

INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).* Pág. 1 de 58

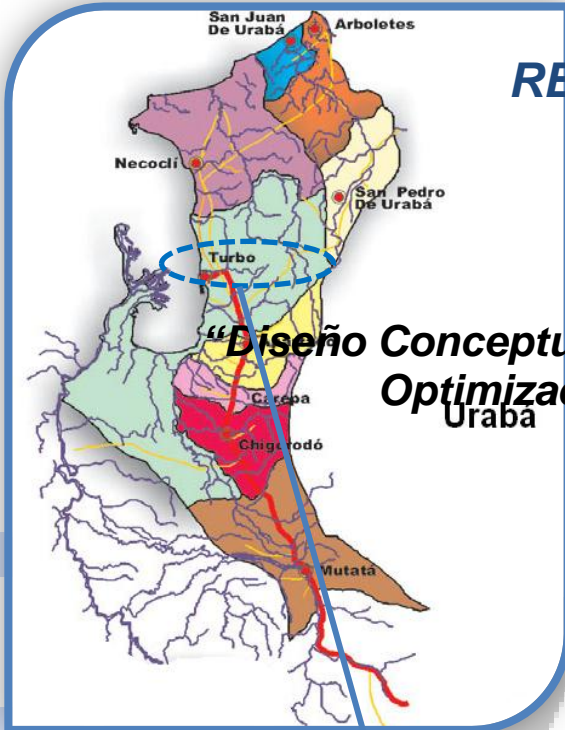
**ESTUDIO DE SUELOS Y
RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA**

PROYECTO:

***“Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y
Optimización del Sistema de alcantarillado.”
Municipio de Turbo (Ant)***

INTERESADO:

Aguas de Urabá s.a. e.s.p



JUAN CARLOS OBANDO ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
M.P. N°: 0520262476ANT

10/12/2013

Medellín, Diciembre 30 de 2013



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 2 de 58

CONTENIDO

1.0.	INTRODUCCIÓN	3.
2.0.	METODOLOGIA	4.
3.0.	ASPECTOS GENERALES	5.
3.1.	LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	6.
4.0.	EVALUACIÓN GEOLOGÍA Y GEOMORFOLÓGICA	8.
5.0.	TECTONISMO GENERAL.....	15.
6.0.	SISMICIDAD	17.
7.0.	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	20.
7.1.	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT).....	25.
	ESTRATIGRAFIA DE LOS SUELOS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO	25.
9.0.	DISEÑO DE CIMENTACIONES.....	36.
9.1.	PERFIL GEOLOGICO Y AMENAZA SISMICA.....	37.
9.2.	CALCULO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE	39.
9.3.	SISTEMA DE CIMENTACIONES	40.
	(N.A.P.A. = SE DETECTÓ NIVEL FREÁTICO, DICIEMBRE DE 2013)	40.
10.0.	CONCLUSIONES	49.
11.0.	RECOMENDACIONES	49.

ANEXOS



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).

Pág. 3 de 58

1.0. INTRODUCCIÓN

En el Municipio de Turbo, se proyecta un **“Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado”**, El proyecto, se localiza en los Barrios Las Flores, Obrero, Brisas del Mar, El Bosque, Buenos Aires y sector Plaza de Mercado., para la cual se hace necesario plantear las condiciones geotécnicas y el comportamiento del suelo base para la cimentación de la estructura propuesta.

Para la exploración de las condiciones geotécnicas y comportamiento del suelo se hace la ubicación de nichos de investigación en puntos seleccionados; donde las redes existentes tienen una distancia vertical mínima, ya que son cerca a los arranques del alcantarillado proyectado. Esto con el fin de hacer un cruce de las redes de alcantarillado proyectados, con las redes de acueducto existentes.

Este cruce se acompañara con un numero de perforaciones ubicadas en los barrios de estudio, específicamente en los colectores principales proyectados, aproximadamente cada 100m y/o el tipo de terreno, con el fin de analizar el tipo de suelo que se debe intervenir a lo largo del diseño.

El pasado **10 de Diciembre** de la presente anualidad, se procedió a la realización del trabajo de campo de acuerdo las recomendaciones del **“Reglamento de la Norma Sismo Resistentes, NSR-10”, Capítulo H.3 (Caracterización geotécnica del Suelos);** Tablas **H.3.1-1 y H.3.2-1** consideramos suficiente adelantar las exploraciones por medio del ensayo **S.P.T** por parte del personal de nuestra empresa.

El presente informe corresponde al estudio y diseños geotécnicos de los suelos del sector donde se localiza el proyecto.

Se presentan los resultados de las exploraciones de campo, ensayos de laboratorio, evaluación geotécnica y recomendaciones para el diseño y construcción de la cimentación.

Las recomendaciones para el diseño y construcción de las cimentaciones se basan principalmente en las condiciones del sitio, en los resultados de las exploraciones, en



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 4 de 58

los ensayos de laboratorio y en las prácticas del análisis y diseño aceptadas por la ingeniería geotécnica.

Los análisis y recomendaciones contenidas en este informe **se aplican únicamente al proyecto relacionado anteriormente y a las condiciones geotécnicas allí encontradas**, para las cuales se realizó el presente estudio.

En caso de que se modifique el proyecto, o durante la construcción se encuentren condiciones diferentes, se debe verificar la necesidad de realizar exploraciones y/o análisis y recomendaciones geotécnicas adicionales.

2.0. METODOLOGIA

Para realizar el presente estudio geotécnico se siguió un esquema metodológico que parte del reconocimiento y evaluación del terreno, mediante el levantamiento de información in situ, donde se examinan las formaciones geológicas y el relieve.

Las diferentes etapas del estudio se resumen de la siguiente manera:

Etapa 1: Recolección de Información Básica:

Consiste en recopilar la información disponible concerniente con topografía, geología y clima. Posteriormente, se analiza el material recolectado y se procede a la interpretación de ellos, con la finalidad de conocer los patrones de relieve y los procesos erosivos y de movimientos en masa del área de interés y la definición de los sitios para realizar las exploraciones.

Etapa 2: Estudio de campo:

Tiene como objetivo la observación de los tipos de suelos, acción de las corrientes y formas del terreno. Además, se determinan los perfiles estratigráficos de los depósitos y se registra la posición del nivel freático.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 5 de 58

Etapa 3: Estudio de oficina y laboratorio:

Esta etapa contempla la realización de los ensayos de laboratorio (Compresión Simple, Corte Directo, Gradación, Humedades y Pesos Específicos) a las muestras obtenidas en campo, proceso que dura una semana para su análisis y de esta manera determinar sus propiedades índices, que definan el modelo y los parámetros resistentes para el análisis geotécnico.

Normas NTC promulgadas por el ICONTEC:

NTC 1493 — Suelos. Ensayo para determinar el límite plástico y el índice de plasticidad. (ASTM D 4318)

NTC 1494 — Suelos. Ensayo para determinar el límite líquido. (ASTM D 4318)

NTC 1495 — Suelos. Ensayo para determinar el contenido de agua. (ASTM D 2216)

NTC 1503 — Suelos. Ensayo para determinar los factores de contracción. ASTM D 427)

NTC 1504 — Suelos. Clasificación para propósitos de ingeniería. (ASTM D 2487)

NTC 1522 — Suelos. Ensayo para determinar la granulometría por tamizado NTC 1527.

Etapa 4: Elaboración del informe final:

En esta etapa se recopila toda la información, se presentan los resultados de los estudios y se dan las recomendaciones para los diseños, teniendo presente tanto las condiciones de sismicidad del área de proyecto y la definición de las aceleraciones máximas para el sismo de diseño, según la **NSR-10**.

3.0. ASPECTOS GENERALES

En este capítulo se expone el marco físico-biótico general donde se localiza la zona de estudio con el fin de establecer un marco ambiental donde se establecerá el proyecto.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

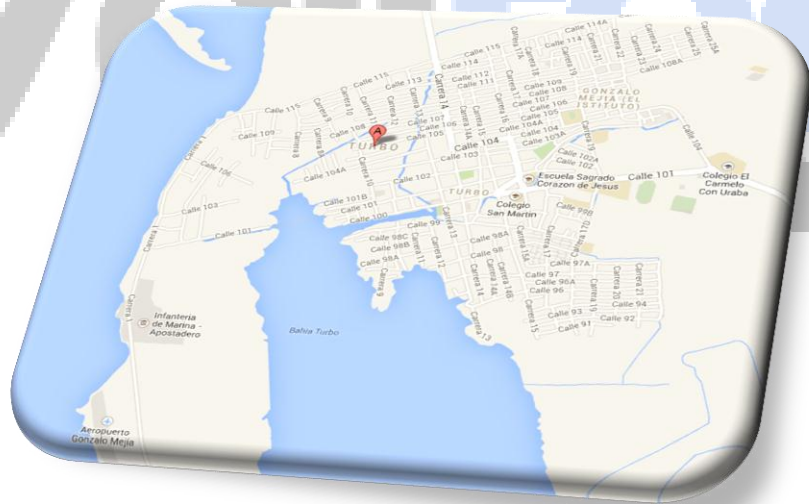
*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant). Pág. 6 de 58*

3.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Turbo es una ciudad de Colombia, localizada en la subregión de Urabá en el departamento de Antioquia y capital de esta sub-región. Limita al norte con el mar Caribe y los municipios de Necoclí y Arboletes; al este con los municipios de San Pedro de Urabá y Apartadó y con el departamento de Córdoba; al sur con los municipios de Carepa, Chigorodó y Mutatá y al oeste con el departamento del Chocó.

La zona de estudio se localiza en:

- ☑ **Latitud: 8° 5' 42.34" N**
- ☑ **Longitud: 76° 43' 56.75" O**



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

***Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*** ***Pág. 7 de 58***



3.2. CLIMA

La climatología se describe con base en datos recolectados de 1961 a 1991 de una estación climatológica ordinaria, del IDEAM, localizada en el aeropuerto Gonzalo Mejía del municipio de Turbo, posicionada con las coordenadas 76,73° de longitud oeste y 8,12° de latitud norte, asimismo se toma de referencia la información de la estación meteorológica del municipio de Apartadó - Antioquia, ubicada a 27Km al sureste del municipio de Turbo.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 8 de 58

Esta región del país se caracteriza por presentar un clima cálido húmedo; en este clima las lluvias están repartidas a lo largo del año por lo que no hay una estación seca, se caracteriza por ser de alta vegetación verde, además de ser uno de los más húmedos, cuenta con distintas plantas y especies vegetales. Presenta temperaturas medias superiores a 24°C y precipitaciones anuales entre 2000 y 2500 milímetros, generadas principalmente por la presencia del sistema de baja presión anclado de Panamá que se mantiene activo durante la mayor parte del año con una presión interna en época húmeda de hasta 1005mb y en época seca de 1010mb. Asimismo, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), se mantiene oscilando en época húmeda sobre este sector (5° - 11° de latitud norte) y en época seca la influencia de este sistema es menor.

4.0. EVALUACIÓN GEOLOGÍA Y GEOMORFOLÓGICA

GEOMORFOLOGÍA.

La geomorfología de la zona de estudio presenta básicamente tres geo formas predominantes, estas son:

Colinas altas.

Estas colinas presentan alturas menores a 50 metros sobre el nivel del mar están conformadas por rocas sedimentarias de edad terciaria y se encuentran espesamente pobladas de vegetación nativa, en las partes bajas de estas colinas hay numerosos nacimientos de agua. En la zona de estudio la dirección predominante de estas colinas es N-S. Actualmente esta zona está siendo deforestada por los campesinos de la región, para beneficiarse de la venta de esta madera.

Colinas medias.

Tienen alturas predominantes de hasta 20 metros, se encuentran en su mayoría intervenidas antrópicamente con cultivos, y están conformadas por rocas sedimentarias del terciario. Similar a las colinas altas, su dirección predominante también es N-S. Entre las colinas altas y las medias se presentan unos valles estrechos y alargados, de dirección predominante N-S, que en muchos lugares se presentan pequeñas lagunas y humedales, los cuales son alimentados por los nacimientos de las colinas altas, los



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

**Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).**

Pág. 9 de 58

nacimientos en las colinas medias son escasos. Estas colinas van desapareciendo gradualmente, en sentido E-W para pasar a la zona plana, se distinguen en algunas partes, colinas bajas, entre la planicie y las colinas medias.

Planicie.

Se extienden desde las colinas medias y bajas hasta la costa, con zonas de bajo gradiente topográfico, lo cual favorece la formación de humedales y lagunas. Es una zona fuertemente intervenida antrópicamente, con cultivos y ganadería (por lo cual, hay numerosos canales de riego e irrigación, arroyos y caños. La mayoría de las quebradas que bajan desde las colinas altas son captadas para ser aprovechadas por los habitantes de la región y sus cauces han sido con frecuencia modificados por las actividades antrópicas. En la zona cercana al casco urbano del municipio de Turbo, todos los arroyos y caños son contaminados por aguas servidas.

Terrazas aluviales.

Se destacan principalmente las terrazas formadas por el río Turbo y Guadualito y sus afluentes, conformadas por espesos estratos de sedimentos finos arrastrados por el río, observándose hasta 3 niveles de terrazas. Solo en la parte alta de la cuenca del río Turbo se observa material grueso depositado en el lecho de estas quebradas.

GEOLOGIA.

En la zona de estudio se destacan la formación Corpa y la formación Pavo, que se describen detalladamente a continuación:

Formación Corpa

Consta principalmente de conglomerados intercalados con areniscas conglomeráticas de grano grueso y esporádicamente capas de limolitas y arcillolitas, de color gris azul. El espesor varía de 2000 a 4000 metros. Esta unidad, se divide en 3 conjuntos, distinguibles por su litología en la región de estudio (INGEOMINAS 2003). De la base al techo, se observa la siguiente sucesión:



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 10 de 58

Conjunto A

Está conformado por areniscas de color amarillo grisáceo, de tamaño de grano fino a medio, compuestas por cuarzo, feldespato y fragmentos de roca volcánica y sedimentaria, en una matriz arcillosa, con empaquetamiento tangente a puntual. Los clastos son angulosos a subredondeados de baja esfericidad y mala selección. Se presentan en capas de 10 a 20 centímetros de espesor continuas paralelas, estratificadas con capas de lodolitas de color gris azulado claro, friables que se presentan en capas de 5 a 10 centímetros. El espesor de este conjunto en el sector de Carepa - El Roble alcanza los 165 metros.

Conjunto B

Conformado por capas de arenisca y conglomerado. Las areniscas son de color amarillo grisáceo, de grano fino a medio, conformadas por cuarzo, feldespato (plagioclasa) y fragmentos de roca volcánica y sedimentaria, subangulares, de baja esfericidad y moderada selección, con empaquetamiento tangente a puntual, en una matriz arcillosa.

Se presentan en capas discontinuas no paralelas, de 1 a 15 metros de espesor, con estratificación cruzada hacia el tope de las capas. Presentan láminas delgadas de lodolitas.

Las capas de conglomerados están conformadas por gránulos y guijos de cuarzo, chert y roca volcánica (basaltos), en una matriz arenosa de color amarillo grisáceo, de grano medio a grueso. El espesor de este conjunto en el sector de Carepa es de 210 metros.

Conjunto C

Conformado por lodolitas de color gris azulado, con capas discontinuas no paralelas, de espesor 1 a 2 metros de espesor, intercaladas con capas discontinuas de conglomerados, con guijo de cuarzo, chert y roca volcánica en una matriz arenosa, de grano medio a grueso. Los guijos son subangulares a subredondeados con empaquetamiento puntual a flotante. El espesor de este conjunto en el sector de El Tres - El Alto es 115 metros.

Esta unidad aflora en el flanco más occidental de la Serranía de Abibe, formando las colinas bajas que se observan a lo largo de la carretera Juradó - Turbo. Los afloramientos de esta unidad son muy pocos, siendo la mejor exposición la que se encuentra a lo largo de la carretera El Tres - El Alto, pero no permite levantar una columna estratigráfica por encontrarse demasiados sectores cubiertos.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

***Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*** ***Pág. 11 de 58***

Las características litológicas de la unidad Corpa, sugieren un ambiente de deposición de tipo continental, con corrientes sinuosas de períodos de media a alta energía (deposición de la fracción conglomerática) y períodos de tranquilidad (deposición de la fracción areno-arcillosa).

Por la abundancia relativa de guijos de roca volcánica y sedimentaria en los conglomerados, puede asegurarse que las rocas volcánicas y sedimentarias que se encuentran en el eje de la Serranía de Abibe estaban expuestas a erosión, durante la sedimentación de la unidad.

El contacto inferior de esta unidad es de tipo fallado (Falla de Apartadó), con la Unidad Pavo, el contacto superior es discordante, con los sedimentos Cuaternarios de la llanura aluvial Mutatá-Turbo.

