ALCALDÍA DE MONTERREY CASANARE

NIT 891857 824-3

ACTA DE RECIBO

**Acta de Recibo del CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 000678 cuyo objeto es "ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL PROYECTO PASO ELEVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE LA PACHERA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY, CASANARE."**

| | |
|---|---|
| TIPO DE CONTRATO | CONTRATO DE CONSULTORÍA |
| CONTRATO No. | 000678 |
| OBJETO DEL CONTRATO | ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL PROYECTO PASO ELEVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE LA PACHERA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY, CASANARE. |
| PLAZO DE EJECUCIÓN INICIAL | Un (1) MES |
| PLAZO DEL ADICIONAL | |
| FECHA DE INICIO | 2025-01-17 |
| FECHA TERMINACIÓN CONTRACTUAL | 2025-02-16 |
| VALOR INICIAL CONTRATO | $29.689.522,00 M.L.C. |
| VALOR ADICIONES CONTRATO | $0,00 M.L.C. |
| CONTRATISTA | CIDEC INGENIERÍA S.A.S. R.L./ |
| SUPERVISOR | JORGE ANDRES MONTES PULIDO |

En Monterrey - Casanare, a los Once(11) días del mes de Junio de 2025, se reunieron JORGE ANDRES MONTES PULIDO, JEFE OFICINA ASESORA DE PLANEACIÓN, quien actúa en su calidad de supervisor, y por otra parte PAULA LYNNET AVELLA ZABALA, identificado(a) con cédula de ciudadanía 1118566199 de YOPAL, representante legal de(l-la) CIDEC INGENIERÍA S.A.S. R.L./ con NIT 844002681-7 en su condición de Contratista, con el fin de constatar el estado del servicio del objeto del CONTRATO DE CONSULTORÍA anteriormente citado, hacer entrega de dicho objeto por parte del contratista y recibir por parte de la supervisor el objeto ejecutado.

ESTADO GENERAL DEL CONTRATO.

| Acta No. | Tiempo |
|---|---|
| - | - |

Una vez realizada la inspección total del objeto, se constató que a la fecha del Once(11) días del mes de Junio de 2025 el objeto terminado se encuentra ejecutado en un 100% de satisfacción de acuerdo con lo establecido con el CONTRATO DE CONSULTORÍA.En consecuencia, el contratista hace entrega real y efectiva del objeto ejecutado al supervisor y éste lo recibe a la fecha del Once(11) días del mes de Junio de 2025.

La terminación del objeto no releva al contratista de sus responsabilidades y obligaciones a que hace referencia el CONTRATO DE CONSULTORÍAy las normas legales vigentes. Así mismo, el contratista se compromete a mantener las garantías de conformidad con lo estipulado en el CONTRATO DE CONSULTORÍA.

Hace parte integral de la presente acta, el informe de ejecución que contiene los registros y soportes del desarrollo del contrato y que se detalla en el anexo a la presente acta.

Para constancia de lo anterior, firman la presente acta los que en ella intervinieron el día Once(11) días del mes de Junio de 2025.



Carrera 6 # 15-72
Código Postal 855 010
Pbx (8) 624 9890
www.Monterrey-Casanare.gov.co

**ACTA DE RECIBO**

**Acta de Recibo del CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 000678 cuyo objeto es "ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL PROYECTO PASO ELEVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE LA PACHERA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY, CASANARE."**

Observaciones:

JORGE ANDRES MONTES PULIDO
**Supervisor(a) Supervisor(a)**

PAULA LYNNET AVELLA ZABALA R/L CIDEC INGENIERÍA S.A.S. R.L./
**Contratista**

Karen Lorena Campo V.
**Proyecto:** KAREN LORENA CAMPO VEGA



Carrera 6 # 15-72
Código Postal 855 010
Pbx (8) 624 9890
www.Monterrey-Casanare.gov.co

SC-CER576642

# INFORME DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES

## CONTRATO DE CONSULTORIA No. TRD-103-13-000678 DE 2024, ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL PROYECTO PASO ELEVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE LA PACHERA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY – CASANARE

PRESENTADO POR
CIDEC INGENIERIA SAS

ALCALDÍA DE MONTERREY CASANARE
25 DE ABRIL DE 2025

Contenido


1. INTRODUCCIÓN ..... 3
1.1. LOCALIZACIÓN ..... 3
1.2. ALCANCE ..... 4
1.3. INFORMACIÓN GENERAL DEL CONTRATO ..... 4
2. CRONOLOGÍA DEL CONTRATO ..... 5
2.1. CONTROL Y AVANCE DE CONSULTORIA ..... 5
2.2. SEGURIDAD INDUSTRIAL ..... 5
3. INFORME ADMINISTRATIVO ..... 6
3.2. INFORME EJECUTIVO DE PÓLIZAS ..... 6
3.3. CONCLUSIONES ..... 7

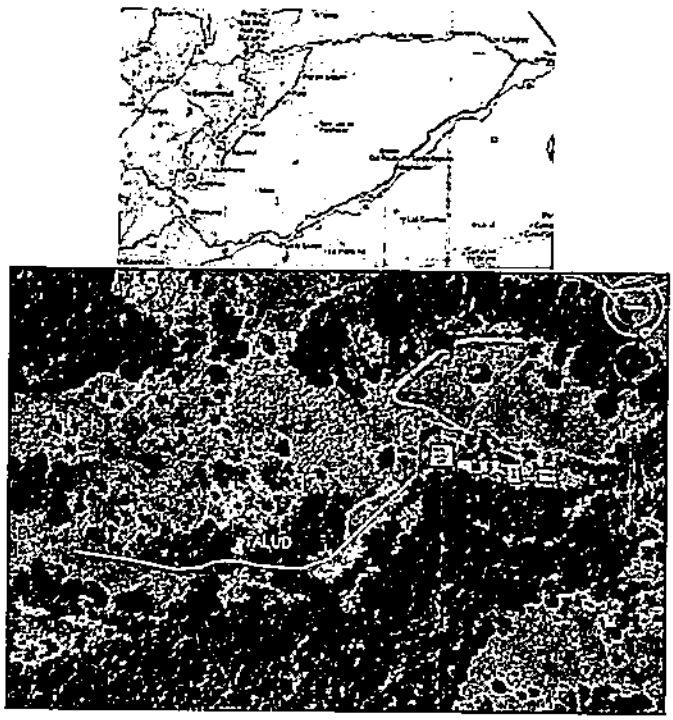
# 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene la finalidad de dar a conocer los aspectos generales de la ejecución del contrato de consultoría CONTRATO DE PÚBLICA No. 678 de 2024 "ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL PROYECTO PASO ELEVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE LA PACHERA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY – CASANARE."

Primeramente, se describe las características importantes del municipio de Monterrey, seguido de la información general del contrato, las actividades contratadas, la descripción de los resultados del análisis de estabilidad del talud y las conclusiones del mismo

## 1.1. LOCALIZACIÓN

El proyecto se localiza en el municipio de Monterrey Departamento de Casanare en el Centro de Servicios Administrativos de la Alcaldía Municipal ubicado en el área rural de la vereda La Tigrana, en cercanías de la planta de tratamiento de agua potable del acueducto La Pachera.




Fuente: Google Earth

## 1.2. ALCANCE

El presente contrato de consultoría tiene por objeto realizar el análisis de la estabilidad del talud por donde paralelamente a una distancia de 2 metros de la cara del talud transita la tubería de conducción de agua potable que se traslada desde la PTAP de La Pachera hacia la el casco urbano de Monterrey Casanare.

Este estudio realizó el análisis de estabilidad del talud bajo las condiciones existentes, teniendo como precedente que actualmente se esta llevando a acabo la gestión para la construcción de un paso elevado que permita el paso seguro de la línea de conducción de agua potable. Lo anterior teniendo en consideración que esta es la solución adoptada, consistente en eludir la zona afectada por un movimiento de remoción en masa durante el año 2022.

## 1.3. INFORMACIÓN GENERAL DEL CONTRATO

| | |
|---|---|
| CONTRATO DE CONSULTORIA N°: | 000678 de 2024 |
| FECHA DEL CONTRATO | 26-12-2024 |
| CONTRATISTA: | CIDEC INGENIERIA SAS |
| REPRESENTANTE LEGAL | PAULA LYNNET AVELLA ZABALA |
| NIT | 844.002.681-7 |
| OBJETO: | "ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL PROYECTO PASO ELEVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE LA PACHERA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY – CASANARE" |
| VALOR INICIAL: | $29.689.344,00 M/CTE |
| PLAZO: | UN (1) MES |
| ACTA DE INICIO: | 17 de enero de 2025 |

| | |
|---|---|
| FECHA DE TERMINACIÓN CONTRACTUAL: | 16 de febrero de 2025 |

## 2. CRONOLOGÍA DEL CONTRATO

| | |
|---|---|
| APROBACIÓN DEL CONTRATO | 26 de diciembre de 2024 |
| PLAZO INICIAL | un (1) mes |
| FECHA DE ACTA DE INICIO | 17 de enero de 2025 |
| FECHA DE TERMINACIÓN CONTRACTUAL | 16 de febrero de 2025 |

### 2.1. CONTROL Y AVANCE DE CONSULTORIA

El porcentaje de ejecución de las actividades contratadas es del 100%:

| ITEM | 1. COSTOS DE PERSONAL | | | | | | | Plazo | 1 | Meses | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | PERSONAL | PERFIL PROFESIONAL | CANT | SUELDO MES | meses | PARTICIPACION (H-MES) | VR. BASICO | F.M. | VR. PARCIAL | | |
| PERSONAL | | | | | | | | | | | |
| 1 1 | INGENIERO CIVIL ESPECIALISTA EN GEOTECNIA (CATEGORIA 4) | Profesional con título de ingeniería civil con experiencia profesional no menor de seis (6) años, y relacionada de al menos dos (2) años, y acreditar título de especialista en el área de geotecnia | 1 | $ 7.100.000 00 | 1.00 | 100% | $ 7.100.000 00 | 2.05 | $ 14.555.000 00 | | |
| TOTAL COSTOS DE PERSONAL | | | | | | | $ 7.100.000.00 | | $ 14.555.000.00 | | |
| 2. COSTOS DIRECTOS | | | | | | | | | | | |
| CONCEPTO | | | UND | VALOR / MES | CANT | UTILIZACION (H-MES) | VR. PARCIAL | | | | |
| Transporte | | | | | | | | | | | |
| Comisión topográfica que incluye<br>- personal. Topógrafo certificado, dos cadeneros<br>- Equipos con certificados de verificación y ajuste vigentes para estación total, nivel de precisión<br>- radios, gps y otros medios de comunicación<br>- procesamiento de información planos en medio físico y magnético e informe impreso | | | dia | 935.305 00 | 11.00 | 50% | $ 5.144.178.00 | | | | |
| Exploración geotécnica sondeos y ensayos de laboratorio para puentes en suelos (G,S,Al, C), Incluye perforación manual a 7 metros aproximadamente. | | | sondeo | 3.500.000 00 | 3.00 | 50% | $ 5.250.000 00 | | | | |

### 2.2. SEGURIDAD INDUSTRIAL.

Se han generado los requerimientos de seguridad y salud en el trabajo para garantizar el óptimo desarrollo de las diferentes actividades programadas por el contratista, de igual manera se proporcionaron los elementos de

protección personal con el fin de minimizar los riesgos que estos pueden sufrir mientras se ejecutaban las actividades.

El contratista al momento de contratar el los servicios de la comisión de topografía y el laboratorio de suelos, verifico los siguientes elementos de seguridad:

- Mono gafas
- Tapa bocas
- Casco
- Guantes
- Botas

De acuerdo con lo anteriormente mencionado todo el personal que realizo actividades en campo incluyendo el geotecnista cumplieron con el uso adecuado de elementos de protección personal.

## 3. INFORME ADMINISTRATIVO

### 3.1. Personal de la Consultoría

| No | Nombres y Apellidos | Cargo | Fecha de ingreso | Fecha de retiro |
|---|---|---|---|---|
| 1 | CAMILO ANDRES GARCIA DIAZ | ESPECIALSITA EN GEOTECNIA | 17-01-2025 | 16-2-2025 |

### 3.2. INFORME EJECUTIVO DE PÓLIZAS

Se revisan las pólizas cumpliendo con todos los amparos solicitados en el contrato de consultoría N° 000678 de 2024 cuyo objeto es: "ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL PROYECTO PASO ELEVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE LA PACHERA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY, CASANARE", con representante legal PAULA LYNNET AVELLA ZABALA; verificando los amparos frente a lo estipulado en dicho contrato, considerando los montos y vigencias que se hayan previsto.

Las pólizas **No. 625-47-994000001193** de cumplimiento, que amparan el Contrato de consultoría No. 000678 de 2024, fueron expedidas por la Compañía de **ASEGURADORA SOLIDARIA DE COLOMBIA**

| COMPAÑÍA | Nº DE POLIZA | AMPAROS | VIGENCIA DESDE | HASTA | VALOR |
|---|---|---|---|---|---|
| SOLIDARIA | 6625-47-994000001193 Anexo 1 | CUMPLIMIENTO | 26/12/2024 | 27/05/2025 | $ 2.968.952.20 |
| | | PAGO DE SALARIOS PRESTACIONES SOCIALES E IND | 26/12/2024 | 27/01/2028 | $ 1.484.476.10 |
| | | CALIDAD DEL SERVICIO | 17/02/2025 | 17/07/2025 | $ 2.968.952.20 |

NOTA: Se encuentra vigente la Garantía Única de Cumplimiento para cada uno de los amparos de Cumplimiento, buen manejo de anticipo y calidad de obra. Las anteriores pólizas se encuentran debidamente aprobadas.

### 3.3. CONCLUSIONES

El contratista de consultoría cumple con las obligaciones técnicas del alcance del proyecto; el cual consiste en el análisis de estabilidad del talud del proyecto paso elevado de la planta de tratamiento de aguas potable La Pachera del municipio de Monterrey, Casanare.

Se resalta que el informe de análisis de estabilidad, concluye que:

- *"Para este estudio se realizaron ensayos de campo, laboratorio y se correlacionaron valores de los parámetros con base en las propiedades geomecánicas asignadas a los materiales según el modelo de Backanalysis correspondientes a Cohesión de (C´) de 30 kPa y Angulo de Fricción (Fi´) de 38. En consecuencia, de la metodología del análisis de estabilidad del talud objeto de estudio, se determina que encuentra estable bajo las condiciones actuales; toda vez, que se supera los factores de seguridad (F.S) mínimos correspondientes a 1.3 para condición estática y 1.1 para psudoestatico (evento extremo), con resultados por el método critico modelado (Janbu Simplified) de F.S= 1.76 en condición estática y de F.S= 1.21 en evento extremo. En virtud de los resultados del modelo de análisis de estabilidad de talud, este es estable ante eventos de*

*deslizamiento según su geometría actual; por consiguiente, no se requieren obras de estabilización del mismo*".

