

2014

**APENDICE**

**ESTUDIO GEOTÉCNICO MUNICIPIO PAYANDE**

**Municipio Payandé, Departamento del Tolima**

1. *Se debe presentar un plano que indique claramente la localización de las perforaciones con su respectivo cuadro de coordenadas.*

Se adjunta plano.

1. *Se debe ampliar las recomendaciones geotécnicas para el material que se va a usar como relleno de las excavaciones para la instalación de la tubería. Se deben proponer varios tipos de materiales para que el constructor tenga la oportunidad de seleccionar en caso de que alguno de ellos sea de difícil consecución en la zona.*

Revisando los requerimientos para materiales de relleno, propuestos por INVIAS en sus especificaciones de construcción, Tabla No.1 y comparando los parámetros consignados en la tabla de resumen de los parámetros geotécnicos obtenidos en la prospección geotécnica en la tabla No.2, puede observarse que el material del sitio puede usarse como relleno para el trazado del alcantarillado donde se realizaron los sondeos No.1 a No.7, puede apreciarse que los parámetros cumplen los requerimientos INVIAS. Durante el proceso de excavación deberá contarse con la asesoría del profesional en geotecnia para identificar y clasificar los tipos de suelos encontrados y definir si pueden o no usarse como relleno. En caso de encontrar suelo que se encuentre por fuera de los requerimientos deberá colocarse material de préstamo que cumpla los requerimientos INVIAS.



Tabla No.1. Requerimientos de materiales a usar en rellenos. Especificaciones INVIAS

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SONDEO | MUESTRA |  |  | w | CLASIFICACION | | | | RESISTENCIA | | | | | % | % |
| No. | No. | TIPO | PROF.  (m) | % | wL | wP | IP | U.S.C. | N SPT golpe/pie | qu SPT  (kg/cm²) | PASA T # 4 | PASA T # 10 | PASA T # 40 | PASA T # 200 | PERFILES |
| 1-7 | 2 | SS | 3,00m | 16.15 | 25.32 | 15.94 | 9.39 | SC | 25 | 3.13 | 34.72 | 32.27 | 27.94 | 23.69 | ARENA ARCILLOSA OLIVO GRIS DURA |
| 2-7 | 1 | SS | 1,50 m | 8.31 | NP | NP | NP | SP | 17 | 2.13 | 66.47 | 61.15 | 43.74 | 12.19 | ARENA GRUESA GRIS CON GRAVAS |
| 2-7 | 1 | SS | 3,0m | 19.59 | 28.18 | 20.38 | 7.80 | SC | 41 | 5.13 | 99.24 | 97.26 | 88.02 | 22.74 | ARENA ARCILLOSA OLIVO GRIS DURA |
| 3-7 | 1 | SS | 2,0m | 14.64 | NP | NP | NIP | SC | 4 | 0.50 | 73.24 | 68.14 | 46.75 | 31.06 | ARENA GRIS CON POCA COHESION |
| 4-7 | 2 | SS | 1,50m | 18.70 | NP | NP | NIP | SP | 30 | 3.75 | 100.00 | 99.57 | 86.15 | 22.92 | ARENA DE BAJA PLASTICIDAD GRIS, POCA COHESION |
| 5-7 | 3 | SS | 1,50 m | 16.17 | 22.28 | 19.93 | 2.36 | SC | 42 | 5.25 | 97.95 | 92.61 | 59.03 | 25.44 | ARENISCA ARCILLOSA DURA CAFÉ VETAS FERROSAS |
| 6-7 | 1 | SS | 1,00m | 10.39 | NP | NP | NIP | SP | 28 | 3.50 | 78.71 | 71.77 | 51.88 | 28.59 | ARENA GRUESA CAFÉ CON GRAVAS ALUVIALES |
| 7-7 | 1 | SS | 1,0m | 11.30 | NP | NP | NP | SP | 50 | 6.25 | 46.30 | 35.87 | 27.39 | 13.71 | Arcilla habana con gravas |

Tabla No2. Parámetros Geotécnicos

1. *Debido a que los tubos de alcantarillado se van a instalar bajo vías urbanas, el estudio de suelos deberá complementarse con el chequeo de las condiciones límite de la tubería (revisión por deflexión, revisión por pandeo y revisión por rotura de pared). Para esto el consultor se puede basar en las normas de la empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá (NS035) o normas similares y lo especificado en el numeral G3.2 del RAS2000.*

Verificación de las Condiciones Límite

La verificación de las condiciones límite de las tuberías en estudio se realizara basándose en las Norma técnica NS035 “Requerimiento para cimentación de tuberías en redes de Acueducto y Alcantarillado” de la empresa de acueductos y alcantarillados de Bogotá EAAB. De acuerdo con la norma NS035 en el numeral 4.8.1 para tuberías flexibles se deben evaluar condiciones limites a deflexión, Pandeo y rotura de Pared. También se utiliza como referencia el capítulo G del reglamento de agua y saneamiento, RAS2000 en su numeral G.3, Aspectos estructurales. De acuerdo a esto se presentan los diferentes análisis realizados a las tuberías en estudio.

