



Construsuelos de Colombia S.A.S.
Nit. 804.015.242-8



Municipio de SAN GIL

ESTUDIOS TÉCNICOS DETALLADOS PARA EL ANÁLISIS DE AMENAZA, EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD, EVALUACIÓN DEL RIESGO Y DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN POR FENÓMENOS DE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL COLEGIO SAN CARLOS DEL MUNICIPIO DE SAN GIL, DEPARTAMENTO DE SANTANDER.

DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION



| Revisión | Modificaciones | | Fecha | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------|--|----------------------|--|
| A | Emitido para comentarios del cliente | | Agosto de 2018 | | | |
| | | | | | | |
| Revisión y aprobación | | | | | | |
| Revisión | Elaborado por: | | Revisado por: | | Aprobado por: | |
| A | D.B. | | M.S. | | M.A.C. | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |





| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCION..... | 5 |
| 2. DESCRIPCION DE LAS OBRAS | 6 |
| 3. DISEÑO DE OBRAS DE SUBDRENAJE, DRENAJE Y MITIGACION..... | 7 |
| 3.1 DISEÑO DE OBRAS DE SUBDRENAJE | 7 |
| 3.1.1 Diseño estructural de los pozos de drenaje..... | 14 |
| 3.2 DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE | 17 |
| 3.3 MURO DE CERRAMIENTO..... | 20 |
| 3.4 CONTROL DE EROSION..... | 21 |
| 3.5 DISEÑO DE LOS MICROPILOTES PARA RECIMENTACION DEL EDIFICIO NORTE DEL COLEGIO..... | 21 |
| 3.5.1 Capacidad de carga por fuste en suelos cohesivos | 22 |
| 3.5.2 Capacidad de carga por punta en suelos cohesivos | 23 |
| 3.5.3 Resistencia nominal horizontal de pilotes y grupos de pilotes | 23 |
| 3.5.4 Descripción general del método de análisis | 25 |
| 3.5.5 Grupo de pilotes analizados..... | 28 |
| 3.5.6 Resultados de análisis de interacción inercial suelo – pilote ante cargas laterales - resistencia nominal horizontal de grupos de pilotes..... | 35 |
| 3.5.7 Análisis de resultados – resistencia nominal horizontal de grupos de pilotes. | 43 |
| 4. ANALISIS DE ESTABILIDAD CON OBRAS DE MITIGACIÓN..... | 45 |
| 4.1 RESUMEN DE ANALISIS DE ESTABILIDAD | 46 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 48 |
| 5.1 FIRMA DEL ESPECIALISTA | 51 |

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1. PLANOS
- ANEXO 2. CANTIDADES Y PRESUPUESTO DE OBRA
- ANEXO 3. ESPECIFICACIONES TECNICAS

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Pozo de drenaje típico. | 8 |
| Figura 2. Subdren de penetración..... | 8 |
| Figura 3. Permeabilidades del suelo basada en clasificación SUCS. (Tomado de “Handbook of Geotechnical Investigations and Design Tables”, Burt Look (2007)). | 9 |
| Figura 4. Abatimiento de los niveles freáticos Perfil 1. | 10 |
| Figura 5. Abatimiento de los niveles freáticos Perfil 2. | 11 |
| Figura 6. Abatimiento de los niveles freáticos Perfil 3. | 12 |
| Figura 7. Graficas de presiones, cortantes y momentos. | 16 |
| Figura 8. Localización de los canales | 19 |
| Figura 9. Sección transversal del canal | 20 |
| Figura 10. Cerramiento..... | 21 |
| Figura 11. Artículo 10.7.3.12 de la norma colombiana de diseño de puentes – LRFD – CCP 14. | 24 |
| Figura 12. Valores recomendados del módulo K (rigidez) utilizados para la construcción de las curvas P-Y. | 26 |
| Figura 13. Estratigrafía utilizada para el modelo numérico..... | 27 |
| Figura 14. Convención de ejes que utiliza el modelo numérico, eje D – 1..... | 28 |
| Figura 15. Resultados análisis eje D – 1..... | 29 |
| Figura 16. Convención de ejes que utiliza el modelo numérico, eje F – 1..... | 30 |
| Figura 17. Resultados análisis eje F – 1. | 31 |
| Figura 18. Convención de ejes que utiliza el modelo numérico, ejes E – 2 y E – 3. | 32 |
| Figura 19. Resultados análisis ejes E – 2 y E – 3 | 33 |
| Figura 20. Curva de capacidad Momento-curvatura, pilote de 30.0cm de diámetro. | 34 |
| Figura 21. Resultado del grupo de pilotes ante carga lateral. | 35 |
| Figura 22. Desplazamientos de los pilotes en dirección del eje Y. | 36 |
| Figura 23. Momento actuante sobre los pilotes en dirección del eje Z. | 37 |
| Figura 24. Fuerza cortante sobre los pilotes en dirección del eje Y. | 37 |
| Figura 25. Resultado del grupo de pilotes ante carga lateral. | 38 |
| Figura 26. Desplazamientos de los pilotes en dirección del eje Y. | 39 |
| Figura 27. Momento actuante sobre los pilotes en dirección del eje Z. | 40 |
| Figura 28. Fuerza cortante sobre los pilotes en dirección del eje Y. | 40 |
| Figura 29. Resultado del grupo de pilotes ante carga lateral. | 41 |
| Figura 30. Desplazamientos de los pilotes en dirección del eje Y. | 42 |
| Figura 31. Momento actuante sobre los pilotes en dirección del eje Z. | 43 |
| Figura 32. Fuerza cortante sobre los pilotes en dirección del eje Y. | 43 |
| Figura 33. Análisis de estabilidad perfil 1, condición pseudo – estática – con obras de mitigación..... | 45 |
| Figura 34. Análisis de estabilidad perfil 2, condición pseudo – estática – con obras de mitigación..... | 46 |





| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

Figura 35. Análisis de estabilidad perfil 3, condición pseudo – estática – con obras de mitigación..... 46

Figura 36. Localización aproximada de la ubicación recomendada para la instalación de los inclinómetros, piezómetros y los controles topográficos. 50

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Refuerzo estructuras ambientales NSR – 10 | 14 |
| Tabla 2. Tabla de resistencia nominales para diferentes refuerzos..... | 15 |
| Tabla 3. Factor de adherencia de micropilotes perforados y fundidos in situ. | 22 |
| Tabla 4. Capacidad micropilotes por fuste. | 22 |
| Tabla 5. Resistencia unitaria ultima de punta de micropilotes en suelos cohesivos. | 23 |
| Tabla 6. Tabla resumen capacidad de carga de micropilotes. | 23 |
| Tabla 7. Datos Momento-curvatura, pilote de 30.0cm de diámetro | 34 |
| Tabla 8. Valores para la categorización de la amenaza por procesos de remoción en masa..... | 47 |
| Tabla 9. Resumen de los factores de seguridad Condición pseudo - estática con niveles freáticos superficiales..... | 47 |

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |



1. INTRODUCCION

Con base a los antecedentes, la zonificación de la amenaza, vulnerabilidad, riesgo y el diagnóstico realizado en el Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa, se concluye que los problemas identificados en las aulas del costado norte del colegio, obedecen a los excesivos asentamientos diferenciales, debido al incremento en los últimos años de asentamientos por consolidación, que obedece a un ascenso en los niveles freáticos en el sector, producto de la falta de sistemas de drenaje superficial y subsuperficial en las inmediaciones del colegio, al igual, este ascenso de niveles freáticos conlleva a la disminución de los parámetros de resistencia del coluvión, estrato en el cual se encuentra cimentado el Colegio San Carlos.

Basados en los resultados de los análisis de estabilidad, y los análisis estructurales del edificio del colegio, se ve la necesidad de la construcción de obras de mitigación, obras de drenaje, subdrenaje y el reforzamiento del edificio del costado norte del colegio, con el fin de mitigar la amenaza a fenómenos de remoción en masa y garantizar la estabilidad y protección de las estructuras existentes.

Para los diseños se utilizó la información obtenida para la realización del Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa, objeto de este contrato, los parámetros geotécnicos de los suelos se estimaron con base en los resultados de las exploraciones de campo y los análisis de los ensayos de laboratorio realizados.

El presente informe contiene los diseños de las obras, los cuales contienen los componentes hidráulicos, geotécnicos y estructurales de cada una de las obras recomendadas para la mitigación de la amenaza en el Colegio San Carlos, en el municipio de San Gil, departamento de Santander.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

2. DESCRIPCION DE LAS OBRAS



Basados en los resultados de los diagnósticos, a continuación, se presentan los diseños de las obras necesarias para la mitigación y estabilización del colegio San Carlos.

Para la estabilización del bloque de aulas, se propone recimentar todo el bloque afectado, por medio de la construcción de micropilotes de 0.30 m de diámetro y 25.0 metros de longitud, junto con una viga cabezal, los cuales estarían adosados a todas las zapatas del edificio objeto de análisis.

Los muros de cerramiento que se encuentra, actualmente afectados (costado norte y occidente), se recomiendan demolerlos y construir un nuevo sistema de cerramiento.

El talud del costado sur occidental, que se encuentra en la parte externa del colegio, y que actualmente presenta socavación debido a que gran parte de las aguas superficiales que aporta la vía, causan un proceso erosivo en el mismo, y que a su vez desestabiliza el muro de cerramiento en este sector, se propone realizar un perfilado para retirar los suelos sueltos y cubrir con concreto lanzado para así evitar que este se continúe socavando. De igual forma se recomienda cubrir con concreto lanzado el talud del costado occidental de la cancha cubierta, que al igual que el talud mencionado anteriormente, está presentando procesos erosivos a causa de las aguas de escorrentía.

Las obras de subdrenaje están compuestas por la construcción de pozos de drenaje, subdrenes de penetración y cunetas perimetrales. Los pozos se construirán de 6.0 metros de profundidad y en ellos se deben construir dos niveles de subdrenes de penetración de 15.0 metros de longitud, en otros sectores debido a la topografía, se proyecta la construcción de baterías de subdrenes, 15 metros de longitud, esto con el fin de mitigar los ascensos de los niveles freáticos, y como obras de drenaje superficial se proyecta la construcción de cunetas perimetrales, las cuales entregaran al sistema de alcantarillado existente.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

3. DISEÑO DE OBRAS DE SUBDRENAJE, DRENAJE Y MITIGACION

3.1 DISEÑO DE OBRAS DE SUBDRENAJE



Se propone construir un sistema de subdrenaje compuesto por baterías de subdrenes de penetración y pozos de drenaje, para mitigar los efectos de los niveles freáticos sobre la estabilidad del área en estudio.

