ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA REALIZAR LA EXPLORACIÓN DE TÚNELES CON GEORADAR PARA EL BARRIO VILLA LUCÍA Y SUS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE PASTO.

Bogotá D.C., septiembre de 2020

CONTENIDO

1	OBJETIVOS	3
1.1	Objetivo general	3
1.2	Objetivos específicos	3
2	ÁREA DE ESTUDIO	4
3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	6
3.1	Equipo GPR	6
4	METODOLOGÍA DE TRABAJO	8
5	OBLIGACIONES ESPECÍFICAS DEL CONTRATISTA	9
6	PRODUCTOS ESPERADOS	11
7	PLAZO DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO	11

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Prestar servicios para la exploración de túneles con Georadar para el barrio de Villa Lucia y sus alrededores de la ciudad de Pasto.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar la exploración de túneles con Georadar en un área aproximada de 12.0 hectáreas.
- Realizar la interpretación de los resultados de campo.
- Generar un plano tridimensional con la ubicación de los túneles y su diámetro en la zona de estudio.

2 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la ciudad de Pasto, ocupando un área aproximada de 12.0 hectáreas. Detalles de la zona se presentan en la figura 1, destacándose el hecho que el sector presenta un desnivel aproximado de 40 metros entre sus límites. Por otro lado, se destaca que la mayor parte del terreno presenta pendientes que fluctúan entre 5 y 10 grados y hacia el sur se presentan las mayores pendientes del terreno, con inclinaciones del terreno que varían entre 20 y 30 grados. En general según INGEOMINAS (2003), los mayores problemas de subsidencia se detectaron en los sectores cuya pendiente fluctúa entre 6 y 10 grados, figura 2.

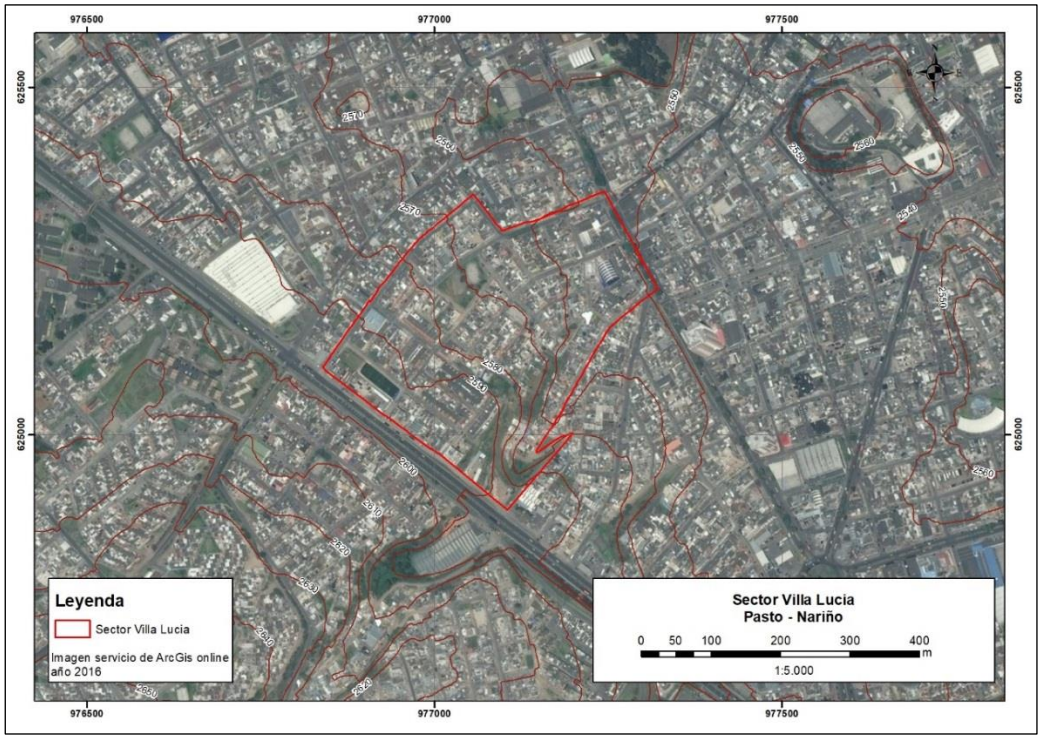


Figura 1. Localización de la zona de estudio

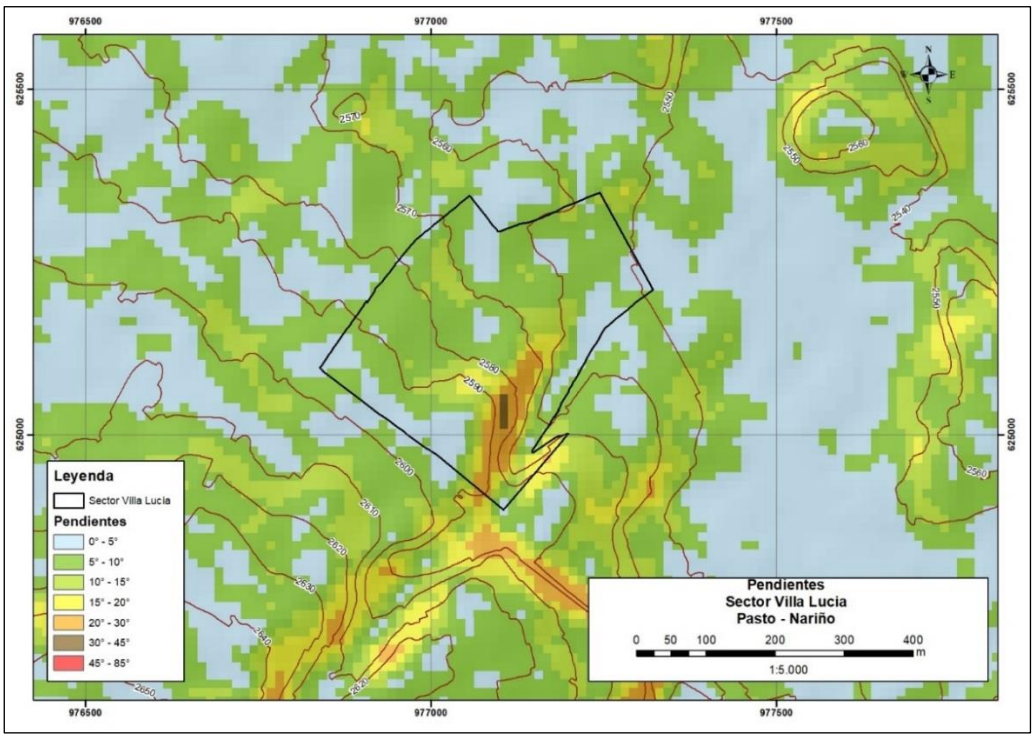


Figura 2. Mapa de pendientes de la zona de estudio.

3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Como medida complementaria para la identificación de los túneles, se plantea la ejecución de pruebas con Georadar (GPR). La técnica del Georadar utiliza ondas electromagnéticas para inspeccionar el suelo. El sistema de adquisición de datos es por medio de una antena a una frecuencia fija que emite ondas que viajan a través del suelo, en donde estas chocan contra los diferentes elementos que se encuentran enterrados y parte de la energía de la onda se refleja y parte se refracta. El equipo por medio de un receptor capta la respuesta de cada una de estas ondas y despliega la respuesta en una pantalla, lo cual permite que esta información sea almacenada para un posterior tratamiento de los datos. Para que la detección de los túneles sea posible, es necesario que el tamaño mínimo de estos sea de 1.0 metro. Analizando los antecedentes para la explotación de las arenas, encontramos que el tamaño promedio de los túneles en Pasto es de 2.0 metros, esto con el fin de que se pueda desplazar una persona.