Unidad Pavo.

La Unidad Pavo se destaca morfológicamente por constituir los cerros más elevados que configuran el cierre de estructuras sinclinales, tales como la serranía del Águila, el Sinclinal de Tulipa, los cerros de Tío López, Cruz de Hueso, Pecho Perdido y Quimarí; las montañas del Pavo y, probablemente, la serranía más occidental entre Necoclí y Turbo.

El espesor de esta unidad, es variable; en el río Turbo alcanza 4310 m, y en el carretable Turbo-El Alto-Valencia (Córdoba) alcanza los 9000 m. El contacto inferior de la unidad no aflora en la región de estudio. El contacto superior con la Formación Corpa, es fallado, a través de la falla de Apartadó. En estudios más recientes y detallados, el INGEOMINAS (2003), subdividió la unidad Pavo en las subunidades Pavo (a) y Pavo (b), con base en su carácter litológico.

Se observaron afloramientos de la subunidad Pavo (a) en las quebradas Umbito, Puya, El Indio, La Pita, La Burra, Aguas Saladas, Isaías, Las Mercedes, Caracolí, Tío López, El Limón, La Mona, Tucurá (Angostura); La Osa, Osorio y Cacahual; en sectores de los ríos Turbo, Toribío (parte alta) y Mulatos (Aguas arriba de la quebrada La Doncella). En los cerros Yoky (en la serranía del Águila), Azul, Cruz de Hueso y en las montañas de Pavo.

En el Sinclinal de Tulipa se reconocieron dentro de la subunidad Pavo (a), tres paquetes de rocas perfectamente diferenciables, denominados paquete inferior o Pavo a1, el cual se observó en la quebrada Tío López; paquete medio o Pavo a2, determinado en la quebrada Las Mercedes y paquete superior o pavo a3, en la quebrada Puya; sin embargo, parece que la quebrada El Indio es la localidad más representativa de esta subunidad, por lo que se le ha escogido como sección tipo.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).* *Pág. 12 de 58*

En la carretera San Pedro de Urabá - San José de Mulatos aflora gran parte de la subunidad Pavo b, y se le considera como sección tipo. Buenos afloramientos ocurren en la carretera Santa Catalina - El Tomate, y se observa, además, esta subunidad en las quebradas Moncholo, La Burra, Tambores, Aguas Saladas, Lucio y Monomacho.

La Unidad Pavo presenta una parte inferior principalmente arenosa, la cual se ha denominado Pavo (a) y otra superior predominantemente lutítica, denominada Pavo (b). En término promedio, se presenta un 60% a un 70% de arenitas y un 30% a 40% de lutitas, y se determina que a la base estas litologías ocurren en proporción 70%-30% y al techo 50%-50%, respectivamente, y que la Subunidad Pavo (a) cambia transicionalmente a la subunidad Pavo b.

En general, la subunidad Pavo (a) está constituida por capas gruesas a muy gruesas de arenitas líticas a sublíticas gris azulosas a gris medio, interestratificadas con capas delgadas a medianas de lutitas gris verdosas a pardas. Las arenitas son de grano mediano predominante, también fino y grueso, ocasionalmente con guijos, subredondeados a subangulares, de selección moderada, cemento calcáreo (5-10%) o matriz arcillosa (5-10%), porosidad intergranular baja a moderada (2-10%), permeabilidad baja, compactación alta. Compuestas por cuarzo 40%; chert negro = 5-20%; fragmentos de lutitas y rocas volcánicas = 10%; carbón = 2-4%; restos vegetales (1%); escasos granos de asfaltos (1% o menos); esporádicamente, concreciones calcáreas (1%). (Ingeominas 2003).

Localmente las arenitas aumentan considerablemente de tamaño de grano y conforman lentejones de conglomerados arenosos de guijos, y se observan los mismos componentes de las arenitas ya descritas, además de fragmentos de ostreidos.

Las arcillolitas esporádicamente muestran restos de plantas, concreciones ferruginosas e intercalaciones de láminas a capas delgadas de arenitas arcillosas fino granulares. Localmente en la parte superior de esta subunidad se presentan algunas capas delgadas de turba (INGEOMINAS 2003).

En el Sinclinal de Tulipa dentro de la subunidad Pavo (a) se diferenciaron tres paquetes:



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 13 de 58

Paquete Pavo (a1)

Constituido en un 70% por arenitas líticas calcáreas de color gris verdoso a azulado, de grano mediano, localmente desarrolla lentes conglomeráticos que a veces muestran fragmentos de conchas de moluscos; de porosidad y permeabilidad escasas; alta compactación. Los niveles arenosos disminuyen gradualmente hacia el techo y empieza a predominar una secuencia de carácter eminentemente lutítico, denominado paquete medio o Pavo (a2).

Paquete Pavo (a2)

Aproximadamente con 70% de lodolitas - limolitas y un 30% de intercalaciones de arenitas. La parte lutítica es de color gris oscura, gris verde oliva y pardo; generalmente se presenta en capas muy gruesas con espesores hasta de 20 m. En el río Turbo cerca a la quebrada Las Mercedes, la Subunidad Pavo (a2) se encuentra típicamente representada, y consiste de capas delgadas a medianas de arenitas amarillentas, que se interdigitan con las lutitas macizas predominantes, que presentan un color gris oscuro.

Paquete inferior Pavo (a3)

Interestratificación de un 70% de arenitas y un 30% de lutitas. Las arenitas conservan la misma composición, aunque el tamaño del grano es mayor y se incrementan los niveles conglomeráticos (Figura 15) Las lutitas son de color gris oscuro a pardo rojizo, con un abundante contenido de materia orgánica; en la parte superior del paquete se presenta jarosita asociada a fracturas.

Subunidad Pavo b

Principalmente lutítica (70-80% de la secuencia) y son frecuentes algunos niveles arenosos en la parte inferior de la Subunidad (el promedio de arenitas es de 20-30%). Se identifica por el aspecto abigarrado de las lutitas y la presencia permanente de mineral de yeso y jarosita en las fracturas de las rocas o en algunos planos de estratificación.

Las lutitas presentan variados colores y tonos que incluyen: pardo claro, pardo rojizo, gris verdoso, gris claro, morado y rojo. Son de aspecto macizo, con abundante materia

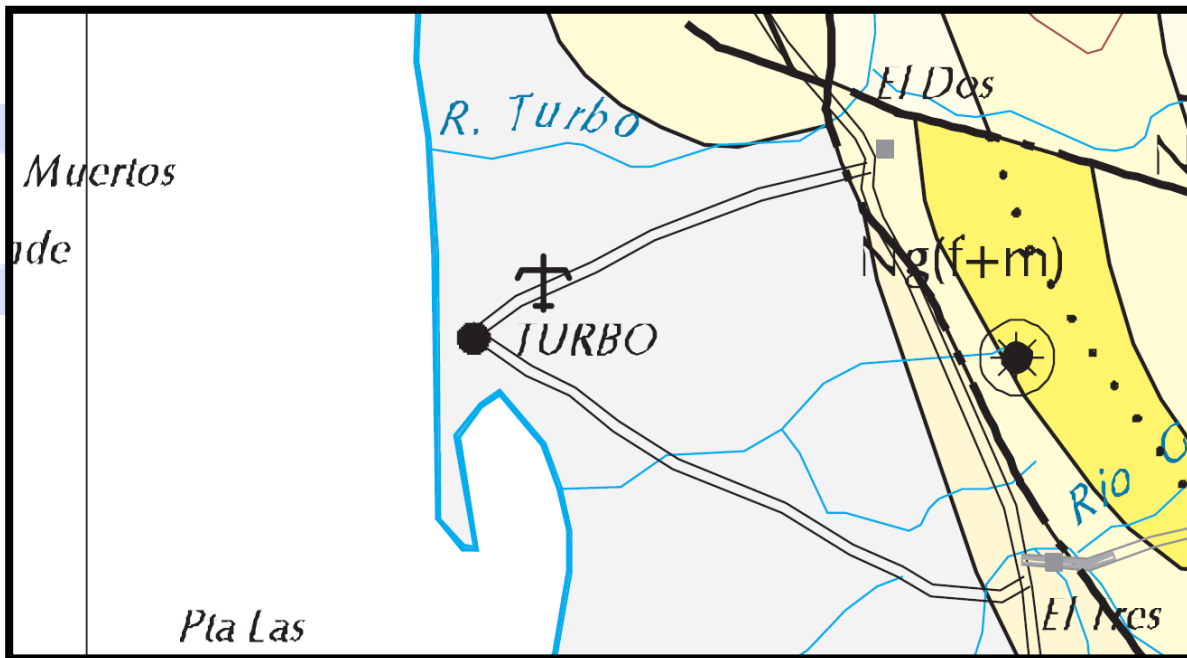


INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant). Pág. 14 de 58*

carbonosa, esporádicos lentejones de carbón entre 2.2 y 1.0 metros de espesor y algunas costras endurecidas de limolitas (Hard ground limolítico) en la superficie del contacto con arenitas.

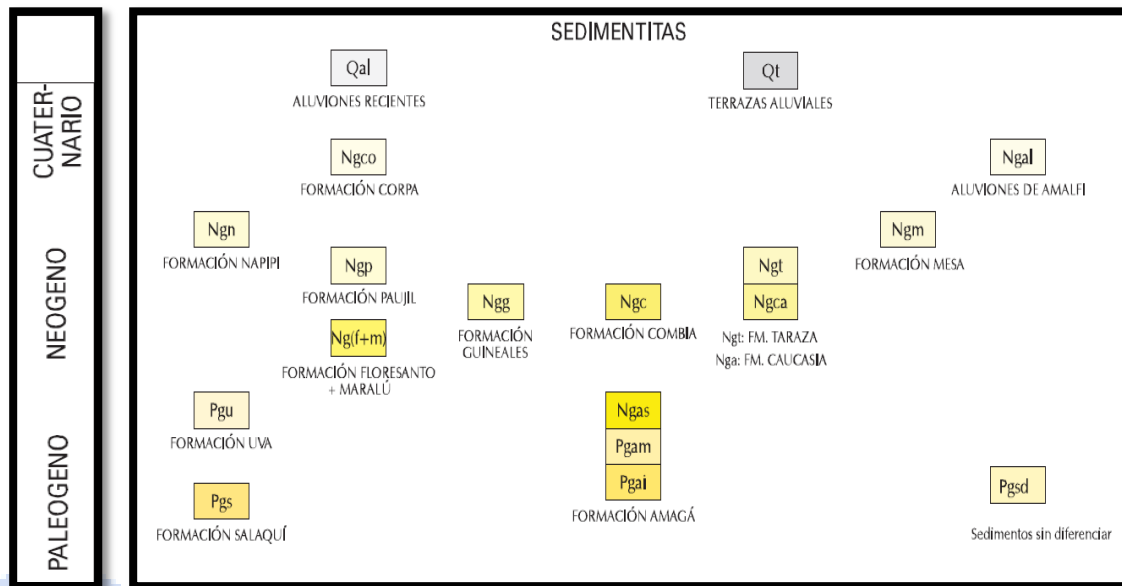
Las areniscas intercaladas son principalmente cuarzosas, de color pardo a amarillo claro, de grano fino, subangular o subredondeado, buena selección, baja porosidad y permeabilidad; localmente cemento silíceo (5-10%). En la composición, además de cuarzo, se presenta chert negro, restos de plantas e intraclastos de lutitas; y a la base ocurren fragmentos de carbón (INGEOMINAS, 2003).



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 15 de 58



Geología Regional Municipio de Turbo.

5.0. TECTONISMO GENERAL

La tectónica global donde se enmarca el proyecto, consiste de una diversidad de terrenos con características geológicas diferentes, las cuales conforman una especie de cuña, delimitadas por la interacción de tres (3) placas tectónicas (Nazca, Caribe y Suramérica), y para la cual, Cline y Otros (1981), acuñaron el nombre de "Bloque Nor-Andino".

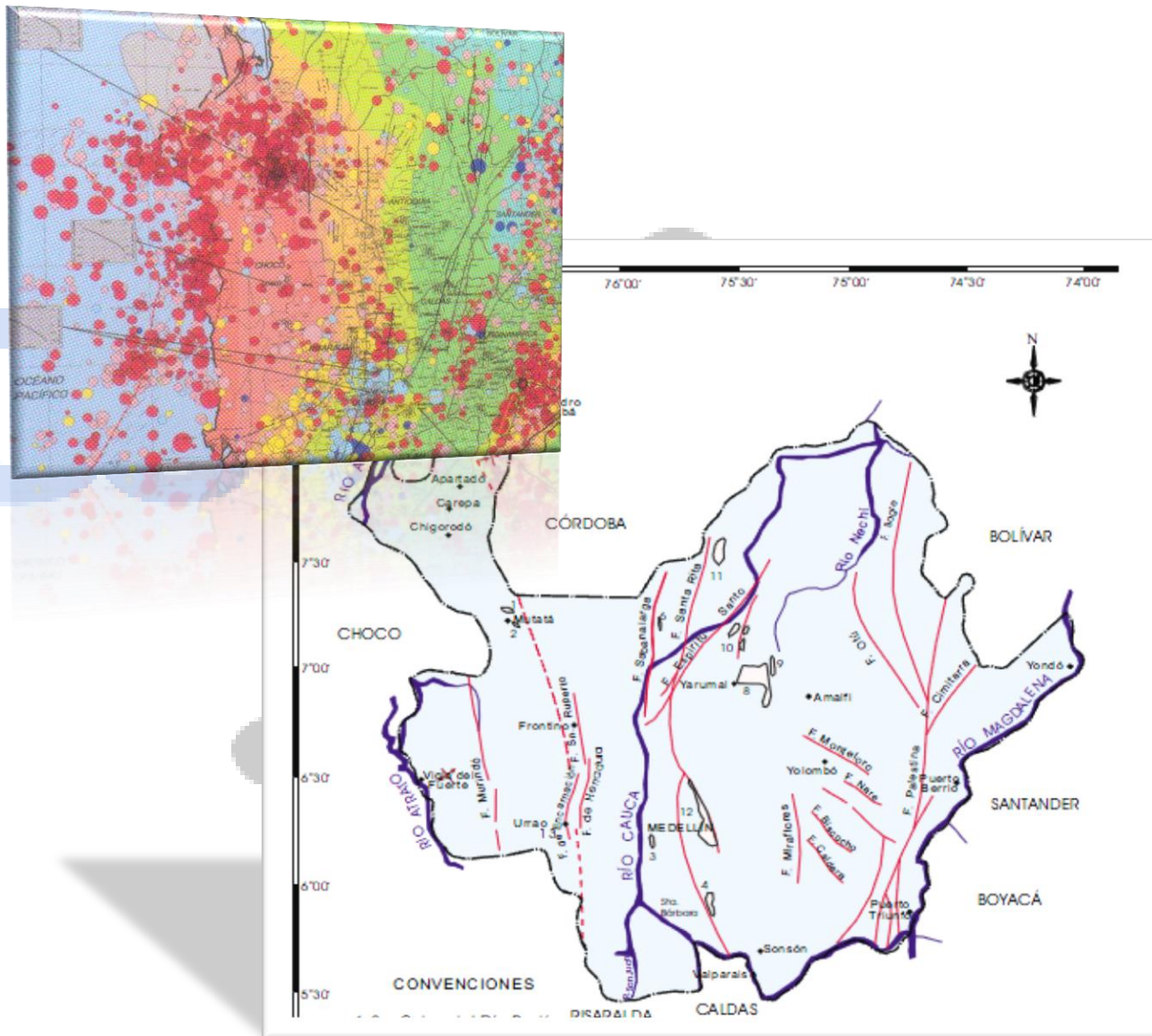
La placa Nazca tiene un sentido de desplazamiento general de occidente a oriente y una velocidad de 60 mm/año. Esta placa, al occidente de Colombia, dentro del océano Pacífico, en la denominada Fosa Colombo-Ecuatoriana, se está subduciendo bajo la placa Suramérica. Al norte está en contacto con la placa Caribe a lo largo de una falla transcurrente sinistral, que se prolonga al oeste a partir de la zona del Darién, a lo largo de la plataforma continental del Pacífico Panameño (Sarria, 1990).

La placa Suramérica se mueve en dirección general oriente-occidente, con una ligera componente noroccidental y a una velocidad de 10 a 20 mm/año. La placa Caribe tiene un desplazamiento relativamente menor en la dirección occidente-oriente. Entre las placas Caribe y Suramérica, los límites no están bien definidos, existiendo hipótesis que la ubican por la costa del Mar Caribe y otros a lo largo del flanco este de la cordillera Oriental de Colombia (Sarria, 1990).

INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant). Pág. 16 de 58*

La actividad compresiva generada por la interacción de las tres placas, ha desarrollado en el Bloque Nor-Andino, una serie de deformaciones a lo largo de fallas con dirección N-S, una de las cuales es la zona de fallas Cauca - Romeral, de gran importancia para el proyecto.



Tectonismo Regional Departamento de Antioquia.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 17 de 58

6.0. SISMICIDAD

En general se entiende por amenaza sísmica a la probabilidad de que un sismo de cierta magnitud ocurra en una zona en un periodo futuro. Dentro de las amenazas geológicas, la sísmica se constituye en el fenómeno más aleatorio, ya que es imposible de evitar, así como de predecir. No obstante en la actualidad pueden controlarse hasta cierto punto los efectos de los sismos, conociendo el tipo de sismo máximo que puede presentarse en una región determinada y de acuerdo a esto, desestimulando las construcciones en el área, reforzando las estructuras ya existentes o construyendo bajo las normas requeridas.

Debido a que las principales causantes de los sismos son las fallas, las cuales son estructuras de cientos de kilómetros y en ocasiones del orden de miles, estas pueden afectar grandes regiones que obviamente superan el contexto municipal. Como consecuencia para este análisis toda la región de Urabá tiene características similares. En este orden de ideas, el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, publicado en 1996 por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, ha enmarcado a todos los Municipios del eje central dentro de una zona de amenaza sísmica alta.

Esta clasificación se debe a que el Noroccidente colombiano se encuentra en una zona de alta actividad sísmica bajo la influencia de varias sismofuentes (volúmenes de la corteza terrestre con alta actividad sísmica). A continuación se enumeran algunos de los movimientos telúricos ocurridos a través del tiempo en el municipio de Turbo.

INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 18 de 58

					Red Sismologica Nacional de Colombia			
Fecha aaaa/mm/dd	Hora UTC hh:mm:ss	Magnitud MI	Longitud Grados	Latitud Grados	Departamento	Municipio	Profundidad Km	Estado
15/12/1993	02:46:43	3.6	-76.87	7.92	ANTIOQUIA	TURBO	35	Revisado
19/03/1995	17:03:59	5.2	-76.9	7.98	ANTIOQUIA	TURBO	0	Revisado
20/03/1995	10:31:39	4.2	-76.897	7.942	ANTIOQUIA	TURBO	14	Revisado
23/03/1995	03:55:13	3.7	-76.88	7.975	ANTIOQUIA	TURBO	36.2	Revisado
24/03/1995	01:34:58	3.8	-76.891	7.945	ANTIOQUIA	TURBO	32.7	Revisado
10/01/2001	03:37:13	3.4	-76.85	8.268	ANTIOQUIA	TURBO	0	Revisado
17/06/2001	22:52:27	3.6	-76.944	8.196	ANTIOQUIA	TURBO	175.2	Revisado
14/02/2002	07:49:26	2.6	-76.788	8.094	ANTIOQUIA	TURBO	17.4	Revisado
07/01/2004	23:27:14	2.8	-76.799	8.008	ANTIOQUIA	TURBO	0	Revisado
07/11/2006	16:03:43	2.9	-76.641	8.048	ANTIOQUIA	TURBO	18	Revisado
06/01/2008	11:25:35	2.3	-76.831	8.005	ANTIOQUIA	TURBO	32.2	Revisado
25/01/2012	04:18:09	2.4	-76.87	8.269	ANTIOQUIA	TURBO	2	Revisado
02/09/2012	10:17:04	2.2	-76.788	8.206	ANTIOQUIA	TURBO	12.4	Revisado
20/03/2013	04:45:18	2.2	-76.866	8.156	ANTIOQUIA	TURBO	32.2	Revisado

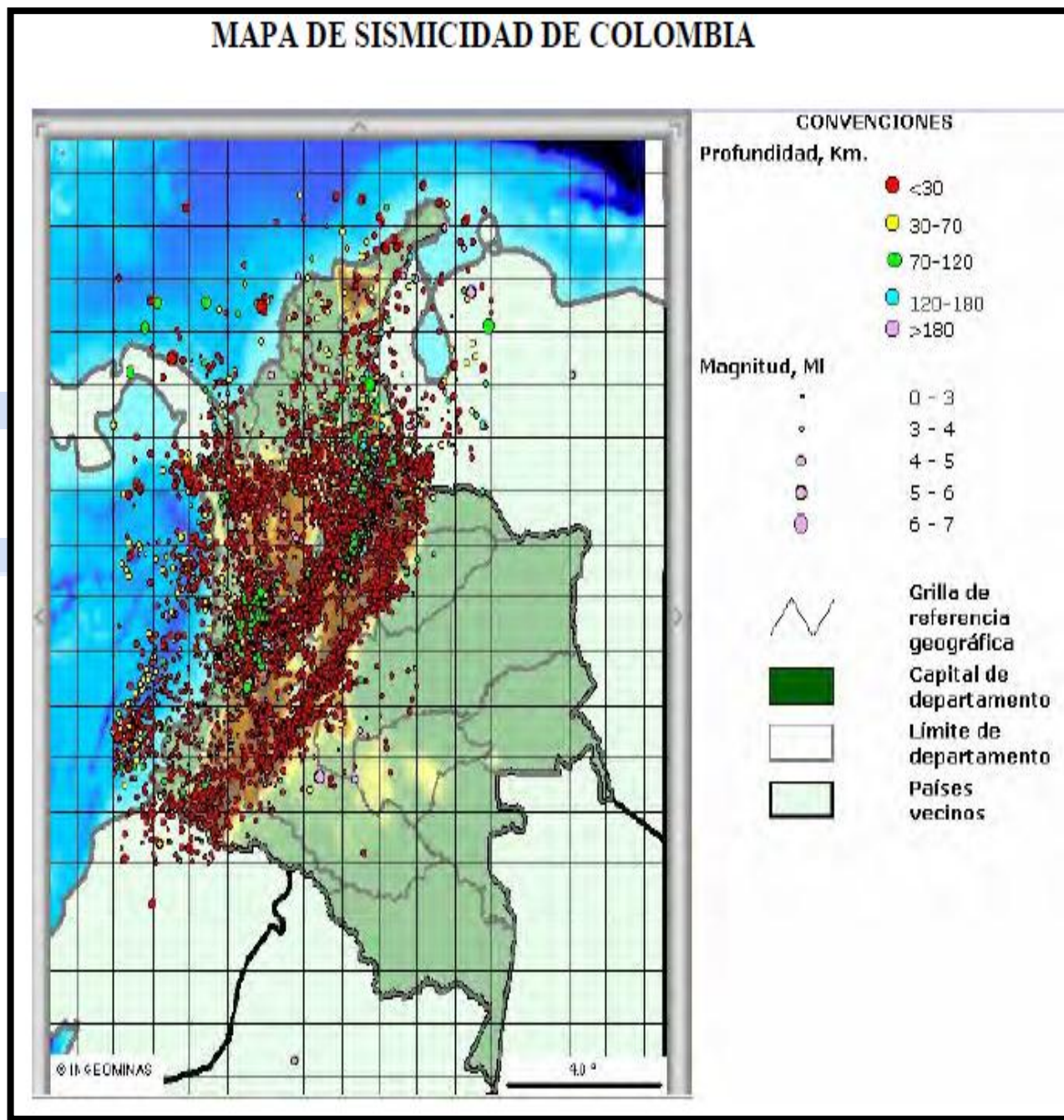
Principales Sismo Sentidos en Turbo.

FUENTE: Red Sismológica Colombina.

INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 19 de 58



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 20 de 58

7.0. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El programa de exploración de campo consistió en la ejecución de **Treinta y siete (37)** perforaciones que alcanzaron como máximo los **5.00m y/o Rechazo** localizadas estratégicamente, de estos sondeos se hace una descripción general en este capítulo y en los Anexos, se presenta cada uno de los registros campo, donde se indican la descripción de las muestras recobradas, la posición del nivel freático, la secuencia estratigráfica y demás detalles pertinentes.

La selección de los sitios a explorar respondió a las necesidades de conocer la distribución de los suelos en profundidad, según las condiciones geológicas y geomorfológicas reconocidas.

Las perforaciones se realizaron mediante el sistema de percusión, en las cuales, se tomaron muestras para ensayos de laboratorio. Adicionalmente se hizo una inspección en los alrededores de cada una de las zonas exploradas para verificar la presencia de áreas inestables cerca de cada región de interés.

Perforaciones



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 21 de 58



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 22 de 58



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 23 de 58



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 24 de 58



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 25 de 58

7.1. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)

Se exploraron los Sectores dentro de la zona de interés, las muestras se describieron visualmente, donde se anotó la clasificación de campo, el color, la plasticidad, la consistencia, el cambio de estrato y demás observaciones complementarias.

Las muestras de las cucharas se empacaron en bolsas plásticas y fueron enviadas al laboratorio inmediatamente para el análisis de laboratorio.

Los **S.P.T** se llevaron a cabo con un martillo de seguridad de 0.62 kN de peso, que se dejaba caer desde una altura de 0.76 m (**párrafo 5.4.1 de la norma ASTM D 1586-92**), a intervalos de aproximadamente 1.25 m.

El valor de la resistencia a la penetración estándar (valor de N) se obtuvo como el número de golpes requerido para introducir la cuchara (**split barrel sampler**) 305 mm, después de hacerla penetrar 150 mm. Una vez determinado el valor de N, la cuchara se penetraba 305 mm adicionales con el fin de obtener una mayor cantidad de muestra y así confirmar la continuidad del estrato.

Las muestras se recobraron en tubos de pared delgada tipo **Shelby** de 76 mm de diámetro exterior (**A.S.T.M D 1587**), hincados a presión, y en cucharas (**split-barrel sampler**) de 50.8 mm de diámetro exterior, 38.1 mm de diámetro interior y un tubo muestreador de 700 mm de longitud (**norma A.S.T.M D 1586, aprobada en 1992**), penetradas para el **S.P.T**. En el anexo se presentan los resultados y sus respectivas representaciones gráficas.

ESTRATIGRAFIA DE LOS SUELOS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO

En los diferentes sectores de estudio (Barrio Las Flores, Obrero, Brisas del Mar, El Bosque, Buenos Aires) se evaluó la estratigrafía del subsuelo con base en la descripción detallada de las muestras recuperadas y la inspección visual, con base en lo anterior, se define la estratigrafía general del sector.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 26 de 58

Barrio Las Flores, Buenos Aires y sector Plaza de Mercado:

En la mayoría del sector desde el nivel del terreno hasta la profundidad explorada se presenta un material arenoso de poca cohesión y alto contenido de agua, de color gris oscuro con presencia de basura (plástico, madera) y materia orgánica con olores fuertes, en cercanías a la carrera 13 el material que se encuentra es limo arenoso de color café amarillento con un espesor que varía entre los **0.40 y 0.70 m** y por debajo de ese material se encuentra un arena gravosa de color gris.

Barrio Obrero y Brisas del Mar:

Desde el nivel del terreno hasta una profundidad variable de **0.40 y 0.80 m** se encontraron materiales de llenos Antrópicos correspondientes a excedentes de construcción, restos de escombros, balastro y algo de basuras juntos con un material Limo Arcilloso de color café amarillento y vetas pardas de consistencia media a blanda.

Por debajo del material mencionado hasta las profundidades exploradas (**Entre 2.50 y 5.00 m**) se encuentra un material areno arcilloso de color grisáceo de consistencia media y/o arenas gravosa o gravas arenosas de color gris oscuro de consistencia media y origen aluvial.

Barrio El Bosque:

En este sector las vías cercanas a la escuela se encuentran un material Limo arcilloso junto con Balastro hasta una profundidad aproximada de entre **0.50 y 0.70 m** desde ese estrato hasta las profundidades exploradas se encuentra un material arcilloso de color grisáceo.

NIVEL FREÁTICO.

El municipio de Turbo y los sectores donde se realizaron las exploraciones de campo se encuentran ubicados en la costa oriental del Golfo de Urabá, hecho por el cual se detectó en la mayoría de perforaciones nivel freático los cuales fluctúan entre los **0.50 m** y los **1.40 m** de profundidad, se debe tener sumo cuidado ya que estas fluctuaciones pueden modificar de forma desfavorable las propiedades mecánicas de los suelos presentes y de las estructuras desplantadas en él.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 27 de 58

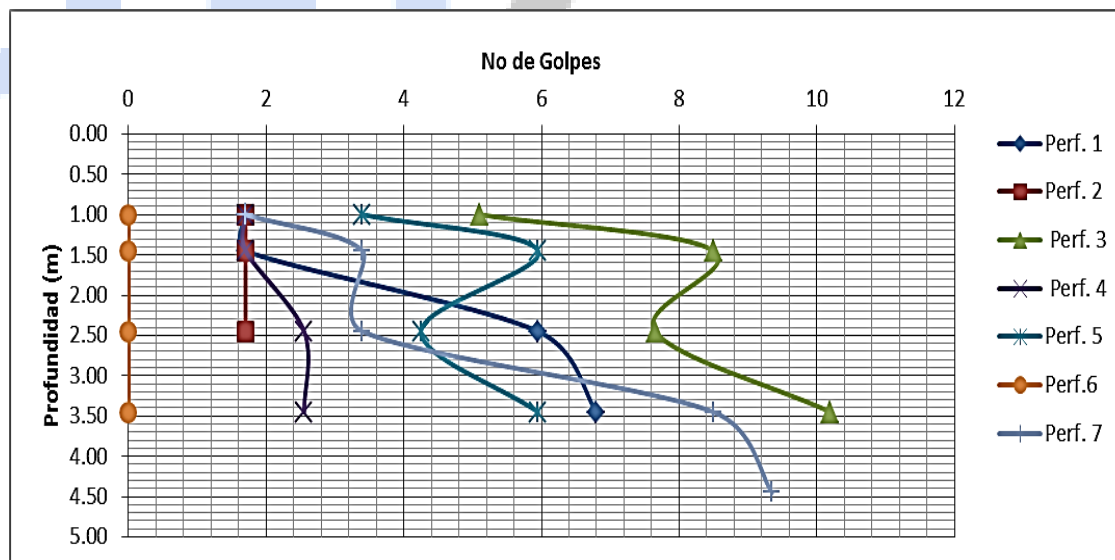
8.0. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Con el fin de caracterizar geo-mecánicamente los materiales del subsuelo las muestras obtenidas durante las exploraciones del subsuelo fueron llevadas al laboratorio donde se determinaron sus propiedades de resistencia.

En el ensayo de penetración estándar se observan comportamientos discontinuos, caracterizados por baja a media resistencia a la penetración, la cual aumenta conforme aumenta la profundidad.

Se presentan curvas simétricas, con la resistencia a la penetración, con bajos valores del N y bajos valores en sus propiedades geo-mecánicas, las cuales no optimizan la capacidad de soporte.