La principal obra para el abatimiento de los niveles freáticos son los pozos de drenaje los cuales funcionan como galerías verticales capaces de captar el agua por una serie de perforaciones radiales (subdrenes de penetración de L=15.0m). La presencia de los pozos de drenaje es necesaria en el perímetro del edificio, con el fin de generar una notable disminución del nivel freático.

El dimensionamiento de los pozos está sujeto a la presencia de los niveles freáticos medidos en los sondeos y apiques, los cuales oscilan entre 0.50 y 5.80 metros. Se concluye que al mantener el nivel de agua subterránea por debajo de los 5.0 metros de profundidad se mejoran las condiciones de estabilidad del área en estudio, por tal razón se proyecta la construcción de pozos de drenaje de 3.50 metros de diámetro y 6.0 metros de profundidad. Ver Figura 1.

Los pozos se construirán realizando excavaciones manuales tipo caisson, fundiendo anillos en concreto reforzado. A los 4.0 y 5.0 metros de profundidad se proyectan dos (2) niveles de subdrenes de penetración de 15.0 metros de longitud.

Adicionalmente de la construcción de los pozos de drenaje, se proyecta, en el talud junto a la gradería de acceso a la cancha cubierta y en el talud del costado norte del colegio que colinda con la cancha municipal del barrio San Martín subdrenes de penetración de 15.0 metros de longitud respectivamente. Los subdrenes del talud que colinda con la cancha entregaran al canal trapezoidal que se proyecta en la pata del talud, y los subdrenes junto a la gradería de la cancha entregara al sistema de drenaje existente de la cancha por medio de tubería de PVC de 4". Ver Figura 2.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

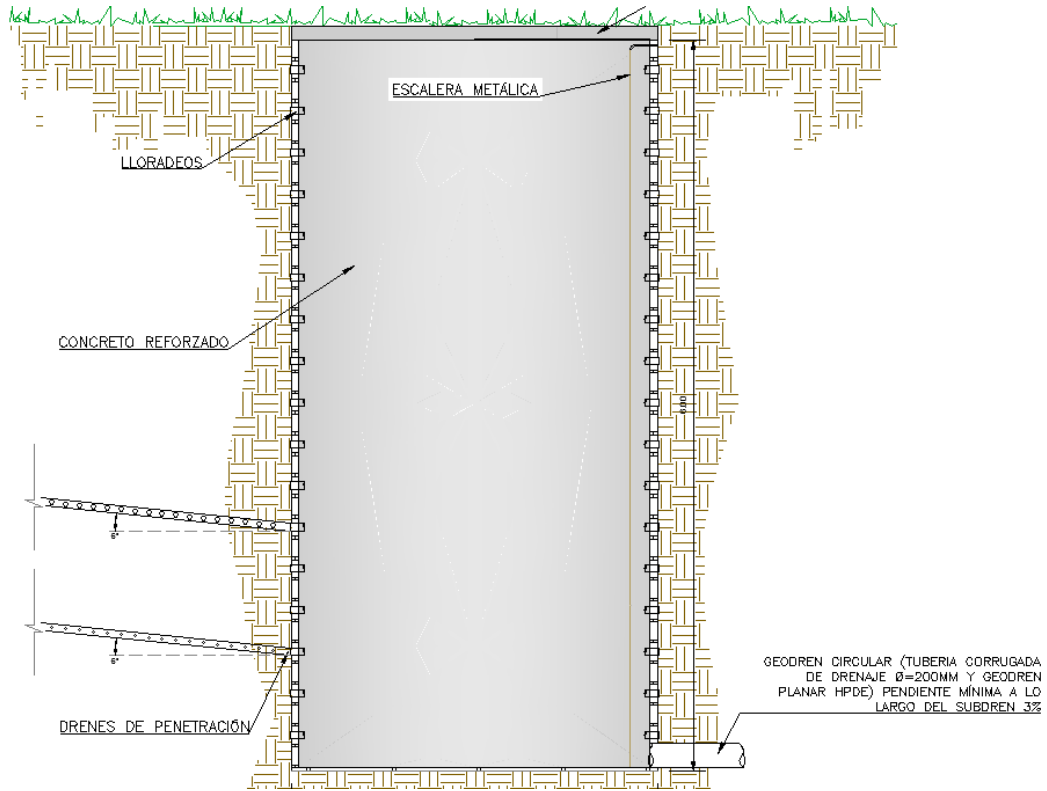


Figura 1. Pozo de drenaje típico.

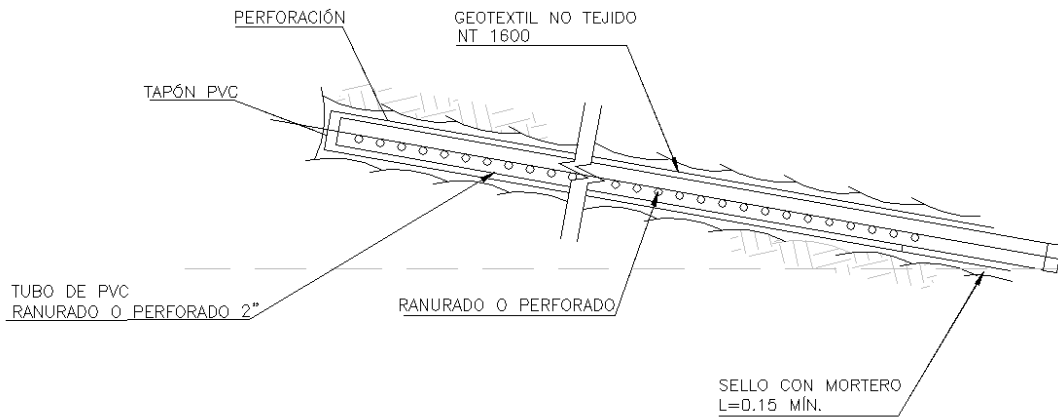




Figura 2. Subdren de penetración.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

Para analizar el comportamiento de los subdrenes de penetración y los pozos de drenaje en el abatimiento de los niveles freáticos del talud, se realizó un modelo de infiltraciones y régimen de flujo mediante el uso de SEEP/W por lo que se utilizaron las siguientes propiedades hidráulicas de cada material.

A continuación, se presentan los valores típicos de permeabilidades para los diferentes tipos de materiales:

| Soil type | Description | USC symbol | Permeability, m/s |
|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------|
| Gravels | Well graded | GW | 10^{-3} to 10^{-1} |
| | Poorly graded | GP | 10^{-2} to 10 |
| | Silty | GM | 10^{-7} to 10^{-5} |
| Sands | Clayey | GC | 10^{-8} to 10^{-6} |
| | Well graded | SW | 10^{-5} to 10^{-3} |
| | Poorly graded | SP | 10^{-4} to 10^{-2} |
| Inorganic silts | Silty | SM | 10^{-7} to 10^{-5} |
| | Clayey | SC | 10^{-8} to 10^{-6} |
| | Low plasticity | ML | 10^{-9} to 10^{-7} |
| Inorganic clays | High plasticity | MH | 10^{-9} to 10^{-7} |
| | Low plasticity | CL | 10^{-9} to 10^{-7} |
| Organic | High plasticity | CH | 10^{-10} to 10^{-8} |
| | with silts/clays of low plasticity | OL | 10^{-8} to 10^{-6} |
| Peat | with silts/clays of high plasticity | OH | 10^{-7} to 10^{-5} |
| | Highly organic soils | Pt | 10^{-6} to 10^{-4} |

Figura 3. Permeabilidades del suelo basada en clasificación SUCS. (Tomado de “Handbook of Geotechnical Investigations and Design Tables”, Burt Look (2007)).

Teniendo en cuenta que los materiales encontrados se caracterizan principalmente por tener un gran contenido de finos la conductividad hidráulica oscila entre $1e-8$ a $1e-7$ m/s, valores obtenidos de acuerdo a correlación de la Figura 3. Se utilizó la relación de contenido de agua vs presión métrica típica para este tipo de arcillas.

Para los análisis se contempló el nivel freático cerca de la superficie, tal como lo evidenciamos en la exploración de campo realizada en el área de estudio.

Se analizan los perfiles, donde se proyectan obras de subdrenaje, a continuación, se muestran los resultados obtenidos en las modelaciones:

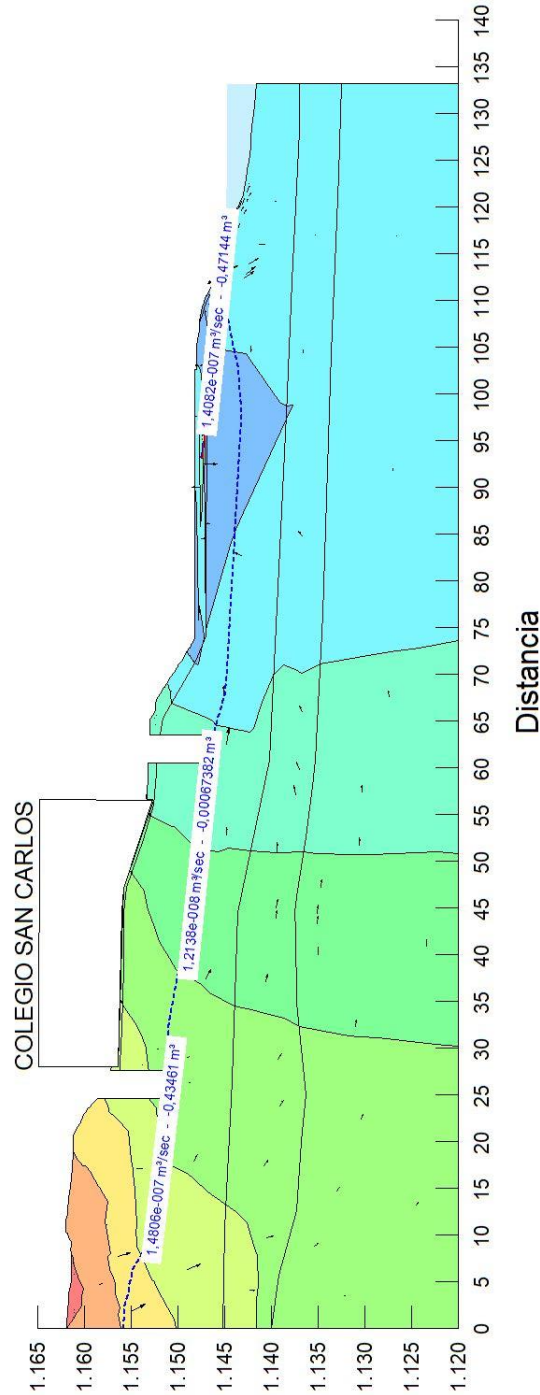


Figura 4. Abatimiento de los niveles freáticos Perfil 1.