3.1 Equipo GPR

Existen varias marcas reconocidas a nivel internacional sobre este tipo de equipo. A manera de ejemplo, en la figura 3.



Figura 3. Operación de Georadar GPR en campo.

Los requerimientos mínimos del equipo para la detección de los túneles son los siguientes:

- Los pulsos emitidos por las antenas deberán fluctuar en los siguientes rangos:
  - 50-100 Mhz para profundidades mayores a 10 metros.
  - 250 Mhz para utilidades mixtas entre 1.0 y 5.0 metros.
- Pantalla o DVL
- Antena emisora / receptora de 250 Mhz
- Odómetro
- Estructura del carro en Fibra de carbono
- Batería
- Software de captura y escaneo libre.
- Contar con GPS, para la ubicación del sitio que se está estudiando.

4 METODOLOGÍA DE TRABAJO

El método propuesto para el levantamiento de la información, aunque debido a las restricciones generadas por las viviendas existentes puede ocasionar que esta actividad no se pueda cumplir a cabalidad. De acuerdo a lo anterior:

- Se deberán levantar todas las zonas verdes, vías principales y secundarias, así como las viviendas que en el pasado han tenido problemas de subsidencia. Para tal fin, el contratista deberá solicitar los respectivos permisos por intermedio de la alcaldía de Pasto.
- Levantamiento de información en campo: Estas actividades se deberán planear concertadamente con el supervisor designado, con el fin de garantizar la integralidad de la actividad.
- 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. El procesamiento de la información, debe disponer de alta tecnología con el fin de garantizar la calidad de las interpretaciones.
- El contratista deberá entregar informe donde se presente la interpretación de los resultados, así como plano con la ubicación de los túneles.

5 OBLIGACIONES ESPECÍFICAS DEL CONTRATISTA

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 levantar todas las zonas verdes, vías principales y secundarias, así como las viviendas que en el pasado han tenido problemas de subsidencia.
- Guardar reserva y confidencialidad sobre el contenido de la información que se 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 por pérdida de información o entrega no oportuna de la misma.
- 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.
- Asumir el pago de los salarios, prestaciones sociales, indemnizaciones y honorarios de todo el personal que ocupe en la ejecución de los trabajos.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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 y con la capacidad suficiente para el logro eficiente de los resultados. El software a utilizar debe garantizar la correcta adquisición, manejo, procesamiento, mapeo e interpretación de la información.

6 PRODUCTOS ESPERADOS

Una vez realizado el levantamiento de campo, el consultor deberá entregar informe donde se presente la interpretación de los resultados, así como plano con la ubicación de los túneles. Se recomienda que en lo posible se entregue modelo tridimensional con la ubicación de los túneles y su diámetro aproximado. La figura 4, es un ejemplo de la manera como se deberá entregar los resultados. Con el fin de hacer compatible la información, al consultor se le suministrará el modelo digital del terreno.

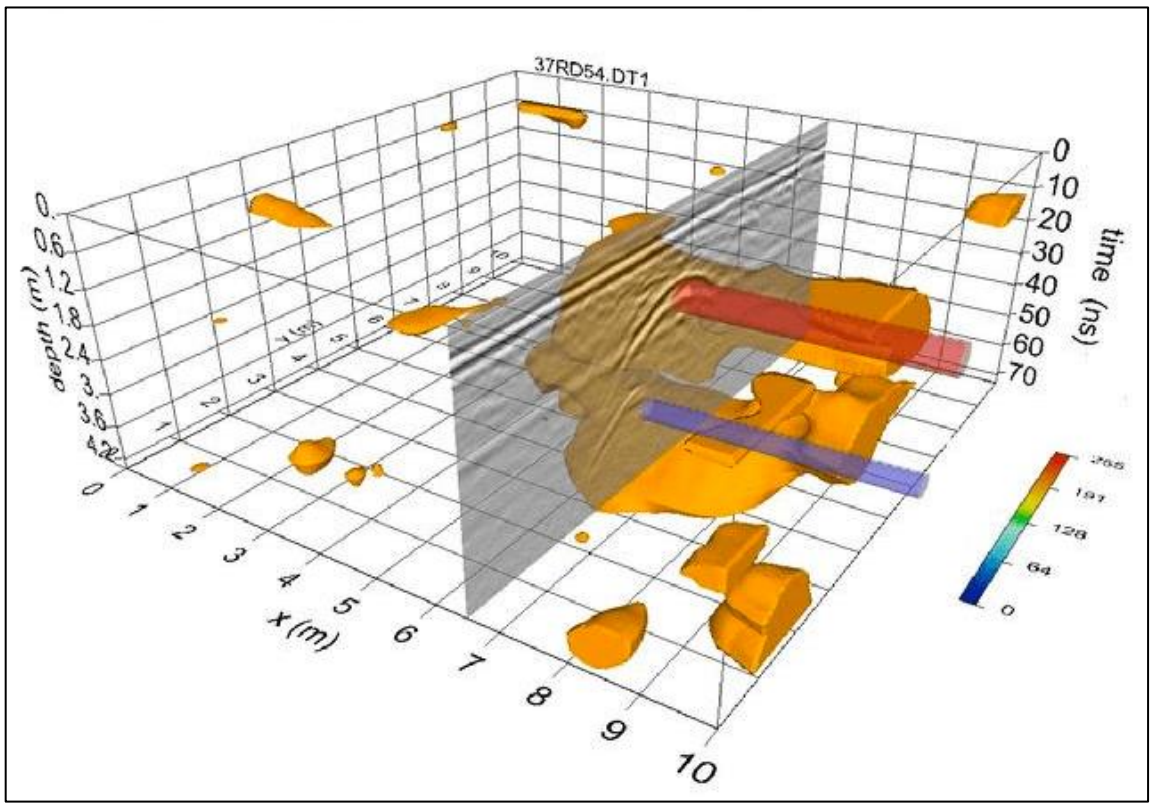


Figura 4. Localización de túneles con Georadar.

7 PLAZO DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO

El plazo de ejecución de los trabajos para las pruebas con Georadar de DOS (2) semanas.

