejecución y contar con su disponibilidad de trabajo de acuerdo con el cronograma de ejecución de los trabajos y las necesidades del mismo. Igualmente se deberá tener disponibilidad de personal para atender

emergencias, para esta actividad se informará al supervisor sobre el personal disponible, junto con los teléfonos y direcciones donde se puedan ubicar.

- Asumir el pago de los salarios, prestaciones sociales, indemnizaciones y honorarios de todo el personal que ocupe en la ejecución de los trabajos, quedando claro que no existe ningún tipo de vínculo laboral de dicho personal con el SGC ni responsabilidad en los riesgos que se deriven de esa contratación.
- Responder por cualquier tipo de reclamación, judicial o extrajudicial, que instaure, impulse o en la que coadyuve su personal o sus subcontratistas contra el SGC, por causa o con ocasión del contrato.
- Contar con los vehículos u otros medios de transporte utilizados para la movilización del personal y los equipos y disponer para la ejecución del contrato con todos los permisos, autorizaciones, controles, dispositivos, medidas preventivas y requisitos legales vigentes exigidos por el Ministerio de Transporte, Ministerio de Ambiente y Ministerio de salud ante la contingencia del covid-19 y demás autoridades regionales y nacionales.
- El Contratista deberá cumplir con un Plan de Manejo Ambiental y un Plan de Seguridad Industrial, los cuales deberán ser avalados por la supervisión de parte del SGC, o quien delegue. Igualmente, deberá suministrar todos los equipos, herramientas, maquinaria, materiales, instalaciones, mano de obra y en general todo lo necesario para llevar a cabo la totalidad de los trabajos a los que se refieren estos términos.
- El transporte de los equipos es responsabilidad del contratista. El contratista debe tener en cuenta las dificultades de acceso, la presencia de cercas, los permisos que se requieren de los propietarios de los terrenos para el acceso de los mismos y para el desarrollo de las actividades. Para esto último, podrá apoyar dicha gestión con la Alcaldía de cada municipio y el SGC.
- Previo a la firma del Acta de Inicio por las partes, el Contratista deberá relacionar en un informe el listado de personal que ejecutará los trabajos de campo (Profesionales y Técnicos debidamente en regla la documentación), el listado de equipos y vehículos disponibles para la ejecución de los trabajos.
- Ajustarse a los estándares, formatos, modelos y demás especificaciones que le entregue o indique el SGC para la ejecución del Contrato.
- Guardar la confidencialidad de toda la información que le sea entregada o puesta a disposición con ocasión del Contrato.
- Atender los requerimientos del supervisor para la debida ejecución del Contrato y realizar las correcciones, adiciones, revisiones o modificaciones que sean solicitadas.
- En este sentido, cabe resaltar la importancia que reviste esta actividad durante los trabajos, por tanto, el Contratista deberá suministrar y disponer de todos los aspectos,

tanto técnicos, de personal, logística que permitan obtener resultados óptimos y dentro del plazo convenido.

8 EQUIPOS

El contratista deberá presentar una relación detallada de los equipos propuestos para la ejecución de los trabajos, indicando su propietario o propietarios y anexar carta de compromiso de disponibilidad de los mismos. Así mismo, para cada uno, se debe incluir una descripción detallada de las especificaciones técnicas (características, certificaciones, modelo, marca, mantenimientos, estado, capacidad, entre otros).

El equipo para la ejecución de ensayos "Down-Hole" deberá contar con las siguientes características mínimas:

- Sensor o geófono de registro de señales de varios canales triaxial (3 canales) con umbral de frecuencias amplio (registro de ondas p y ondas s respectivamente)
- Sensor (acelerómetro) de envío de pulsos electromagnéticos
- Unidad de adquisición de datos
- Torpedo inclinométrico
- Cinta métrica
- Pequeño artefacto inflable para fijar el geófono
- Software de almacenamiento de datos
- fuente de energía: martillo

El ensayo de refracción sísmica se realiza por medio de un equipo denominado cámara de refracción o sismógrafo, al cual se adapta una red de geófonos (receptores) que son los encargados de recibir la información de las ondas sísmicas después de atravesar el subsuelo. Una fuente de energía (explosivo, martillo u otras fuentes) y un sistema de disparo se anexan al sistema descrito para generar energía acústica, que se introduce en el subsuelo y posteriormente recibida en los geófonos. Los arreglos geométricos que se hacen con los geófonos y la fuente dependen de los objetivos del levantamiento (profundidad y valores de velocidades de onda, entre otros).