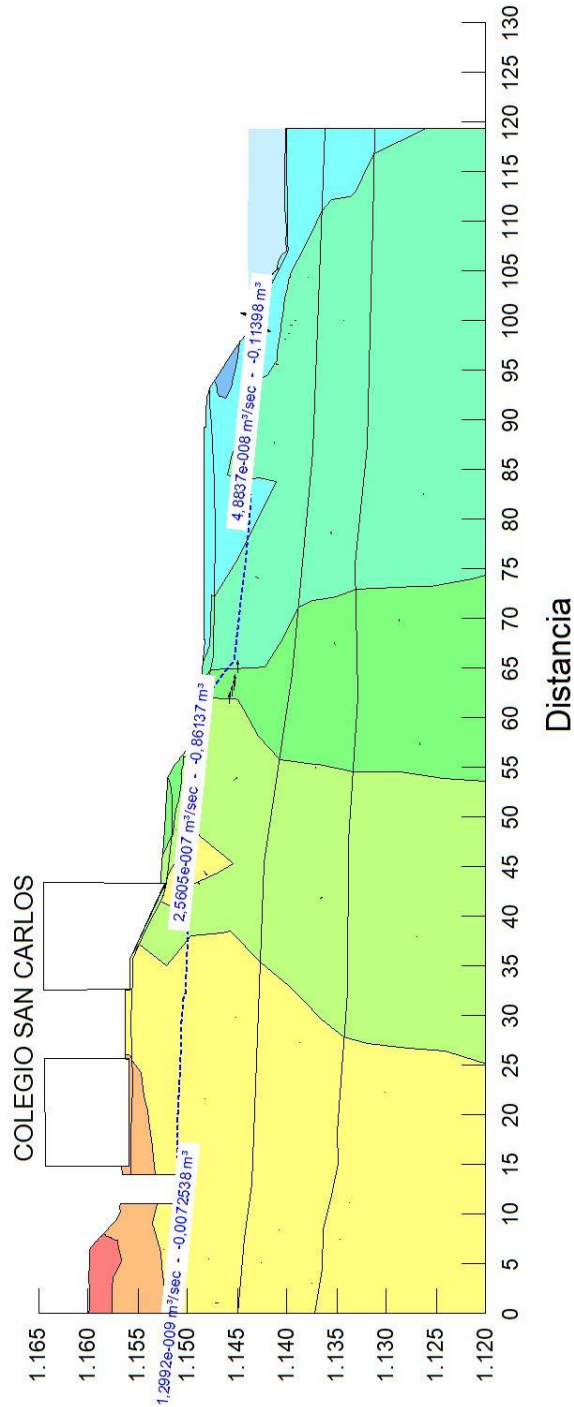


Figura 5. Abatimiento de los niveles freáticos Perfil 2.

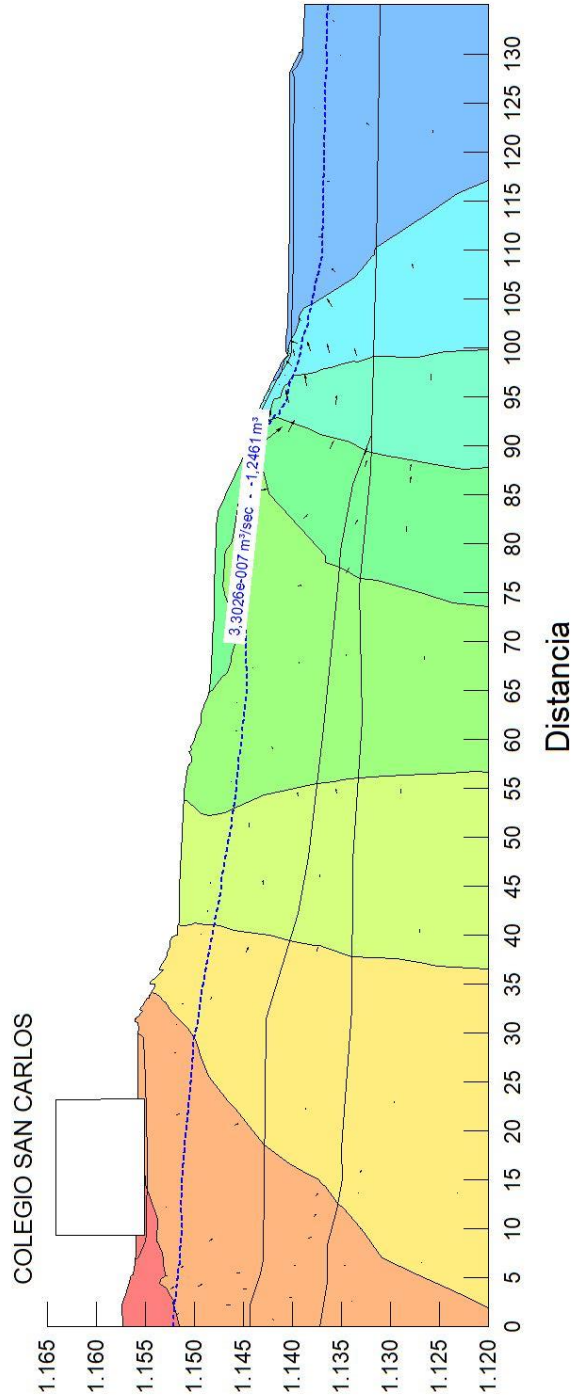






Figura 6. Abatimiento de los niveles freáticos Perfil 3.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>ConstruSuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

En los anteriores análisis se determinó que el comportamiento de los niveles freáticos luego de la inclusión de las obras de subdrenaje presenta una disminución considerable con respecto al nivel inicial. De acuerdo a los resultados del modelo, se aprecia que las obras producen un cambio en las redes de flujo, haciendo que los niveles freáticos desciendan.

Los caudales de flujo a transportar por los drenes de penetración, al transcurrir un mes de instalados, son los presentados en las anteriores figuras. Es necesario hacer notar que los volúmenes drenados mostrados en cada una de las figuras arriba relacionadas es el acumulado mensual, es decir, es el volumen total que se espera drenar, con base en la simulación, al transcurrir un mes de la puesta en marcha de la obra. Como se mencionó anteriormente, dada la buena estabilidad que presenta la zona de estudio al mantener niveles freáticos mayores a 5 metros de profundidad, se proyecta la construcción de los pozos a 6 metros, mientras que su diámetro es limitado por términos constructivos, pues se debe permitir el ingreso del equipo para realizar la instalación de drenes de penetración. De igual manera, a la profundidad de pozo proyectada se torna constructivamente difícil la instalación de tuberías para diámetros superiores a las 4", limitando, por el recubrimiento con geotextil, al uso de una tubería de 2".

La pendiente máxima a la cual se proyectan las baterías de penetración para los pozos es de 10% aproximadamente, por lo que su capacidad hidráulica, a flujo lleno, es, aproximadamente, de 0.003 (m³/sg). Las aguas captadas por los pozos se drenarán al sistema de canales superficiales, por medio de un sistema de bombeo el cual se activará una vez el nivel del agua llegue a una cota determinada en los cálculos. El pozo proyectado no es una estructura de almacenamiento, por lo que no se presenta ningún análisis hidráulico a este.

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <h2>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</h2> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <h3>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</h3> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

3.1.1 Diseño estructural de los pozos de drenaje

El presente diseño solo es válido para una sección con las características geométricas del pozo de 6.0 metros de alto y 3.0 metros de diámetro, se debe garantizar la construcción de la tapa monolítica en concreto, de lo contrario los resultados del diseño no serán válidos tal como se presentan en las memorias de cálculo a continuación. Se ha tomado como referencia base las norma sismo resistente en su capítulo C.23 y se han cumplido rigurosamente los requisitos exigidos en tal capitulo.

Tabla 1. Refuerzo estructuras ambientales NSR – 10

| | | | |
|--|--|----------------------|--|
| SEPARACIÓN MÁXIMA DE REFUERZO C.23-C.14.3.5 | | 0.3m | |
| SEPARACIÓN MÁXIMA CRITERIO DE DISEÑADOR: | | 0.3m | |
| Fy: | 420 Mpa | | 4.2 Ton/cm ² |
| f'c: | 28 Mpa | | 0.28 Ton/cm ² |
| Recubrimiento: | 0.05 m | | |
| CUANTÍA MÍNIMA DE RETRACCIÓN Y FRAGUADO | | | 0.005 |
| CUANTÍA MÍNIMA POR FLEXIÓN | | | 0.0018 |
| CUANTÍA MÁXIMA A FLEXIÓN (EN UNA CAPA) | | | 0.01 |
| DISTANCIA ENTRE JUNTAS PARA COMPENSAR MOVIMIENTOS | | | 18m |
| Espeor | e=0.30m | | Delta S Refuerzo 5cm |
| RETRACCION | As: 15cm ² /m | 2 Capas | 7.5cm ² /m/capa |
| FLEXION | As: 4.5cm ² /m | | |
| CONTROLA: | RETRACCION 7.5cm ² /m/capa | USAR | #5 c/0.25m 0.27m |
| COEFICIENTE DE DURABILIDAD AMBIENTAL Sd [C.23-C.9.2] | | | |
| EXPOSICIÓN AMBIENTAL | NORMAL | 57000 | $f_{s, \text{m} \acute{a}x} = \frac{\text{Exposición}}{\beta \sqrt{s^2 + 4(50 + \frac{db}{2})^2}}$ |
| β | FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DEL GRADIENTE DE DEFORMACIONES UNITARIAS | | |
| γ | RELACIÓN ENTRE CARGA MAYORADA SOBRE CARGA NO MAYORADA | | |
| \emptyset flexion | 0.9 | \emptyset Cortante | 0.75 |
| γ | 1.4 | fs màx: | 250MPa C.23-C10.6.4 |



| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

Tabla 2. Tabla de resistencia nominales para diferentes refuerzos

| | W1 BASE | add 1 | add 2 | add 3 | add 4 | add 5 |
|--------------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|
| ESPESOR [m] | e=0.30m | e=0.30m | e=0.30m | e=0.30m | e=0.30m | e=0.30m |
| d [m] | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| β | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| Ref. Base: | #5 | #5 | #5 | #5 | #5 | #5 |
| S [m] | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| db [mm] | 15.875 | 15.875 | 15.875 | 15.875 | 15.875 | 15.875 |
| As. Base: | 13.27 | 13.27 | 13.27 | 13.27 | 13.27 | 13.27 |
| Ref. Add | #5 | #5 | #5 | #5 | #5 | #5 |
| S add[mm] | 0.15 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.4 |
| db add [mm] | 15.875 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| As. Add [cm ² /m]: | 13.27 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| s Total[mm] | 75 | 85.71428571 | 85.71428571 | 85.71428571 | 60 | 109.0909091 |
| As Total [cm ² /m]: | 26.53 | 13.27 | 13.27 | 13.27 | 13.27 | 13.27 |
| cuantia/capa | 0.0088 | 0.0044 | 0.0044 | 0.0044 | 0.0044 | 0.0044 |
| chk cuantia | o.k | o.k | o.k | o.k | o.k | o.k |
| Fs, (1) | 306 MPa | 293 MPa | 293 MPa | 293 MPa | 324 MPa | 265 MPa |
| 1 ó 2 dir | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Fs, (2) | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Fs, máx | 250 MPa | 250 MPa | 250 MPa | 250 MPa | 250 MPa | 250 MPa |
| Sd | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.08 |
| Ref. Base: | #5c/0.15 | #5c/0.15 | #5c/0.15 | #5c/0.15 | #5c/0.15 | #5c/0.15 |
| Ref. Add | +#5c/0.15 | | | | | |
| ØMn-Sd [Ton-m/m] | 17.80 | 9.28 | 9.28 | 9.28 | 9.28 | 9.28 |
| ØVn [Ton/m] | 16.54 | 16.54 | 16.54 | 16.54 | 16.54 | 16.54 |