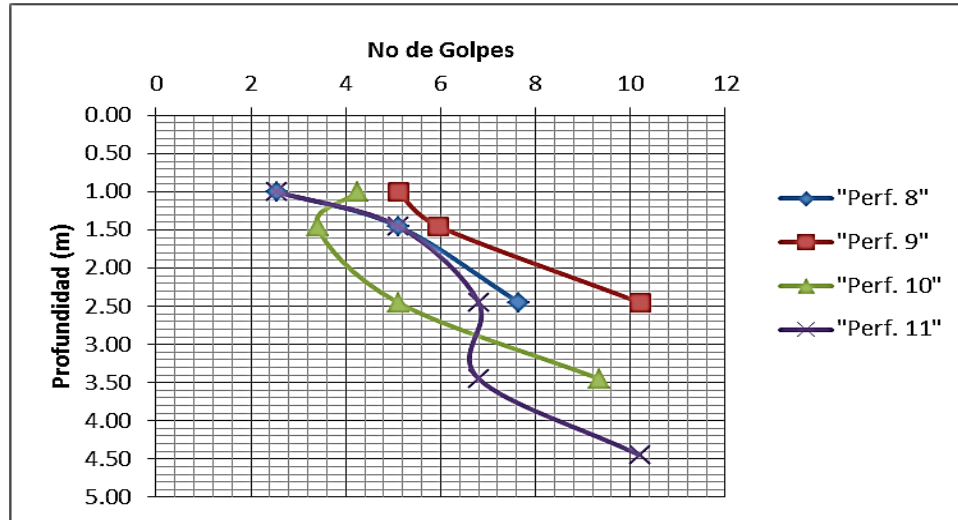
Barrio Las Flores:



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 28 de 58

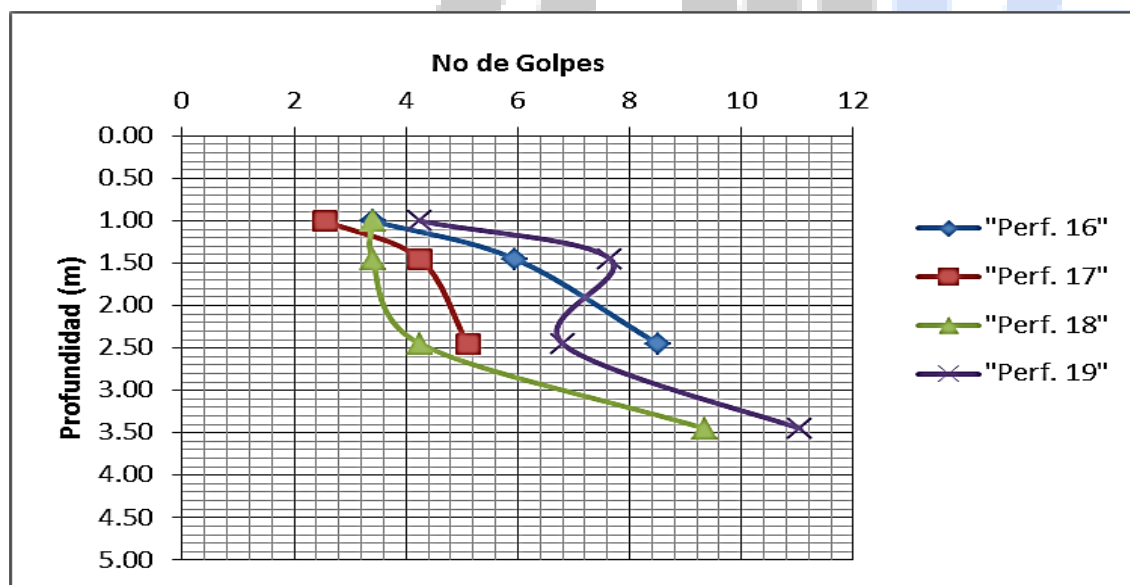
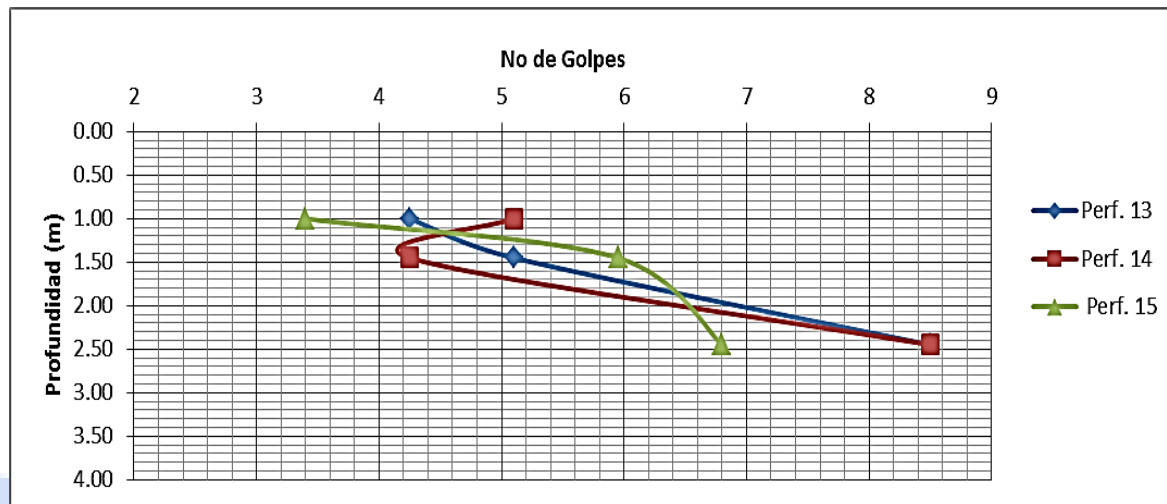


INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 29 de 58

Barrio Obrero.

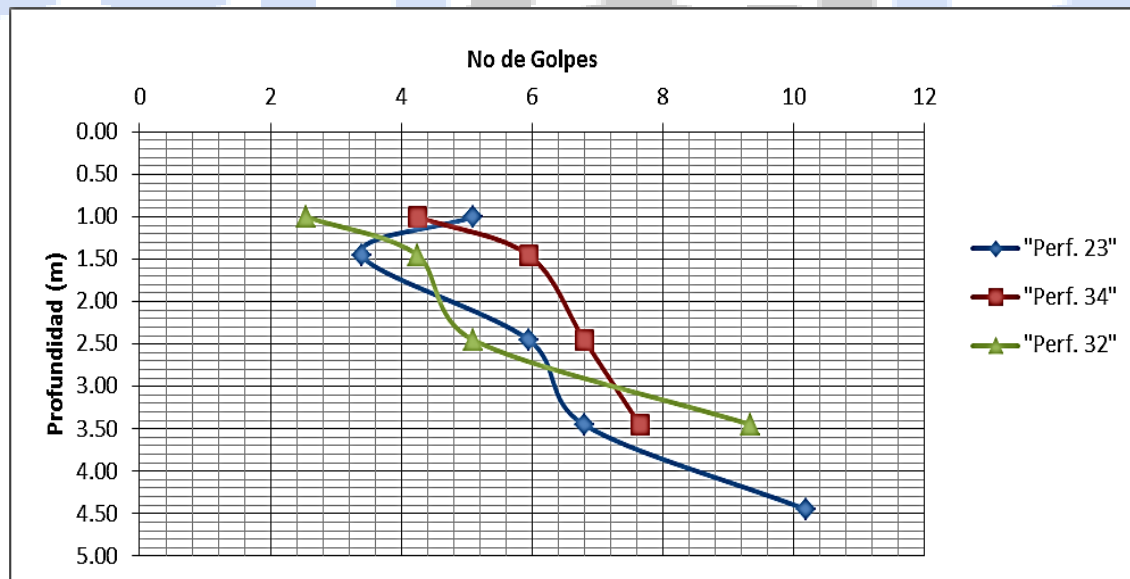
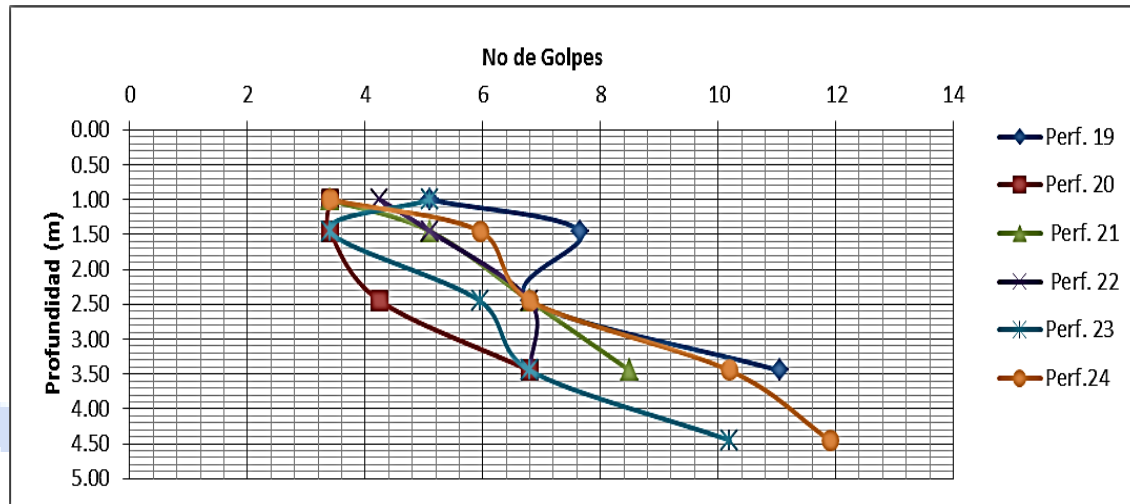


INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 30 de 58

Barrió Brisas del Mar.

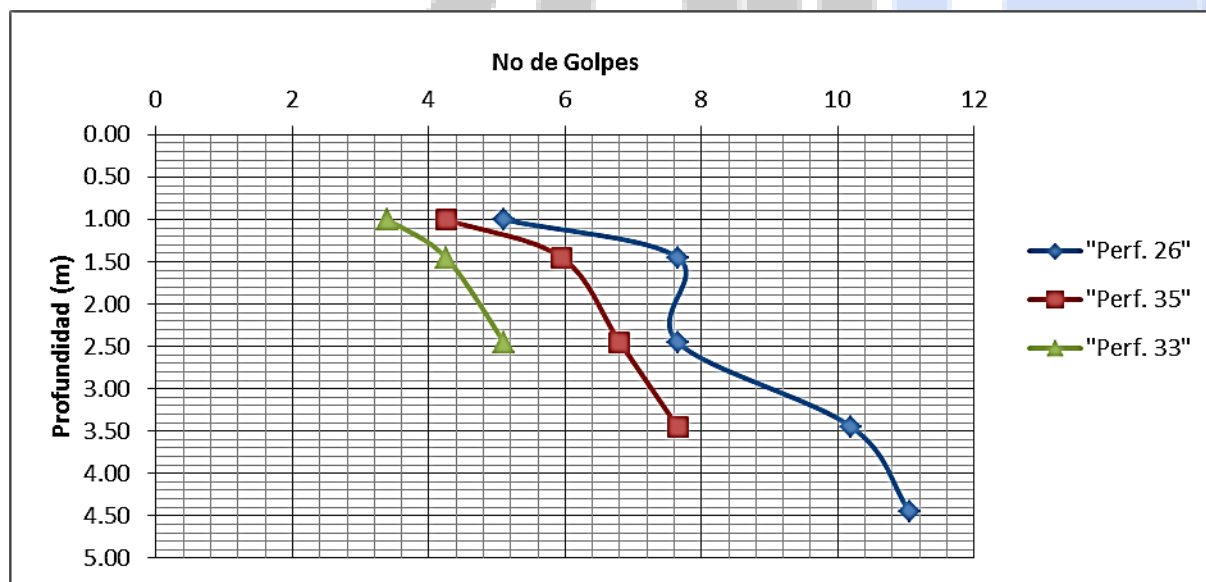
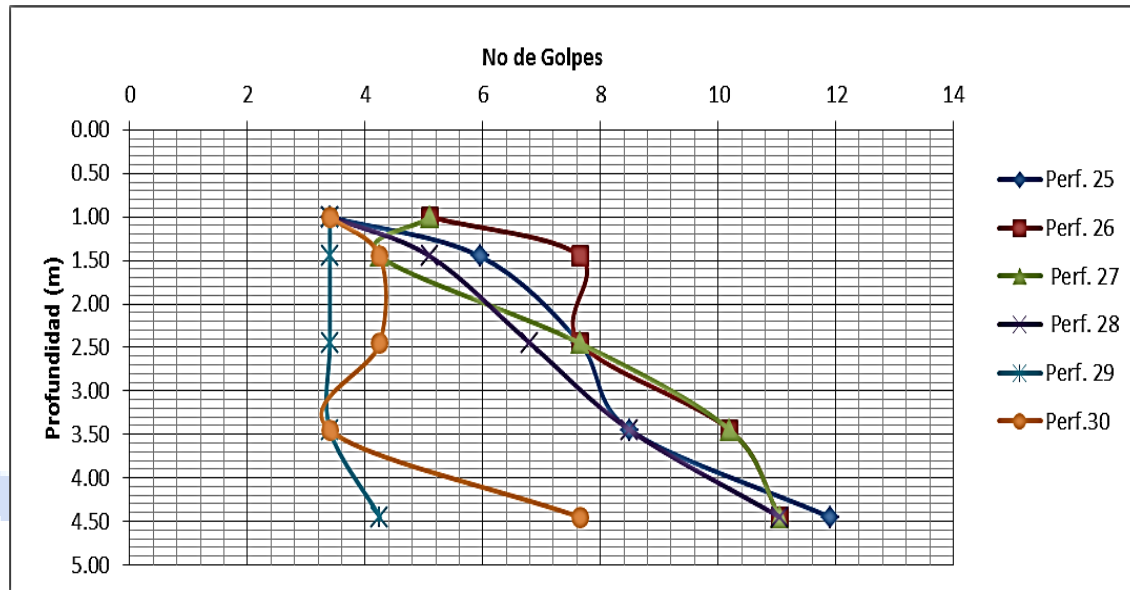


INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 31 de 58

Barrio El Bosque



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

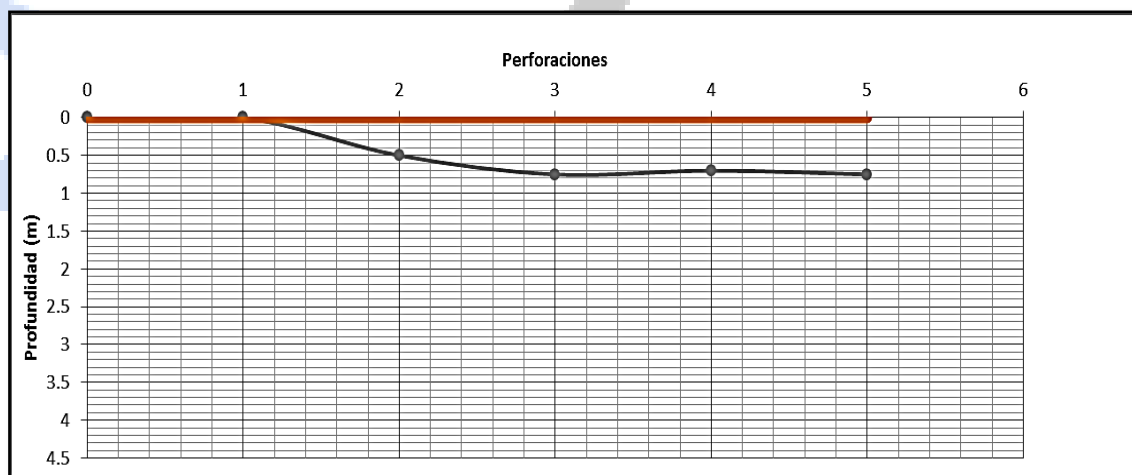
*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 32 de 58

De acuerdo a los golpes contabilizados en las exploraciones de campo se marca una frontera de resistencia sobre los **2.50 a 4.50 m**

A continuación se presenta la conformación del suelo en el sentido longitudinal de la vía, en tramos donde las perforaciones coincidían en la misma calle o carrera junto con un perfil estratigráfico representativo del tramo de la vía.