En particular para el presente trabajo, el equipo requerido para el desarrollo de las actividades necesarias del proyecto será aportado en su totalidad por el proponente y sus características mínimas serán las siguientes:

- Equipo digital (sismógrafo) de mínimo 24 canales de entrada
- Rango de frecuencia entre 2 y 2000 Hz
- Resolución de conversión A/D 24 bit
- Rango dinámico 110 -144 dB
- Geófonos de 12 a 28 Hz para medición de ondas
frecuencias altas permitiría captar mejor las primeras llegadas de ondas y aminoraría la llegada de las ondas superficiales, mejorando el procesamiento posterior de los registros.
- Cable de refracción. (Cable conector), longitud extendida de 120m, con intervalo de geófonos de 5m.
- Equipo GPS de alta precisión

- Accesorios necesarios: platina, cable para tendido de línea de mínimo 120 metros.
- Fuente de energía: martillo.
- Software. Análisis de datos

El software a utilizar debe garantizar la correcta adquisición, manejo, procesamiento, mapeo e interpretación de la información. Es importante aclarar que el equipo deberá contar con geófonos triaxiales o geófonos uniaxiales verticales y horizontales independientes para la medición de las ondas P y ondas S. No se aceptará equipos donde se realice una sola medición y posteriormente se asuma la relación de Poisson o una relación entre V_p/V_s .

La medición de las Ondas V_p y V_s , deben ser métodos no invasivos de refracción sísmica multicapa y deben ser mediciones de onda de cuerpo que viajan a través de la tierra y por ningún motivo se acepta métodos para medición de ondas superficiales que viajan a lo largo o cerca de la superficie de la tierra (SASW, MASW, ReMi, MAM, (V_s) etc).

La tomografía eléctrica emplea los valores de resistividad aparente, medidos con los dispositivos geoelectrónicos sobre la superficie del terreno, para generar imágenes del subsuelo donde se representan los valores de la resistividad verdadera de las diferentes zonas.

- Equipo de Unidad central
- Electrodo: su longitud debe ser la suficiente como para poderse fijar firmemente en cualquier terreno, ya que su función es la de proporcionar el contacto eléctrico entre el equipo y el suelo.
- Los cables o conductores de cobre
- Los conectores
- Batería. Fuente de alimentación que proporcione energía a todo el sistema
- Software. Procesamiento de datos

El contratista deberá certificar que cuenta tanto con los equipos de campo y de oficina adecuados para cumplir el objeto de la contratación. Estos deben ser de marcas reconocidas en el mercado por su calidad y con la capacidad suficiente para el logro eficiente de los resultados, la cual debe estar acorde con las características de longitud y localización preliminar de la exploración.

9 PERSONAL REQUERIDO

Para la realización del plan de exploración geotécnica indirecta se deberá contar con un equipo de trabajo, el cual deberá cumplir como mínimo con las condiciones indicadas en la tabla 4.