TANQUE ENTERRADO CON TAPA MONOLÍTICA EN CONCRETO

| | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|------------------|---|------------------|--------------|------------------|
| L | 6 m | γ Líquido | 1 | γ Suelo | 1.8 | |
| qLíquido | 6 Ton/m | | | ko: | 0.53 | |
| qu Líquido | 9.6 Ton/m | | | Sobrepresión: | 0 m | |
| Redondear Momentos y Cortante: | | 2 | | Pservicio Suelo: | 5.724 Ton/m | Sin Sobrepresión |
| Factor de Mayoración Líquidos: | | 1.6 | | Pu Suelo: | 9.1584 Ton/m | Sin Sobrepresión |
| Factor de Mayoración Tsuelo: | | 1.6 | | Pu Sobrepresi | 0 Ton/m | |

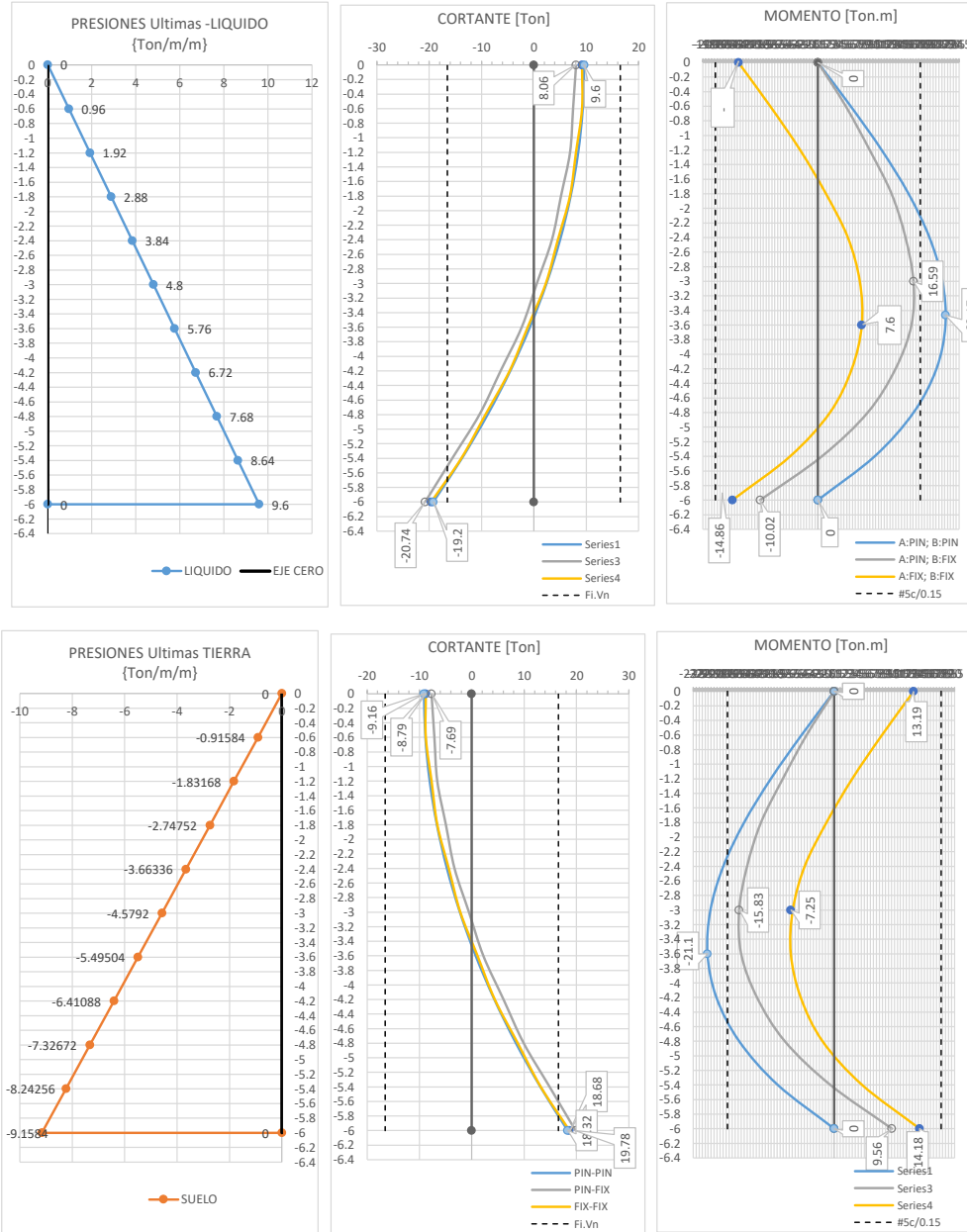




Figura 7. Graficas de presiones, cortantes y momentos.

Para la construcción del pozo de drenaje se debe realizar por anillos de 1.0 metro de profundidad. No se puede avanzar en la excavación hasta que no esté totalmente terminado el anillo superior.



| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

3.2 DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE

Controlar el flujo superficial, a causa de la escorrentía, es de suma importancia para garantizar la estabilización de los taludes.

Por lo anterior y de acuerdo a la topografía y arquitectura del área en estudio, las obras hidráulicas, se proyectan en las siguientes zonas:

- El canal 1, se ubicará, sobre la Calle 25, iniciando desde la vía nacional que conduce al Socorro, aproximadamente 150 metros hacia el norte hasta el límite del cerramiento del colegio, en este punto entregará las aguas recolectadas, a una caja de inspección de 1.2*1.2*1.5m, teniendo en cuenta que este canal se encuentra localizado junto a una zona de parqueo, aproximadamente 41 metros de canal, contarán con una rejilla, para el tránsito de los vehículos.
- Junto a la cancha municipal del barrio San Martín, ingresando al colegio, y para dar continuidad al canal # 1, se proyectará un canal # 2 entre el talud norte de las canchas del colegio y el cerramiento junto a la cancha municipal del barrio San Martín, hasta el cerramiento del costado oriental, ahí entregará a una caja de inspección proyectada, la cual por medio de una tubería de PVC de 12", conducirá las aguas recolectadas a un nuevo pozo, el cual conectará por medio de tubería PC de 12" al sistema de alcantarillado existente. El canal # 2, contará con una rejilla de seguridad en toda su longitud, debido a que este se encuentra localizado en una zona, en la cual recurrentemente circulan estudiantes.
- Se denominará canal # 3, al canal que se proyecta en el costado occidental del colegio, entre el muro de cerramiento junto a la calle 25 y el edificio de aulas, llegando hasta la vía interna, en este punto cruza junto al costado norte del edificio, entre la vía interna del colegio y las canchas, hasta entregar sobre la calle 24 a una caja de inspección, la cual se conectará al sistema de alcantarillado existente, por medio de tubería de PVC de 12".
- Para la construcción del Canal # 4, se proyecta la demolición del canal existente del costado sur y oriental del edificio donde actualmente están las oficinas administrativas, para la posterior construcción de un canal con una

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

sección mayor el cual captara las aguas del pozo de drenaje que se proyecta en este sector, para entregar al sistema de alcantarillado existente.

- Los canales # 5 y # 6, se proyectan construir en la pata de las pantallas de concreto lanzado, que se construirán para el manejo de la erosión, estos canales conservarán la misma sección de los canales mencionados anteriormente, el canal # 5, se conectara al canal # 1 y el canal # 6 entregara al canal # 2.

La evaluación hidrológica se realizó mediante la metodología racional. El periodo de retorno de diseño, con base en la normatividad, corresponde al de 100 años y la intensidad se obtuvo de las curvas IDF. En la Figura 8, se presenta la localización de los canales proyectados. La entrega de estas estructuras se realiza entre ellos, dependiendo de su ubicación, o, a pozos del sistema de alcantarillado existente, por medio de cajas de inspección y tubería de PVC de 12". La sección hidráulica propuesta para este canal es trapezoidal de 50 (cm) de base menor, 100 (cm) de base mayor y 50 (cm) de alto. En la Figura 9 se muestra la sección transversal del canal.