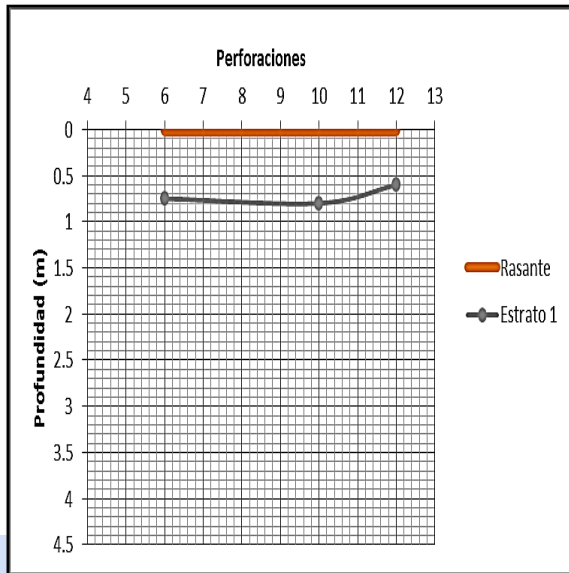
Barrió Las Flores.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

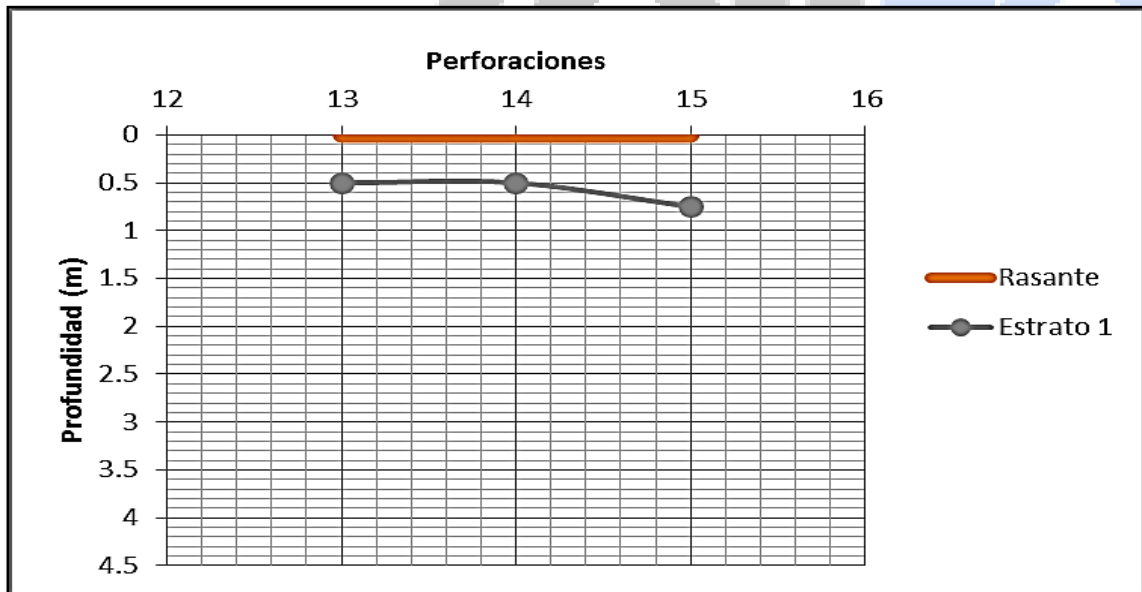
*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 33 de 58



Perforación N° 1						
Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm
0.00	0			Material arenoso de poca cohesión y altamente saturado con olores fuertes y presencia de basura.	STD	1-1-1
1.00	1				STD	1-1-1
1.45	2				STD	1-3-5
2.00	3				STD	3-4-5
2.45						
3.00						
3.45						

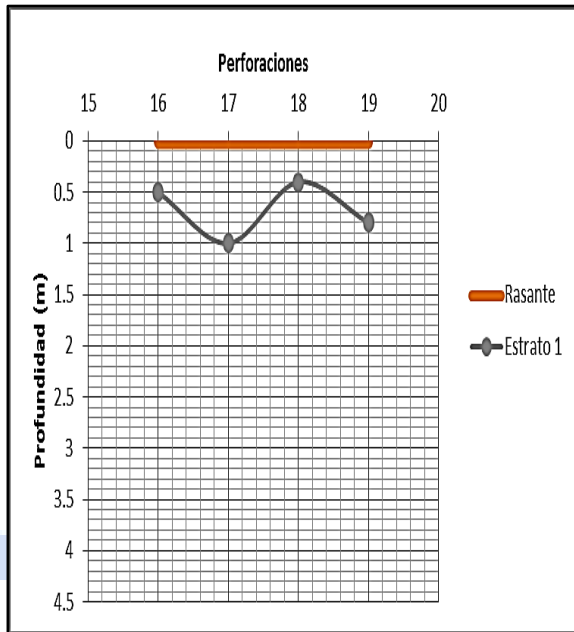
Barrio Obrero.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

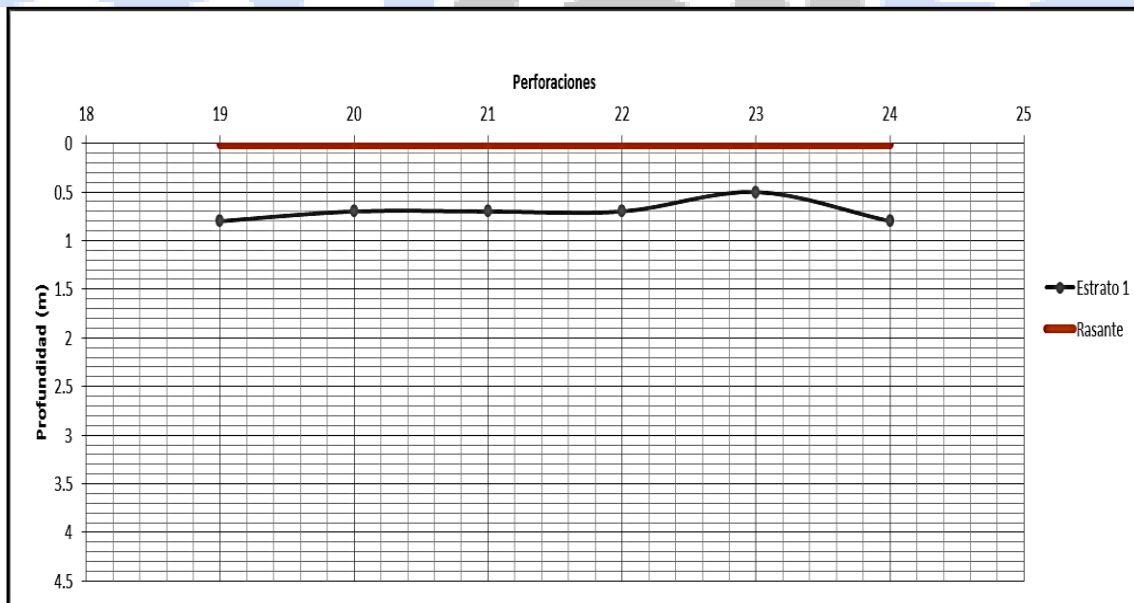
**Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).**

Pág. 34 de 58



Perforación N° 18						
Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm
0.00	0			Llenos antropicos correspondientes a excedentes de construcción y balastro.	STD	1-2-2
1.00						
1.00	1				STD	2-3-1
1.45						
2.00	2			Arena arcillosa de color grisáceo y arenas gravosas de consistencia media.	STD	3-3-2
2.45						
3.00	3				STD	4-4-7
3.45						

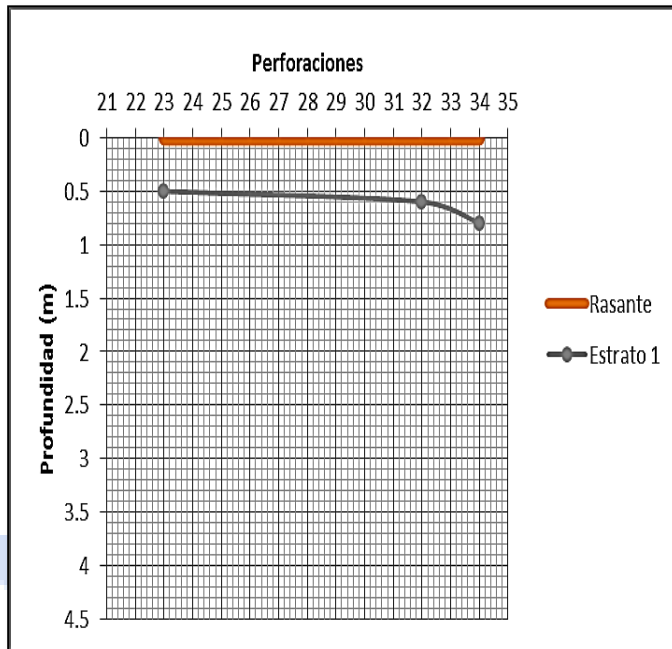
Barrio Brisas del Mar.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

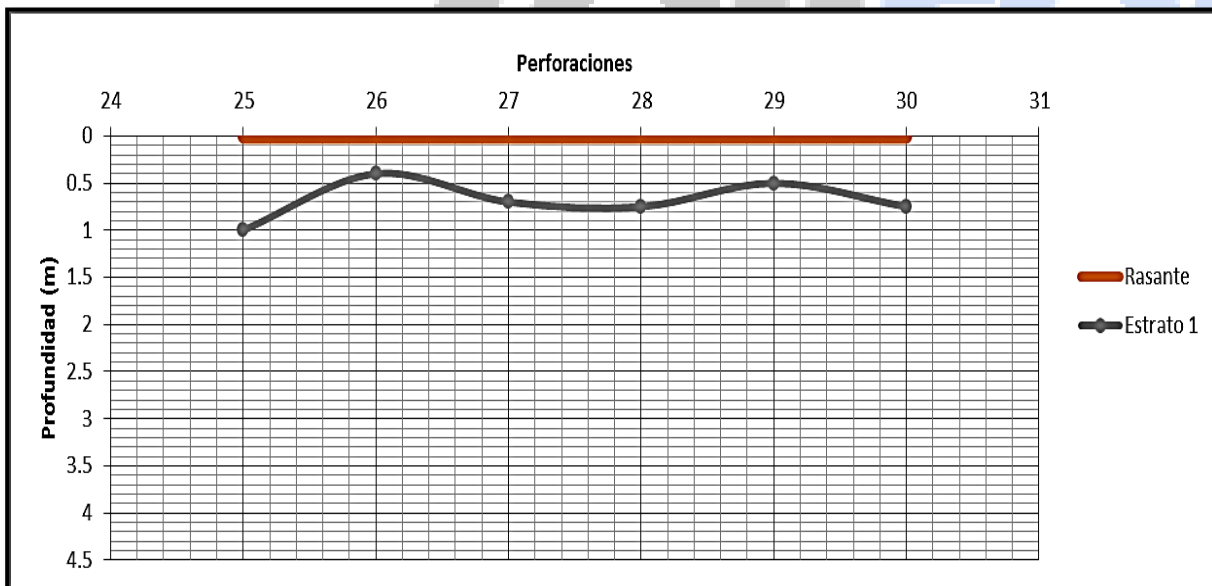
Pág. 35 de 58



Perforación N° 22

Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm
0.00	0			Llenos antropicos correspondientes a excedentes de construcción y balastro.	STD	1-2-3
1.00	1				STD	2-2-4
1.45						
2.00	2			Arena arcillosa de color grisáceo y arenas gravosas de consistencia media.	STD	3-4-4
2.45						
3.00	3				STD	4-4-4
3.45						

Barrio El Bosque.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 36 de 58

Perforacion N° 28						
Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm
0.00	0			Llenos antropicos correspondientes a excedentes de construcción y balastro.	STD	3-2-2
1.00						
1.00	1				STD	2-3-3
1.45						
2.00	2			Arcilla plastica de color grisaceo y consistencia media.	STD	3-4-4
2.45						
3.00	3				STD	4-5-5
3.45						
4.00	4				STD	5-6-7
4.45						

9.0. DISEÑO DE CIMENTACIONES

Este capítulo recoge los análisis empleados para el diseño de las cimentaciones, se definen las condiciones geotécnicas y estructurales que se requieren para el diseño del sistema de fundaciones de las estructuras proyectadas.

En términos generales, las actividades que se siguieron para el diseño fueron:

- *Consideraciones iniciales de diseño y requerimientos del proyecto*
- *Definición de los parámetros de diseño teniendo en cuenta la geotecnia realizada y las características de los materiales encontrados.*
- *Determinación de los parámetros de diseño sísmico según la NSR 10.*



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).* Pág. 37 de 58

9.1. PERFIL GEOLOGICO Y AMENAZA SISMICA

Un perfil geológico por la zona de interés según **Titulo A.10.3:**

De acuerdo al **Título A.1.3.4** diseño estructural para estructuras nuevas en la obtención del nivel de amenaza sísmica y los valores de **Aa** y **Av**, se tiene:

☒ **Aa.: 0,25** **Zona de amenaza sísmica Alta**

☒ **Av.: 0,25**

Y las características de la estratificación del suelo subyacente de los coeficientes del sitio **Fa** y **Fv**, se tiene:

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 38 de 58

De la Tabla:

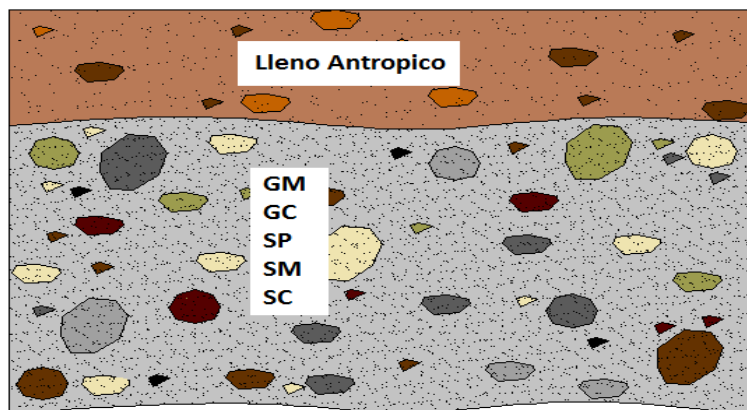
Tabla A.2.4-2
Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	\bar{v}_s	\bar{N} o \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)

☒ **Fa.: 1,45 Tabla A.2.4-3**

☒ **Fv.: 3,0 Tabla A.2.4-4**

Además, Según las condiciones geológicas del entorno, para estimar los efectos locales según **Título A.2.4.2** la respuesta sísmica del proyecto, la Clasificación del perfil del suelo del proyecto es **Tipo E**, con una estratigrafía contemplada dentro de los tipo (GM) Gravas Limosas, (GC) Gravas arcillosas, (SP) Arenas mal graduadas, (SM) Arenas Limosas y (SC) Arenas Arcillosas.



Esquema General Estratigrafía.

GM: Gava limosa,mezcla grava - arena - limo.

GC: Grava arcillosa,mezcla grava - arena - arcilla.

SP: Arenas mal graduadas,arenas con grava, pocos finos o sin finos.

SM: Arenas limosas, mezcla de arena - limo.

SC: Arena arcillosa, mezcla de arena - arcilla.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 39 de 58

9.2. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE

La capacidad de soporte de los suelos de fundación se determinó mediante el cálculo de la resistencia última del suelo según la teoría clásica de la mecánica de suelos, donde se utiliza parámetros de cálculo basados en diferentes autores (**Terzaghi, NSR-10, Meyerhof**), la cual se expresa en términos de capacidad admisible y fue calculada con base el valor de N dado por el SPT, la cohesión C, el ángulo de fricción interno y el módulo de elasticidad del suelo.

De acuerdo con las propiedades geo-mecánicas de los materiales y la influencia del nivel freático en los estratos de suelo, se determinó que la capacidad de soporte para la cimentación de acuerdo a la profundidad de desplante “D_f”; es determinada con respecto a la cota de terreno Actual (Sin Terraceos) y debe ser medida con topografía para tener en cuenta al momento de conformar la excavación “Ceros de excavación” en los diferentes sitios del Proyecto para vaciar las fundaciones.



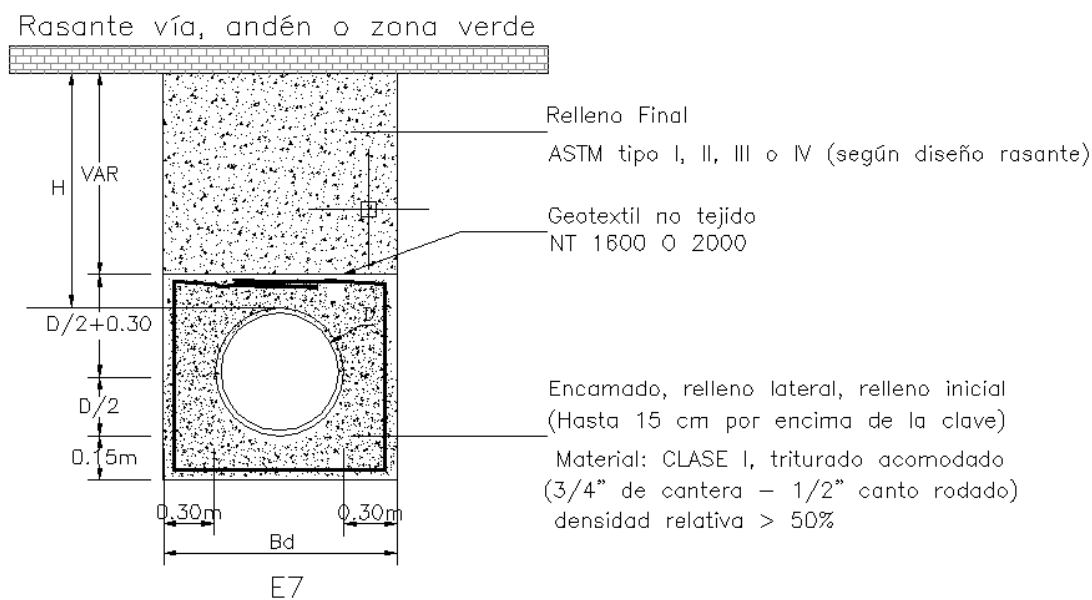
INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).* Pág. 40 de 58

9.3. SISTEMA DE CIMENTACIONES

(N.A.P.A. = Se detectó nivel freático, Diciembre de 2013)

Detalle cimentación con nivel freático



Longitud de Micro pilotes	Tipo de Fundación	Capacidad Portante (Ton-f/m²)
Df: 0.5 – 1.5, L : 2.00m	Micro pilotes hincados, de madera inmunizada, con un diámetro entre:	Varía para cada Perforación.
Df: 1.50 – 4.50, L:2.50 m	0.15 m - 0.20 m	