Tabla 4. Personal mínimo requerido

Cargo	Perfil	Experiencia mínima	Cantidad	Dedicación	
				Tiempo	Porcentaje
Director de Proyecto	Profesional en ingeniería Civil, Geólogo o Ingeniero Geólogo	Director de 4 estudios o proyectos en actividades relacionados con refracción sísmica (consultoría o institucionales)(Aplica Nota 1)	1	1 meses	50%
Profesional especializado	Profesional en ingeniería Civil, Geólogo o Ingeniero Geólogo especialista en geofísica	Participación en 4 estudios o proyectos de actividades de refracción sísmica (consultoría o institucionales) ² en la ejecución e interpretación de exploración geotécnica indirecta (Aplican Notas 1 y 2)	2	1 mes	100%
Técnico en geofísica	Operario	Participación en 4 estudios o proyectos relacionados con ejecución de ensayos geofísicos (consultoría o institucionales)(Aplica Nota 1)	4	1 mes	100%

Nota 1. No es válida la experiencia que se acredite en interventorías y/o supervisiones.

Nota 2. No es válida la experiencia que se acredite como profesional auxiliar.”

10 PRODUCTOS ESPERADOS

El Contratista deberá entregar al SGC cada uno de los archivos digitales y análogos, de los informes semanales en los cuales se indicará la ejecución de la Programación establecida para el proyecto (Estado de Avance y justificación del mismo) en el cual se relacionen las actividades adelantadas de cada municipio, indicando los contratiempos, novedades del proyecto y demás información de relevancia para el proyecto.

Todos los productos deberán ser entregados en su totalidad a satisfacción del SGC, previo visto bueno del supervisor. El proponente deberá entregar los siguientes productos:

- Cinco (5) informes finales escritos, cada uno con su respectiva copia, que obedece a cada uno de los municipios y también deberá ser entregado en copia magnética en formato Word, compatible con todas las versiones de Windows y una versión en formato PDF (también en archivo digital) en donde se incluya toda la información cruda, dromocronas, timebreaks y el procesamiento de datos (para Vp y Vs).
- Descripción de los equipos empleados, metodologías para la ejecución de los trabajos, localización de los sitios de medición, descripción general de la geología local, interpretación de resultados, información digital sin procesamiento en formato texto (*.TXT) o compatibles, información digital procesada.
- Los informes deben incluir, perfiles del subsuelo en donde se observe la correlación litológica, el tiempo de llegada y cada una de las velocidades de onda, resistividades eléctricas entre otros, en medio magnético y análogo; registro fotográfico del trabajo de campo que complementa, tanto el ítem donde se describe la metodología empleada, así como en la descripción de la ejecución en cada uno de los sitios de exploración.
- Datos de campo en medio magnético. La información de campo debe presentarse debidamente organizada, tanto en medio digital como análogo, este último en los formatos originales en los cuales se consignó en el momento de la toma. Debe consignarse en cada formato de campo, la marca del equipo utilizado, el nombre del operador, la fecha y demás observaciones técnicas pertinentes.
- Mapa de exploración geofísica realizada en campo. Cada línea y punto de Down-Hole debe contener la localización geográfica (descripción del sitio con referentes permanentes del lugar), las coordenadas y las condiciones relevantes al momento de toma de datos (día lluvioso, día seco, humedad en el suelo, pendiente, observaciones de interés, entre otros). Deben estar debidamente localizados en los respectivos mapas cartográficos a las escalas correspondientes. Con el fin de garantizar la ubicación de las líneas sísmicas y eléctricas, se deberá utilizar un GPS de doble frecuencia. Anexar en los términos las especificaciones del GPS de doble frecuencia a utilizar por el proponente.
- Resultados de ensayos Down-Hole donde se muestre la variación de las velocidades de onda de acuerdo con el perfil estratigráfico obtenido en la exploración del subsuelo. Estas velocidades deben estar asociadas a parámetros mecánicos con los módulos

elásticos del subsuelo conocidos como módulo de Young (E), módulo de corte máximo (G), módulo de deformación volumétrica (K) y relación de Poisson.