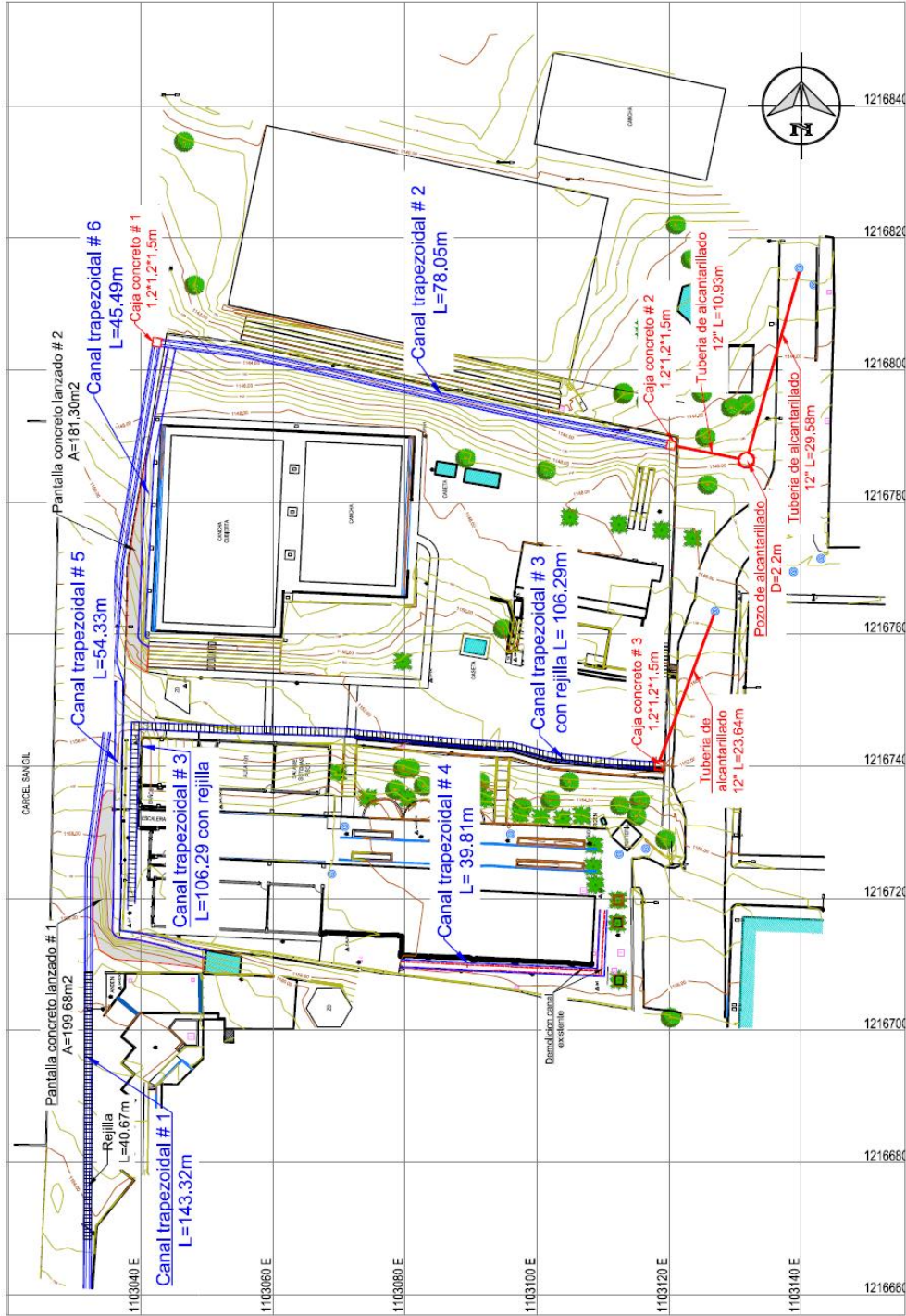




Figura 8. Localización de los canales

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

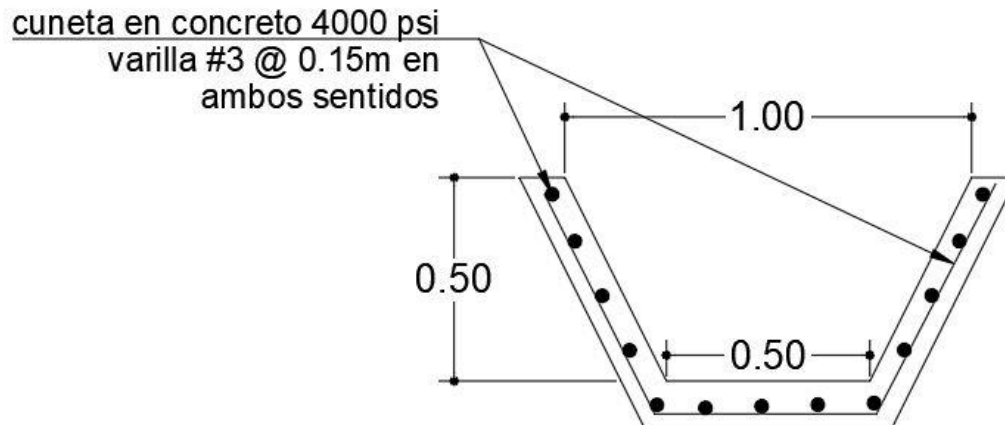




Figura 9. Sección transversal del canal

Una vez determinados los parámetros requeridos para la evaluación hidráulica de estas estructuras, se procedió a ingresar cada uno de los parámetros requeridos por el Software HEC-RAS y determinar si la sección propuesta es realmente capaz de transportar el caudal determinado en el previo chequeo hidrológico.

Con base en la simulación realizada se encontró que la sección hidráulica propuesta es suficiente para la evacuación de caudal que se ha de generar, bajo las hipótesis hidrológicas asumidas.

3.3 MURO DE CERRAMIENTO

Teniendo en cuenta lo observado en la inspección de campo y las condiciones actuales de los cerramientos del costado occidental y norte, los cuales se encuentran en muy mal estado; se recomienda realizar la demolición total de los mismos y construir un nuevo cerramiento de aproximadamente tres (3.0) metros de altura, compuesto en la parte inferior por mampostería con su respectivo sistema de viga y columnetas, y malla eslabonada galvanizada de calibre 10, y retículas de 2" X 2" con tubería 2" de espesor $e=2\text{mm}$, la cimentación del cerramiento que consiste en una zapata corrida, va apoyada en un concreto ciclópeo de 0.80 metros de espesor.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

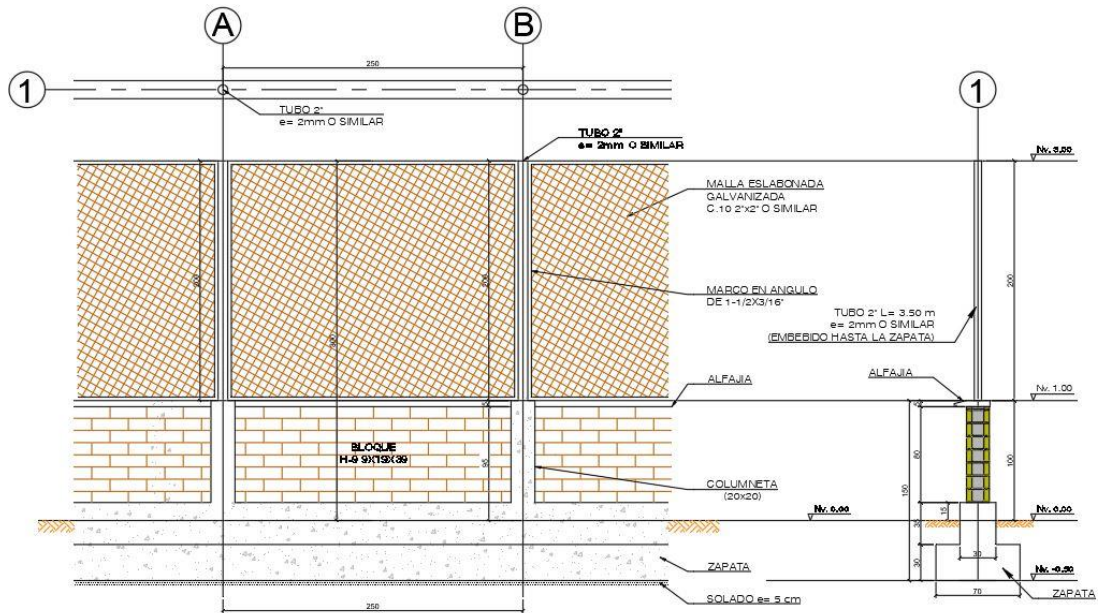




Figura 10. Cerramiento

3.4 CONTROL DE EROSION

El talud del costado occidental junto a la cancha cubierta y el talud que se encuentra fuera de las instalaciones del colegio entre la calle 25 y el muro de cerramiento, actualmente se encuentran afectados por procesos erosivos, motivo por el cual se propone perfilar los taludes y cubrirlos con concreto lanzado, en aras de evitar que se sigan erosionado y puedan afectar el nuevo cerramiento, en la base o pata de la pantalla se propuso un canal trapezoidal.

3.5 DISEÑO DE LOS MICROPILOTES PARA RECIMENTACION DEL EDIFICIO NORTE DEL COLEGIO

Para controlar los asentamientos presentados en el edificio norte y de esta manera garantizar la estabilidad del mismo, se recomienda recimentar todo el bloque afectado, este sistema de recimentación comprende la construcción de micropilotes de 0.30 metros de diámetro y 25.0 metros longitud, junto con una viga cabezal, los cuales estarían adosados a todas las zapatas existentes del edificio, a continuación se presenta el diseño de los micropilotes.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>ConstruSuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

3.5.1 Capacidad de carga por fuste en suelos cohesivos



A continuación, se presenta el cálculo tipo para un micropilote de 0.3m de diámetro.

| FUSTE | |
|---|--------|
| Factor de adherencia en pilotes perforados y fundidos <i>in situ</i> | |
| L del pilote | 25.0 m |
| ϕ con revestimiento | 0.6 |
| ϕ instalacion en seco | 1.0 |
| $\alpha_m = (\alpha_{11}\alpha_{12}\alpha_{13})\alpha_2\phi$ | |
| α_{11} | 0.65 |
| $\alpha_{12} = \alpha_{13}$ | 0.97 |
| α_2 | 1.00 |
| ϕ | 0.6 |
| α_m | 0.37 |

Tabla 3. Factor de adherencia de micropilotes perforados y fundidos in situ.

| Diámetro | 0.3 | m | Perimetro | 0.94 | m | F.S | 3.00 |
|-------------|-------|----------------|-----------|-------------------|------------------|------------|------|
| Area | 0.07 | m ² | L caisson | 25.00 | | | m |
| Profundidad | | Su (kpa) | α | Ps (fuste) KN | SUELOS COHESIVOS | | |
| 2.00 | 4.00 | 80 | 0.37 | 55.28 | | | |
| 4.00 | 6.00 | 60 | 0.37 | 41.46 | | | |
| 6.00 | 8.00 | 40 | 0.37 | 27.64 | | | |
| 8.00 | 10.00 | 40 | 0.37 | 27.64 | | | |
| 10.00 | 12.00 | 60 | 0.37 | 41.46 | | | |
| 12.00 | 14.00 | 60 | 0.37 | 41.46 | | | |
| 14.00 | 16.00 | 160 | 0.37 | 110.56 | | | |
| 16.00 | 18.00 | 160 | 0.37 | 110.56 | | | |
| 18.00 | 20.00 | 160 | 0.37 | 110.56 | | | |
| 20.00 | 22.00 | 160 | 0.37 | 110.56 | | | |
| 22.00 | 24.00 | 160 | 0.37 | 110.56 | | | |
| 24.00 | 25.00 | 160 | 0.37 | 55.28 | SUELO RESIDUAL | | |
| | | | | Ps (fuste) | 843.02 | KN | |
| | | | | Ps (fuste) | 84.30 | Ton | |

Tabla 4. Capacidad micropilotes por fuste.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

3.5.2 Capacidad de carga por punta en suelos cohesivos

| PUNTA | | |
|--|--------|--|
| Resistencia unitaria última de punta de pilotes en suelos cohesivos | | |
| Nc | 6 | Caso en el que la punta del caisson alcance el estrato firme |
| Nc | 9 | Penetración de la punta en el estrato firme de 3 diámetros o mayor |
| Cu | 160 | kpa |
| Q _{bu} =CuNc | 1440 | kpa |
| Diámetro | 0.3 | m |
| Area | 0.07 | m ² |
| Q _{bu} | 101.79 | KN |

Tabla 5. Resistencia unitaria ultima de punta de micropilotes en suelos cohesivos.