Se anota que para el efecto el Contratista deberá contemplar el desplazamiento del personal a los sitios indicados, así como los equipos y materiales necesarios, para la correcta ejecución de los trabajos señalados en las presentes especificaciones.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la zona de estudio 4
Figura 2. Mapa de pendientes de la zona de estudio. 5
Figura 3. Operación de Georadar GPR en campo. 6
Figura 4. Localización de túneles con Georadar. 11

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA REALIZAR LA CONTRTACIÓN DE LA “EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA DIRECTA MEDIANTE PERFORACIONES MECÁNICAS POR ROTACIÓN CON MUESTREO CONTÍNUO EN DIAMETRO HQ Y ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL BARRIO VILLA LUCIA Y SUS ALREDERORES DE LA CIUDAD DE PASTO

Bogotá D.C., junio de 2020

CONTENIDO

1	ESTUDIO TÉCNICO	3
2	OBJETIVOS	4
2.1	Objetivo general	4
2.2	Objetivos específicos	4
3	GENERALIDADES	5
3.1	Área de estudio	5
3.2	Antecedentes	6
4	ALCANCE DE LOS TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO	9
4.1	Exploración geotécnica directa	9
4.2	Ensayos de laboratorio de geotecnia	9
4.3	Instrumentación geotécnica	9
5	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	11
6	METODOLOGÍA DE TRABAJO	16
7	OBLIGACIONES ESPECÍFICAS DEL CONTRATISTA	21
8	EQUIPOS	24
9	PRODUCTOS ESPERDOS	25
10	PERSONAL REQUERIDO	27
11	PLAZO DE EJECUCIÓN	27

1 ESTUDIO TÉCNICO

Atendiendo la solicitud realizada por parte de la Alcaldía municipal de Pasto de elaborar las especificaciones técnicas para realizar exploración directa, ensayos de laboratorio e instrumentación geotécnica en el Barrio Villa Lucia y sus alrededores, para efectos de determinar la clasificación y el régimen del uso del mismo, en el marco del fallo proferido por el Consejo de Estado en el proceso de Acción Popular 52001-23-33-000-2015-00607-0 en la ciudad de Pasto, Nariño, el Servicio Geológico Colombiano (SGC)

Por lo anterior, se requiere realizar 20 perforaciones de 25 m de profundidad cada una, para un total de 500 m lineales de perforación con diámetro HQ, con recuperación continua de muestras de los materiales presentes en el área de estudio; en dichas muestras se deberán realizar ensayos de laboratorio para una caracterización físico – mecánica de los materiales geológicos recuperados, que servirá como insumo para la construcción del modelo geológico geotécnico del área de estudio, permitiendo de esta forma cuantificar la amenaza , vulnerabilidad y riesgo de las viviendas ubicadas en el barrio.

Adicionalmente, se requiere instalar instrumentación para realizar el monitoreo de los desplazamientos, tasas de movimiento, niveles freáticos y piezométricos en sitios estratégicos, mediante el uso de extensómetros y piezómetros.

El resultado final del estudio servirá para toma de decisiones en relación con el Ordenamiento Territorial y la Gestión del Riesgo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Prestar servicios para realizar la exploración geotécnica directa mediante perforaciones por rotación mecánica en diámetro de muestreo HQ, ensayos de laboratorio e instrumentación, en el barrio Villa Lucia y sus alrededores, en la ciudad de Pasto, Nariño.

2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar exploraciones geotécnicas con equipo de perforación mecánica por rotación con recuperación continua de núcleos en diámetro HQ, para 20 sitios escogidos en el área del barrio para un total de 500 metros lineales de exploración, los cuales se distribuirán en el área de estudio estratégicamente.
- Obtener muestras inalteradas de los materiales geológicos perforados para su descripción visual y para la ejecución de ensayos geotécnicos de laboratorio que permitan obtener propiedades de clasificación, parámetros de resistencia y parámetros de deformabilidad.
- Identificar la profundidad del nivel de agua detectada en cada una de las exploraciones directas ejecutadas.
- Instrumentar veinte sitios de perforación mediante la instalación de cinco piezómetros tipo Casagrande y quince extensómetros.
- Realizar monitoreo de la instrumentación instalada durante 06 meses, haciendo 12 lecturas quincenales en cada uno de los instrumentos. Una vez realizadas las lecturas se deberá entregar a la semana los reportes de las mediciones realizadas.

3 GENERALIDADES

3.1 Área de estudio

El área de estudio se ubica en la ciudad de Pasto, ocupando un área aproximada de 12.0 hectáreas. Detalles de la zona se presentan en la figura 1, destacándose el hecho que el sector presenta un desnivel aproximado de 40 metros entre sus límites. Por otro lado, se destaca que la mayor parte del terreno presenta pendientes que fluctúan entre 5 y 10 grados y hacia el sur se presentan las mayores pendientes del terreno, con inclinaciones del terreno que varían entre 20 y 30 grados. En general según INGEOMINAS (2003), los mayores problemas de subsidencia se detectaron en los sectores cuya pendiente fluctúa entre 6 y 10 grados, figura 2.