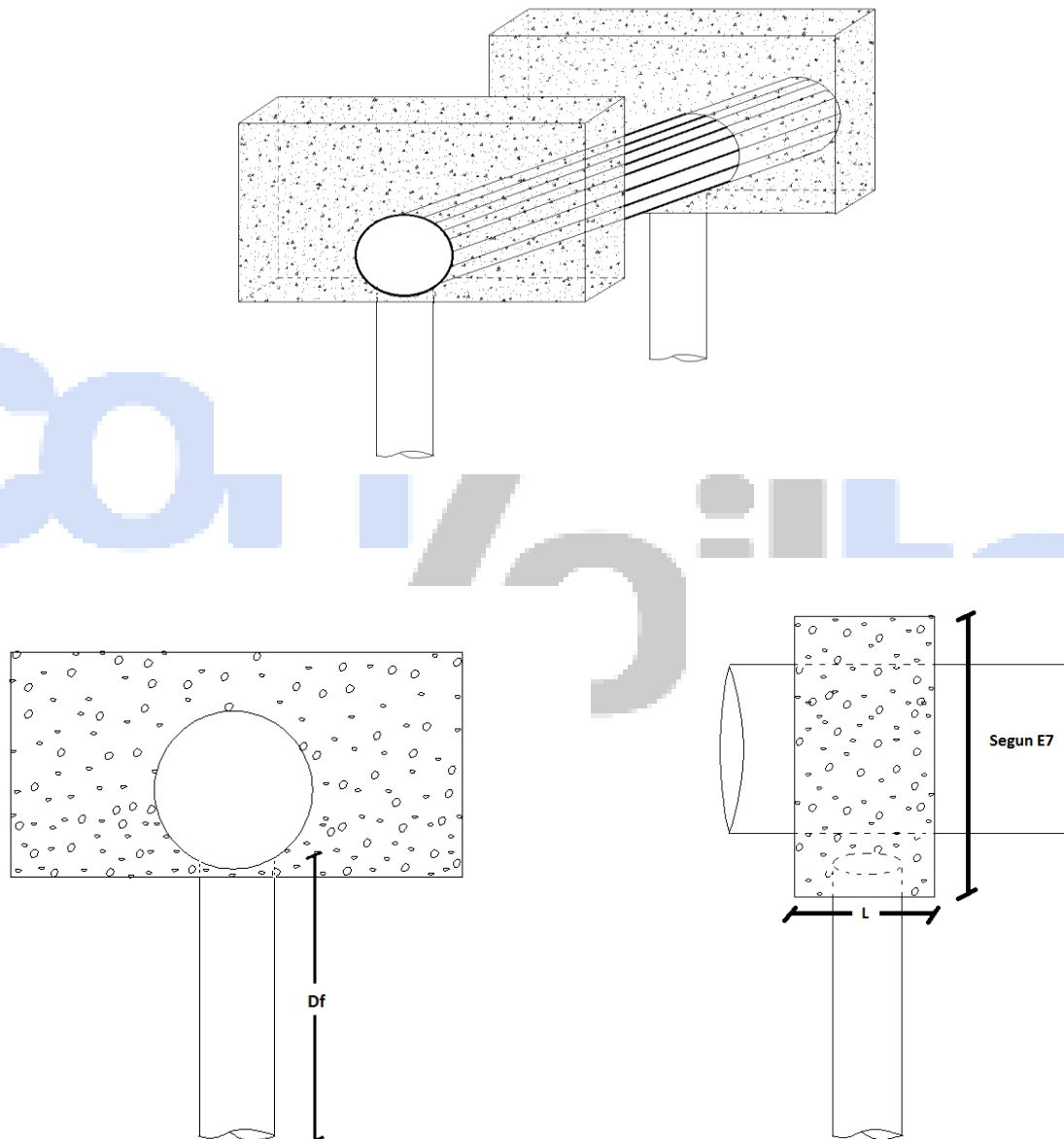
INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).

Pág. 41 de 58

❖ K_{300} = Coef. Balasto Asumido = 0.09 N/mm^3

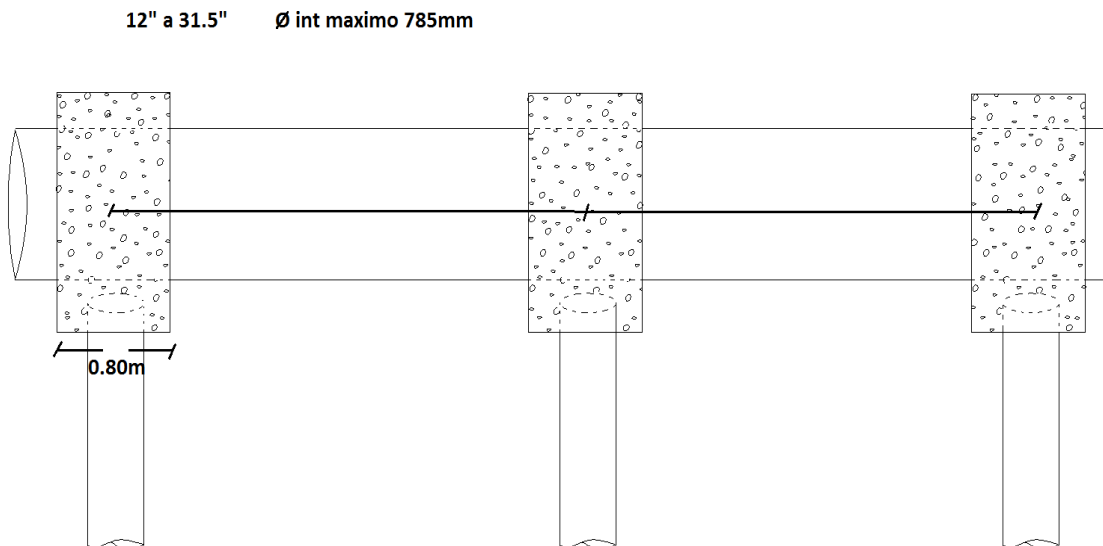
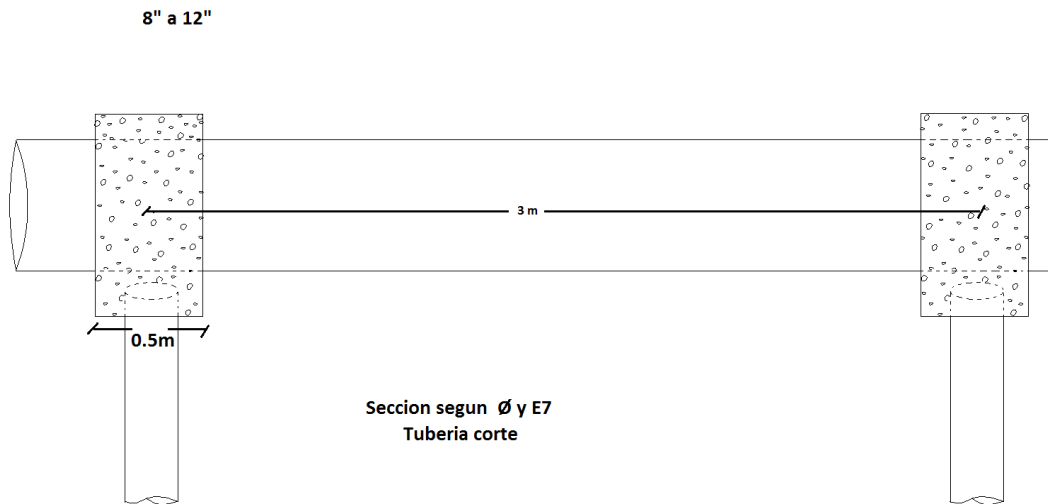
❖ Nota: El Df varía para cada punto, pues su profundidad está dada a partir de la batea de la tubería en la excavación.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado. Municipio de Turbo (Ant). Pág. 42 de 58

- ❖ La longitud de los tubos es de Seis (6) metros, por lo tanto utilizaremos soportes de **L: Cincuenta (50) cm** cada Tres (3) metros, medidos desde su eje, lo anterior esta propuesto para la tubería desde Ocho pulgadas (8") hasta Doce pulgadas (12").
- ❖ Para tubería de doce pulgadas (12") hasta treinta pulgadas (30") se propone utilizar soportes de **L: Ochenta (80) cm**, distribuidos Dos (2) en los extremos y Uno (1) en el medio de los dos anteriores, medidos desde los ejes de los soportes.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 43 de 58

TABLA LOCALIZACIÓN PUNTOS DE PERFORACIÓN, ESFUERZO ADMISIBLE Y NIVEL FREÁTICO

Perforación	Localización	Df	Nivel Freatico [m]	Esfuerzo admisible [Ton/m2]
1	CL 103 CR 8 BIS	1.5	0.50	2.00
2	CL 103 ENTRE CR 8B Y CR9	1.8	Entre 1.00 - 1.20	2.00
3	CL 103 ENTRE CR 10 Y CR11	2.5	Entre 0.80 - 1.00	8.00
4	CL 103 CR 12 JUNTO AL CAÑO	2.6	Entre 0.80 - 1.00	3.00
5	CL 103 ENTRE CR 12 Y CR 13	3.2	1.00	6.00
6	CL 103 ENTRE CR 13 Y CR 14 HACIA LA CR 14	3.2	Se encuentra pavimentado	
7	CL 103 CR 14B	4	1.2	9.00
8	SOBGRE LA CR 8 BIS ENTRE EL CABO YOYO Y CL 104	1.7	0.4	5.00
9	CL 105 CR 11	2	Entre 0.50 - 0.70	10.00
10	CL 106 CR 14	3	1	9.00
11	CL 106 CR 15	4.45	1	10.00
12	CL 111 CR 14	1.2	1.2	7.00
13	CL 98 A CR 10	1.5	Entre 0.90 - 1.20	5.00
14	CL 98 A CR 12 SOBRE LA CL 98A	1.9	0.5	9.00
15	CL 98 A ENTRE CR 12 A Y CR 13	2	Entre 0.50 - 0.70	7.00
16	CL 98 CR 13	2.2	1.2	9.00
17	CL 97 CR 13 HACIA LA CR 13 A 50MTS	2.5	Entre 0.80 - 1.00	5.00
18	CL 96 CR 13	3	Entre 1.00 - 1.20	9.00
19	CL 93 CR 13	3.2	Entre 1.00 - 1.20	11.00
20	CL 19 ENTRE CR 13 Y CR 14B	3.2	1.2	7.00
21	CL 92 CR 14B	3.5	1	9.00
22	CL 91 CR 15 HACIA LA CL 91	3.5	1.2	7.00
23	CL 91 CR 17A	3.6	Entre 1.00 - 1.20	7.00
24	CL 91 CR 19 HACIA LA CL 91	3.7	Entre 1.20 - 1.40	10.00
25	CL 91 ENTRE CR 20 Y CR 21	3.8	1.2	12.00
26	CL 91 CR 21	3.9	1.3	11.00
27	CL 91 CR 22	4.5	1.4	11.00
28	ANTES DE CRUZAR PUENTE HACIA LAS LAGUNAS	4.5	1.2	11.00
29	LOTE FUTURA EBAR LA YUQUITA	5	1	5.00
30	LOTE FUTURA EBAR LA YUQUITA	5	1.8	9.00
31	CL 98 C CR 11	2.5	1.2	5.00
32	CL 96 A CR 17	2.5	Entre 1.00 - 1.20	5.00
33	CL 96 A CR 21	2	1.2	5.00
34	CL 94 CR17A	3	1.2	7.00
35	CL 94 CR 21	3	Entre 0.50 - 1.00	8.00
36	CR 10 ENTRE CL 102 Y 101 SECTOR PLAZA DE MERC	2	Entre 0.50 - 0.70	4.00
37	CL 101 CR 8B SECTOR PLAZA DE MERCADO	2.5	Entre 0.50 - 0.70	7.00



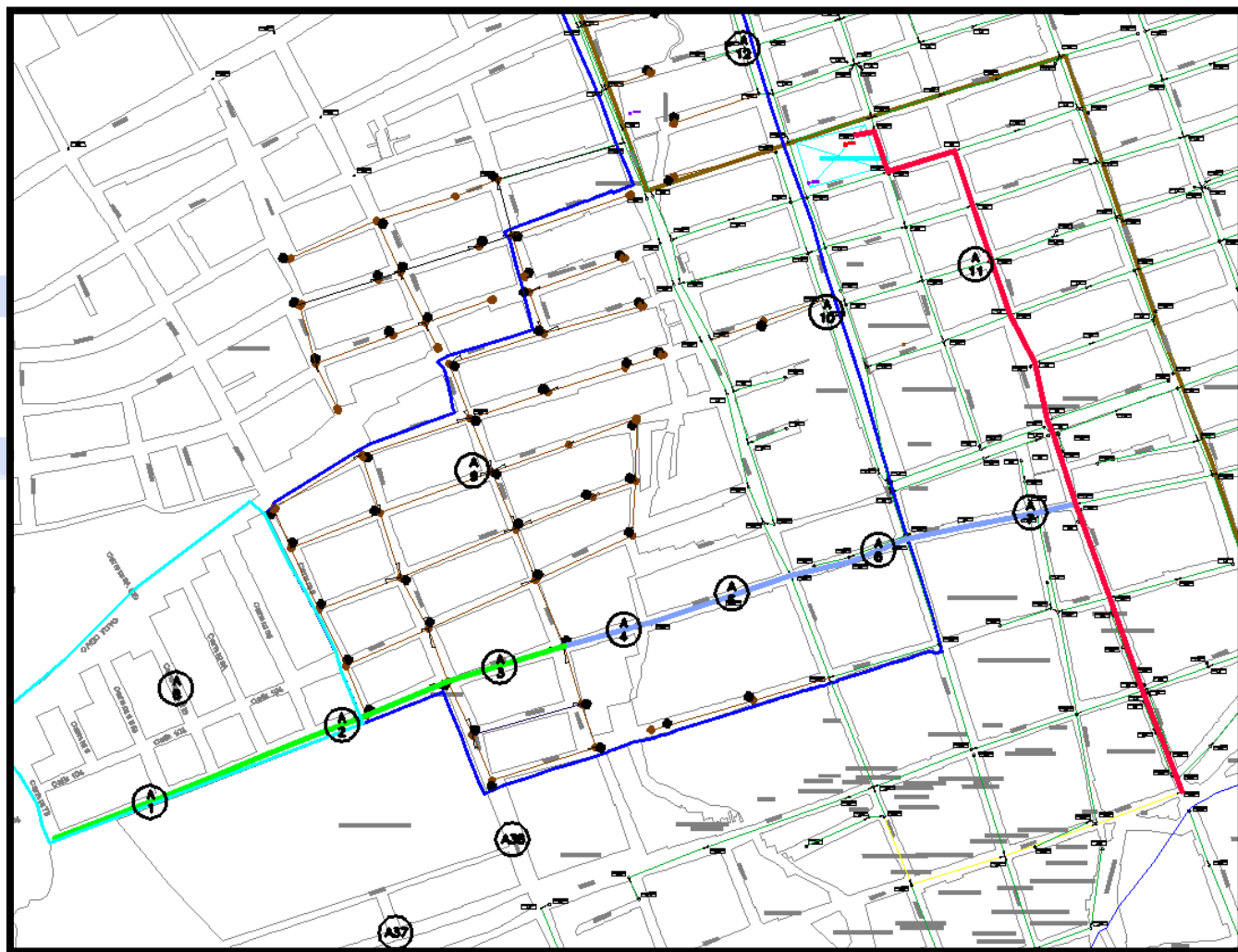
INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 44 de 58

MAPA LOCALIZACIÓN PUNTOS DE PERFORACIÓN, ESFUERZO ADMISIBLE Y NIVEL FREÁTICO.