La capacidad admisible total está dada por la capacidad por punta más la capacidad por fuste, menos el peso del micropilote sobre un factor de seguridad de 3.0.

| DIAMETRO | AREA PUNTA | peso pilote | Qu (punta) | Qu (fuste) |
|--|----------------|-------------|------------|------------|
| m | m ² | Ton | Ton | Ton |
| 0.3 | 0.1 | 4.2 | 10.1 | 84.0 |
| Capacidad de carga ultima (fuste+punta) a compresión axial | | | | 89.9 Ton |
| Capacidad de carga admisible (fuste+punta) a compresión axial e: | | | | 30.0 Ton |
| Capacidad de carga admisible (fuste+punta) a compresión por sis | | | | 59.9 Ton |
| Capacidad de carga admisible (fuste) a tension por sismo | | | | 56.0 Ton |

Tabla 6. Tabla resumen capacidad de carga de micropilotes.

3.5.3 Resistencia nominal horizontal de pilotes y grupos de pilotes

Este capítulo contiene los resultados de la evaluación del estado límite de resistencia nominal horizontal de grupos de pilotes, de acuerdo a lo establecido en el capítulo 10.9.3.9 — Resistencia Nominal horizontal de pilotes y grupos de pilotes de la NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES – LRFD – CCP 14. Para análisis de resistencia nominal horizontal se aplican las disposiciones del artículo 10.7.3.12.

| | | |
|--|---|--|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

10.7.3.12 — Resistencia nominal lateral de cimentaciones pilotadas — La resistencia nominal de cimentaciones pilotadas a cargas laterales se debe evaluar sobre la base de propiedades de geomateriales y propiedades estructurales. La resistencia de suelos lateral a lo largo de los pilotes debe ser modelada utilizando curvas $P-y$ desarrolladas para los suelos en el sitio.

Las cargas aplicadas deben ser cargas de elevación mayoradas y deben incluir tanto las cargas laterales y como las axiales. El análisis se puede realizar en un solo pilote representativo con la condición de límite superior del pilote apropiada o en el grupo de pilotes completo. Las curvas $P-y$ se deben modificar para los efectos de grupo. Los multiplicadores P en la Tabla 10.7.2.4-1 deben utilizarse para modificar las curvas. Si la tapa del pilote siempre se incorpora, la resistencia lateral $P-y$ de la tierra en la cara de la tapa puede estar incluida en la resistencia lateral nominal.



Figura 11. Artículo 10.7.3.12 de la norma colombiana de diseño de puentes – LRFD – CCP 14.

La relación entre la presión y la deflexión en cualquier punto a lo largo de un pilote no es lineal. Para tener en cuenta esta condición existen varios procedimientos, sin embargo, el enfoque más usado es el de las curvas $p-y$ (p =presión, y =deflexión) desarrollado por Reese en la actualidad. La ecuación diferencial que se plantea para el desarrollo de esta metodología es la siguiente.

$$\frac{d^2M}{dz} + (P_z) \frac{d^2\rho}{dz^2} - \rho = 0$$

Donde,

- ρ = deflexión.
- M = momento a la profundidad z en el pilote.
- z = profundidad.
- P_z = carga axial en el pilote a la profundidad z .
- p =reacción en el suelo por unidad de longitud (en este caso, p actúa como una carga lineal equivalente).

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

Esta ecuación incorpora los efectos de la carga axial y de la variación de la rigidez del pilote con la profundidad. La solución se obtiene aplicando diferencias finitas.

El objeto de la metodología es definir una serie de curvas p-y, en diferentes puntos a lo largo del pilote, tales que cumplan la compatibilidad entre la carga y la deflexión correspondiente a cada punto. Para definir estas curvas se tiene como premisa que el comportamiento del suelo a una profundidad determinada es independiente de los puntos vecinos. Si bien es cierto esto no es estrictamente seguro, Reese comprobó a través de pruebas de carga que los resultados obtenidos son bastante cercanos a los reales.

Se aplica en el presente trabajo esta metodología de análisis utilizando el programa GROUP V.8.014 desarrollado por Ensoft, Inc. con las condiciones iniciales que se describen a continuación.

3.5.4 Descripción general del método de análisis

Se ha utilizado el algoritmo GROUP V 8.014, el cual considera el modelo matemático propuesto por Reese y Van Impe (2001) para la estimación las presiones relativas por el desplazamiento del subsuelo. Se considera en este capítulo el análisis del grupo de pilotes, considerando lo expresando en este estudio y los factores de grupo o efectos “sombra”.

El programa GROUP es una herramienta de diseño para analizar el comportamiento de pilotes sujetos a grupos de cargas axiales y laterales, en 2 y 3 dimensiones. El programa transforma una distribución de cargas (vertical, lateral y momentos) en el cabezal de los pilotes, a cargas individuales para cada pilote del grupo.

El programa genera internamente la respuesta no lineal del suelo, en forma de curvas t-z y q-w para cargas axiales, curvas t-r para cargas torsionales y curvas p-y para cargas laterales.

El modelo del subsuelo se caracterizó mediante la información de los perfiles geotécnicos y los valores de modulo K con los cuales se construye la curva P-Y se tomaron con base a recomendaciones de Evans and Duncan (1982).

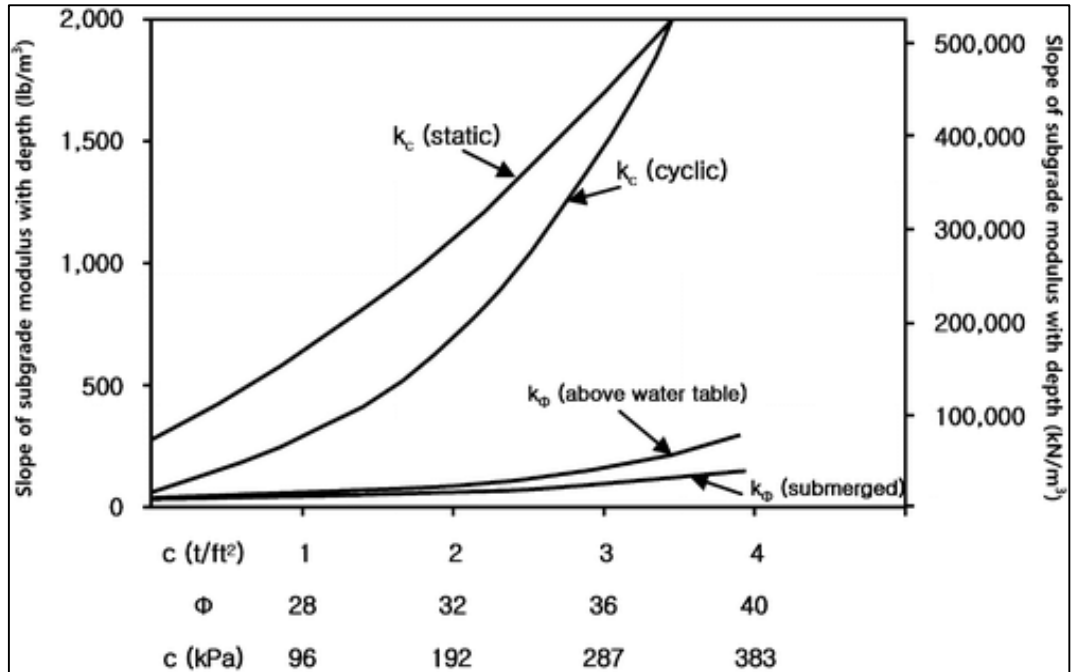


Figura 12. Valores recomendados del módulo K (rigidez) utilizados para la construcción de las curvas P-Y.