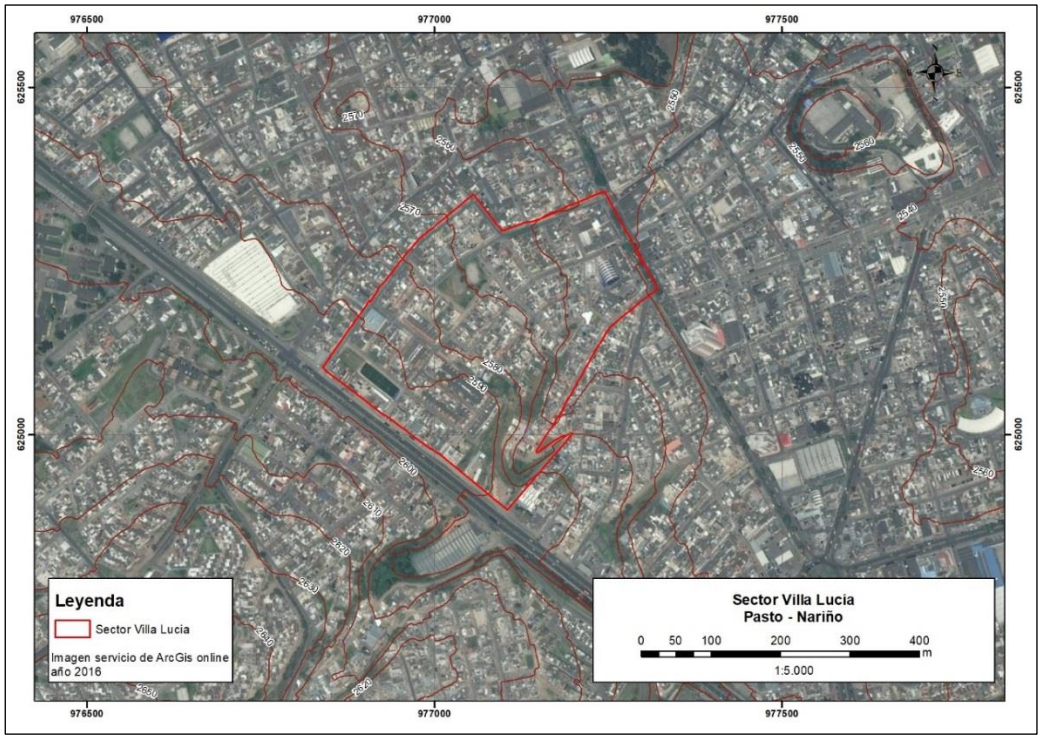


Figura 1. Localización de la zona de estudio

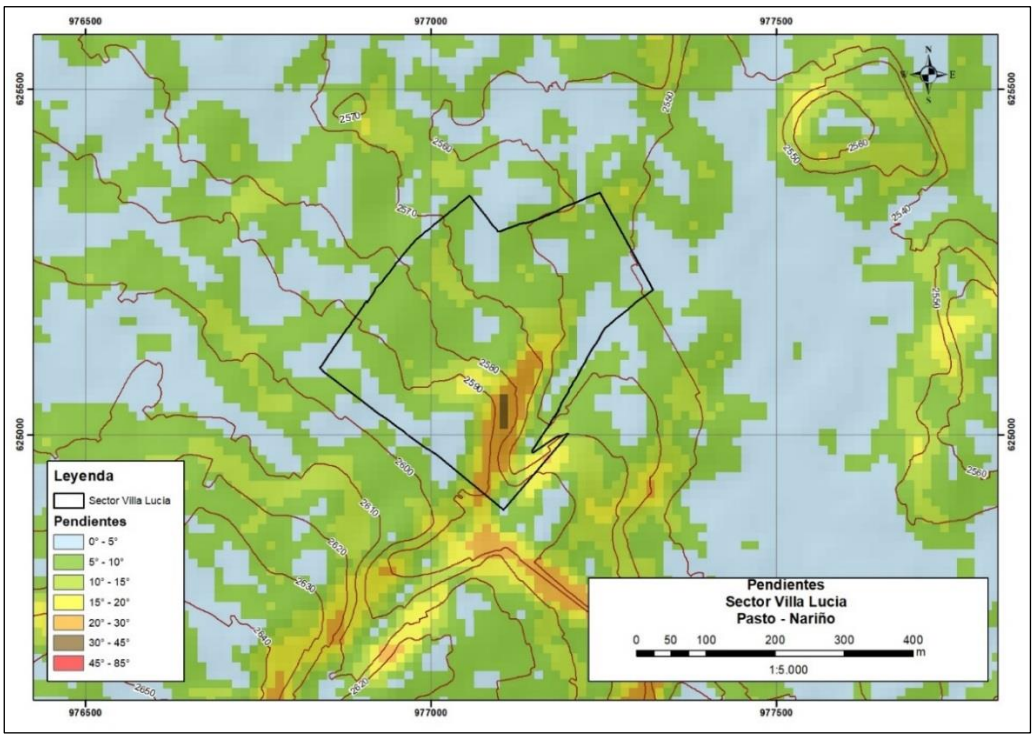


Figura 2. Mapa de pendientes de la zona de estudio

3.2 Antecedentes

En el año 1996 se identificaron los primeros problemas de inestabilidad en el Barrio Villa Lucía, los cuales se manifestaron mediante el hundimiento de viviendas y algunos tramos de las principales vías. Históricamente la explotación de las arenas se remonta al año 1949, cuando se detectan bocaminas en cercanías del barrio Villa Lucía (figura 3). Posteriormente la Universidad de Nariño adelanta un estudio en el año, que buscaba identificar la presencia de túneles mediante técnicas geofísicas. Desafortunadamente los resultados de tales pruebas no fueron concluyentes y no permitieron definir con exactitud la presencia de los túneles. De igual manera la Universidad de Nariño adelanta un censo en el que identifican 44 viviendas afectadas por el fenómeno de subsidencia. Dentro del estudio se identifican hundimientos en las vías especialmente en el tramo comprendido entre las calles 4 y 5, con carreras 21 y 21A. Como medida preventiva en ese entonces la alcaldía prohíbe el paso de vehículos pesados por el sector. Es importante destacar que Villa Lucía corresponde a una zona densamente poblada, donde se han registrado los mayores daños en las viviendas, a consecuencia de los antiguos socavones utilizados para la explotación de las arenas.



Figura 3. Bocaminas identificadas en cercanías de Villa Lucia (INGEOMINAS, 2003).
Fuente: fotografía aérea de 1949.

Dentro de las investigaciones adelantadas en el sector se destaca, el estudio denominado Evaluación de los efectos actuales de subsidencia y colapso por actividades de aprovechamiento subterránea de recursos minerales en la ciudad de San Juan de Pasto, adelantado por el entonces INGEOMINAS en el año 2003, el cual es el punto de partida para el presente estudio, ya que se realizó un inventario y análisis de la información existente hasta ese momento. En este orden de ideas, en la figura 4 se ilustra la geología del sector destacándose los siguientes aspectos:

- Geológicamente en la zona afloran básicamente tres unidades: Qflw (flujos del sector noroccidental), Qll (llenos antrópicos) y Qcac (depósitos de cauce actual). Dentro del estudio, INGEOMINAS recomienda realizar perforaciones con el fin de delimitar y definir de manera precisa los espesores de los llenos antrópicos, así como la ubicación de túneles.
- Geomorfología. En sector de Villa Lucia se destaca la presencia de las siguientes unidades geomorfológicas: A10 (rellenos antropogénicos), A5 (zonas de colapso por minería), A4 (laderas moderadas de flujos). Detalles de estas unidades se ilustran en la figura 5.

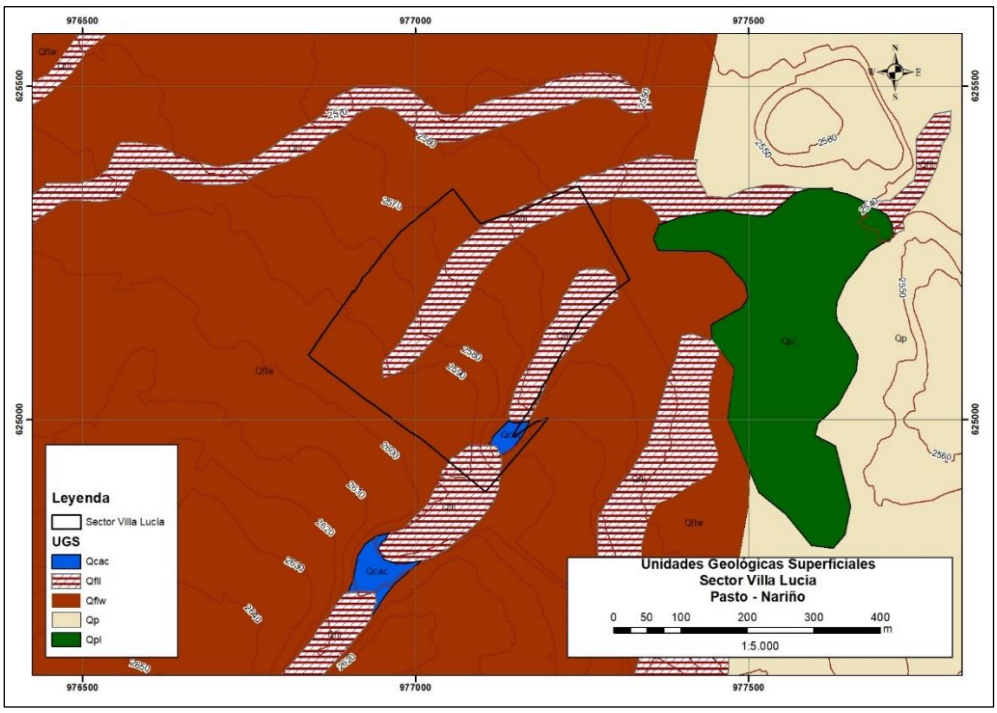


Figura 4. Afloramientos de unidades geológicas superficiales en la zona de estudio.