- Los análisis, comentarios y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación y alcances de la consultoría. Se debe llevar un registro periódico de las observaciones de estabilidad del talud y/o un inventario de movimientos de remoción en masa (caídas, volcamientos, desprendimientos de bloques, flujos o pequeños deslizamientos), este insumo permitirá alerta de alteraciones metaestables y prevenir mediante intervenciones oportunas la posible inestabilidad general del talud

Atentamente,

**R/L PAULA LYNNET AVELLA ZABALA**

CIDEC INGENIERIA SAS

**CONTRATO DE CONSULTORIA No. TRD-103-13-000678 DE 2024**

# ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL PROYECTO PASO ELEVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE LA PACHERA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY – CASANARE


**ELABORADO POR**
**CIDEC INGENIERÍA**
**SAS.**


**PRESENTADO AL MUNICIPIO DE MONTERREY- CASANARE**

**C-OO1-2025**

**V_01**

**MONTERREY- CASANARE**

**FEBRERO DEL 2025**

## INTRODUCCIÓN.

La Alcaldía de Monterrey Casanare, solicita la ejecución de un análisis de estabilidad del talud en la zona rural del municipio de Monterrey, departamento de Casanare, sobre un talud adyacente a la Línea Conducción de agua potable que abastece al área urbana de Monterrey.

La zona objeto de estudio se encuentra ubicada a aproximadamente 250 m de la PTAP de La Pachera- Vereda Tigrana, localizado en el piedemonte llanero. En la actualidad la tubería de conducción se encuentra sorteando un vano de 20 m con la asistencia de cables trenzados de acero tipo guayas permitiendo la suspensión de la conducción de agua potable a través de la inestabilidad por derrumbe de ladera del sector objeto de análisis, la proyección de la obra civil definitiva planeada consiste en un paso elevado para la tubería eludiendo la zona propensa a movimientos de remoción en masa del talud que presento afectación.

En virtud de lo expuesto con anterioridad y el alcance del contrato de obra; el presente análisis de estabilidad del talud considera el conocimiento del subsuelo del talud en el que se presentó el fenómeno de remoción en masa, la caracterización del movimiento ocurrido producto de la emergencia, la evaluación de las condiciones actuales de estabilidad y las posibles obras o recomendaciones para prevenir sucesos que afecten el nuevo alineamiento propuesto por los estudios y diseños del paso elevado.

La exploración del subsuelo de acuerdo con las actividades presupuestadas y programadas por la Entidad Contratante y las ejecutables en criterio del profesional en geotecnia para el conocimiento del subsuelo, abarca la ejecución de tres (3) sondeos manuales, mediante la ejecución del trabajo de excavación con equipo manual, realizando ensayos en campo y recuperando muestras para los ensayos de laboratorio para la determinación de las propiedades de cada uno de los materiales en el lugar según, el espesor que conforma cada estrato en el perfil de suelo hallado, en cuyo caso consiste en depósitos aluviales matriz soportados y en mayor profundidad clasto soportados. Se incluye la caracterización de los materiales que se reportan, basada en las propiedades básicas, físicas e Indices, además de los parámetros mecánicos de los estratos existentes mediante la realización de pruebas de laboratorio como humedad natural, lavado en tamiz No 200, granulometría, gravedad especifica, peso unitario y corte directo. Además de las pruebas directas en campo, como lo es el ensayo de SPT (el cual tiene baja incidencia por el tipo de suelo encontrado).

En este informe se da a conocer en primera instancia los aspectos generales del Municipio de Monterrey - Casanare, y de la zona donde se ubica el sitio objeto del estudio de analisis, luego se describe el proyecto y la metodología utilizada para el estudio, posteriormente se analiza la información de campo y laboratorio, con base en esta se determina los

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 4
1. GENERALIDADES 6
1.1. LOCALIZACIÓN 6
1.2. GEOLOGÍA REGIONAL 8
1.3. GEOLOGÍA LOCAL 8
1.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL 11
1.4. HIDROGRAFÍA 11
1.5. GEOMORFOLOGIA 11
2. CLASIFICACIÓN DE LA COMPLEJIDAD DEL PROYECTO 14
3. EXPLORACIÓN DEL SUB-SUELO 15
4. ENSAYOS DE LABORATORIO 17
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS 18
5.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO PROMEDIO 18
5.2. PROPIEDADES ÍNDICE 21
5.3. PROPIEDADES GEOMECANICAS DEL PERFIL DE SUELO 21
5.4 VALORES DE RESISTENCIA 22
5.5. COMPORTAMIENTOS ESPERADOS 23
5.5.1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS, ERODABLES 23
5.5.2 EFECTOS DE LOS SUELOS GRANULARES - LICUEFACCIÓN 23
6. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO 24
7. CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA 25
7.1. FENÓMENO DE INESTABILIDAD PRECEDENTE 26
8. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD 29
9. COMENTARIOS FINALES Y RECOMENDACIONES. 34
9.1. DEL ESTUDIO 34
7.1.1. TIPO DE SUELO 34
9.2. DE LA CONSTRUCCIÓN 35
9.3 DE LA ESTABILIDAD 35

## LISTADO ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Localización general del estudio talud línea de condición agua 7
Ilustración 2. Depósito de Terraza Aluvial- Matriz clasto soportado 10
Ilustración 3. geología y localización del sitio de estudio 10

Ilustración 4. geomorfología de la zona de estudio 13
Ilustración 5, ubicación de los sondeos en la masa de suelo deslizada 16
Ilustración 6. fotografía ejecución sondeo 2 18
Ilustración 7. Perfil de suelo GP con aumento 19
Ilustración 8. Perfil de Suelo 20
Ilustración 9. modelación topográfica área del talud 24
Ilustración 10. Geometría del talud fallado en 2022 25
Ilustración 11. Cobertura vegetal en el área de influencia del talud objeto de análisis 26
Ilustración 12. Partes del movimiento en masa, talud PTAP La Pachera 27
Ilustración 13. Caracterización del movimiento en masa 28
Ilustración 14. Planteamiento general de los métodos de fajas o rebanadas 30
Ilustración 15. F.S. critico condición estática- Janbu simplified 32
Ilustración 16. F.S. critico evento extremo- Janbu simplified 30

## LISTADO DE TABLAS.

Tabla 1. Clasificación proyecto 14
Tabla 2. Valores de aceleración sobre roca en Monterrey 14
Tabla 3. Cantidad de ensayos en cada sondeo 17
Tabla 4. Resumen de ensayos 17
Tabla 5. Factores de resistencia y factores de seguridad para la estabilidad global. 31

parámetros de resistencia, seguidamente se ejecuta el análisis de estabilidad del talud y finalmente se enuncian las recomendaciones de obras que permitan minimizar el riesgo de afectación al nuevo lineamiento de la tubería.

La exploración del subsuelo se hizo con el fin de determinar las características del suelo y conocer el material objeto de análisis, recomendando acciones para la estabilidad del talud adyacente a la línea de conducción de agua, y los criterios estáticos y/o dinámicos del subsuelo. Los resultados de los materiales encontrados y el análisis geotécnico permiten dar recomendaciones para la evaluación de la estabilidad de área afectada.

# 1. GENERALIDADES.

En la construcción de una obra de ingeniería que implique el uso del material del suelo como elementos de sustentación o estabilidad para cualquier estructura requiere de un adecuado conocimiento de los materiales que se encuentran en el sitio, sus propiedades ingenieriles en aquellos suelos involucrados o que se ven afectados por la interacción suelo-estructura; como se indica en el numeral A.1.5.4 Y A.1.3.2 de la NSR-10. Para obtener tal información resulta necesario planear y ejecutar una exploración basada en las condiciones geológicas y en tipo de obra a desarrollar y/o analizar, aunque se deben tener en cuenta otros factores según las consideraciones del título H. En el desarrollo del estudio está determinado por el análisis de los siguientes factores:

-Complejidad de las condiciones locales del subsuelo.

-Tipo y naturaleza de la estructura a evaluar.

-Tipo de material involucrado

-Método de análisis y modelo matemático que se pretende utilizar.

En el área rural del municipio de Monterrey- Casanare, se adelanta el diseño y construcción de las obras civiles necesaria para conducción de la tubería de agua potable proveniente de la PTAP La Pachera, eludiendo el talud en un área de afectación que con anterioridad que generó un proceso de remoción en masa, ocasionando la caída y rotura de la línea de conducción de flujo. Para ello se requiere conocer la estratigrafía del subsuelo en el lugar, las propiedades índices, los parámetros de resistencia, el comportamiento geotécnico del suelo, los esfuerzos cortantes de la ladera y su estabilidad estática y pseudoestatica, características para el posterior análisis sísmico, y recomendaciones con respecto a las obras de solución proyectadas para el sector, consistentes a un paso elevado.

## 1.1. LOCALIZACIÓN.

Monterrey es un municipio ubicado en el departamento de Casanare, se encuentra localizado aproximadamente a 105 km al sur occidente de la ciudad de Yopal capital del departamento de Casanare, Colombia; Geográficamente está entre los 4° 55' Lat N y 72° y 52' de Long O de Greenwich. Presenta alturas que van desde los 300 msnm en las riberas bajas del Río Túa y casco urbano, hasta los 2.000 msnm en la Cuchilla Palmichal en límites con el departamento de Boyacá, con una temperatura promedio de 27 C. El municipio de Monterrey presenta un relieve variado, el cual ofrece una diversidad de paisajes de montaña, piedemonte, altiplanicie, lomerío y valle.

Se accede a Monterrey entrando por la Troncal del Llano desde el departamento del Meta, se puede utilizar la carretera Alterna al Llano por el departamento de Boyacá (Guateque, Sisga, y Tunja), y también la carretera del Cusiana que conecta con Sogamoso (Boyacá)

El sitio central del proyecto se localiza en las siguientes coordenadas, con referencia global WGS84, elipsoidales.

Latitud: 4°55'19.91"

Longitud: 2°53'41.24"O

Localización Coordenadas Planas:

Altura: 512 msnm

Norte: 1.036.184,509

Este: 1.131.139,737

Coordenadas planas pertenecen a la plancha 230-IV-D.

**LOCALIZACIÓN TALUD LINEA DE CONDUCIÓN PTAP MONTERREY-CASANARE**

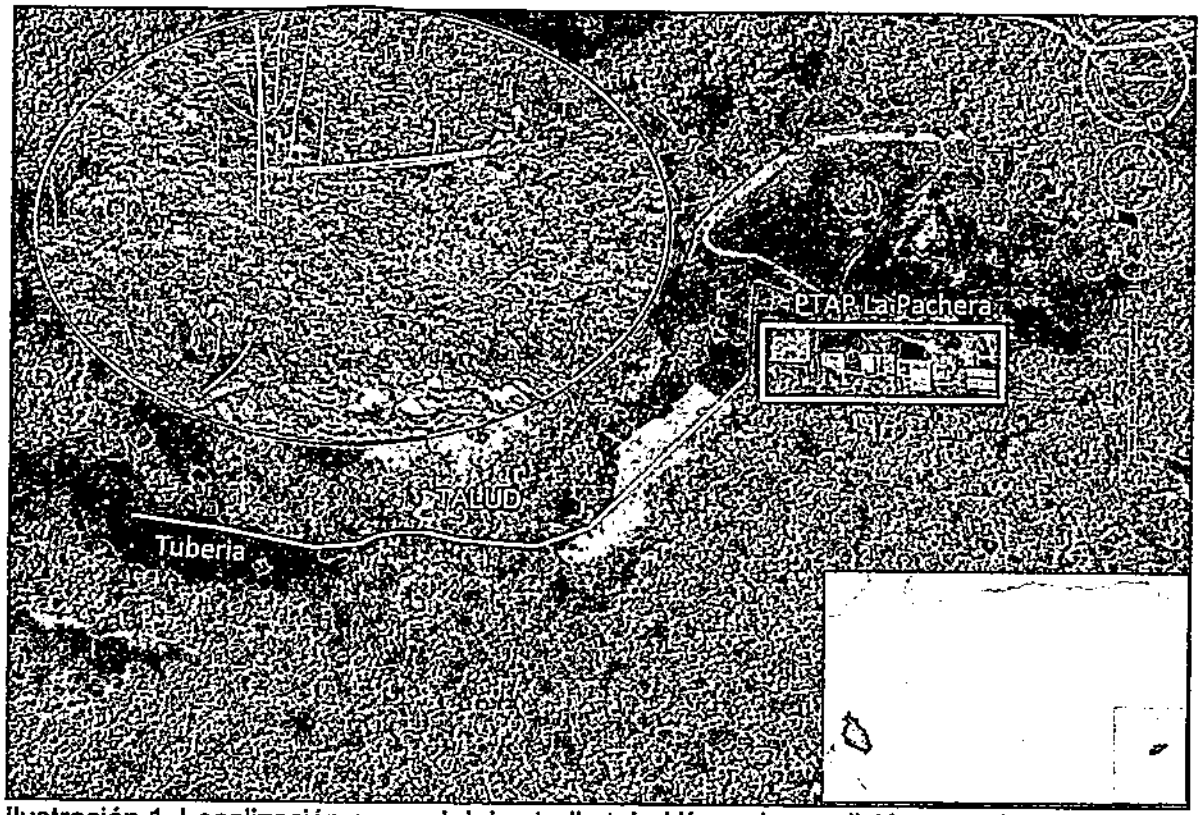



Ilustración 1. Localización general del estudio talud línea de condición agua ( google Earth)

## 1.2. GEOLOGÍA REGIONAL.

Geológicamente, el municipio de Monterrey se encuentra localizado dentro del cinturón plegado y fallado de la cordillera oriental de Colombia, principalmente en el paisaje de piedemonte, donde predominan sedimentos de edad terciaria y cuaternaria limitados por dos sistemas de fallas regionales: El sistema de fallas de Guaicáramo al noroeste. El área se caracteriza por presentar una actividad tectónica intensa con una dinámica compresiva manifiesta por pliegues sinclinales y anticlinales y fallas de cabalgamiento.

Cronológicamente, las rocas afloran en fajas más o menos regulares siguiendo la misma dirección de las principales estructuras del país, es decir, SW –NE. Las rocas más antiguas afloran hacia la parte alta de la cordillera, o bien hacia el NW del municipio y progresivamente, van apareciendo las secuencias de rocas más jóvenes en el mismo sentido en que la pendiente disminuye hacia los llanos. Así, los materiales se ubican en una secuencia que se extiende desde el cretáceo hasta el cuaternario, correlacionándose con los distintos paisajes que se han separado; de esta manera, en la montaña predominan materiales del cretáceo, en el piedemonte, lomerío y altiplanicie abundan materiales terciarios, en tanto que la planicie aluvial y los valles están constituidos por sedimentos del cuaternario

Las Unidades rocosas aflorantes en esta zona comprenden edades que abarcan desde el Carbonífero (374 a 280 millones de años), hasta el Cuaternario (1.8 a 0 millones de años), corresponden en su totalidad a rocas sedimentarias, dispuestas en franjas más o menos paralelas con una dirección predominante SE – NW. Estructuralmente se destacan algunos plegamientos en las veredas de Patrocinio y Espartal, así como varios fallamientos que dislocan las Formaciones rocosas

## 1.3 GEOLOGÍA LOCAL.

La Cuenca Del Borde Llanero Dentro se han distinguido por las siguientes unidades de la más antigua a la más joven: Grupo Palmichal y las formaciones Arcillas de El Limbo, Areniscas de El Limbo, San Fernando, Diablo, Caja y La Corneta.