- Para cada línea de refracción sísmica se deberá realizar un perfil de refractores y velocidad tanto para onda P como para onda S y la respectiva tomografía sísmica. Estas velocidades deben estar asociadas a parámetros mecánicos tales como módulos elásticos del subsuelo conocidos como módulo de Young (E), módulo de corte máximo (G), módulo de deformación volumétrica (K) y relación de Poisson.
- Diagramas de dromócronas para cada línea de refracción.
- Registros en papel y medio magnético de las primeras llegadas.
- Tomografías sísmicas y eléctricas y la respectiva interpretación de los resultados asociadas a las unidades geológicas existentes en la zona de estudio y las condiciones de agua subterránea o subsuperficial.
- Informes parciales y finales. Deberá contener la descripción de las capas del subsuelo caracterizadas por su espesor y velocidad de las ondas longitudinales P y ondas transversales S, resistividades y correlación litológica. Se deberá interpretar el tipo de perfil del subsuelo encontrado en los horizontes más superficiales con fines de comportamiento sísmico, así como también la información complementaria obtenida de cada uno de los ensayos SEV (3 por cada tomografía eléctricas) Para esto último, el contratista debe participar con el equipo técnico del SGC, en la integración de los resultados de la prospección geofísica al modelo geológico y geotécnico conceptual realizado para el área.

10.1 Contenido mínimo de cada informe final:

El informe de cada municipio, debe contener en forma resumida la descripción del estudio, las actividades realizadas, los procedimientos y resultados de cada una de las etapas del estudio, conclusiones y recomendaciones generales. Estos informes deben contener los siguientes numerales:

1. GENERALIDADES
 - 1.1 Alcance del estudio
 - 1.2 Organización del informe
 - 1.3 Descripción de actividades realizadas
 - 1.4 Delimitación geométrica del área de estudio
2. BASE TOPOGRÁFICA CON PUNTOS O LÍNEAS EXPLORADOS
 - 2.1 Método de trabajo
 - 2.2 Relacionar e indicar los puntos o líneas

3. INVESTIGACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA
 - 3.1 Metodología
 - 3.2 Exploración del subsuelo
 - 3.2.1 Ensayos de refracción sísmica
 - 3.2.2 Ensayos de tomografía eléctrica
 - 3.2.3 Ensayos Down Hole
4. INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
6. BIBLIOGRAFÍA
7. ANEXOS

En el capítulo de investigación y caracterización geotécnica se debe hacer la descripción de los equipos empleados, las metodologías aplicadas para la ejecución de los trabajos, localización de los sitios de medición, descripción general de la geología local, interpretación de resultados, información digital sin procesamiento en formato texto (*.TXT) o compatibles, información digital procesada.

Formatos de las lecturas realizadas en medio magnético y análogo; registro fotográfico del trabajo de campo que complementa, tanto el ítem donde se describe la metodología empleada, así como en la descripción de la ejecución en cada uno de los sitios de exploración, correlación litológica, el tiempo de llegada y velocidades de onda, entre otros, en medio magnético y análogo.

Datos de campo en medio magnético: la información de campo debe presentarse debidamente organizada, tanto en medio digital como análogo, este último en los formatos originales en los cuales se consignó en el momento de la toma. Debe consignarse en cada formato de campo, la marca del equipo utilizado, el nombre del operador, la fecha y demás observaciones técnicas pertinentes.

Mapa de localización de las exploraciones. Cada punto o línea de medición debe contener la localización geográfica (descripción del sitio con referentes permanentes del lugar), las coordenadas y las condiciones relevantes al momento de toma de datos (día lluvioso, día seco, humedad en el suelo, pendiente, observaciones de interés, entre otros). Deben estar debidamente localizados en los respectivos mapas cartográficos a las escalas correspondientes.

Registro fotográfico detallado de cada una de las pruebas y aspectos de los trabajos realizados.

Acta de permiso para realizar labores de exploración del subsuelo (debidamente diligenciada), para cada punto de exploración.

NOTA: Los documentos que se produzcan en desarrollo del contrato deberán proporcionar información clara, completa, actualizada, aplicable y verificable en forma sencilla sin

redundancias. Se deberá entregar original y copia de cada informe presentado junto con sus anexos.

11 PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo máximo de ejecución de las actividades a realizar será de UN (1) mes.