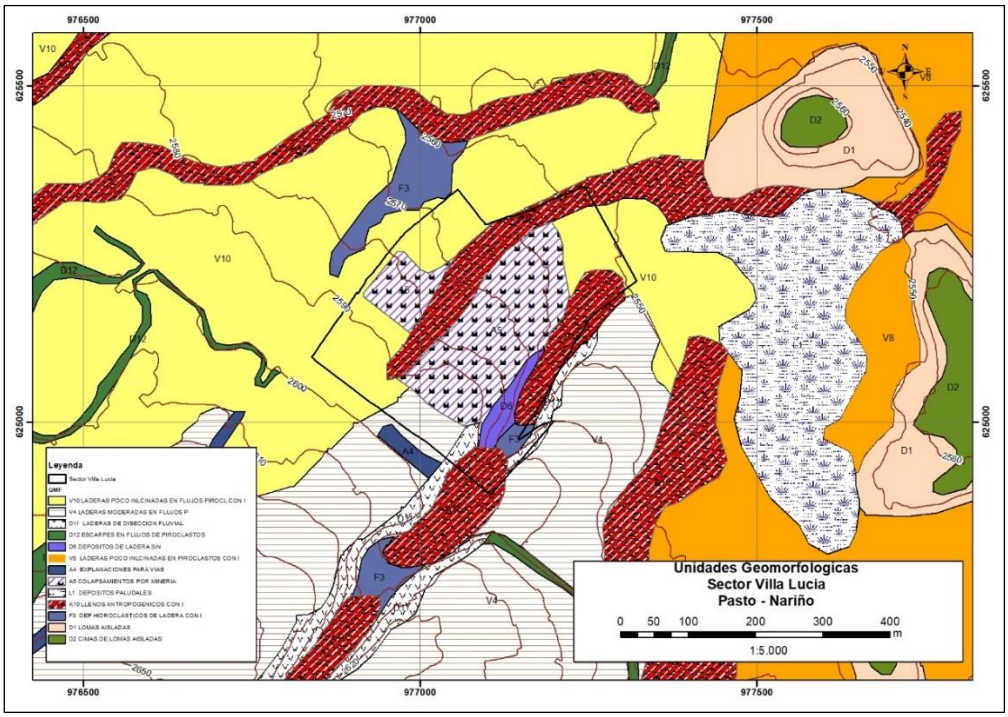


Figura 5. Unidades Geomorfológicas

4 ALCANCE DE LOS TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

4.1 Exploración geotécnica directa

Se realizará en el área urbana, específicamente en el barrio Villa Lucia y sus alrededores de la ciudad de Pasto.

- Ejecución de 20 a 25 perforaciones mecánicas con equipo de rotación, muestreo continuo, diámetro de muestreo HQ, a una profundidad de 20 a 25 metros, para un total de 500 m de perforación. El SGC definirá la profundidad de exploración para cada perforación.
- En caso de encontrarse unidades de roca o el macizo rocoso, se deberá penetrar la roca al menos 2.0 m, para finalizar la perforación, lo anterior de ninguna manera se constituye en un porcentaje estimado de perforación en roca por lo que el contratista deberá perforar todo tipo de materiales.
- Obtener muestras "inalteradas" con fines de caracterización de los materiales geológicos del área de estudio.

4.2 Ensayos de laboratorio de geotecnia

- Humedad Natural: 160 Ensayos
- Granulometría por tamizado con lavado: 60 ensayos
- Límites de consistencia: 90 ensayos
- Lavado sobre tamiz 200: 25 ensayos
- Granulometría por hidrómetro: 10 ensayos
- Gravedad especifica: 20 ensayos
- Peso unitario: 80 ensayos
- Compresión inconfinada: 25 ensayos
- Compresión triaxial - C$\bar{U}$: 25 ensayos
- Triaxial cíclicos: 25 ensayos
- Corte directo - CD, parámetros pico y residual: 25 ensayos. Duración de la prueba para la condición residual será de 4.0 horas.
- Consolidación lenta con descarga y recarga: 50 ensayos

4.3 Instrumentación geotécnica

- Suministro e instalación de tubería y aditamentos para extensómetros de araña en 15 perforaciones.

- Suministro e instalación de tubería y aditamentos para piezómetro tipo Casagrande en las 5 perforaciones.
- Ejecución de campañas de lectura de los piezómetros y extensómetros instalados durante 06 meses, con periodicidad cada 15 días, para un total de 12 campañas.

5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En la tabla 1, se relacionan las actividades a contratar con su respectiva especificación técnica.

Tabla 1. Especificaciones técnicas asociadas

ÍTEM	1. EXPLORACIÓN DE CAMPO	
	DESCRIPCIÓN	Especificación Asociada
1.1	Perforación mecánica por rotación, diámetro HQ	ASTM D2113 ASTM D5876
1.2	Suministro e instalación tubería y aditamentos para extensómetros de araña.	
1.3	Suministro e instalación tubería y aditamentos para piezómetro	ASTM D5092
ÍTEM	2. ENSAYOS DE LABORATORIO	
	DESCRIPCIÓN	Especificación Asociada
2.1	Humedad Natural	ASTM D 2216-10
2.2	Granulometría por tamizado con lavado	ASTM D 422-63 (reaprobada 2007)
2.3	Límites de consistencia	ASTM D 4318-10
2.4	Lavado sobre tamiz 200	ASTM D 422-63 (reaprobada 2007) / D-6913
2.5	Granulometría por hidrómetro	ASTM D 422-63 (reaprobada 2007) / D-6913
2.6	Gravedad especifica	ASTM D 854-10
2.7	Peso unitario	ASTM D-2937 (roca) ASTM D-854 (suelo)
2.8	Compresión inconfinada	ASTM D 2938 (roca) ASTM D 2166 - 06 (suelos)
2.9	Compresión triaxial - CŪ (3 puntos)	ASTM D 4767 - 11 ASTM D 2850/03 a (reaprobada 2007)
2.10	Triaxial cíclicos	ATM D 3999-11 y ASTM D 5311-11
2.11	Corte directo - CD, parámetros pico y residual (3 puntos). 6 carreras	ASTM D 3080/D3080M - 11
2.12	Consolidación lenta con descarga y recarga	ASTM D-2435

Fuente: autores

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

- Obtener las coordenadas de localización de cada una de las exploraciones indicadas en campo por el supervisor, expresadas en coordenadas geográficas y las correspondientes cotas en msnm, amarradas a la cartografía del IGAC en el sistema MAGNA SIRGAS. Para tal fin se recomienda que la Alcaldía de Pasto contrate la respectiva foto restitución de la zona de estudio, en escala 1:2000, y curvas de nivel cada 0.50 metros.

- Realizar perforaciones mecánicas por rotación con recuperación continúa de muestras en diámetro HQ, en un total de 500 m lineales distribuidos de la siguiente manera:

    - En la zona de estudio, se requiere de veinte (20 a 25) perforaciones mecánicas, con una profundidad de 20 a 25 m.
    - Las perforaciones se deberán realizar exclusivamente por rotación. No se aceptará el avance de perforaciones por percusión y lavado.

- Debe garantizarse en todo momento la estabilidad de la pared de perforación. Cuando se use encamisado, la punta del mismo debe avanzar hasta una cota superior a las cotas previstas del posterior muestreo. El nivel del lodo de perforación dentro de la perforación debe permanecer siempre por encima del rango de cotas del nivel freático comprobado o estimado en el sitio.

- Se deberá mantener durante las perforaciones, profesionales en Ingeniería Civil, Geología o Ingeniería Geológica 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. Para tal fin el SGC, designará un funcionario experto en supervisar las perforaciones y la instrumentación.