Para el presente proyecto la unidad geológica sobre la que se desarrollará el proyecto esta ubicado sobre el Grupo Palmichal (TKp). Tres conjuntos arenosos separados por dos miembros lutiticos con algunas intercalaciones de limolitas silícias.

El nombre y rango de esta unidad, fue propuesto por Ulloa, C. y Rodriguez, E. (1976) para representar una serie de areniscas y conglomerados finos que afloran en la Quebrada Palmichal (Cuadrángulo K-12; cuadrícula 6d). En el Cuadrángulo K-13, Tauramena, el Grupo Palmichal, aflora en un área de 70 km2, en el núcleo del Sinclinal de Recetor, en el Sinclinal del Boquerón y al sur del Río Tua y constituye los flancos del Anticlinal de

Monserrate y sinclinal del Porvenir. La unidad se caracteriza por presentar fuertes escarpes, que la hacen fácilmente diferenciable de las formaciones que la infrayacen y suprayacen

Está constituido por los siguientes conjuntos: a) su base constituida por 180 m de areniscas cuarzosas, blancas, de grano fino, bien sorteadas, con intercalaciones de lutitas y limolitas silíceas; b) Lutitas grises claras a oscuras, con intercalaciones de areniscas de pocos metros de espesor; c) areniscas cuarzosas, de grano fino a grueso, macizas, friables con pequeñas intercalaciones de lutitas grises a negras; d) lutitas y limolitas negras con pequeñas intercalaciones de limolitas silíceas y areniscas de poco espesor; e) la parte superior del grupo está compuesta por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, lentejones de conglomerados, con guijos de cuarzo lechoso hasta de 5 mm de diámetro

En los conjuntos c y d se observa ron calcos de carga, estratificación cruzada y huellas de icnofósiles. El espesor total de la unidad es de 540 m. Los límites inferior y superior del Grupo Palmichal, son normales con las unidades que le infrayacen y suprayacen, Sus características fitológicas y paleontológicas indican un ambiente de depósito marino, de aguas someras, con influencia deltáica. La parte superior del Grupo Palmichal corresponde a la Arenisca de El Morro considerada del Paleoceno Inferior.

Teniendo en cuenta que el proyecto se desarrolla sobre una terraza aluvial contigua al rio Calabacera que atraviesa el Grupo Pachical, se debe considera que a la formación misma le suprayace una formación cuaternaria de terrazas aluviales, conformada por gravas arcillosas, y gravas limo arenosas, las cuales son originarias del Eleoceno.

Depósitos Terrazas Aluviales y Fluviotorrenciales (Qt): Terrazas de origen aluvial, presentan un espesor considerable de material permeable. Esta formación contiene distintos tamaños de clastos de origen aluvial, en matrices de material fino y/o arenas limosas. El origen de los geomateriales corresponde al periodo Holoceno del Cuaternario. La zona de Exploración se ubica sobre esta formación cuaternatia.

En la ilustración No. 2 detalla los grosores de los clastos redondeados que conforman el deposito aluvial en la descripción de localización del talud de estudio, estos fragmentos de roca proporcionan una estabilidad por tenacidad del suelo a razón de materiales conglomeraticos, en proporción a diámetros que pueden alcanzar las 12 pulgadas, se determina que el subuselo de la formación cuaternaria proporcionalmente contiene una superior influencia de los materiales rocosos que del suelo arenoso y/o limo arcilloso. Los datos señalados corresponden a la observación de la cara expuesta aledaña al río contiguo al talud objeto de analisis.



Ilustración 2. Depósito de Terraza Aluvial- Matriz clasto soportado.

**LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA PROYECTO TALUD, MONTERREY- CASANARE.**

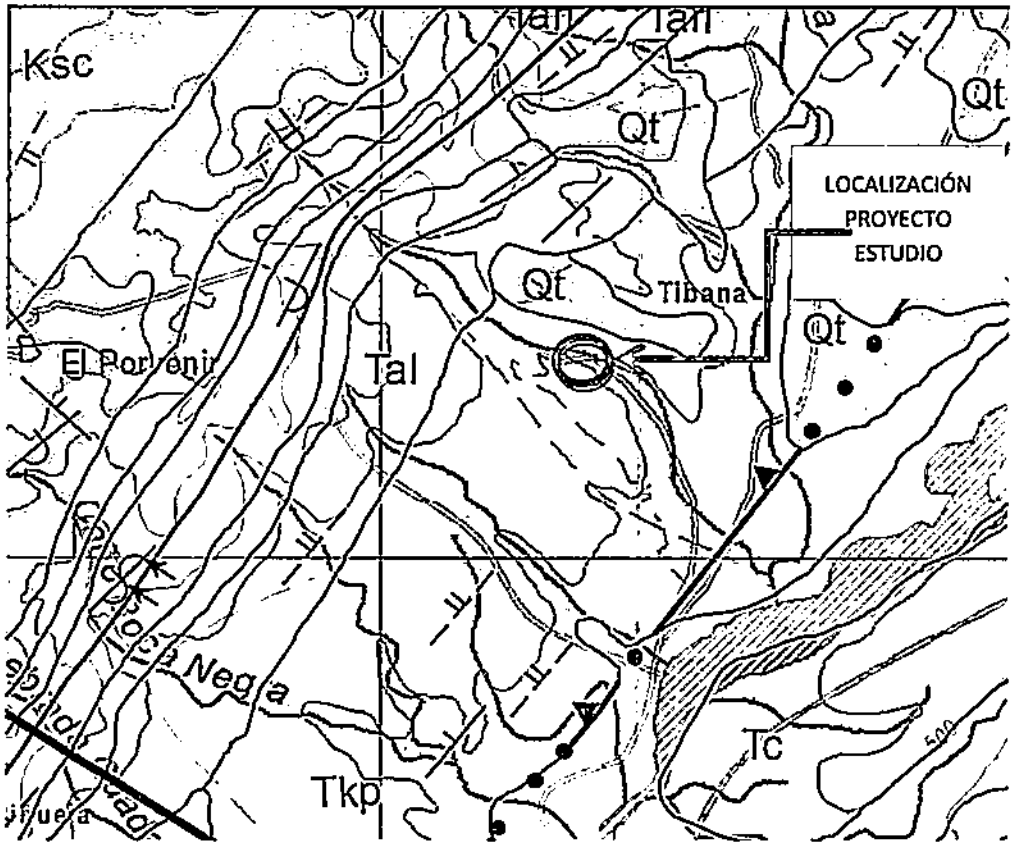



Ilustración 3, geología y localización del sitio de estudio; tomado de la plancha 230 INGEOMINAS.

## 1.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En el lugar del proyecto hay que resaltar la cercanía a la falla de Guaicaramo componente esencial de todo el sistema de fallas del oriente colombiano. La falla de Guaicaramo es de tipo inversa, de ángulo alto, y su plano de falla buza hacia el oeste; su desplazamiento vertical es de gran magnitud, pues pone en contacto los estratos de la Formación Caja, unas veces con las rocas del Grupo Palmichal y otras con la Formación Fómeque. Su extensión en el área de estudio es de 72 km aproximadamente, prolongándose hacia el norte al Tectónicamente la Cordillera Orien- Cuadrángulo J-13 y al sureste al área del Cuadrángulo K-12, Guateque.

De lo pliegues en la zona de interés encontramos el Sinclinal de El Porvenir: estructura normal, apretada, de forma asimétrica, de con el flanco occidental más abrupto que el oriental; en su mayor extensión presenta el flanco occidental invertido y su eje se orienta en dirección N25 E con una extensión de 48 km. El núcleo de esta estructura está formado por los estratos arcillosos de la Formación San Fernando.

## 1.5 HIDROGRAFÍA

Los ríos y quebradas del municipio de Monterrey en su mayoría tienen su origen en el sistema montañoso y descienden en dirección NW-SE arrastrando abundante carga sólida, Fenómeno que se ve a menudo incrementado por efectos erosivos, debido a la deforestación acelerada e incontrolada que allí se practica en especial en el río Túa. Al proyecto pertenecen: cuenca del rio Meta, subcuenta del rio Túa, microcuenca quebrada Calabacera. El alcance de las etapas de diseños definitivos del paso elevado debe analizas la posibilidad de socavación lateral de la quebrada en los estribos de apoyo de los marcos H y el muerto de anclaje.

## 1.6 GEOMORFOLOGIA.

La zona del proyecto se encuentra localizada dentro de la zona reconocida como geomorfología de lomerío y transición de Montaña

**Paisaje de lomerío PLC.** Son formaciones onduladas con una diferencia de altura entre la base y la cima que no supera los 300 m. El paisaje de lomerío se localiza al pie del sistema montañoso contiguo a la altiplanicie, en altitudes que no exceden los 500 m.s.n.m. y el clima cálido-húmedo determinado por una temperatura media de 27°C y una precipitación anual promedia cercana a 2500 mm., que según Holdridge corresponde a la zona de vida denominada Bosque húmedo tropical (bh-T). Este relieve es la resultante de una intensa erosión que, actuando sobre una superficie que era inicialmente plana, levantada por efectos tectónicos, dio como resultado una superficie disectada en formas alargadas, en donde las cimas están aproximadamente al mismo nivel y desarrolladas principalmente

sobre materiales arcillosos terciarios (arcillolitas y lodolitas). Los principales tipos de relieve que se encuentran en el paisaje de lomerío son: mesas, lomas y glacis.

• Mesas: son relictos de altiplanicie y por lo tanto presentan una morfología similar a la de mesas.

• Lomas: son superficies de formas alargadas, de relieve quebrado a escarpado, afectadas por erosión moderada, severa y muy severa y desarrollada sobre materiales arcillosos.

• Glacis: el material erodado de las mesas y lomas es depositado hacia la base de estas, formando superficies planas a ligeramente onduladas que reciben el nombre de glacis y están constituidas principalmente por sedimentos areno-francos y fragmentos rocosos redondeados

**Montaña MFL**: Esta condición de paisaje obtiene el relieve de tipo filas y vigas, caracterizado por relieves ondulado o escarpado, erosiones ligeras y moderados movimientos en mas sectorizados y pedregosidad generalizada.

El paisaje de montaña ha sido uno de los menos intervenidos por la actividad humana debido a la dificultad de acceso a la zona por escasez de vías de penetración. Gracias a ello, aproximadamente el 85% de este territorio aún conserva su vegetación nativa conformada por bosques secundarios, bosques de galerías, rastrojos y pastos naturales. En contraste, la mayor parte de los relieves existentes en los pisos térmicos cálido y medio están desprovistos de su vegetación nativa habiéndola reemplazado por pastos manejados para ganadería y por parcelas para agricultura de subsistencia.



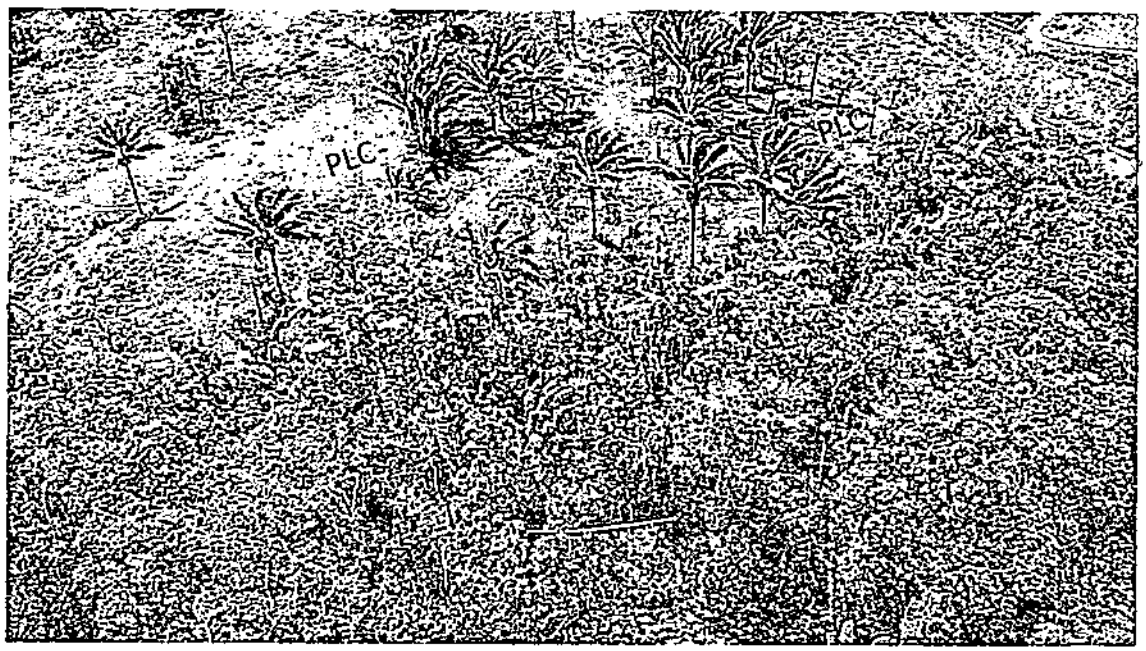




Ilustración 4, geomorfología de la zona de estudio.

## 2. CLASIFICACIÓN DE LA COMPLEJIDAD DEL PROYECTO.

El área del proyecto donde se caracteriza el perfil de suelo en el deslizamiento, presenta una topografía inclinada, compuesta por una secuencia de materiales de naturaleza aluvial. Este terreno presentó anteriormente problemas de estabilidad por ello importante precisar los detalles de niveles de humedades naturales. Seguidamente detalla que la metodología para el perfil del suelo del titulo A.2.4.3 que define los parámetros para determinar el tipo de perfil de suelo, para las muestras recolectadas en la presente consultoría permiten definir los primeros 7 m, desde esta profundidad hasta la señalada en la norma se asume una continuidad del mismo estrato hasta la profundidad mínima recomendada, condición consentida por la Entidad quien no enlistó pruebas indirectas de campo tipo refracción sísmica o similares.

Según la NSR-10, el proyecto se clasifica de la siguiente manera:

| CLASIFICACIÓN | |
|---|---|
| PERFIL DE SUELO | C |

Tabla 1. Clasificación proyecto.