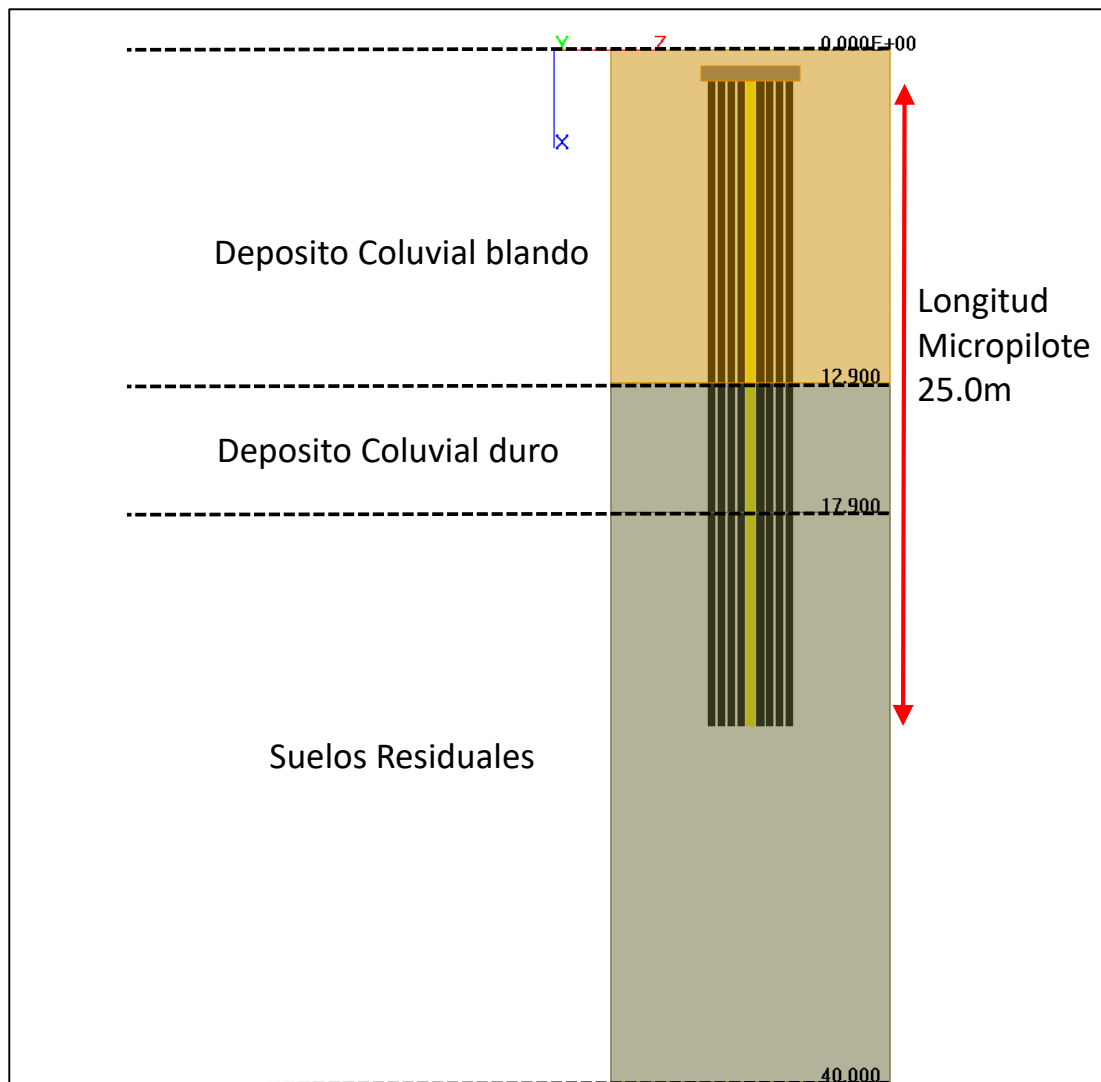




Figura 13. Estratigrafía utilizada para el modelo numérico.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

3.5.5 Grupo de pilotes analizados

a. Columna eje D – 1:

Se analizó el grupo de pilotes de la zona más cargada de la vivienda en estudio.

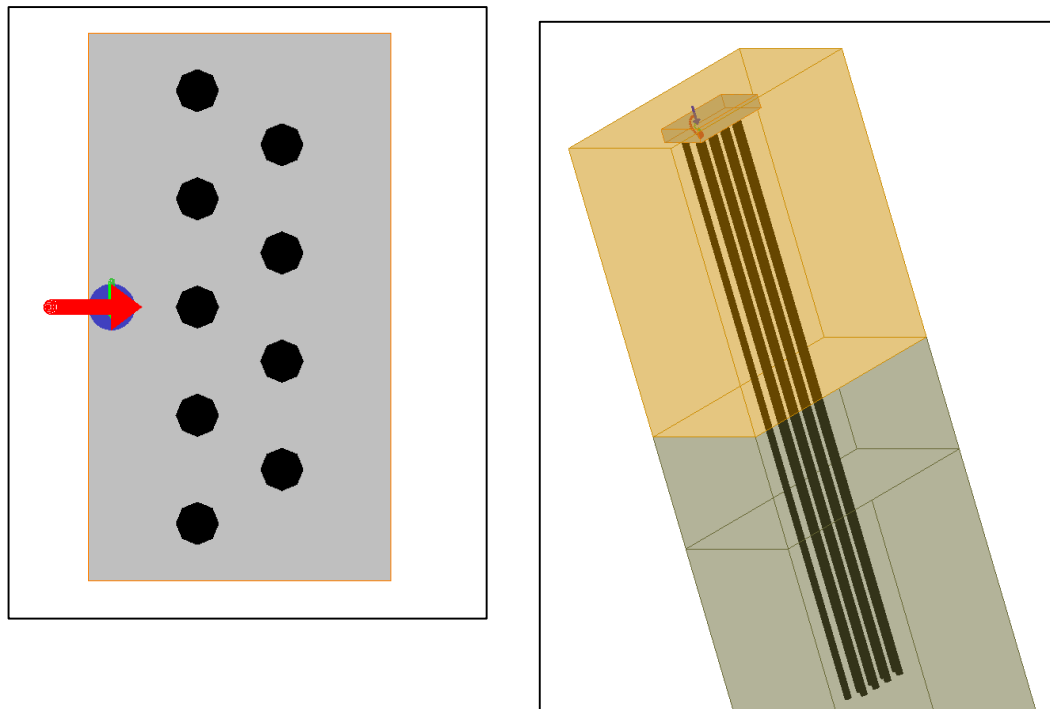
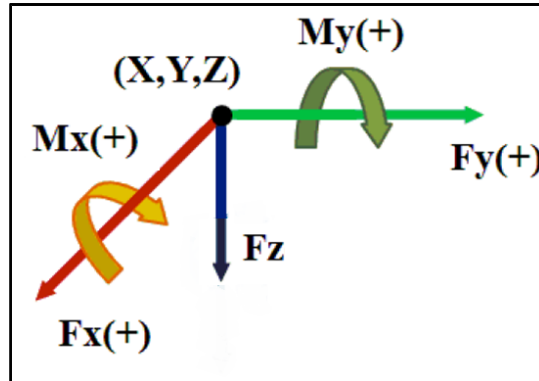


Figura 14. Convención de ejes que utiliza el modelo numérico, eje D – 1.



| ZAPATA D-1 | | |
|-------------|---------|------|
| ESCENARIO 1 | sismo Y | |
| FZ | 1000 | kN |
| FX | 0 | kN |
| FY | 20 | kN |
| MY | 40 | kN-m |
| MX | 95 | kN-m |

| ZAPATA D-1 | | |
|-------------|---------|------|
| ESCENARIO 2 | sismo X | |
| FZ | 1000 | kN |
| FX | 40 | kN |
| FY | 0 | kN |
| MY | 90 | kN-m |
| MX | 35 | kN-m |

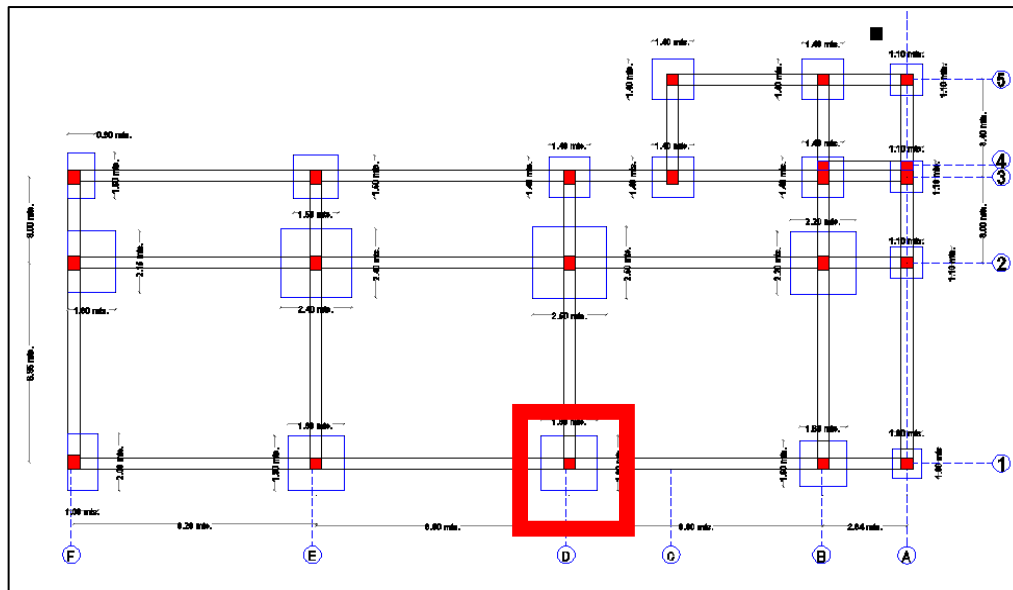




Figura 15. Resultados análisis eje D – 1.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

b. Columna eje F – 1:

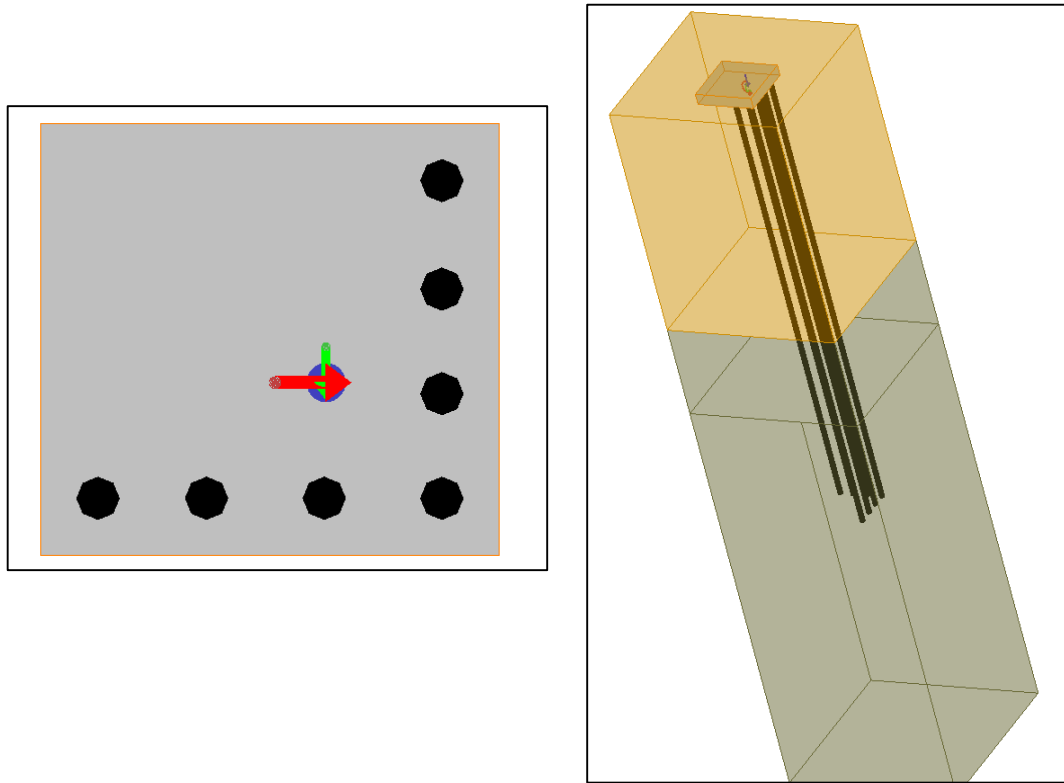
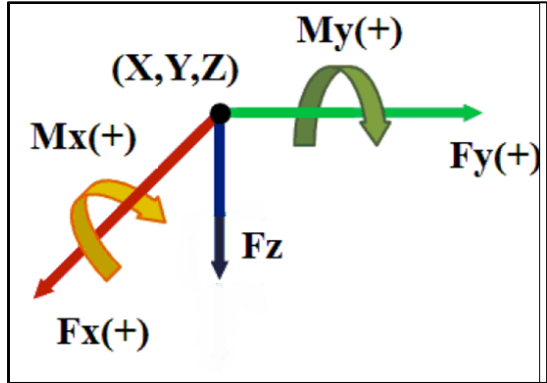