- La recuperación de muestras debe ser continua. Cada una de ellas debe identificarse correctamente mediante un rótulo visible que indique los nombres del Proyecto y de la perforación, fecha, número y profundidad de la muestra, longitud de recuperación y observaciones si es necesario. Las muestras deben permanecer aisladas de la intemperie, deben ser envueltas totalmente con papel aluminio y posteriormente envueltas totalmente con vinipel. El rótulo de identificación debe insertarse entre las diferentes capas de vinipel evitando que quede en contacto directo con la muestra para evitar que se humedezca. Debe indicarse sobre la muestra, la dirección de la perforación, mediante una flecha.

Las muestras envueltas deben descansar sobre canaletas semicilíndricas de PVC y posteriormente envolver el conjunto muestra-canaleta con vinipel.

- En el caso de muestras tomadas en tubos de pared delgada (Shelby), éstas no podrán ser extruidas en campo y deben transportarse en el tubo muestreador hasta el sitio de destino. En cada extremo del tubo, se debe retirar al menos 1" de suelo, que servirá para la descripción visual del material. Los extremos del tubo deben sellarse con empaquetadores plásticos expandibles.

- Para las perforaciones en materiales inconsolidados que puedan ser lavados fácilmente durante el proceso (arenas sueltas, matriz arenosa suelta de depósitos coluviales o fluvio-torrenciales, materiales finos de consistencia blanda a muy blanda, entre otros) se debe ajustar la velocidad de rotación del equipo, las condiciones del fluido de perforación y si es el caso otros parámetros mecánicos, de modo que se obtenga la mejor calidad de la muestra; en todo caso, para este tipo de materiales se debe recuperar muestras de bolsas del agua de lavado adicionales a las recuperadas con el muestreador.

- Teniendo en cuenta que las actividades a contratar tienen como fin primordial la caracterización geomecánica de los materiales encontrados en las zonas de estudio, así como determinar su disposición en profundidad, para materiales de difícil recuperación el contratista implementará las acciones necesarias, de tal forma que se garantice el muestreo continúo sin importar el tipo de material, entre las que se encuentran:

  Uso de polímeros
  Uso de bentonitas
  Reducción de la presión de hinchado de la máquina
  Reducir la cantidad y presión de agua usada en la perforación
  Reducir la velocidad de rotación en la perforación
  Reducir la longitud de la corrida a 20 o 30 cm o menos si es necesario.

- La instrumentación mediante instalación de los 10 piezómetros tipo Casagrande debe seguir los lineamientos y recomendaciones establecidos en normas técnicas del Eurocode 7 (Geotechnical design) o AASHTO T 252-09.

- Los piezómetros tipo Casagrande constan de un tramo de tubería perforado y recubierto con geotextil, que se dispone a la profundidad que se pretende monitorear, y que está en contacto exterior con material drenante (arena gruesa)

que se vierte para cumplir con la función de filtro. Suprayaciendo este nivel se materializa un sello impermeable con arcilla.

- Los extensómetros que se proponen tienen por objeto determinar las deformaciones que se presentarán en el terreno a diferentes profundidades. Para tal fin se utilizarán los extensómetros magnéticos de araña, los cuales estarán espaciados cada metro. La idea es que los deformímetros indicarán a que profundidad se estarán generando los asentamientos, así como el asentamiento total.

- 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 habitantes de la región.

- Para la elaboración del registro fotográfico del muestreo, se debe utilizar una cámara digital. Debe fotografiarse cada una de las cajas de muestras, de tal manera que se cubra eficientemente toda la caja para que la foto registre de manera visible las características de las muestras y el rótulo de la caja. Así mismo, para cada avance de perforación, debe llevarse un registro fotográfico que incluya al menos una imagen en primer plano del total de muestras recuperadas y además fotografías de detalle de cada tramo de muestra. Se recomienda que una vez se tome cada fotografía, se revise su calidad (foco, nitidez, etc.) a fin de descartar aquellas de baja calidad y proceder a repetir la captura de la imagen hasta garantizar las mejores imágenes.

- Todos los elementos e insumos necesarios para la ejecución de los trabajos deben ser suministrados y asumidos por el Contratista.

- El Contratista debe tener en cuenta que debe asumir los gastos correspondientes a la adecuación de accesos y de espacios requeridos para la ejecución de las exploraciones.

- El laboratorio de geotecnia propuesto para la ejecución de los ensayos de clasificación, resistencia y compresibilidad a las muestras recuperadas debe contar con calibración vigente del triaxial, y corte directo.

- Los ensayos de corte directo se deberán realizar según la clasificación del material, aplicando los tiempos de falla establecidos en la tabla 2. Sin embargo, para la condición residual la duración mínima de la prueba será de 4 horas.

- Para los ensayos triaxiales dinámicos, se deberá entregar las curvas de variación de la rigidez con la deformación y del amortiguamiento con la deformación.

Tabla 2. Tiempo de falla

USCS Classification (D2487)	Minimum Time to Failure, t_f
SW, SP (<5% fines)	10 min
SW-SM, SP_SM, SM (>5% fines)	60 min
SC, ML, CL, SP-SC	200 min
MH, CH	24 h

NOTE 15—The tabulated times are based on estimates of typical normally consolidated coefficient of consolidation values for each soil type and a 1 cm drainage path. A particular soil can vary considerably from these typical values. Square root of time interpretations can yield erroneously fast rates of consolidation for partly saturated or very stiff materials. Shearing overconsolidated specimens will soften the material in

Fuente: ASTM D2487

6 METODOLOGÍA DE TRABAJO

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

- Recopilación y análisis de información. Es obligación del contratista recopilar y analizar información de tipo geológico y geomorfológico relevante de las zonas de estudio.
- Las perforaciones se deberán planear concertadamente con el supervisor designado, con el fin de garantizar la integralidad de las investigaciones. Los equipos para llevar a cabo estas actividades deberán estar en buen estado y debidamente verificados con el fin de garantizar la calidad de los trabajos.
- El contratista deberá adelantar las perforaciones en las cuales se implementará la instrumentación, en los lugares indicados.
- El contratista remitirá al o a los laboratorios, las muestras recuperadas de forma periódica, por lo menos una vez por semana, garantizando el cumplimiento del cronograma aprobado.
- Registro de campo detallado de perforación: Se debe realizar un registro detallado de campo, con descripción gráfica y registro fotográfico detallado, que incluya nomenclatura, el punto de referencia para todas las medidas de profundidad, localización, cota de inicio y terminación del punto exploratorio, equipo, sistema de perforación utilizado, sistema de muestreo, columna estratigráfica en la cual se incluya la descripción de cada estrato y profundidades del techo y base de cada uno, profundidad total de la perforación, niveles freáticos o niveles de agua en cada punto exploratorio, incluyendo toda observación sobre condiciones de agua, adicionar la información pertinente requerida por las especificaciones del sondeo. Tipo de muestra, profundidad de la muestra tomada y longitud de recuperación. Debe realizarse una descripción detallada de la textura, plasticidad, color y demás características geotécnicas básicas que puedan relacionarse. Durante la perforación, debe mantenerse un registro de tiempo que muestre la tasa de penetración, los tipos de brocas utilizadas en cada porción de la perforación y una cualificación del nivel de pérdidas del agua de perforación (bajo, medio, alto). El registro de campo de perforación será diligenciado por el residente en el formato aprobado por el supervisor; una vez finalizada cada perforación se debe entregar al supervisor una copia legible del registro correspondiente, al día siguiente de haber finalizado la perforación, el contratista hará entrega en limpio del archivo nativo del registro de campo de la perforación.
- 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, inventario de muestras tomadas, inventario de muestras remitidas al laboratorio, perfiles de exploración obtenidos con el respectivo registro fotográfico. Los informes se entregarán al supervisor o quien esté designado para su revisión y discusión conjunta el día de la reunión semanal entre las partes que se establezca en la ejecución del contrato.