BARRIOS: BUENOS AIRES, LAS FLORES Y SECTOR PLAZA DE MERCADO



APIQUES: (A): De 1 a 12, y 36, 37

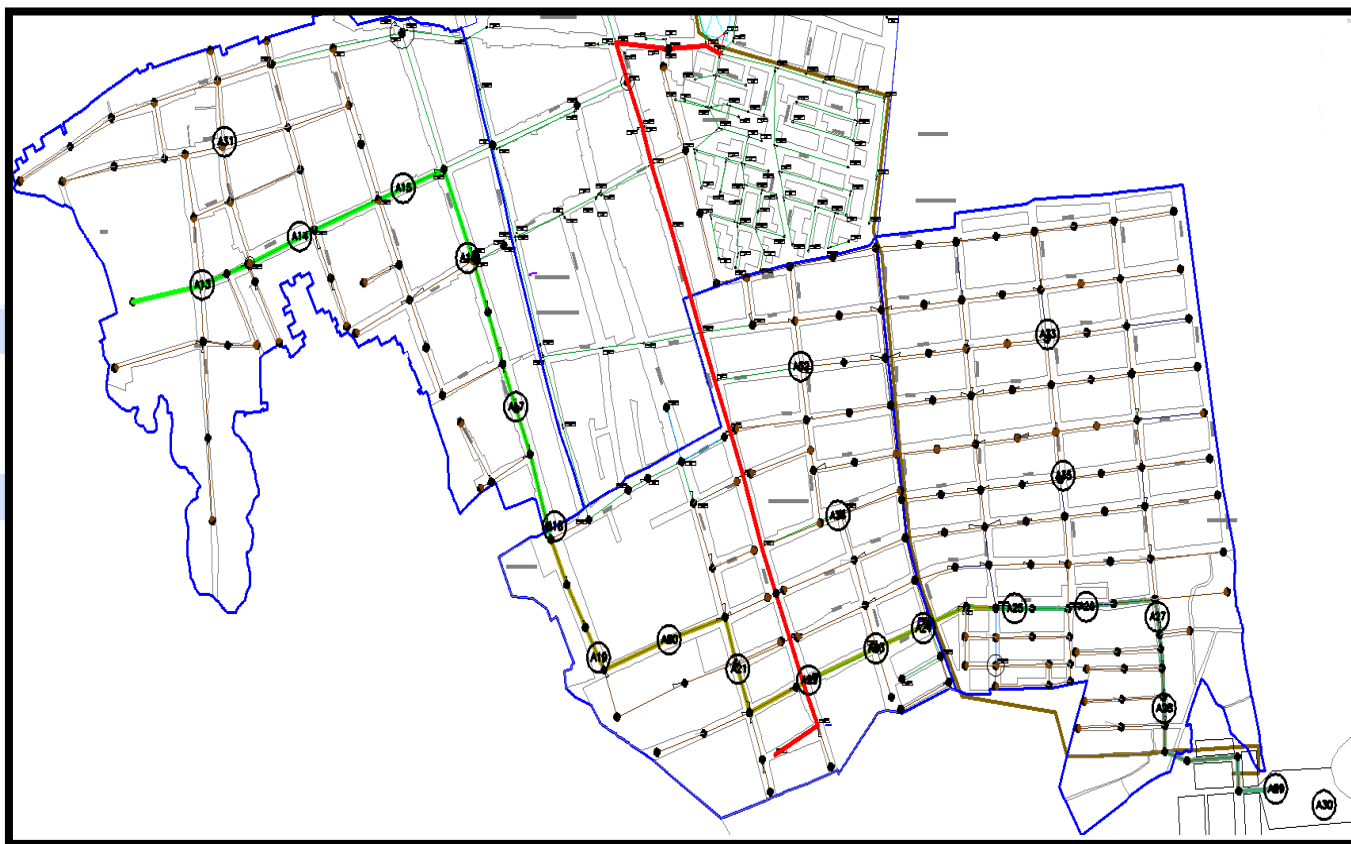


INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 45 de 58

BARRIOS: OBRERO, BRISAS DEL MAR Y EL BOSQUE



APIQUES: (A): De 13 a 35



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 46 de 58

TABLA LOCALIZACIÓN PUNTOS DE NICHOS, DIMENSIONES Y NIVEL FREÁTICO

NICHO	Localización	Profundidad [m]	Dimensiones [m]	Nivel Freatico [m]
1	CLL 114 CR 13	1.5	0.80 * 0.50	Entre 0.80 - 1.20
2	CL 113 CR 14	1.5	1.00 * 0.60	Entre 0.80 - 1.20
3	CL 111 CR 13	1.5	0.70 * 0.55	Entre 0.70 - 1.20
4	CL 109 CR 14	1.5	1.10 * 0.50	Entre 0.70 - 1.00
5	CL 109 CR 12	1.5	1.00 * 0.60	Entre 0.70 - 1.00
6	CL 107 CR 14	1.5	0.90 * 0.50	Entre 0.80 - 1.10
7	CL 104 B CR 10	1.5	1.00 * 0.60	Entre 0.50 - 1.00
8	CL 103 CR 13	1.6	1.20 * 0.65	Entre 0.40 - 1.10
9	CL 101 CR 10	1.6	1.00 * 0.60	Entre 0.80 - 1.30
10	CL 98A CR 11	1.6	1.17 * 0.50	Entre 0.60 - 1.10
11	CL 98A CR 12A	1.6	0.80 * 0.40	Entre 0.70 - 1.20
12	CL 97 CR 13	1.6	1.10 * 0.60	Entre 0.70 - 1.00
13	CL 96 CR 13	1.6	1.20 * 0.70	Entre 0.50 - 1.00
14	CL 93 CR 14B	1.6	1.10 * 0.65	Entre 0.80 - 1.20
15	CL 91 CR 19	1.6	0.70 * 0.50	Entre 1.00 - 1.30
16	CARNICERIA BARRIO EL BOSQUE LLEGANDO A LA LAGUNA	1.6	1.00 * 0.60	Entre 0.70 - 1.20
17	ANTES DE CRUZAR PUENTE HACIA LAS LAGUNAS	1.6	1.10 * 0.50	Entre 0.60 - 0.80
18	CL 97 CR 17	1.6	1.10 * 0.65	Entre 0.50 - 0.90
19	CL 97 CR 19	1.6	1.00 * 0.45	Entre 0.50 - 1.00
20	CL 97 CR 20	1.6	1.40 * 0.50	Entre 0.60 - 1.10
21	CL 97 CR 21	1.6	1.20 * 0.40	Entre 0.50 - 0.80
22	CL 97 CR 22	1.6	1.70 * 1.00	Entre 0.50 - 0.90

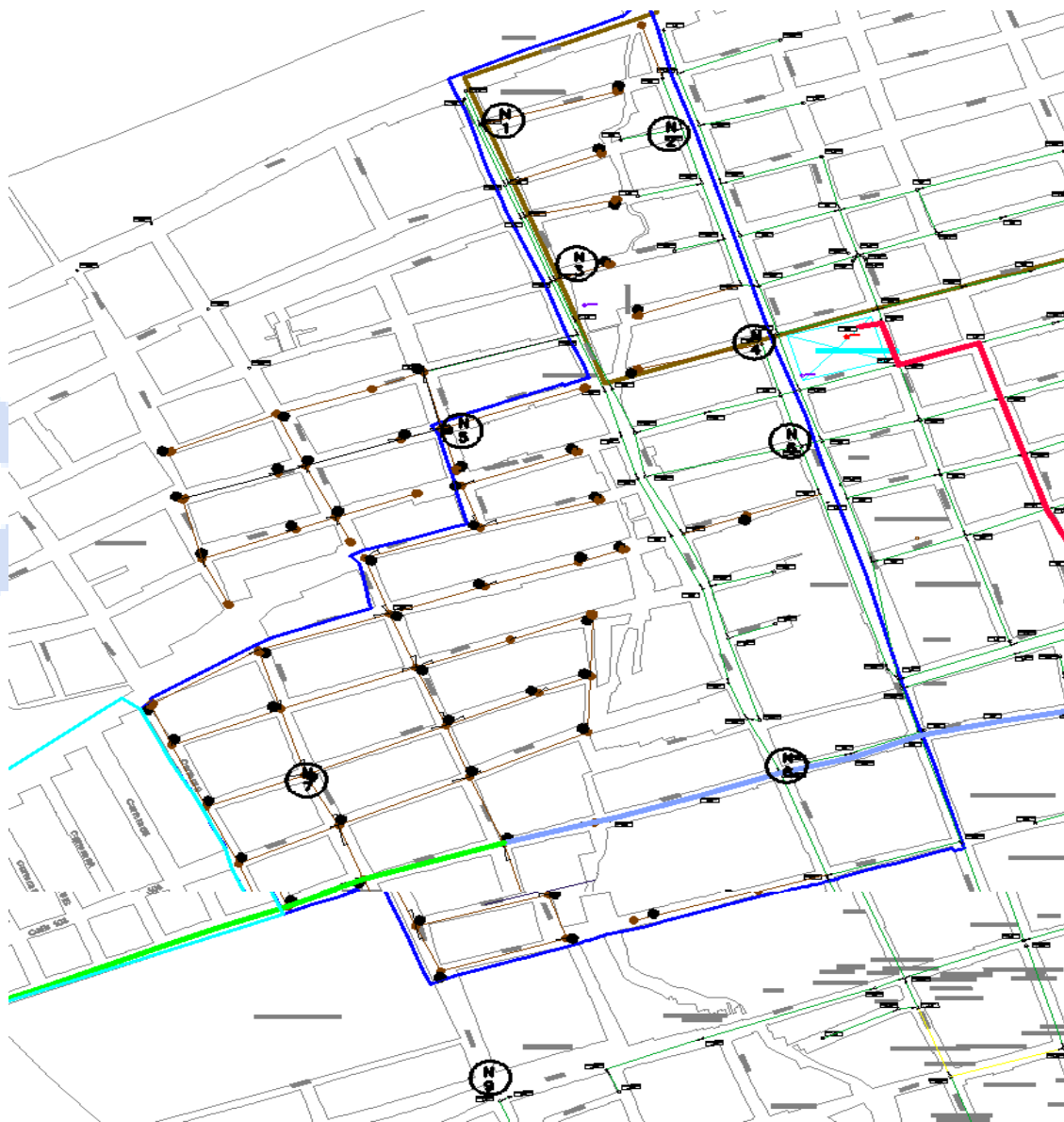
INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 47 de 58

MAPA LOCALIZACIÓN PUNTOS DE NICHOS, DIMENSIONES Y NIVEL FREÁTICO

BARRIOS: BUENOS AIRES, LAS FLORES Y SECTOR PLAZA DE MERCADO



Nichos de investigación: (N): De 1 a 9

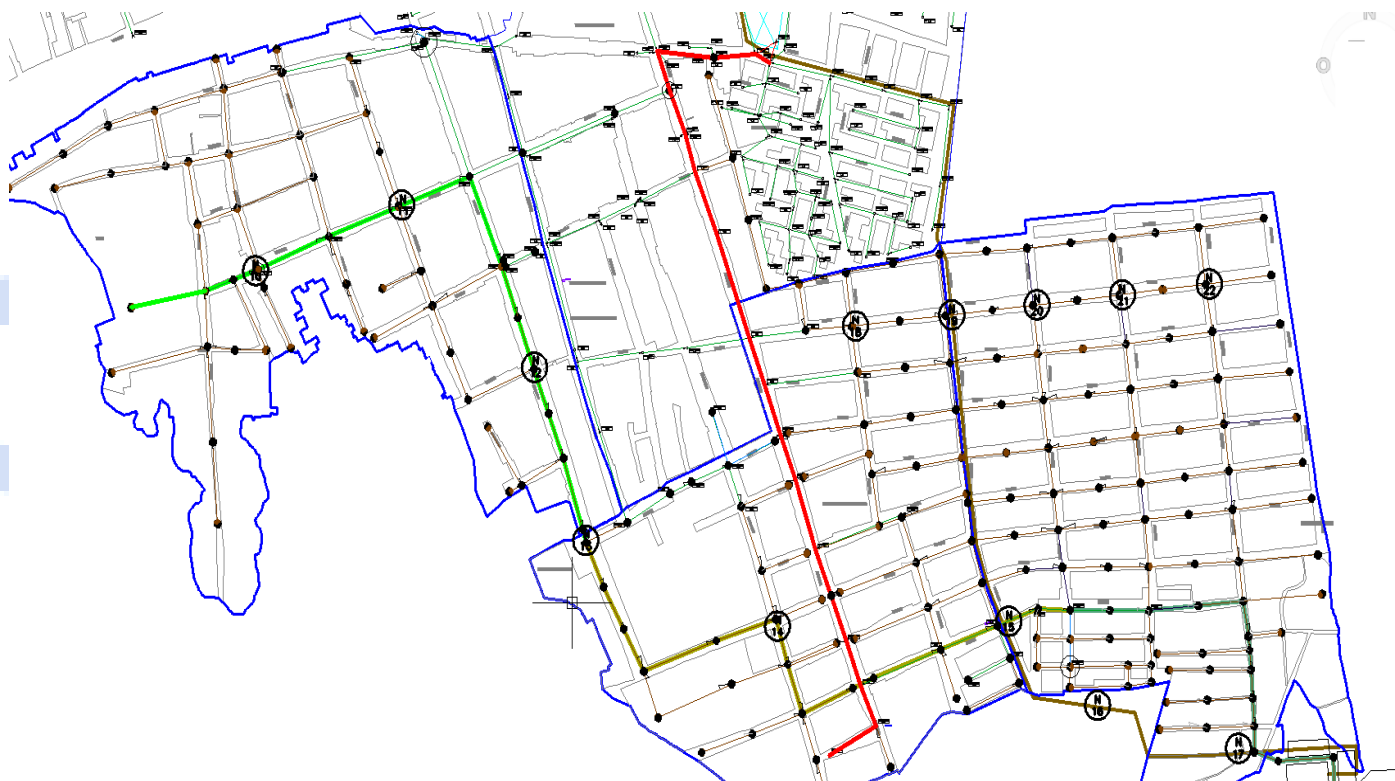


INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 48 de 58

BARRIOS: OBRERO, BRISAS DEL MAR Y EL BOSQUE



Nichos de investigación: (N): De 10 a 22



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 49 de 58

10.0. CONCLUSIONES

El reconocimiento geomorfológico en los diferentes sitios permitió concluir que las zonas a intervenir presentan llenos antrópicos mal conformados con espesores irregulares, sin ningún tipo de conformación y compactación por medio mecánicos, estos llenos se encuentran sobre estratos arcillo arenosos, arenas con presencia de niveles freáticos altos, lo que para la sismicidad de la zona la hace altamente vulnerable a la licuación, lo que obliga a que la fundación de las líneas de alcantarillado tengan un desplante entre 2.50 y 3.00 m en los estratos arenosos tipo micro pilotes hincados por debajo de la línea freática y de esta manera garantizar que en un proceso de reacomodación de partículas la fundación no pierda su funcionalidad por punta y parte por fricción del fuste.

Como mejor estrato portante podría considerarse el material clasificado como una mezcla de arenas arcillosas y/o arenas gravosas, presente en el estrato luego de cada excavación con respecto al nivel del terreno actual, el cual posee relativamente mejores condiciones geotécnicas.

11.0. RECOMENDACIONES

Los materiales para los llenos donde se requiera la proyección de estructuras especiales como muros de contención u otras deben tener los siguientes requerimientos:

- ❖ Φ = *Angulo de fricción interno del suelo de lleno* = 30°
- ❖ γ = *peso específico del suelo de lleno* = 1800 Kg/m^3
- ❖ C = *cohesión del suelo de lleno* = 1000 Kg/m^3
- ❖ $K300$ = *Coef. Balasto Asumido* = 0.09 N/mm^3

Los materiales para llenos necesarios para adecuar obras no deben contener arcillas expansivas, materia orgánica, desechos sólidos, troncos y raíces objetables y



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

**Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).**

Pág. 50 de 58

provenientes de otras excavaciones, requiriendo el visto bueno del Interventor para ser aprobados.

Los materiales para utilizar en la obra deben previamente ser sometidos a ensayos de laboratorio para su aprobación por la Interventoría y deben cumplir las normas pertinentes.

Las dimensiones finales de los elementos de cimentación deben ser coherentes con la capacidad de soporte del suelo y las solicitudes a las que estarán sometidos, el refuerzo de tales elementos será definido por el ingeniero estructural.

Antes de dar inicio a las excavaciones, se debe tener **MUCHA** precaución con las fundaciones de las estructuras colindantes, debido a que son muy superficiales y por la vetustez de las mismas pueden ser de mala calidad y proceso constructivo deficiente. (Realizar actas de vecindad con reseñas fotográficas y fílmicas), se deben recintar y/o submuración de cada una de las fundaciones de las estructuras de manera individual, **No** dejando expuestas demasiado tiempo estas para evitar la pérdida o ganancia de humedad, migración de finos y pérdida de capacidad portante y no generar colapsos parciales o totales.

Las excavaciones se deben hacer por Terraceos, en cortes No mayores a 0,80 m vertical y dejando taludes cuña como se indica y observa en las figuras siguientes.

Las Excavaciones deben permanecer protegidas con polietileno grueso mientras No se esté trabajando y en horas nocturnas.

De acuerdo al tipo de estratigrafía de la zona arenas arcillosas, gravas y arcillas arenosas, el proceso de construcción de las zanjas o brechas para la colocación de la tubería es la siguiente;

SUELO TIPO C: Son suelos cohesivos con resistencia a la compresión simple menor o igual a 50 kPa. Otros suelos TIPO C incluyen suelos granulares como gravas, arenas y limos arenosos, suelo sumergido, suelo donde el agua brota libremente y roca sumergida inestable. También se incluye en esta clasificación material en pendientes y sistemas de estratos donde la inclinación dentro de la excavación tienen una pendiente de cuatro horizontal y uno vertical (4H:1V) o mayor.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 51 de 58

TIPOS DE APUNTALAMIENTO

El apuntalamiento corresponde con un sistema provisional de soporte de las excavaciones, que se realiza en las caras de una zanja y es usado para prevenir el movimiento del suelo, que afecte obras subterráneas, calzadas y fundaciones.