Revisión por Deflexión

El cálculo de la deflexión transversal Δy para las tuberías flexibles se basa en las teorías de Marston y Spangler, y mediante la ecuación de Iowa modificada, descrita a continuación, puede determinarse su valor en términos de porcentaje respecto al diámetro exterior “D”.

Ecu. 1 Expresion de spangler para el calculo de deflexión.

Donde :

: Porcentaje de deflexion de la tuberia

D: Diamtero exterior de la tuberia, m.

DL= factor de retardo de la deflexión.

K: factor de soporte.

Wd= carga muerta sobre la tuberia, N/m

WL= Carga viva sobre la tuberia, N/m

EI= Modulo de rigidez de la tuberia, MPa

E´= Modulo de soporte de la subrasantem MPa.

Usando como referencia el capitulo G.3 de la norma RAS2000, se determinan los parametros antes descritos y estableciedo las condiciones especificas de sitio se realizan los calculo de deflexión transversal de la tuberia.

Se tiene el caso de analizar los diamteros de tuberias a usar en el proyecto los cuales van desde 10” hasta 36”, enterrados en una zanja de profundidad entre 1.5 y 2m y ancho de acuerdo a la relación Bc=1.75D, en un suelo arenoso de acuerdo a la tabla No.1 de resumen de parametros geotecnicos, peso unitario 18KN/m3, angulo de friccion promedio ф=30°. El factor de retardo de deflexión DL=1.5 recomendado para tuberia novafort, el factor de soporte K=0.10 según tabla G.3.2 (RAS 2000), el moulo de rigidez EI=0.24Mpa para tuberia novafort, el modulo de reaccion de la subrasante E´ de acuerdo a la tabla G.3.1 (RAS2000) el cual depende del tipo de suelo, el grado de compactacion proctor y su densidad relativa, para el tipo de suelo presente en Payande según tabla No1. de resumen de parametros geotecnicos se tiene un suelos granulares clasificados como SC, SP, se atribuye un proctor moderado entre 85%-95% y densidad relativa entre 40% y70%, E´=13.8Mpa. Las cargas muertas y vivas sobre la tuberia se calculan como lo establece el capitulo G.3 de RAS2000. Se presenta una tabla donde se incluyen todos los datos y resultados. Ver tabla No.5.

Revisión por Pandeo

La verificación por pandeo consiste en comparar la presión externa que será capaz de resistir la tubería instalada en zanja con la presión externa real total a la que estará sometida, se calcula el coeficiente de seguridad y se verifica que este se mayor a dos. Se utiliza el procedimiento propuesto en G.3.2.2.4 y se relacionan los resultados en la tabla No.5.

Revisión por rotura de Pared

Los tubos que estarán instalados a grandes profundidades y que estarán operando con bajas presiones internas sufrirán tensiones de compresión en sus paredes. Se establece la siguiente fórmula para determinar dichas tensiones.

Donde:

: Tensión de compresión en la pared de la tubería, KPa.

Pt: Presión externa a la que está sometida la Tubería, Kpa

Dm: diámetro medio de la tubería, mm

A: Área por unidad de longitud del perfil de pared, mm2/mm

La resistencia del tubo se calcula con la expresión

Donde µ: Coeficiente de poisson de la tubería

fo: Factor de compensación por ovalización, este puede obtenerse de la gráfica No.3, en función de la deflexión obtenida para la tubería.

EI: el moulo de rigidez



Grafica No.3 Factor de Compensación por ovalización.