- El plan de ensayos de laboratorio sobre las muestras de suelo y/o roca seleccionadas, será definido por el supervisor técnico. El envío de la totalidad de las muestras al laboratorio debe realizarse según las especificaciones dadas anteriormente, con el fin de optimizar los tiempos de ejecución de la fase de ensayos de laboratorio y garantizar la ejecución del contrato en el tiempo establecido.
    - Tubería PVC y aditamentos para piezómetro tipo Casagrande en 5 perforaciones y diámetro de 1” a 1.5.
- Los Piezómetros tipo Casagrande deben cumplir las especificaciones mostradas en la figura 6.

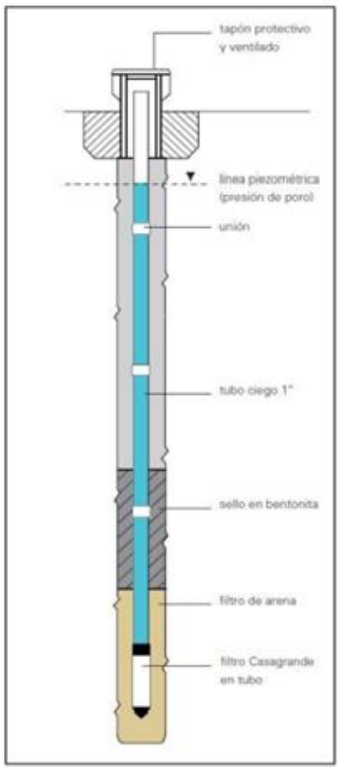


Figura 6. Esquema del piezómetro tipo Casagrande
Fuente: SISGEO, 2016

- El sistema de los extensómetros de araña o magnéticos consiste en una sonda, un cable graduado, un carrete con luz y vibrador o timbre, e imanes colocados a lo largo de la tubería de acceso. Estos imanes están a lo largo de la tubería (cada metro) y cambian de posición conforme el suelo circundante se mueva. Para obtener las mediciones, se introduce la sonda en la tubería y cuando pasa por un campo magnético el carrete en la superficie alumbra y vibra dando la señal al operador de revisar la profundidad y la graduación del cable. Los asentamientos se calculan con la diferencia de la profundidad de los imanes con respecto a las profundidades iniciales. La idea básica es ubicar en lo posible estos extensómetros en cercanías de los túneles construidos en el pasado. La configuración del extensómetro se ilustra en la figura 7, en la que es necesario llevar a cabo las siguientes actividades:

    - Profundidad de exploración:20.0 metros
    - Separación de las arañas cada metro
    - El espacio existente entre la tubería y las paredes de la excavación se deberán rellenar con bentonita. Se deberá garantizar en todo momento la verticalidad de las perforaciones.
    - El consultor deberá presentar gráficas de sentamiento contra tiempo para cada una de las arañas, así como el asentamiento total.
    - Materialización de punto de referencia al lado del extensómetro para control topográfico. Estos puntos tienen por objeto, amarrar las lecturas de los extensómetros en profundidad, con un punto de referencia externo a la zona previamente establecido por el SGC. En la figura 8, se ilustra la materialización de un punto de referencia.

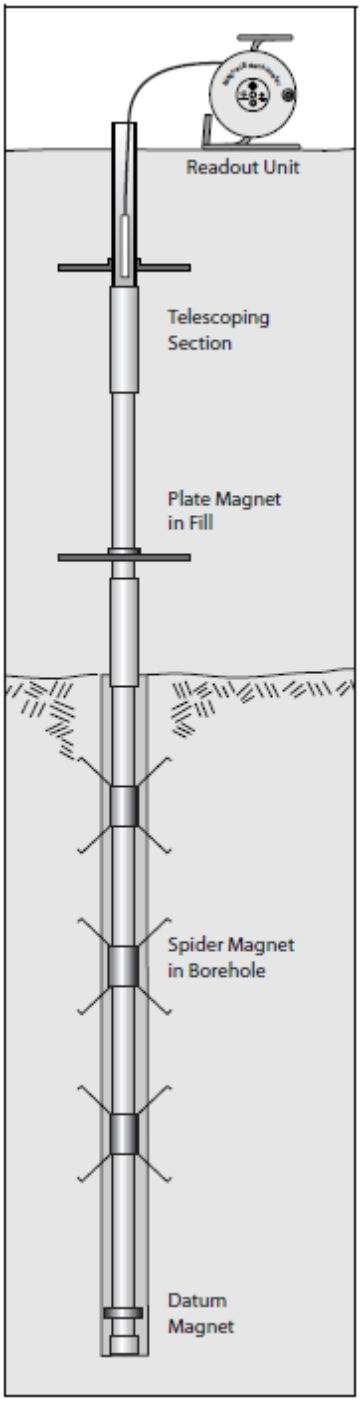


Figura 7. Configuración típica del extensómetro.



Figura 8. Esquema de un punto de control, para medición de sentamientos totales del terreno.

- Luego de terminadas las perforaciones donde se realizará la instrumentación geotécnica y una vez instaladas adecuadamente las tuberías requeridas, se debe proteger el tope de las mismas mediante la construcción de un elemento de concreto y/o mampostería y una tapa metálica con candado de seguridad. Sobre cada uno de estos elementos se debe colocar una placa de identificación, la cual mostrará los datos de coordenadas y cota del pozo, identificación del contrato mediante el cual se instaló dicho instrumento, fecha de finalización de la perforación y profundidad perforada. El sitio donde se ejecutó la perforación debe entregarse limpio y en las mismas condiciones encontradas previo a los trabajos.
- Se deberá detallar en el informe técnico el o los tipos de procesamientos, análisis e interpretaciones realizadas. Las memorias y resultados serán revisadas por el supervisor. Se deberá entregar al final un registro de datos de campo detallado. Si es del caso, se deberán dar respuesta a las inquietudes y hacer los ajustes que fuesen necesarios.
- Presentación mediante columnas geológicas estratigráficas de cada sitio de exploración, las descripciones de las perforaciones.
- Realizar la totalidad de los ensayos de laboratorio durante los primeros 40 días calendario de iniciado la actividad de exploración.