Este proyecto, aunque no requiere de un análisis por cargas vivas, si se requiere de un adecuado conocimiento ante inestabilidad por solicitaciones sísmica.

### ANALISIS SISMICO DE MONTERREY- CASANARE.

De la zona donde el proyecto se desea ejecutar, no cuenta con una microzonificación; por ello, se recurre a la norma AIS (estudio general de amenaza sísmica), en ella se evalúa el comportamiento esperado en el suelo frente a las solicitaciones dinámicas, donde cabe resaltar la proximidad a la falla de Guaicaramo, encontrando el siguiente resultado

| Municipio | Codigo Municipio | Aa | Av | Zona de Amenaza Sismica | Ae | Ad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Monterrey | 85162 | 0,3 | 0,25 | Alta | 0,11 | 0,05 |

Tabla 2. Valores de aceleración sobre roca en Monterrey Casanare.

De estos valores y junto con el perfil de suelo determinado en el sector se determina el factor de aceleración (Titulo A NSR-10) es igual a; Fa= 1.1. y Fv = 1.5. Este hecho deja ver que el sismo recurrente y de mayor impacto se encuentra con un periodo de retorno de 255 años. Para efectos de la localización del talud se determina adicionalmente el PGA del sitio, este valor será señalado en el capítulo de análisis de estabilidad.

## 3. EXPLORACIÓN DEL SUB-SUELO.

De acuerdo con la clasificación de la complejidad del proyecto, y las especificaciones contractuales técnicas del municipio de Monterrey, se efectuó la exploración correspondiente usando la siguiente metodología para campo

- Tres (3) sondeos manuales sobre el suelo; hasta llegar a profundidad de escaso avance con el equipo manual, excavación oscila de 6,5 a 7,0 metros de profundidad.

En la ilustración N°5, se localiza el sitio donde con anterioridad existía una inestabilidad del terreno por una masa de suelo que se desprendió desde el piso por donde transitaba la tubería de agua potable desde la PTAP de la Pachera; y con ello, se marca la distribución de los sondeos.

La investigación del sub-suelo con el método de sondeo para la recuperación de muestras alteradas, se ejecuta a través de perforación con equipo manual (paladraga, barra y pala), toda vez que, durante el trayecto de la exploración geotecnica se encontró un material conglomerático con fragmentos de roca de hasta 12" envuelta en matriz arenosa, geomaterial que presenta dificultad para el avance de la exploración con otros tipos de equipos manuales (barreno – cuchara partida). Con el objetivo de la obtención de muestras alteradas se efectúa a distintas profundidades la recuperación de material extraído de la excavación, además del intento de ejecución de ensayos directos en campo como SPT y densidad con balón, ensayos poco representativos ni fiables para obtención de propiedades físicas y/o mecánicas del tipo de subsuelo explorado (grava mal gradada). La recolección de muestras alteradas es trasladada al laboratorio para la ejecución de ensayos que buscan el adecuado conocimiento del subsuelo, hasta la profundidad presupuestada para el conocimiento del subsuelo.

La localización de los sondeos se realizó dentro del área de interés para la estabilidad del talud; es así que, el sondeo No. 1 (S1) se ubica metros cuesta arriba sobre la corona de la zona de inestabilidad inicial, el sondeo No. 2 (S2) se ubica en el flanco izquierdo por fuera de la zona afectada, y el Sondeo No. 3 (S3) se ubico en la pata del talud contiguo al lecho del cauce (Ver Registro fotográfico). Se debe precisar que el movimiento del terreno ocurrido en la emergencia de desplome de la tubería se caracteriza como un flujo de detritos acompañado de matriz arena: en consecuencia, no es posible ejecutar perforación a una posible superficie de falla toda vez que la zona de aporte o desprendimiento exhibe el perfil de suelo de la terraza aluvial, información que confirma las muestras de sondeos realizados. La caracterización del proceso de inestabilidad se desarrolla con posteriores.

La elaboración del perfil estratigráfico se realiza aproximando las condiciones reales, pues por el origen de los materiales dispuestos en la zona es poco probable que se presenten variaciones en la dirección horizontal, factor susceptible a corroborarse con el análisis de

ejecución de exploración indirecta de campo, tipo refracción sísmica y/o resistividad, o similares, las cuales no fueron objeto de presupuesto en la consultoría, por lo que se recomienda deben ser tenidas en cuenta en el diseño de los elementos proyectadas, aun así, se debe verificar al inicio del proceso constructivo.

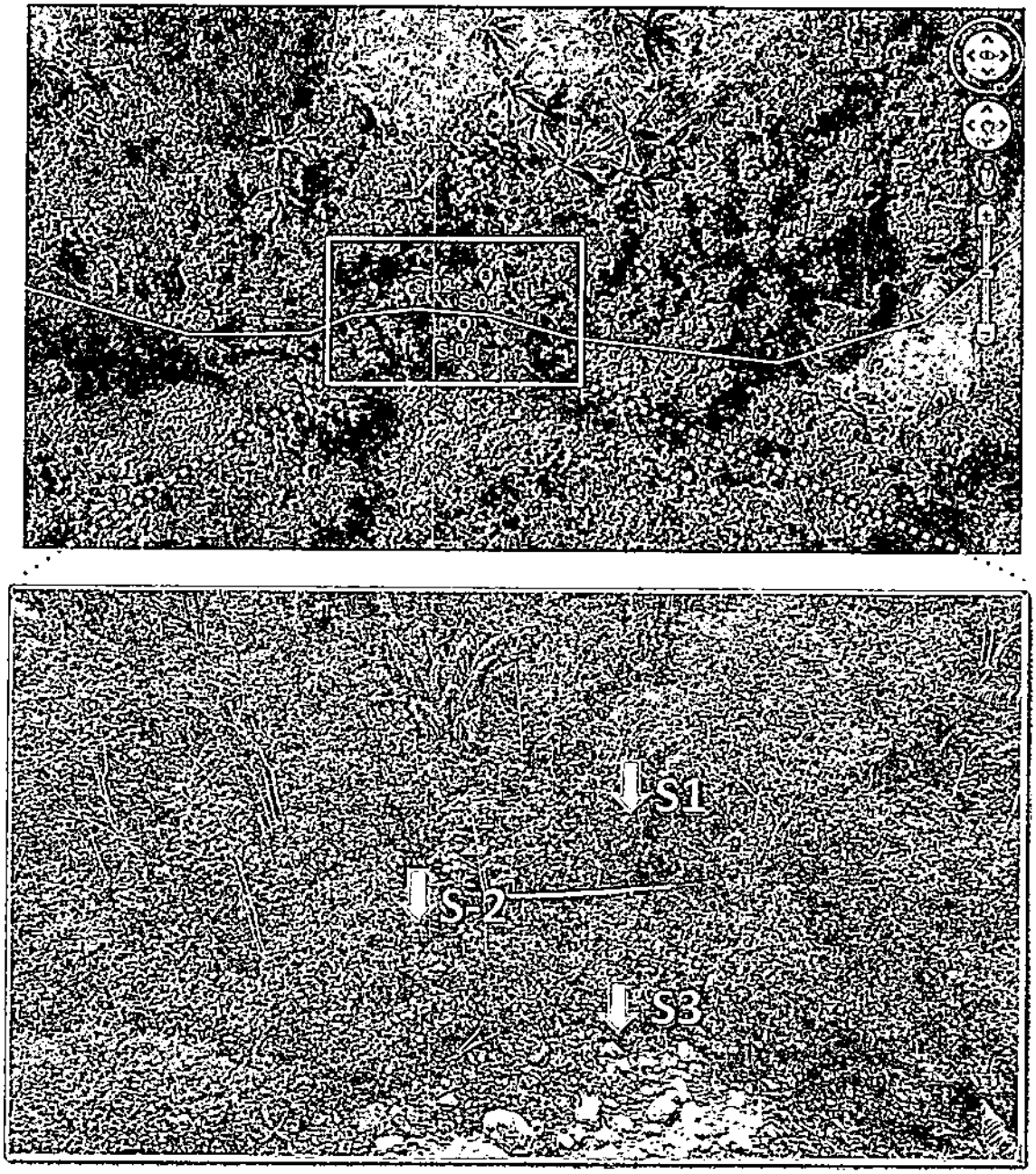



Ilustración 5, ubicación de los sondeos en la masa de suelo deslizada.

## 4. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Con los ensayos hechos en laboratorio y en campo, se buscó determinar los parámetros de resistencia, las propiedades físicas e índice, propiedades geomecanicas y parámetros necesarios para caracterización de los materiales involucraos en el talud de la zona de influencia del movimiento de remisión en masa para conocer la estabilidad del área de interés. A todas las muestras recobradas se le realizo inspección visual para descripción de materiales y de esta manera determinar los ensayos que permitan conocer la clasificación del tipo de suelo, características física e índice y los parámetros de resistencia para evaluar su equilibrio ante los agentes detonadores de cambio según criterios del ingeniero en geotecnia. La selección de ensayos fueron las siguientes: humedad natural, granulometría, límites de Atterberg, Corte directo (CD) y gravedad específica, además de ensayo de SPT en campo.

| ENSAYO | Cantidad |
|---|---|
| HUMEDAD NATURAL | 6 |
| LIMITES DE ATTERBERG | 6 |
| GRANULOMETRÍA | 6 |
| LAVADO SOBRE TAMIZ 200 | 6 |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | 2 |
| SPT | 3 |
| CORTE DIRECTO CD | 1 |

Tabla 3. Cantidad de ensayos por cada sondeo

| APIQ | z (m) | Clasificación | LL | LP% | IP% | w% | % gravas | % arenas | % finos | Nº camp. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0-0.5 | GP | NL | NP | NA | 12.6 | 58.8 | 36.9 | 4.3 | - |
| 1 | 0.5-1.0 | GP | NL | NP | NA | 11.5 | 64.1 | 31.0 | 4.9 | Rechz |
| 1 | 1.0-1.5 | GP | NL | NP | NA | 12.4 | 62.2 | 35.0 | 2.8 | Rechz |
| 1 | 1.5-2.5 | GP | NL | NP | NA | 14.7 | 61.7 | 34.3 | 4.1 | - |
| 1 | 2.5-4.0 | GP | NL | NP | NA | 16.2 | 64.5 | 31.2 | 4.3 | Rechz |
| 1 | 4.0-6.8 | GP | NL | NP | NA | 17.9 | 64.0 | 31.1 | 4.9 | |
| 2 | 0-0.5 | GP | NL | NP | NA | 13.7 | 61.1 | 34.8 | 4.1 | |
| 2 | 0.5-1.0 | GP | NL | NP | NA | 14.4 | 65.2 | 30.1 | 4.7 | Rechz |
| 2 | 1.0-1.5 | GP | NL | NP | NA | 15.5 | 61.0 | 33.9 | 5.1 | Rechz |
| 2 | 1.5-2.5 | GP | NL | NP | NA | 15.9 | 63.2 | 33.1 | 3.7 | |
| 2 | 2.5-4.0 | GP | NL | NP | NA | 16.3 | 65.7 | 30.0 | 4.3 | Rechz |
| 2 | 4.0-6.9 | GP | NL | NP | NA | 16.7 | 62.6 | 32.5 | 4.9 | |
| 3 | 0-0.5 | SW | NL | NP | NA | 12.6 | 36.1 | 60.7 | 3.2 | |
| 3 | 0.5-1.0 | SW | NL | NP | NA | 21.8 | 37.7 | 59.2 | 3.1 | Rechz |
| 3 | 1.0-1.5 | SW | NL | NP | NA | 22.0 | 40.5 | 56.5 | 3.0 | Rechz |
| 3 | 1.5-2.5 | GP | NL | NP | NA | 27.1 | 63.7 | 32.1 | 4.2 | |
| 3 | 2.5-4.0 | GP | NL | NP | NA | 30.1 | 70.4 | 27.4 | 2.2 | |
| 3 | 4.0-6.8 | GP | NL | NP | NA | 33.2 | 67.1 | 29.1 | 3.8 | |

Tabla 4. Resumen de caracterización del suelo.

# 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 5.1.1 perfil estratigráfico promedio.

En el sitio investigado se encontró un suelo heterogéneo con características similares, de alta permeabilidad, en estado sólido a profundidad. La distribución sedimentaria encontrada para cada uno de los sondeos evidencia que el subsuelo que conforma la ladera de estudio (terraza aluvial) es de origen transportado. Se precisa que en superficie existe una capa vegetal desde los (0,0 m – 0,3 m). Entre los tamaños de partículas se destacan que la capa explorada corresponde a una grava mal gradado con matriz arenosa y bolos de hasta 12".

Con la profundidad del sondeo exploratorio no se llegó a la roca madre de la formación (Tkp). A continuación, surge la siguiente estratigrafía promedio, la cual puede ser vista en los anexos de laboratorio.




Ilustración 6, fotografía ejecución sondeo 2.

- **Estrato 1**

Se encontró una capa de Grava mal graduada (GP), color cafe. Este estrato tiene una profundidad entre 0,2 m - 7,0 m, correspondiente a la profundidad que exploro dentro del alcance del contrato de consultoría. La terraza aluvial contiene cantos y bolos redondeados de hasta 12". Del geomaterial corresponde una distribución de tamaños promedio del 61% de las partículas se retienen por encima en el tamiz # 4 y el 31% de espesores tipo arena, por ende, se considera un suelo esencial de material de granulometría gruesa,

adicionalmente ante la inexistencia de limite líquido y limite plástico se establece que las partículas se ven influenciadas por la fricción de los gránulos.