El apuntalamiento ó entibado es usado cuando la localización o profundidad de los cortes hace que la inclinación este por debajo del máximo permitido haciendo la pendiente poco práctica. Los sistemas de apuntalamiento consisten en postes, rayas, puntales y la cubierta de protección.

Existen dos tipos básicos de apuntalamiento, uno con madera y otro hidráulico (ver figura 7 y figura 8).

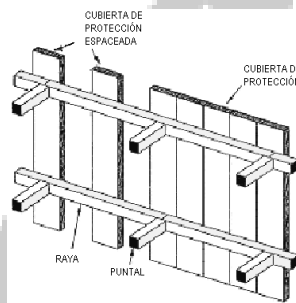


FIGURE 7. APUNTALADO DE MADERA

APUNTALADO HIDRÁULICO: La tendencia actual es hacia el uso de apuntalamiento hidráulico, puntales prefabricados y/o sistemas de canes fabricados en aluminio o acero. El apuntalamiento hidráulico proporciona una ventaja crítica de seguridad sobre el apuntalamiento de madera porque los trabajadores no tienen que entrar a la zanja para instalar o remover el apuntalamiento hidráulico. Otras de las ventajas de la mayoría de los apuntalamientos hidráulicos son:

- Son bastante livianos como para ser instalados por un solo trabajador.
- Son regulados a la medida para asegurar aún la distribución de presión a lo largo de la línea de zanja.
- Puede tener sus caras de zanja "precargadas" para usar la cohesión natural del suelo para prevenir el movimiento.

Puede ser adaptado fácilmente a varias profundidades de zanja y anchuras



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 52 de 58

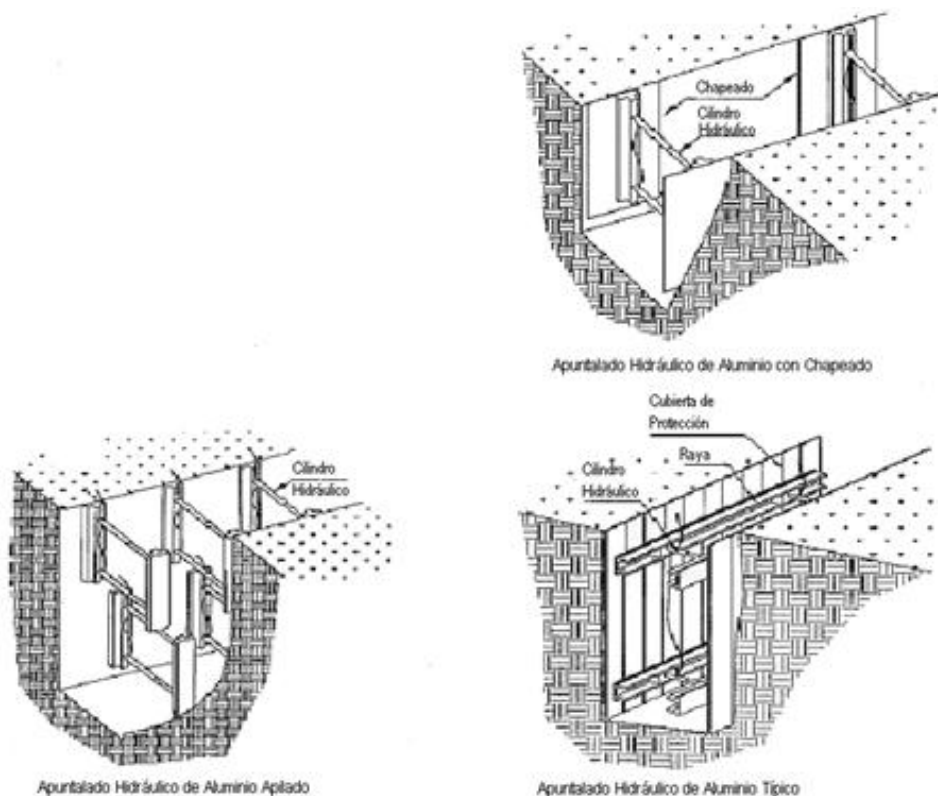


FIGURE V: 2-8. VARIACIONES EN APUNTALAR: INSTALACIONES DE APUNTALADOS HIDRÁULICAS DE ALUMINIO TÍPICOS.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).* Pág. 53 de 58

Todos los apuntalados deben ser instalados de arriba hacia abajo y removidos de abajo hacia arriba. El apuntalado hidráulico debe ser revisado por lo menos una vez por cambio de mangueras de escape y/o cilindros, conexiones rotas, engrasadores rajados, bases de inclinación, y cualquier otra parte dañada o defectuosa.

APUNTALADO NEUMÁTICO: Trabaja de una manera similar a el apuntalado hidráulico. La primera diferencia es que el apuntalado neumático usa aire a presión en lugar de presión hidráulica. Una desventaja del empleo de apuntalado neumático es que un compresor de aire debe estar en el sitio.

- **Gato de tornillo:** Los sistemas de gato de tornillo se diferencian de los sistemas hidráulicos y neumáticos en que los puntales de un sistema de gato de tornillo deben ser ajustados a mano. Esto crea un riesgo porque requieren que el trabajador esté en la zanja para ajustar el puntal. Además, "la precarga" uniforme no puede ser alcanzado con gatos de tornillo, y su peso crea dificultades durante el manejo.
- **Orillas Mono cilíndricas Hidráulicas** Las orillas de este tipo son usadas generalmente en una red fluvial, para ayudar con el sistema de apuntalamiento en madera, y en trincheras bajas donde se requieren la estabilidad de cara.
- **Sostenimiento** Este proceso implica estructuras adyacentes que se estabilizan, fundaciones, y otras intrusiones que pueden tener un impacto sobre la excavación. Como el término indica, el sostenimiento es un procedimiento en el cual la fundación físicamente es reforzada. El sostenimiento debería ser conducido sólo bajo la dirección y con la aprobación de un ingeniero certificado.

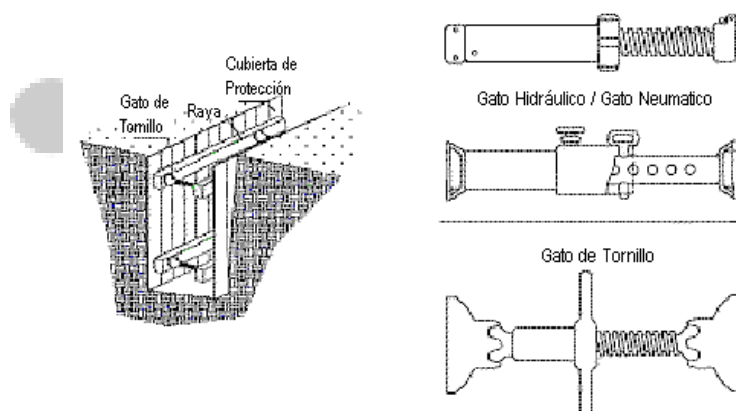


FIGURA V: 2-9. VARIACIONES DE APUNTALAMIENTO.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 54 de 58

TIPOS DE ESCUDOS

LAS CAJAS DE ZANJA: Son diferentes del apuntalamiento, ya que en vez de apuntalar, sirve de apoyo a la de la zanja, y son requeridas principalmente para proteger a trabajadores de hundimientos e incidentes similares (ver figura 10 y figura 11). El área excavada entre el exterior de la caja de zanja y la cara de la zanja debería ser lo menor posible. El espacio entre las cajas de zanja y el talud es relleno para prevenir el movimiento lateral de la caja. Los escudos no pueden ser sujetos a cargas que excedan para las que el sistema fue diseñado para soportar.

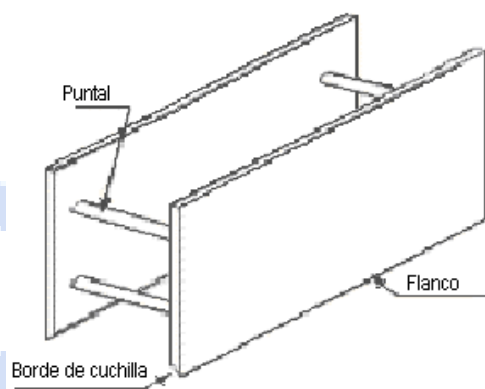


FIGURA 10. ESCUDO DE ZANJA

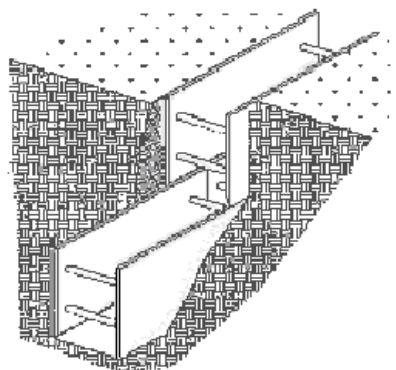


FIGURA 11. ESCUDO DE ZANJA, APILADO

USO COMBINADO: Las cajas de zanja se utilizan generalmente en áreas abiertas, pero también pueden ser usadas en combinación con la inclinación y la banca. La caja deberá extenderse al menos 0.45 m, encima del área circundante si allí se inclina hacia la excavación. Esto puede ser logrado, proporcionando un área de banca adyacente a la caja.

Se permiten excavaciones de tierra a una profundidad de 0.60 m, debajo del escudo, pero sólo si está diseñado para resistir las fuerzas producidas por el llenado de la zanja y que no haya ninguna indicación de pérdida, mientras la zanja este abierta, de que el suelo en la parte inferior del sistema de apoyo se pierda.

Las condiciones de este tipo requieren la observación sobre los efectos de henchimiento, levantamiento, y de sifonamiento así como la sobrecarga, la vibración, estructuras adyacentes, excavando por debajo del escudo. Ver figura 12.

INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

**Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).**

Pág. 55 de 58

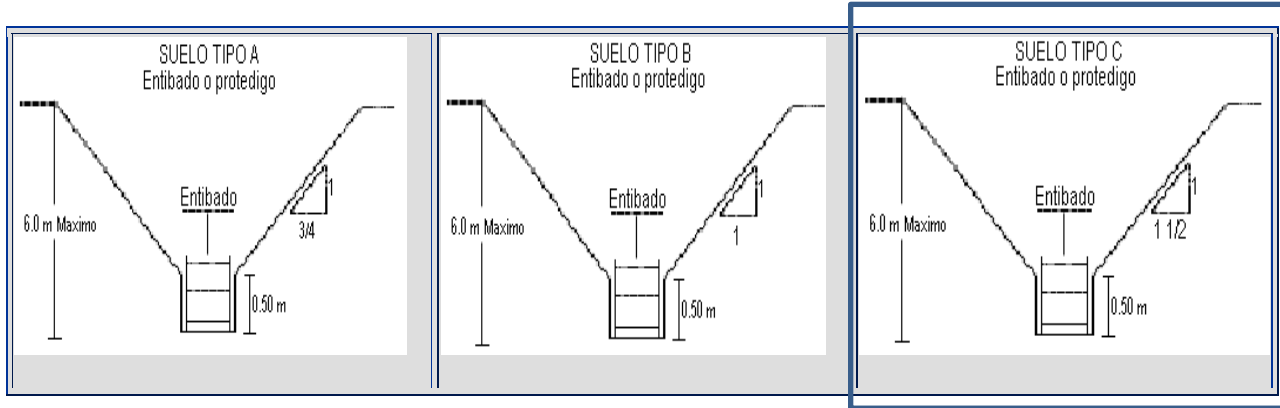


FIGURE 12. INCLINACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE ESCUDOS

INCLINACIÓN Y BANCA

INCLINACIÓN: A continuación se muestra la inclinación máxima permitida para excavaciones menores de 6.0 m, basadas en el tipo de suelo y el ángulo horizontal (tabla 1 y figura 13).

TABLA 1. INCLINACIÓN PERMITIDA

Tipo de suelo	Base : Altura	Angulo de inclinación
Roca estable	Vertical	90°
Tipo A	¾:1	53°
Tipo B	1:1	45°
Tipo C	1½:1	34°
Tipo A (a corto plazo)	½:1	63°

(Para una excavación máxima de 6.0 m)



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

**Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).**

Pág. 56 de 58

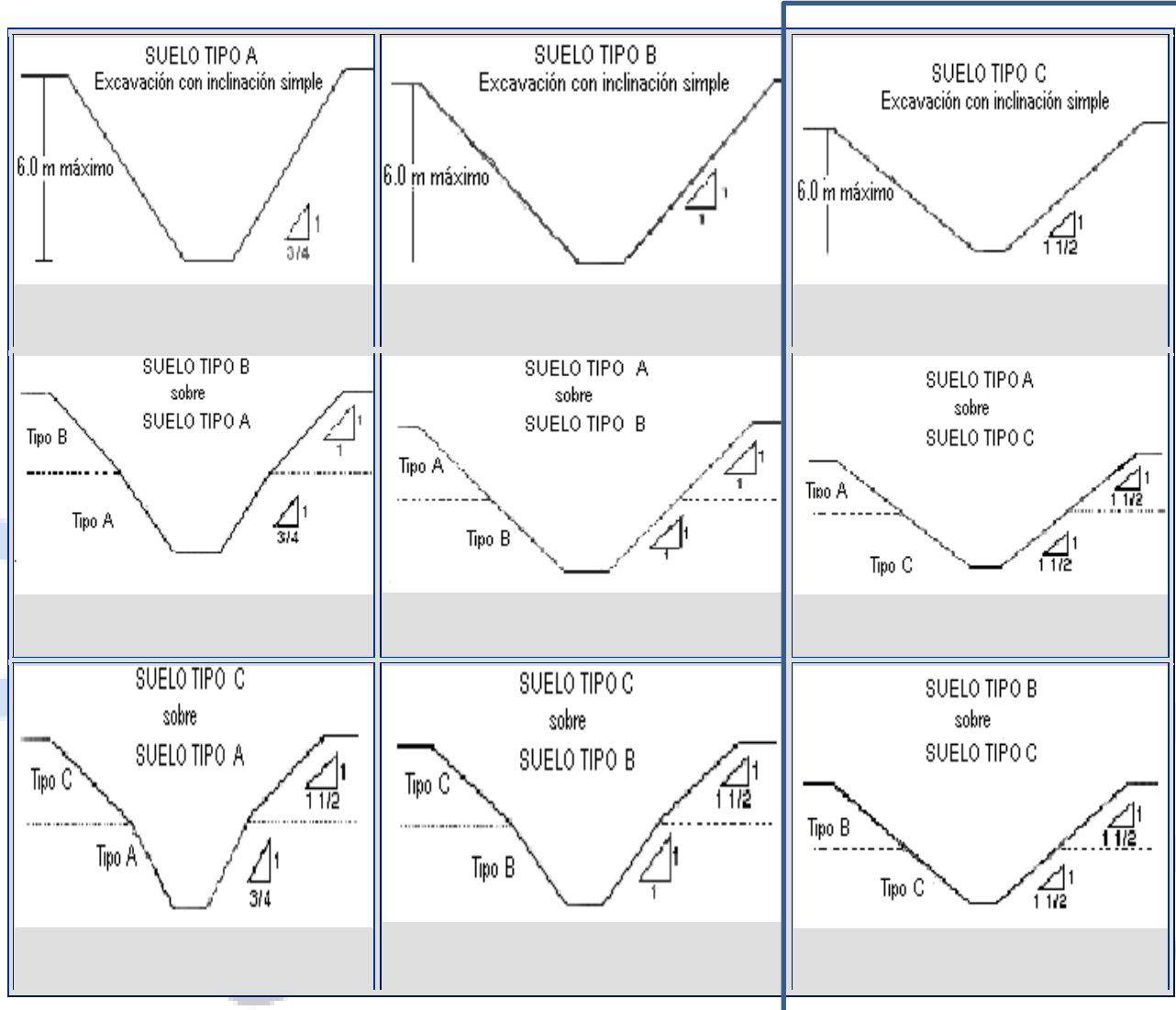


FIGURA 13. CONFIGURACIÓN DE INCLINACIONES: EXCAVACIÓN EN SUELOS ESTRATIFICADOS

En los bombeos se debe garantizar que la velocidad de evacuación del agua no exceda la permeabilidad de la zona.



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 57 de 58

Anexos:

1. Registro S.P.T
2. Ensayos Penetración Estándar.
3. Registro de Perforación.
4. Registro de Laboratorio.
5. Manual de Excavaciones.

JUAN CARLOS OBANDO ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



INFORME DE SUELOS Y RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA:

*Diseño Conceptual y Detallado para la Reposición y Optimización del Sistema de alcantarillado.
Municipio de Turbo (Ant).*

Pág. 58 de 58