7 OBLIGACIONES ESPECÍFICAS DEL CONTRATISTA

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.
- Garantizar la penetración en todo tipo de material, para lo cual deberá contar con los elementos de perforación necesarios, asegurando en todo momento la calidad de las muestras obtenidas.
- Cumplir con el metraje lineal de perforación contratado. Si bien, la profundidad definitiva de las perforaciones puede presentar variaciones con respecto a los promedios estimados, de acuerdo con el tipo y distribución de los materiales encontrados, la longitud total de perforación no será menor a la mínima indicada en los alcances.
- El muestreo será continuo y se propenderá por la recuperación completa de la columna.
- Finalizadas cada una de las perforaciones, suministrar e instalar la tubería y aditamentos del piezómetro.
- Finalizada la instalación de la instrumentación se deberá proceder al sellado del pozo, con la colocación de una placa de identificación, según se especificó previamente y a la restauración de los lugares intervenidos que permita su correspondencia con el entorno.
- Realizar los ensayos geotécnicos a las muestras, según el tipo y cantidades mínimas ya mencionadas.
- Nota: Las muestras no utilizadas para los ensayos antes mencionados deben entregarse debidamente identificadas, embaladas y empacadas.
- 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.
- Todos los elementos e insumos necesarios para la ejecución de las perforaciones deben ser suministrados y asumidos por el contratista.
- Contar con todos los profesionales y técnicos que se requieran para cumplir cabalmente el contrato, además del personal mínimo exigido.
- 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.
- Considerando que para la ejecución de trabajos de campo se requiere alguna mano de obra no calificada, es recomendable y beneficioso para el proyecto, el procurar involucrar y ofrecer trabajo temporal a la comunidad, de tal forma que ésta no adopte una posición adversa al proyecto, sino que haya una concertación con la comunidad sobre las medidas a adoptar en el terreno para el buen desarrollo de los trabajos (guías, ayudantes, trocheros, vigilantes, entre otros).
- 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.
- Contar con vehículos u otros medios de transporte para la movilización del personal, equipos y muestras de suelo o roca, de tal forma que asegure el cumplimiento del cronograma, además deberá disponer para la ejecución de los trabajos de todos los permisos, autorizaciones, controles, dispositivos, medidas preventivas y requisitos legales vigentes exigidos por el Ministerio de Transporte y demás autoridades de tránsito regionales y nacionales.
- El Contratista deberá cumplir con un Plan de Manejo Ambiental y un Plan de Seguridad Industrial. El Plan de Manejo ambiental debe establecer explícitamente que, para la ejecución de los trabajos, el Contratista no podrá utilizar agua extraída directa o indirectamente de fuentes naturales como: nacederos, corrientes, lagos o lagunas, cualquiera que sea su tamaño.
- El transporte de los equipos queda a cargo del contratista. El contratista debe tener en cuenta las dificultades de acceso, la presencia de cercas, la localización de las fuentes de agua y la gestión de 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.
- 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.

- 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.
- 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

Por lo menos dos (2) equipos de perforación por rotación, que operarán simultáneamente, estos equipos deberán tener una potencia mínima del motor de 50 HP y antigüedad no mayor a 15 años.

El oferente debe 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, modelo, marca y estado).

No se aceptarán equipos remanufacturados ni repotenciados y que no cuenten con la capacidad suficiente para el logro eficiente de los resultados.

El contratista deberá certificar que cuenta tanto con los equipos de campo como de oficina adecuados para cumplir el objeto de la contratación. Estos deben ser de marcas reconocidas en el mercado y con la capacidad suficiente para el logro eficiente de los resultados. Para los ensayos de laboratorio el contratista deberá demostrar la propiedad de los equipos o anexar carta de disponibilidad de los mismos.

9 PRODUCTOS ESPERADOS

Todos los productos que a continuación se relacionan deben entregarse en formatos análogo y digital:

- Informes semanales de avance que relacionarán como mínimo: las generalidades del contrato, un resumen de las actividades realizadas durante el período, registros de campo, resultados parciales, fotografías, porcentaje de avance, imprevistos, entre otros (máximo 5 páginas).

- Dos copias del informe final en formato análogo, que además deberá tener como anexo copia magnética en formato Word, compatible con todas las versiones de Windows y una versión en formato PDF en donde se incluyan las memorias de campo y el procesamiento de datos.

Contenido mínimo del informe final:

1. GENERALIDADES
   - 1.1 Alcance del estudio
   - 1.2 Organización del informe
   - 1.3 Descripción de actividades realizadas
2. BASE TOPOGRÁFICA CON LOCALIZACIÓN DE SITIOS DE EXPLORACIÓN
   - 2.1 Método de trabajo
   - 2.2 Relacionar e indicar los puntos
3. EXPLORACIÓN DIRECTA
   - 3.1 Criterios
   - 3.2 Investigación del subsuelo
   - 3.3 Registros
4. ENSAYOS DE LABORATORIO
5. CONCLUSIONES
6. BIBLIOGRAFÍA
7. ANEXOS

En el capítulo de exploración del subsuelo 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.

Formatos de las columnas estratigráficas de las perforaciones en medio magnético y análogo; registro fotográfico del trabajo de campo que complemente, 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 localización de las exploraciones. Cada punto 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 muestras y aspectos de los trabajos realizados

Formatos de los ensayos de laboratorio y de campo realizados, en medio físico y magnético, junto con las memorias de cálculo de cada uno de ellos.

- Acta de permiso para realizar labores de exploración del subsuelo (debidamente diligenciada), para cada punto de exploración.
- Informes de avance semanal y un (1) informe final de las campañas de instrumentación geotécnica y ensayos de laboratorio.

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 un original y una copia de cada informe presentado junto con sus anexos.

10 PERSONAL REQUERIDO

Para la realización del plan de exploración geotécnica se deberá contar con un equipo de trabajo, el cual deberá cumplir como mínimo con las condiciones indicadas en la tabla 3.

Tabla 3. Condiciones de personal

Cargo	**Perfil**	**Experiencia mínima**	**Cantidad**	**Dedicación**	
				Tiempo	**Porcentaje**
Director de Proyecto	Profesional en Ingeniería Civil, Geólogo o Ingeniero Geólogo, Maestría en Geotecnia	Director de 4 estudios o proyectos de geotecnia (consultoría o institucionales)[1]	1	2 meses	20%
Residente de proyecto 1	Profesional en Ingeniería Civil, Geólogo o Ingeniero Geólogo	Participación en 4 estudios o proyectos de geotecnia (consultoría o institucionales)[2]	2	2 mes	100%
Técnico de perforación	Operario		2	1 mes	100%
Auxiliar de perforación	-	-	4	1 mes	100%

Notas:1. No se incluyen interventoría, 2. No se incluye experiencia como profesional auxiliar

11 PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de los trabajos será de DOS (2) meses.

12 BIBLIOGRAFÍA

ASTM D3999-11. Determination of the Modulus and Damping Properties of Soils Using the Cyclic Triaxial Apparatus

ASTM D5311-11. Load Controlled Cyclic Triaxial Strength of Soil.

Dunnicliff, J. (1988). Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Perfomance. John Wiley & Sons

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la zona de estudio 5
Figura 2. Mapa de pendientes de la zona de estudio 6
Figura 3. Bocaminas identificadas en cercanías de Villa Lucia (INGEOMINAS, 2003). 7
Figura 4. Afloramientos de unidades geológicas superficiales en la zona de estudio. 8
Figura 5. Unidades Geomorfológicas 8
Figura 6. Esquema del piezómetro tipo Casagrande 17
Figura 7. Configuración típica del extensómetro. 19
Figura 8. Esquema de un punto de control, para medición de sentamientos totales del terreno. 20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas asociadas 11
Tabla 2. Tiempo de falla 15
Tabla 3. Condiciones de personal 27