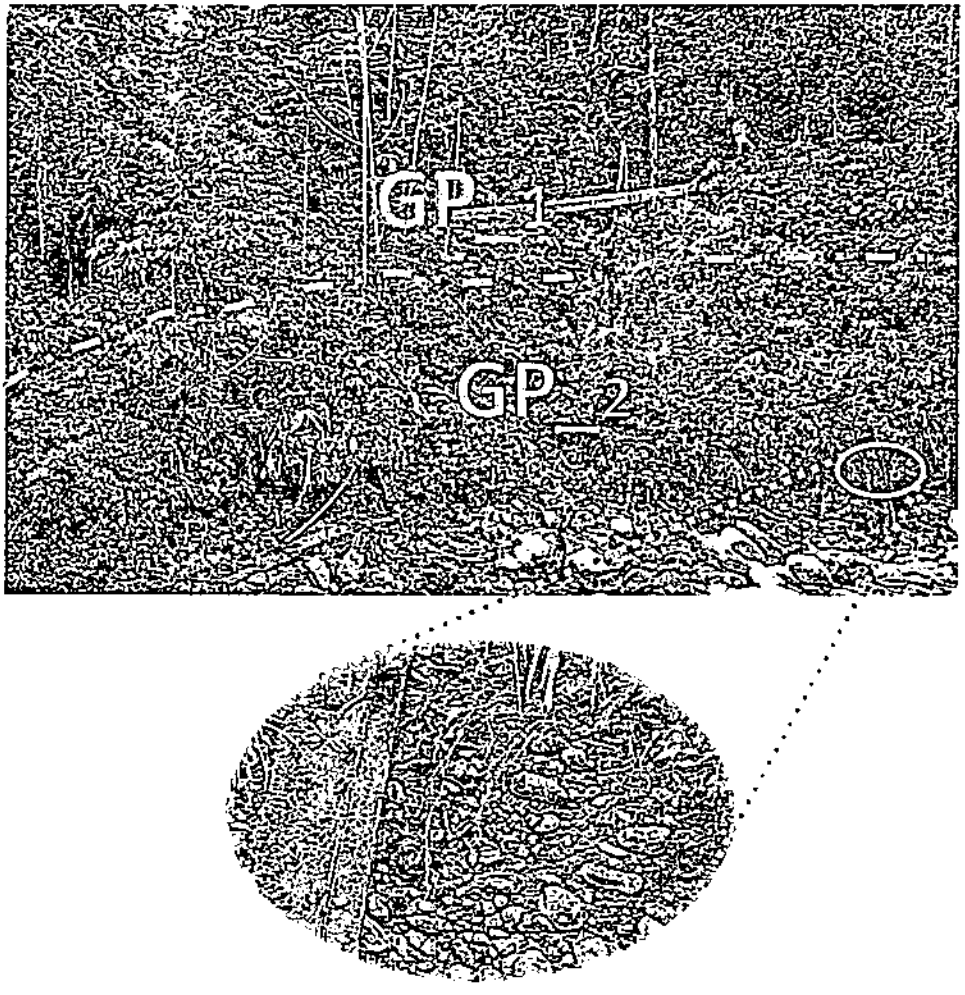



Ilustración 7, Perfil de suelo GP con aumento

Una vez ejecutada la exploración se determina que el material de la zona de ocurrencia del movimiento de remoción en masa, movimiento tipo flujo, que afecto el área por donde se apoyaba la tubería del acueducto que proviene de la PTAP de La Pachera, se vislumbra una única capa de suelos de clasificación GP; adicionalmente, de la información recolectada en campo del talud expuesto a la orilla de la quebrada, deja observar que si bien la zona explorada posee una distribución granulométrica predominante de los clastos de roca redondeada frente al suelo arenoso limoso, en el avance de profundidad del estrato de subsuelo hallado se hace aun mas predominante los sobre tamaños, por consiguiente

el perfil de suelo se logra dividir en dos subgrupos del perfil de suelo GP_1 y GP_2, de donde GP_ 2 como se menciona posees una mayor relevancia en la matriz clasto soportada. Para efectos del análisis de estabilidad de talud la profundidad el perfil de suelo será de GP, con predominio friccionante y aporte de la cohesión en la capa a analizar.

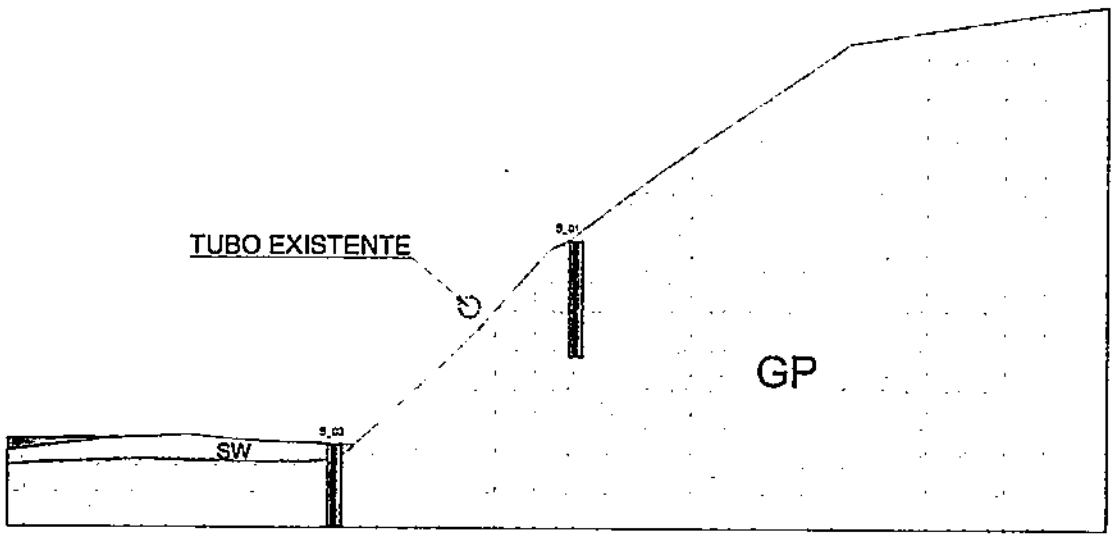



Ilustración 8. Perfil de Suelo.

La masa de suelo no se encuentra saturada durante la ejecución de los sondeos, aun así es recomendable el establecimiento del nivel freático con piezómetros y/o pruebas de resistividad, que contribuyen a conocer la condición de flujo y con esto la modelación geotécnica. Como se ha relacionado anteriormente, en la exploración se intento ejecutar el ensayo de prueba de penetración estándar con cuchara partida (SPT); pese a ello, la densidad de distribución de bolos impide el avance del ensayo arrojando rechazo en la prueba; como consecuencia de las gestas de campo, no serán tenidos en cuenta dichos datos, ya que la aplicación de correlaciones para obtención de parámetros de resistencia o físicas, desembocan en la falacia de cálculos.

### 5.2. Propiedades índices.

El suelo encontrado en el lugar de la exploración es caracterizado por tener las siguientes propiedades.

- ✓ El suelo está constituido por un unico estratos de caracteristicas unifromes con predominación de la fracción granulométrica gruesa que aumenta con la profundidad (0.0- 7.0m), este estrato no está saturado en la capa superficial, y con baja humedad en profundidad.
- ✓ Permeabilidad media a alta según el nivel en consideración, donde la arena es muy permeable filtrando alrededor de los fragmentos de la roca redondeada tendrá nula permeabilidad. Pero se espera que la mayoría del tiempo el nivel freático en la pata del talud este en una profundidad inferior a la del nivel de aguas de la quebrada
- ✓ Moderados a bajos cambios de volumen en el estrato de gravas arenosas (compresión y extensión), aunque la existencia de un sismo puede elevar la presión de poros provocando el hinchamiento y posterior reacomodamiento de las partículas, consolidándolas por la salida presurizada del agua previamente almacenada.
- ✓ Consistencia dura, variando poco con la profundidad.
- ✓ Compresibilidad ligera a media y condición de drenaje buenos.
- ✓ De potencial expansivo es bajo a nulo en su estrato de matriz areno limosa.

Se observa que en la exploración el suelo está compuesto por un estrato de gravas mal gradadas con matriz arenosa. Se define la zona como una solo zona geotécnica influenciada por el comportamiento de material grueso. La variabilidad por la presencia de materiales fino puede ser mayor en los costados del talud, donde se han depositado materiales más finos, ejemplo los puntos de apoyo de los marcos H, y muertos de anclaje.

El suelo en estudio presenta una distribución que como ya se ha mencionado tiene predominación por las partículas de grano grueso, los parámetros de resistencia se calculan con la fracción más débil y dominate, la arena y gravas.

### 5.3 PROPIEDADES GEOMECANICAS DEL PERFIL DEL SUELO.

La historia geológica de perfil de suelo explorado permite clasificar la parte superior del suelo como como suelo transportado sobre consolidado (S.C.) es decir que durante el tiempo geológico y actual ha soportado cargas de tipo permanente y transitorio, mayores que las actuales. La composición de los materiales encontrados en la exploración geotécnica es predominantemente grueso, con la agudización del estrato de gravas hasta llegar a la roca de la formación (contacto desconocido al no contar con la ejecución de ensayo de campo indirectos tipo refracción sísmica o similares). De acuerdo con la clasificación unificada del suelo USC, el perfil explorado pertenece al grupo GP en su

estrato significativo para el análisis de estabilidad y obras rivereñas a la quebrada, este material de capacidad de soporte buena en su estrato duro.

En general las propiedades índices y geomecanicas encontradas para el estrato del perfil de suelo explorado reflejan características favorables con respecto a los requerimientos de estabilidad y capacidad de soporte estáticos.

Con el perfil datado en campo, la disminución de Humedad Natural, se prevé que en el sitio el grado de consolidación aumenta con la profundidad. Los valores de las propiedades del suelo como conjunto son favorables para la estabilidad y las solicitaciones estáticas.

## 5.4 VALORES DE PARAMETROS DE RESISTENCIA.

Los parámetros geomecanicos se calculan con los ensayo de laboratorio de muestras reconstituidas, con correlaciones disponibles para materiales con gran influencia de las partículas arenosas, para los sondeo se tiene un material de gravas con presencia de arenas, este material se difumina a medida que aumenta la profundidad, dándole paso a la roca parental de la formación Tkp el cual se extiende a mayores profundidades de las exploradas, según reporte geológico, así mismo el ángulo de fricción del material es uno solo para este material, considerado como aceptable para el análisis de estabilidad y obras rivereñas.

Sobre la capa objeto de análisis encontramos un Angulo de fricción y cohesión con valores efectivos, del ensayo de corte directo CD, el Angulo de fricción para la masa de material mas suelto es de 34 °, y para la cohesión se obtiene un valor de 3,0 KPa. En este estrato se aplico prueba aleatoria de con el penetrómetro, arrojando un resultado de 0,8 a 0,4 kg/cm2 a profundidad de 1,5 m, se estima que Su varía entre 0,8 a 0,4 kg/cm2. Para efectos de encontrar los parámetros del modelo, se realiza un Backanalysis y encontrar el valor ajustado del depósito aluvial. Por su parte, las propiedades, espesores y clasificación de los materiales térreos se obtienen de los resultados en los sondeos y contraste a la bibliografía aplicable a la formulación recomendada para calcular ángulo de fricción y la cohesión con base en los parámetros ganulometricos, fuente Nanclares Francisco (2018), ecuación que se describe a continuación:

$$fi(°) = 4.8669 * LN(Cu) + 22.391$$

$$C = -9.8983 * Cu + 141.26$$

Para el estrato de suelo con masa de suelo GP, el módulo de elasticidad se considera cercano a los 3400 KN/m2, y una relación de poisson 0.4, angulo de fricción efectivo de 38 y cohesión efectiva de 30 kPa. Finalmente, la gravedad especifica del material areno-limoso ensayado corresponde a 2,590, para un estrato de peso unitario seco de 16 kN/m3 y 19.9 en condición saturado.

## 5.5 COMPORTAMIENTO ESPERADO.

Como se puede ver en el registro del sondeo realizado el material en el sitio es básicamente un suelo de variabilidad baja en su profundidad, pero en su estrato competente el comportamiento es aceptable para soportar las cargas impuestas, la consideración de saturación del material requiere un análisis detallado de la interacción de los materiales en el suelo en el talud.

### 5.5.1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS, ERODABLES Y COLAPSABLES.

La perforación realizada en el sitio de estudio se encontró que hay contenidos de suelos finos arcillas de las muestras de suelo estudiadas y según sus características liquidas y plasticas, se recurre a emplear la clasificación de expansivita presente en el título H, capítulo H9.1-1 al H9.3 de la NSR-10, para establecer la acción de estos materiales sobre el proyecto a realizar en el sitio. El cual arroja que en el perfil del suelo explorado el potencial expansivo, erodables y colapsable es nulo, aunque se debe procurar apoyar sobre el estrato gravoso aluvial.

### 5.5.2 EFECTOS DE LOS SUELOS GRANULAR: LICUEFACCIÓN

De acuerdo a la clasificación realizada para el suelo presente en la zona de estudio se observa que el material predominante en los primeros siete metros corresponde a una matriz arenosa firme con la roca aflorante según lo presentado anteriormente, razón por la cual el comportamiento del suelo está determinado por el comportamiento de la fracción gruesa, el luego presenta una consistencia dura y no se encontró nivel freático, por lo que resulta poco probable el efecto de licuefacción. Para mayor seguridad se debe realizar un ensayo de corte directo cíclico, donde además de conocer la resistencia del material se logre comparar con las actuantes del sitio, esto teniendo en cuenta que el municipio de Monterrey se encuentra en zona de amenaza sísmica Alta.

## 6. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

Conocer la geometría del lugar y las secciones trasversales del área de estudio es indispensable para identificar las zonas de riesgo y evaluar la estabilidad de un talud, este insumo se ejecuta con los equipos disponibles y de efectividad para la ejecución de toma de datos en campo; entre los equipos a utilizar se nombra el GNSS RTK de doble frecuencia para la información detallada planimétrica y altimetría, adicionalmente se realiza toma de fotografías con Dron, para el análisis geomorfológico de la zona.

Luego de culminar la recolección de información se inicia con digitalización de para la elaboración de planos y demás insumos para el modelo reológico a elaborar. Información a detallar en el respectivo informe del anexo topográfico.

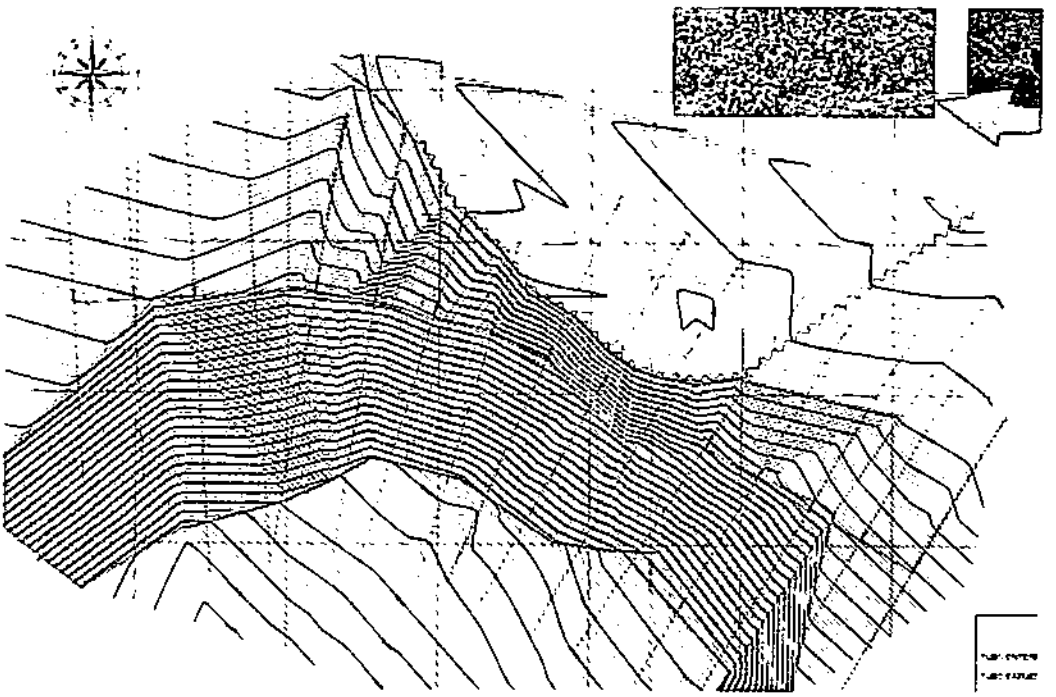


Ilustración 9, modelación topográfica área del talud.