La tabla de No.5 inculye los resultados para los tres chequeos realizados a las tuberias para las condiciones establecidas. Se observa que los diamteros chequeados a las profundidades analizadas cumple lo criterios establecidos en las normativiades, NS035, RAS2000 y especificaciones del proveedor de la tuberia NOVAFORT.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Verificación Deflexión de las Tuberías de Alcantarillado Sanitario** | | | | | | | | | | | | |
| Diámetro  in | Espesor  mm | Ancho de  Excavación Bc (m) | Profundidad   excavación Hc (m) | Factor de retardo de la deflexión  DL | Carga muerta  sobre la  tubería Wd (N/m) | Carga viva sobre la  tubería WL (N/m) | Módulo de  Soporte  E´ (Mpa) | Módulo de Rigidez de la Tubería   EI (Mpa) | Factor de soporte  K | Δy/D (%) | Δy/D (%) Admisible (EAAB) | Cumple |
| 10 | 9.5 | 0.44 | 1.5 | 1.5 | 1783.571199 | 5447.4262 | 13.8 | 0.24 | 0.1 | 0.008% | 7.50% | CUMPLE |
| 16 | 15 | 0.7112 | 1.5 | 1.5 | 3892.600933 | 11370.217 | 13.8 | 0.24 | 0.1 | 0.041% | 7.50% | CUMPLE |
| 24 | 22.5 | 1.0668 | 2 | 1.5 | 8169.642513 | 10065.027 | 13.8 | 0.24 | 0.1 | 0.12% | 7.50% | CUMPLE |
| 36 | 33.75 | 1.6002 | 2 | 1.5 | 12649.50357 | 24556.275 | 13.8 | 0.24 | 0.1 | 0.52% | 7.50% | CUMPLE |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Verificación Pandeo** | | | **Verificación Rotura de Pared** | | |
| Presión  Externa actuante qext (Mpa) | Presión admisible en pandeo qa (Mpa) | Cumple  qext<qa | Tension a  compresion en la pared  "σb" (Mpa) | La resistencia  del tubo "Pa" | Cumple  σb<Pa |
| 0.007036 | 37.13968 | CUMPLE | 1.1787E-06 | 7.2 | CUMPLE |
| 0.009596 | 18.27949 | CUMPLE | 1.0182E-06 | 7.2 | CUMPLE |
| 0.013412 | 10.0259 | CUMPLE | 9.4873E-07 | 7.2 | CUMPLE |
| 0.013851 | 5.415036 | CUMPLE | 5.8396E-07 | 7.2 | CUMPLE |

Tabla No.3 Resultados verificación estado límite de tuberías, Deflexión, pandeo y Rotura de Pared.

1. *Como alternativa para la estabilización de las excavaciones de mayor profundidad se debe presentar en un plano aparte el diseño de entibados metálicos o en madera.*

El entibado para las excavaciones se realizara a partir de 1.5m de profundidad, se recomienda usar entibado de madera o metálico. Para el entibado en madera debe utilizarse tablones de espesor mínimo 3cm con parales cada 2.5m y dos travesaños colocados a 0.5m de la superficie y a 0.5m del nivel de excavación, de acuerdo a lo mostrado en la gráfica No.1. Para el caso de usar entibado metálico este deberá instalarse respetando la modulación de las láminas metálicas, espaciamiento de parales y travesaños de la estructura metálica que el constructor disponga, garantizando el entibado de toda el área de los taludes de la zanja.

El ancho de la excavación depende del diámetro de la tubería a instalar, se recomienda utilizar la tabla No.2 de acuerdo a lo contemplado en la norma NS035 de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá EAAB para definir el ancho de la zanja. También puede usarse la relación Bc=1.75\*D, donde Bc, es el ancho de la excavación y D el diámetro nominal de la tubería en mm. El ancho de excavación también está condicionado por las condiciones de trabajo, teniéndose que excavar zanjas con anchos mayores a los obtenidos con la tabla No.2 o con la relación recomendada.



Tabla No.4 Ancho de excavación contempladas por EAAB



Grafica No.1 Entibado recomendado para las excavaciones.

Se adjunta plano.

1. *Para este proyecto se recomienda la realización de un encapsulado de grava para evitar los asentamientos transversales en las áreas intervenidas. Se debe revisar si esta recomendación es conveniente para este municipio dado las excavaciones se realizarán sobre vías urbanas con poco espacio para trabajar y donde se debe procurar la menor afectación posible. Presentar detalles constructivos.*

Se recomienda instalar la tubería sobre una capa de material granular de espesor 15cm para proveer un soporte uniforme y resistente, este material debe envolverse en un geotextil no tejido 1400 en toda la longitud, esto para proteger la capa base y evitar esfuerzos diferenciales que harían colapsar la tubería durante un sismo. La grafica No.2 muestra el detalle constructivo para la colocación del geotextil, el atraque, el recubrimiento de la tubería y relleno recomendado en toda la longitud de la poligonal del alcantarillado.



Grafica No.2 Materiales y espesores a emplear como cimentación y Relleno.

Para el caso de las tuberías en estudio, la norma NS035 define una altura mínima de recubrimiento que corresponde a 0.75m en el caso que la tubería se encuentre ubicada por debajo de vías peatonales o zonas verdes y de 1,20 en el caso de que la tubería se encuentre ubicada por debajo de vías vehiculares. No obstante la altura de recubrimiento de las diferentes tuberías será definida por el especialista hidráulico del proyecto según los requerimientos altimétricos. En caso de que no se cumpla el requisito especificado deberá realizarse una protección de la tubería usando recubrimiento en concreto.

Se adjunta plano.