## 7. CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTO EN MASA.

Dentro de las generalidades a mencionar se contextualiza que en el año 2022 ocurre un evento de remoción en masa ocasionando que se presenté el colapso del piso de soporte de la red de conducción de agua potable que abastece al municipio de Monterrey desde la PTAP de La Pechera.

La zona de ocurrencia de la inestabilidad se localiza en el área rural con uso de tierras reservada para la proliferación de vegetación natural

Dentro de las características y geometría del talud se detalla que corresponde a un deposito aluvial del cuaternario contiguo a la quebrada La Calabacera, la altura desde el lecho del cauce a la parte superior del talud es de aproximadamente 26 m, y con respecto al fallo de talud es de 12 m de altitud, para un ángulo medio de 48°.

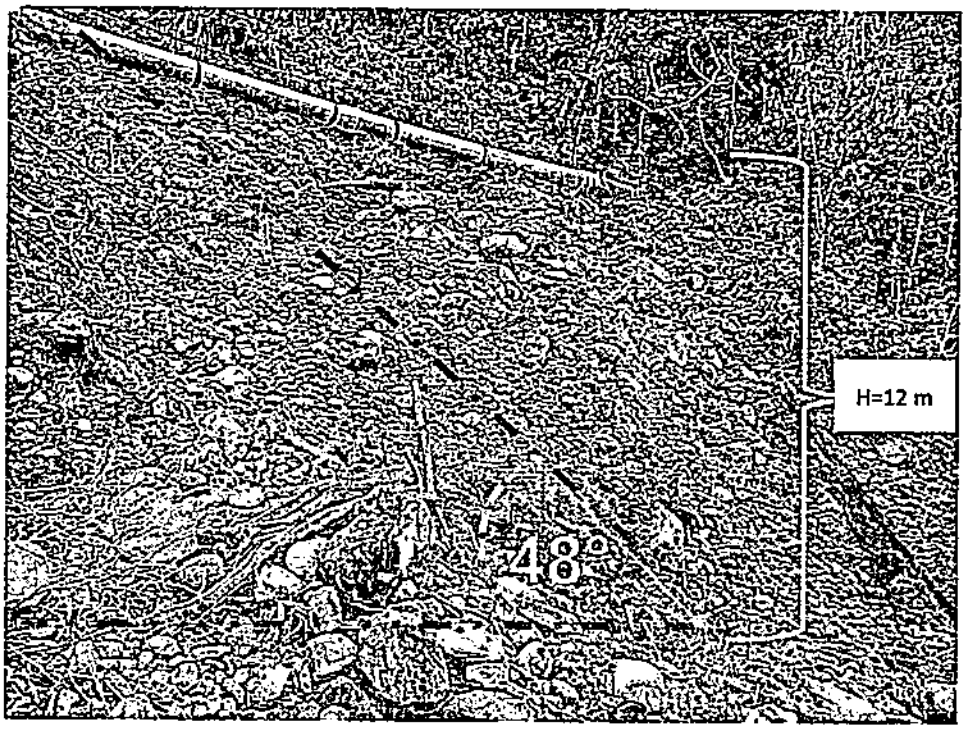



Ilustración 10. Geometría del talud fallado en 2022.

Sobre la corona del talud donde se presento la inestabilidad se encuentra una zona de bosque con abundante cobertura vegetal, esta condición ambiental se extiende en una longitud de 23 m por encima de la corona del talud por donde cruza actualmente la tubería en suspensión de cables.

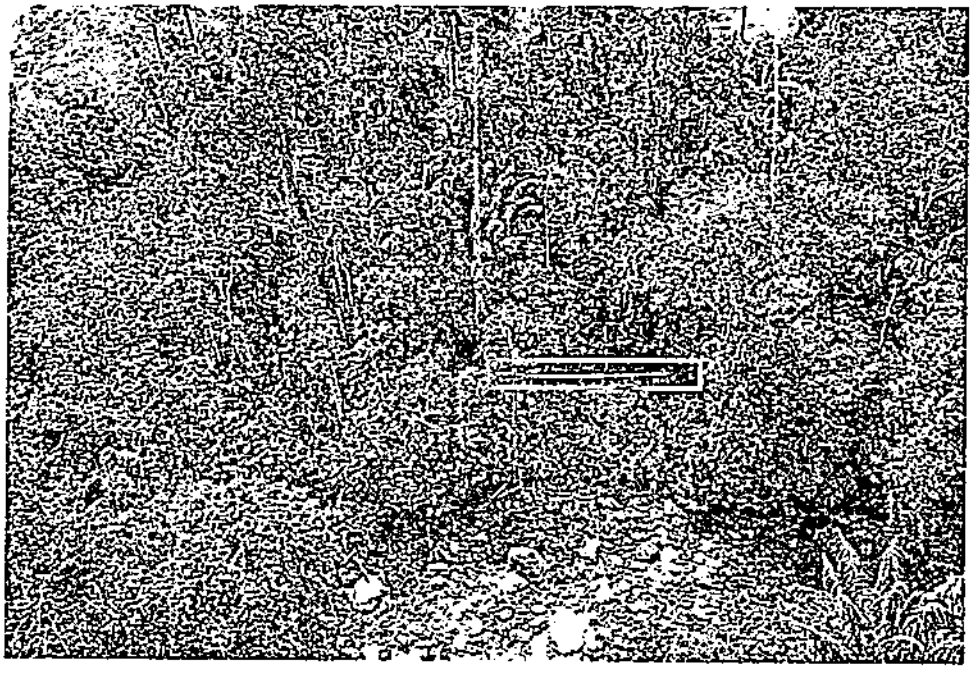
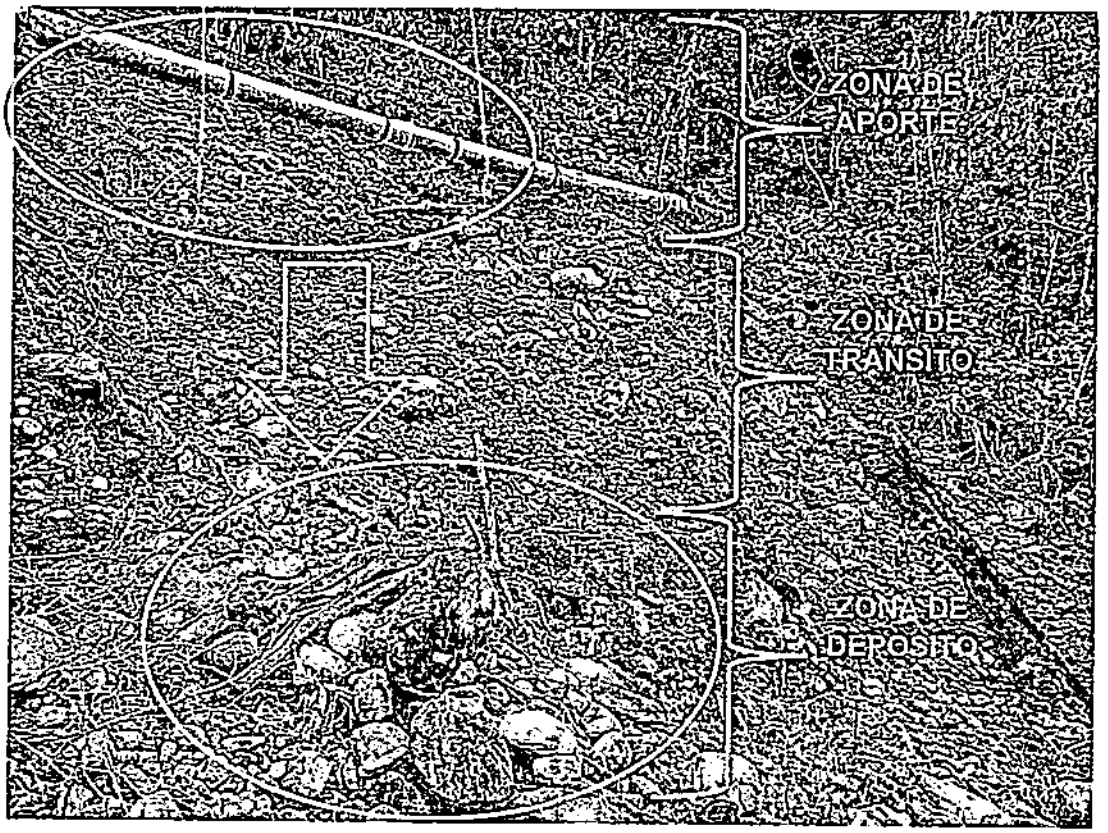


Ilustración 11. Cobertura vegetal en el área de influencia del talud objeto de análisis

### 7.1 Fenómeno de inestabilidad precedente.

Durante la visita de 20 y 21 de enero de 2025, se observa un talud con cobertura vegetal y hasta el momento estable, conociendo la alerta de emergencia del año 2022 se identifica que hasta la presente fecha en el corto y mediano plazo no ha ocurrido nuevos desprendimientos, lo anterior con análisis fotográfico multitemporal.

El fenómeno de remoción en masa ocurrido en el año 2022 corresponde a un flujo de detritos, este desplazamiento exhibe un comportamiento similar a un fluido rápido y canalizado con una trayectoria pre-establecida y el área de depositación. El movimiento se presentó en un material parcialmente saturado sobre un material no plástico (GP) en el recorrido de un cauce (zona de tránsito) de pendiente pronunciada, en el que la inestabilidad de algunos segmentos de roca desencadena en el flujo de materiales de gravas con matriz arenosa que se depositan en una zona de abanico (pata del talud).



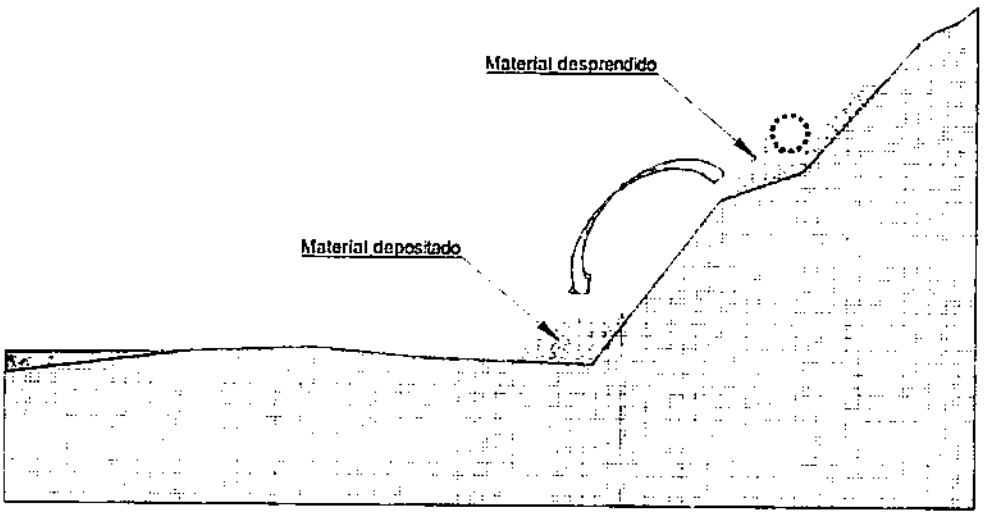




Ilustración 12. Partes del movimiento en masa, talud PTAP La Pachera

Realizando un back_analisis del movimiento en remoción en masa, se identifica que la falla del geomaterial sobre el que se apoyaba la tubería de agua se acentuó sobre el tercio superior del talud de la anterior ilustración (material desprendido) y depositado en la pata del mismo. Los factores contribuyentes del proceso de inestabilidad se detallan como la inclinación del talud, la geomorfología y la resistencia de los materiales de suelos involucrados, en cuanto a los factores detonantes que ocasionan el movimiento de inestabilidad, se destaca las precipitaciones de la zona y el peso de la obra civil, entre las solicitaciones de cargas a destacar se halla el peso de la tubería revestida en concreto, además de la influencia de fluctuaciones de presión que pueden generar movimientos y carga dinámica que se trasfieren al subsuelo próximo del borde de ladera y por ende en desconfinamiento lateral del estrato de sustento de la obra civil; lo anterior, puede ser causa inestabilidad sin que existiera la adecuada cama de arena o tratamiento similar que amortigüe los esfuerzos actuantes.

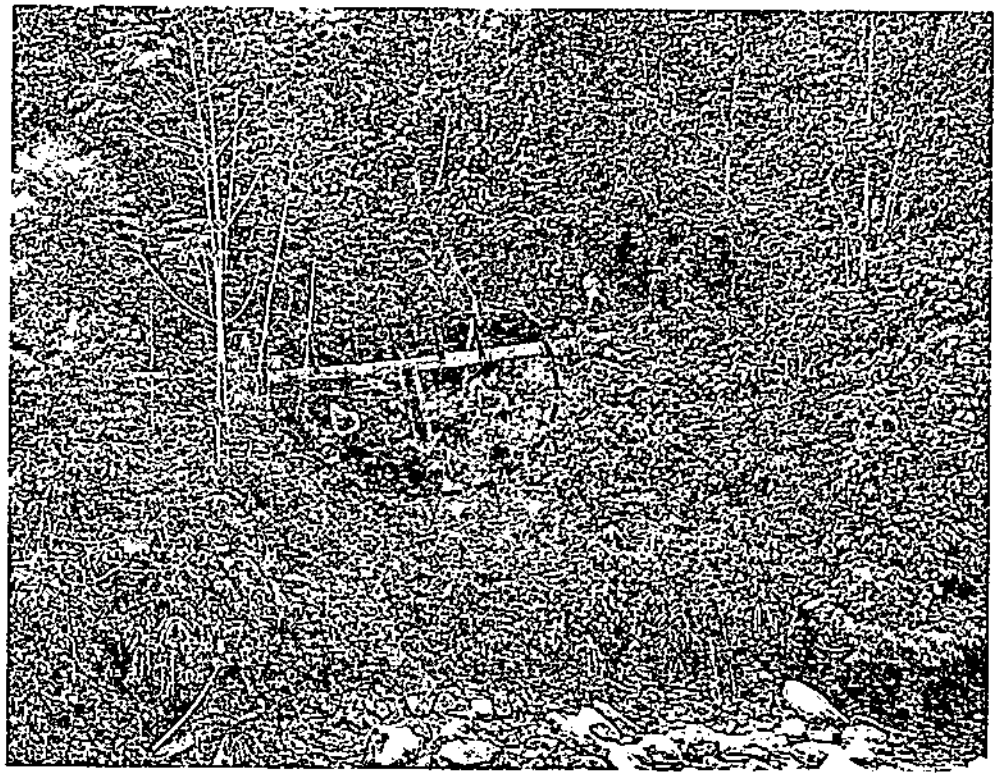


Ilustración 13. Caracterización del movimiento en masa, simbología INGEOMINAS (2005)

## 8. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD

Dentro de la zona de estudio se pueden definir un tipo de inestabilidad en taludes, correspondiente a la condición meta estable del perfiles de suelo adyacentes a la quebrada La Calabacera que colinda con el tramo de tubería de agua potable, donde el tipo de movimiento probable en el talud del canal será un deslizamiento rotacional en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava.

En este documento se recogen la metodología para el diagnóstico y análisis de la estabilidad del talud existente del proyecto de paso elevado de la planta de agua potable de La Pachera. La sección analizada es la de mayor representación en la morfología actual luego del movimiento en masa, por tanto, la que exhibe un riesgo de inestabilidad, esta corresponde a la sección trasversal del PK 0+100 del plano topográfico anexo.

En la metodología de análisis de estabilidad de taludes, se surte la necesidad de otorgar las propiedades a cada una de las estructuras estratigráficas existentes, con la finalidad de ajustar los modelos al comportamiento aproximado para la probabilidad de falla por deslizamiento circular en los perfiles de suelo de la capa de grava pobremente gradada (GP) con matriz arenosa. Basados que la superficie de falla debe prolongarse por el suelo arenoso y clastos que en efectos de análisis de estabilidad es la fracción representativa del suelo compuesto en consideración, la hipótesis determina que esta será la línea de falla por donde debe coincidir la matriz de suelo GP hasta la cizalla del geomaterial.

En cuanto a los espesores de material, se analiza los resultados de laboratorio e insitu de los sondeos y apiques realizado, de esta manera se utiliza la información existente para realizar el modelo que será objeto de evaluación.

En las roturas en suelos existe la franja que debe coincidir esquivando los respectivos cantos redondeados, en la cual se alcanza la máxima resistencia al corte que el terreno es capaz de soportar. Esta franja se asimila a una superficie denominada de rotura o deslizamiento. Usualmente, suele considerarse que el deslizamiento es circular y cóncavo, produciéndose un giro del sólido rígido respecto a un punto, que es el centro de la línea circular de rotura.

Los métodos de cálculo normalmente empleados para los análisis de estabilidad son los de equilibrio límite, que obtienen la fuerza necesaria para alcanzar el equilibrio. De la comparación de esta fuerza con el valor de la máxima fuerza resistente se deduce el factor de seguridad. En casi todos los métodos de equilibrio límite deben analizarse sucesivas líneas de rotura hasta encontrar la que proporciona el valor del coeficiente de seguridad mínimo.

Dentro de los métodos de equilibrio límite, en este estudio se han seguido los denominados de fajas o rebanadas en particular los de Bishop Simplified y Janbu Simplified, complementados con los medos de Spencer y GLE/Morgenstern-Price. Éstos consisten en dividir la masa potencialmente deslizante en varias rebanadas verticales, de forma que la base de cada rebanada se encuentre en un terreno homogéneo. Su espesor deberá ser lo suficientemente pequeño para poder aproximar su fondo curvo a una recta.

Considerando en cada faja las ecuaciones de equilibrio de fuerzas, junto con las del equilibrio global de momentos respecto al centro del círculo, se obtiene el coeficiente de seguridad. No obstante, debido a que existen más incógnitas que ecuaciones para resolver el sistema, se necesitan una serie de hipótesis sobre la interacción entre fajas que dependen del método adoptado. En la figura siguiente se resume el planteamiento de estos métodos.

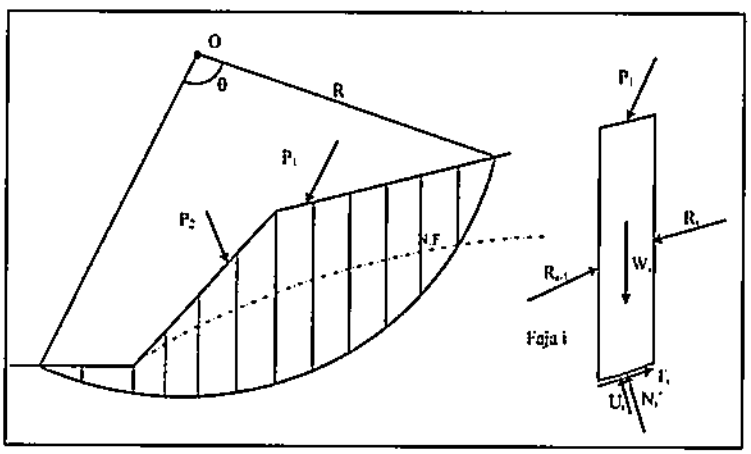



Ilustración 14. Planteamiento general de los métodos de fajas o rebanadas.

El análisis se ha realizado con ayuda del programa SLIDE, desarrollado por Rocscience Inc.Este programa calcula el equilibrio límite que se da en un círculo de rotura predeterminado. Los datos que requiere el programa son:

- La cohesión, ángulo de rozamiento y peso específico de los terrenos;
- La geometría del talud. (Es posible adaptar la geometría prácticamente sin limitaciones, así como considerar distintos terrenos, cada uno de ellos con su geometría y propiedades),
- La posición del nivel freático. (Es posible considerar un nivel de agua de geometría libre).

El programa SLIDE, calcula en una malla de centros dada por el usuario, el factor de seguridad de los posibles círculos que resultan de variar el radio en cada uno de los centros.

Así es posible disponer de los contornos de factores de seguridad, lugar geométrico de los centros de los círculos de rotura, solventándose en parte la limitación de los métodos de equilibrio límite de tener que prefijar el círculo de rotura "a priori". No obstante, también es posible analizar un círculo determinado.

La geometría del talud es suministrada por el producto entregable topográfico que hace parte del presente informe, y bajo el cual se analizaron los perfiles trasversales en donde se halla el talud representativo y/o crítico, cada perfil es perpendicular al eje del trazado de la tuberia y quebrada.

La posición del nivel freático se rige por la altura máxima de lámina agua que puede tener en la quebrada, este nivel puede variar o puede llegar a ser preciso, si la ejecución del contrato se hubiera admitido estudios adicionales de resistividad y/o refracción sísmica o similares.

Las condiciones sísmicas, el calculo del coeficiente de aceleración sísmica con $K_{TS}$ / $a_{max}$ = 0.8 en suelo, enrocados y macizos de la superficie del terreno del suelo aluvial, es este se considera una condición sin desplazamiento, por ello para el punto de estudio PGA es de 0.28, y la configuración del perfil de suelo de la tabla 1, el valor a considerar en Kh del modelo es de 0.22 (ver anexo mapa PGA Monterrey).

Para el análisis de estabilidad global de los taludes el Código Colombiano de Puentes CCP-14 establece los siguientes factores de resistencia:

| Estado Limite / Requisitos | Factor de resistencia - φ | Factor de Seguridad (1/φ) |
|---|---|---|
| Servicio: Si los parámetros geotécnicos están bien definidos y el talud no soporta ni contiene un elemento estructural. | 0.75 | 1.33 |
| Servicio: Si los parámetros geotécnicos se basan en información limitada o si el talud contiene o soporta in elemento estructural. | 0.65 | 1.54 |
| Evento Extremo: Para la estabilidad global cuando se incluye la fuerza sísmica | 0.90 | 1.11 |

Tabla 5. Factores de resistencia y factores de seguridad para la estabilidad global.
Fuente: Modificado de CCP-14 11.5.8 y 11.6.2.3

De acuerdo con la misma normativa para el análisis de estabilidad se puede utilizar los métodos de Bishop modificado, Janbu simplificado o Spencer.

A partir de las secciones topográfica, trazado geométrico proyectado, perfiles geotécnicos y demás condiciones del proyecto, se realiza en análisis de estabilidad de taludes mediante equilibrio limite.

En el análisis de estabilidad del talud es indispensable conocer los materiales que nutren el modelo; para cumplir este fin, se analiza la información correspondiente a: Tipo de materiales involucrados, espesores, y las propiedades físicas y mecánicas necesarias para un análisis en la estabilidad del talud objeto de estudio.

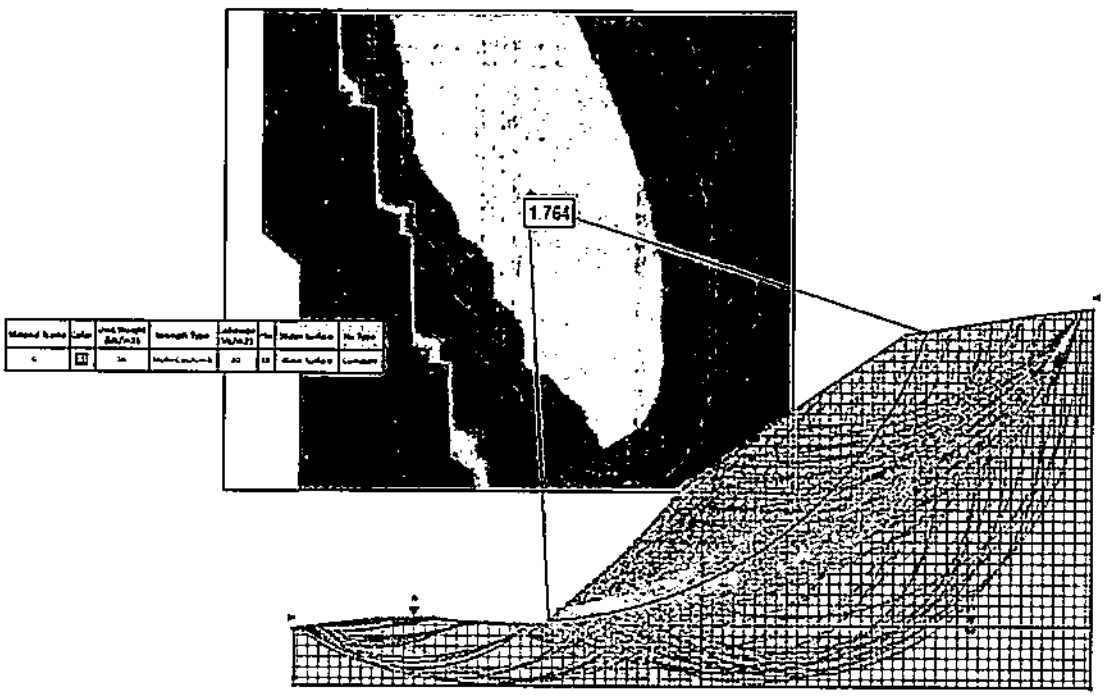



Ilustración 15. F.S. critico condición estática- Janbu simplified,

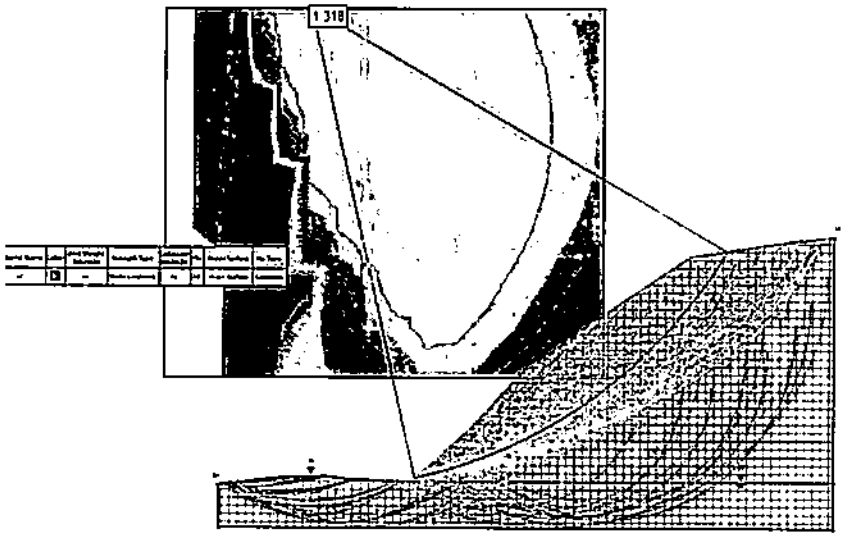



Ilustración 16. F.S. critico evento extremo- Janbu simplified,

Luego de modelado el talud y analizada la estabilidad con factor de seguridad para el evento estático y pseudoestatico (ver anexo resultados modelación), en condiciones generales la estabilidad para el estado limite de servicio son aceptables con factores de seguridad mayores a 1.7, igualmente el evento extremo el factor es de 1.3. La condición metaestable del modelo del talud dependerá de mantener las condiciones actuales del terreno; lo anterior implica que se debe promover la estabilidad de la vegetación y reforestación, así como mantener la geometría de las secciones trasversales existentes; esto último a tener en consideración por intervención del hombre de obras de construcción y las que pueda generar la dinámica fluvial de la quebrada.

## 9. COMENTARIOS FINALES Y RECOMENDACIONES.

Con los resultados producto de las pruebas encontradas y evaluadas para el sitio de estudio, permiten establecer una serie de comentarios finales y recomendaciones que se deben tener en consideración.

### 9.1 DEL ESTUDIO

Para este estudio se realizaron ensayos de campo, de laboratorio y se correlacionaron valores de los parámetros con base en las propiedades asignadas a los materiales encontrados en el sitio. Los resultados de deformabilidad y esfuerzos principales, dependen de ensayos más avanzados como es el triaxial drenado. Con el fin de conocer el estado estabilidad del talud objeto de análisis se logra que se encuentra estable ante eventos estático y psudoestaticos.

#### 9.1.1 Tipo de Suelo

De acuerdo con la caracterización hecha para los materiales reportados se hacen análisis de los resultados obtenidos y se dan las recomendaciones.

Suelo de Análisis: En la zona de estudio para el análisis de estabilidad se encuentra el estrato de grava mal gradada con arenas (GP) de espesor en el suelo con baja susceptible a movimiento, y en mayores profundidades se estima que la continuidad del estrato duro puede ser un factor contribuyente a la metaestabilidad, de donde este material obtiene buena capacidad de resistencia al cuerpo del deslizamiento.

Para el análisis del talud, se recomienda tener en cuenta los valores de Coeficiente de fricción y cohesión, efectivos, del modelo backanalysis ajustados a la contribución de los clastos por tenacidad del subsuelo. Los cuales logran modelar el estrato de menor resistencia, y que con anterioridad se vio afectados por deslizamientos retrogresivos, que generaron la emergencia en de colapso en el año 2022

Niveles Freáticos: Los suelos del sitio de estudio presentan contenidos de humedad en general se encuentran entre el 12% y 27%, que corresponde a un rango de medio a alto, y se observa un leve aumento en los valores medidos con la profundidad. Las condiciones de drenaje son regulares por lo que se debe considerar un material semisaturado a saturado, esta condición podría ser corroborada con ensayo indirecto de campo de resistividad. El suelo de talud no sufrirá de cambios en su volumen ante la condición anterior sin satura.

## 9.2 DE LA CONSTRUCCIÓN.

La obra de paso elevado que pretende eludir la zona afectada por el movimiento en remoción en masa precedente, resulta una medida ajustada para la continuidad del servicio de transporte de agua potable. Con respecto a lo anterior se recomienda que el eje de la nueva tubería se encuentre retirada mínimo 2,0 metros sobre el eje horizontal de la cara del talud, esto con el fin de evitar que posibles desprendimientos de rocas puedan impactar en el nuevo lineamiento de la tubería.

Para las obras de paso elevado, el diseño y construcción de un sistema de evacuación de las aguas lluvias y escorrentía para el área de construcción es indispensable antes del inicio de las obras, para garantizar las condiciones de trabajo. Es importante evitar la inclusión de aguas lluvias y de escorrentía a las excavaciones que se realicen durante el proceso de construcción ya que las propiedades mecánicas presentan variaciones de forma apreciable por humedecimiento del suelo y se pueden dar procesos de inestabilidad local que influirían negativamente en el desarrollo del proyecto.

El potencial de expansión del suelo se encuentra en general en un nivel bajo a nulo, además, la recomendación de remover material y usarla como capa de relleno no ayuda. La contracción del material también es baja y se considera controlable con las obras sugeridas.

El suelo generara una amplificación de las ondas en el suelo, asi que debe disponerse de las factores de corrección para el cálculo de la estructura, el potencial de licuación es muy bajo.

## 9.3 DE LA ESTABILIDAD.

Los análisis, comentarios y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación y alcances de la consultoría. Se debe llevar un registro periódico de las observaciones de estabilidad del talud y/o un inventario de movimientos de remoción en masa (caídas, volcamientos, desprendimientos de bloques, flujos o pequeños deslizamientos), este insumo permitirá alerta de alteraciones metaestables y prevenir mediante intervenciones oportunas la posible inestabilidad general del talud.

En cuanto a la cobertura vegetal se debe promover la no tala de árboles ni alteración del ecosistema, condicionado a que en la parte superior de la ladera debe ser reservado y sin uso de semovientes o cultivos, evitando alteración antrópica de las condiciones de estabilidad en toda la ladera de influencia.

Con respecto a los posibles cambios morfológicos en la zona aledaña a la quebrada, con respecto a la pata del talud, se debe propiciar que no existan cambios de perfil topográfico por retroceso de la pared de subsuelo, para ellos se recomienda la implementación de obras rivereñas que prevengan los fenómenos de socavación.

**CAMILO ANDRES GARCIA DIAZ**
IC - MSc GEOTECNIA (UNAL)
ESP. GEOTECNIA VIAL (UPTC)

# PLANO

# ANEXO No. 1.

# INFORME TOPOGRAFICO Y PLANOS

# INFORME DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

## ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DEL PROYECTO PASO ELEVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLE LA PACHERA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY, CASANARE.

**DUMAR OSWALDO MORENO VILLAMARIN**

**Topógrafo**

**MUNICIPIO DE YOPAL**

**DEPARTAMENTO DE CASANARE**

**FEBRERO 2025**

*Conjunto Prados de Valverde Yopal Casanare*
*Cel. 3143332202 Correo: domorenov@gmail.com*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION ..... 3
OBJETIVOS ..... 3
DESARROLLO DEL TRABAJO ..... 4
EQUIPOS UTILIZADOS ..... 4
DESCRIPCION DEL TRABAJO DE CAMPO: ..... 4
DIGITALIZACION DE LA INFORMACION: ..... 5
SOFTWARE UTILIZADOS ..... 5
REGISTRO FOTOGRAFICO ..... 6
CARTERA DE COORDENADAS ..... 10
RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES ..... 14
ANEXOS ..... 15

## INTRODUCCION

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de demostrar la configuración del terreno, su posición geográfica, detalles en terreno. En un levantamiento topográfico se toma la información detallada del área determinada para la realización del trabajo con el fin de representarla gráficamente, y proceder a realizar otras actividades como diseños, construcciones, etc.

Para este trabajo se hace un levantamiento topográfico detallado en el área indicada por el cliente para su respectiva necesidad.

## OBJETIVOS

Realizar el levantamiento topográfico detallado para el análisis de estabilidad del talud de la montaña aledaña a la quebrada la Pachera por donde se encuentra construida la línea de acueducto de 14"

La necesidad de realizar el levantamiento topográfico nace desde el momento en el que la ladera de la montaña a orillas de la quebrada la Pachera, presenta un derrumbe, el cual afecta la estabilidad de la línea de acueducto que inicia en la planta de tratamiento de agua potable y va hacia el casco urbano del municipio de Monterrey Casanare. Al presentarse este desprendimiento de material en la ladera de la montaña, deja al descubierto e inestabilidad la tubería en un tramo de 22m aproximadamente.

Con la realización de este levantamiento topografico se obtiene información precisa para realizar el diseño de un paso elevado con el cual se va a corregir el problema presentado por este movimiento natural de material.

## DESARROLLO DEL TRABAJO

Inicialmente se realiza una visita en el área donde se va a realizar el trabajo de campo.

El levantamiento topográfico se realiza con una comisión de trabajo conformada por:

- 1 topógrafo
- 1 auxiliar de topografía
- Equipo de topografía
- Herramienta menor.

### EQUIPOS UTILIZADOS

- Equipo GNSS RTK de Doble Frecuencia

### DESCRIPCION DEL TRABAJO DE CAMPO:

Para el inicio de las actividades en campo, se selecciona el lugar más adecuado y que las condiciones sean las más óptimas para ubicar la base del equipo (un área

despejada de vegetación y retirada de redes eléctricas). Se configura la base en coordenadas de origen nacional, se realiza el enlace con la antena móvil (Rover), se verifica la precisión de este y se procede con el levantamiento del área indicada. Se realiza toma de información en la parte alta de la montaña en el bordo de corona, en la parte media de la ladera, por donde se encuentra ubicado el tubo de 14", al area de derrumbe y a la parte baja junto con el cauce de la quebrada la Pachera.

Al terminar el levantamiento en campo, se procede recoger el equipo topográfico, herramienta menor, toma de registro fotográfico orden y aseo en el área.

**DIGITALIZACION DE LA INFORMACION:**

Luego de culminar el trabajo de campo, se inicia con la descarga de información al computador, realización de plano topográfico, representación gráfica del levantamiento, informe topográfico.

**SOFTWARE UTILIZADOS**

- Topcon link (descarga de datos)
- Civil 3D 2024 (modelación de terreno y cálculo de volúmenes)
- AutoCAD 2024 (digitalización del plano)
- Herramientas de office (Word, Excel)

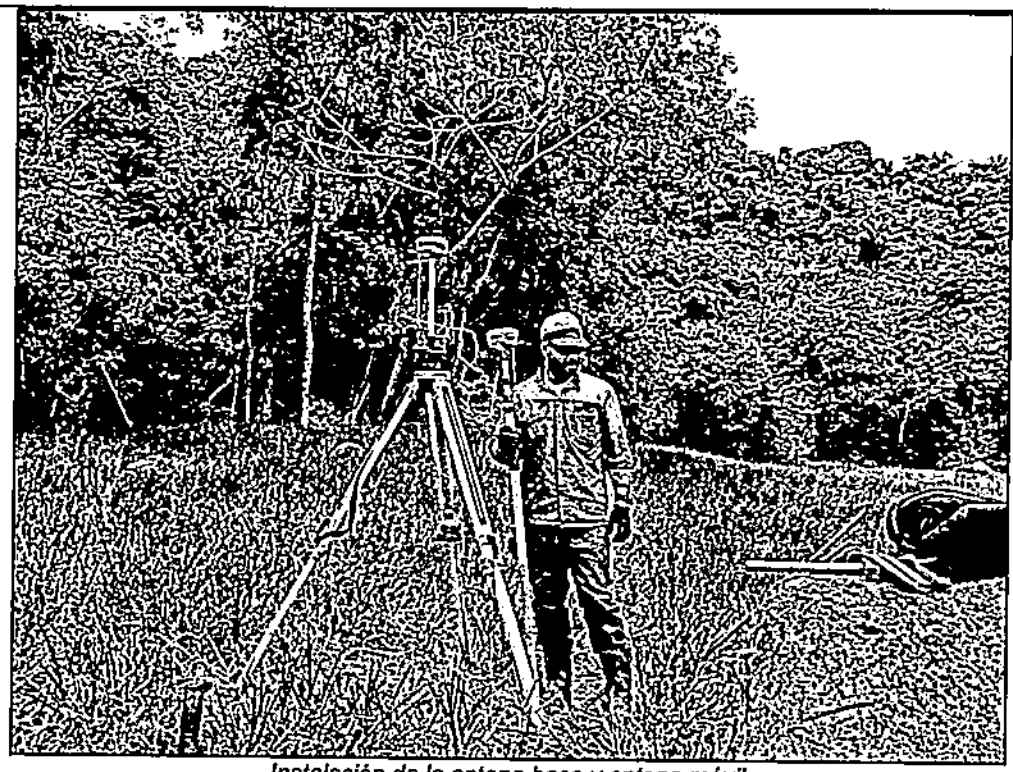
## REGISTRO FOTOGRAFICO




*Localización general*



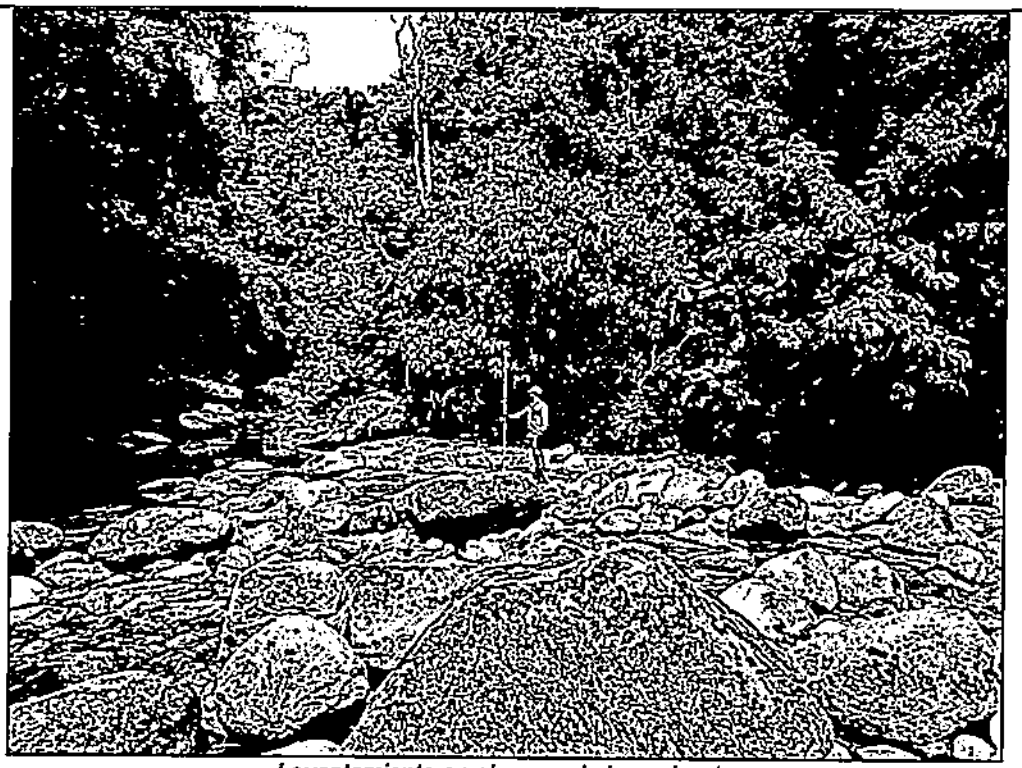
*Localización área de levantamiento*



*Instalación de la antena base y antena móvil*



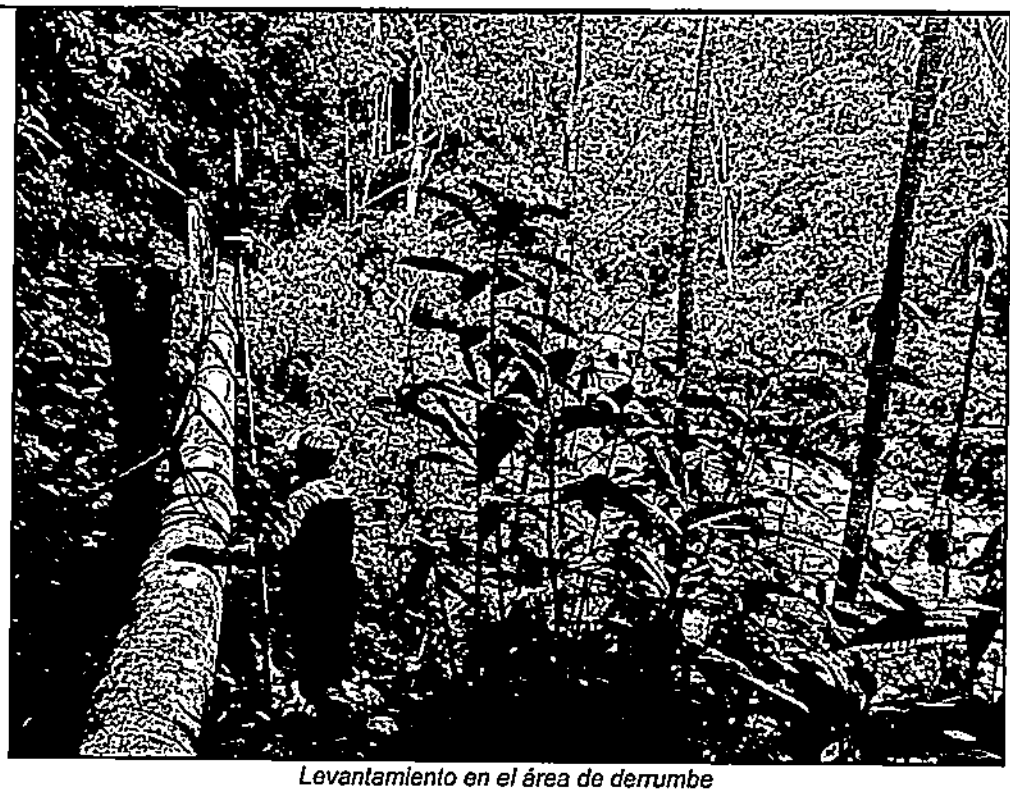
*Tramo del tubo descubierto*



*Levantamiento en el cauce de la quebrada*



*Area de desprendimiento de material, tramo de tubo descubierto*



*Levantamiento en el área de derrumbe*



*Área de derrumbe*