Figura 16. Convención de ejes que utiliza el modelo numérico, eje F – 1.



| ZAPATA F-1 | | |
|-------------|---------|------|
| ESCENARIO 1 | sismo Y | |
| FZ | 545 | kN |
| FX | 0 | kN |
| FY | 40 | kN |
| MY | 60 | kN-m |
| MX | 85 | kN-m |

| ZAPATA F-1 | | |
|-------------|---------|------|
| ESCENARIO 2 | sismo X | |
| FZ | 545 | kN |
| FX | 45 | kN |
| FY | 0 | kN |
| MY | 62 | kN-m |
| MX | 30 | kN-m |

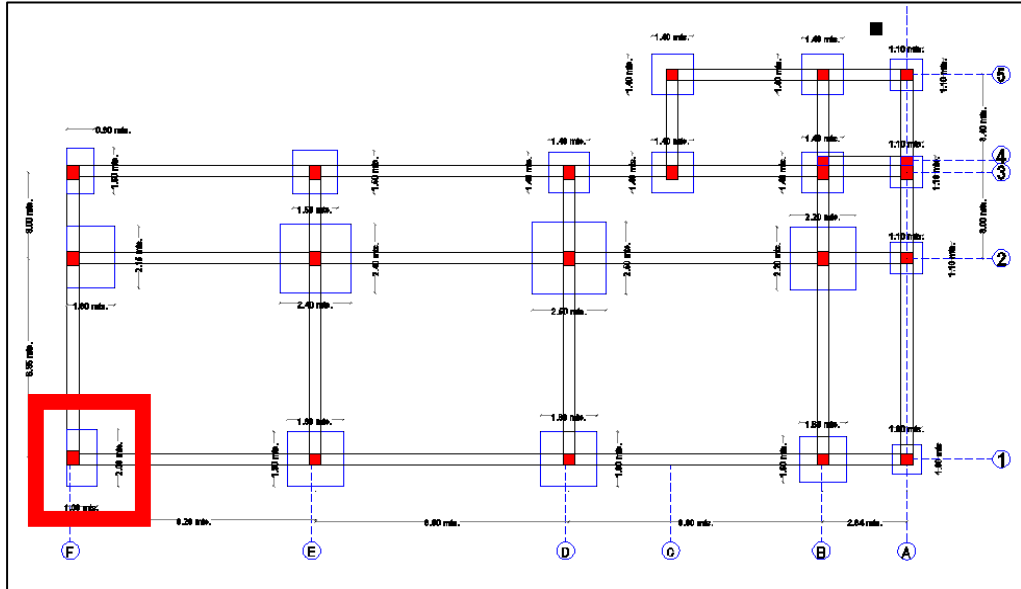




Figura 17. Resultados análisis eje F – 1.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>ConstruSuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

c. Columnas ejes E – 2 y E – 3

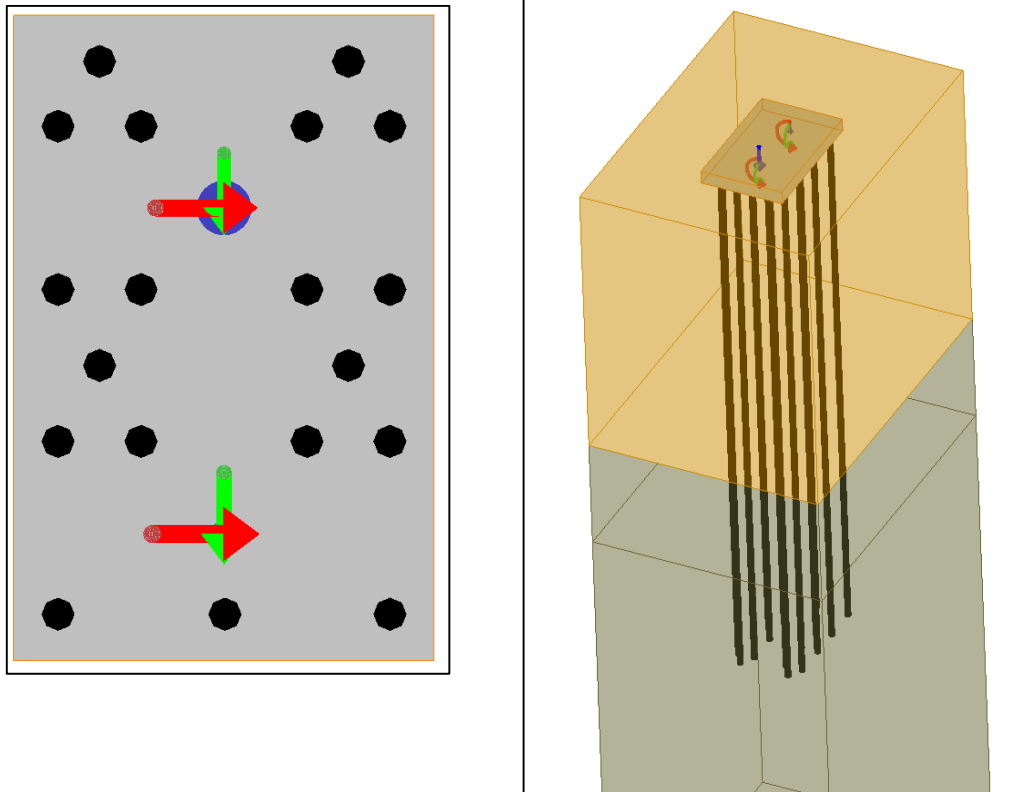


Figura 18. Convención de ejes que utiliza el modelo numérico, ejes E – 2 y E – 3.

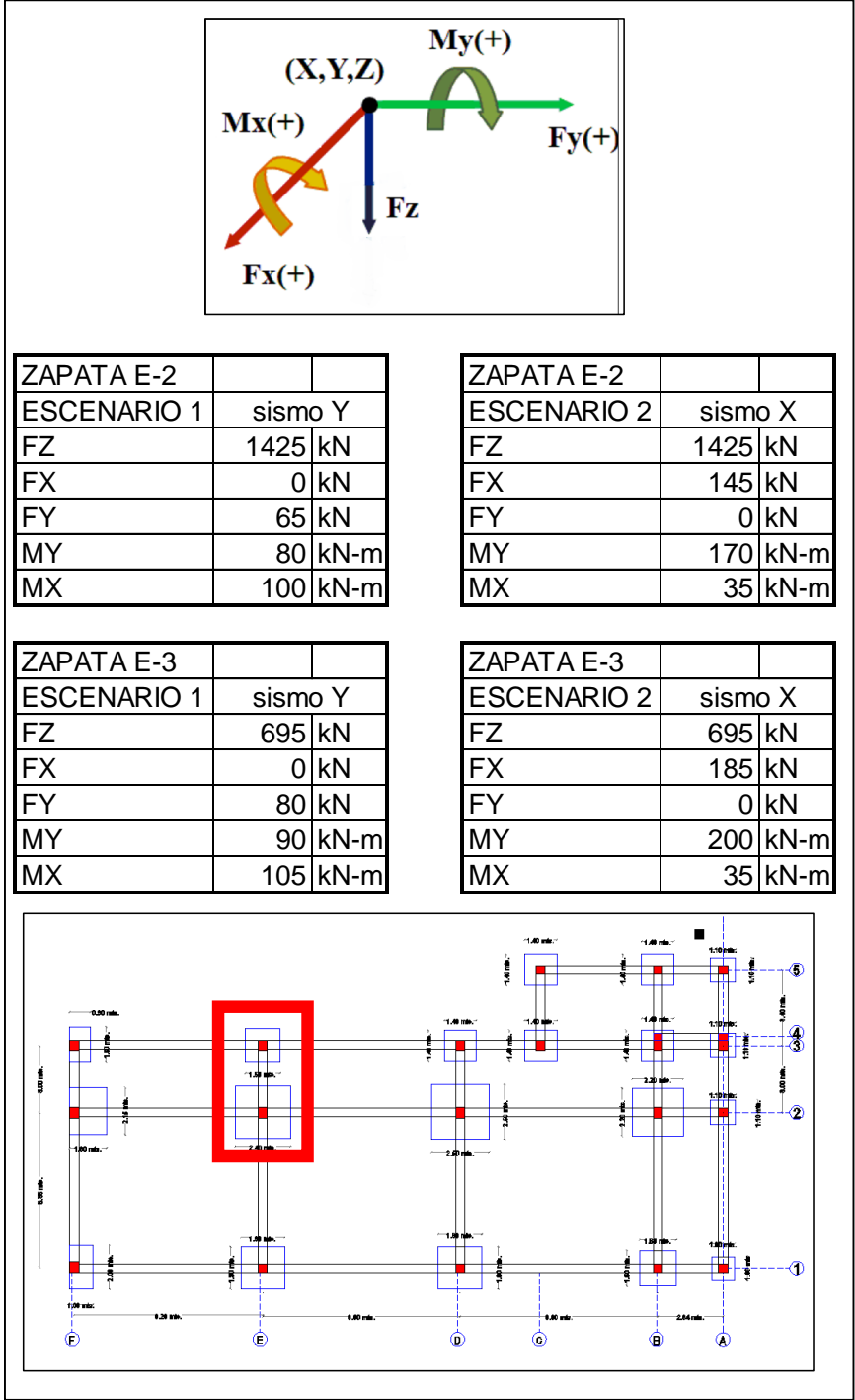


Figura 19. Resultados análisis ejes E – 2 y E – 3

En el modelo tridimensional del grupo de pilotes se consideró la rigidez de las vigas de amarre y las cargas se aplicaron en el centro de las zapatas existentes.

Los pilotes fueron modelados con el comportamiento no lineal, evaluando la curva de capacidad Momento-curvatura, suministrado por el diseñador estructural. Para lo cual se consideraron los siguientes parámetros:

- Resistencia a la compresión, $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.
- Resistencia a la fluencia del acero, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (420000 KPa).

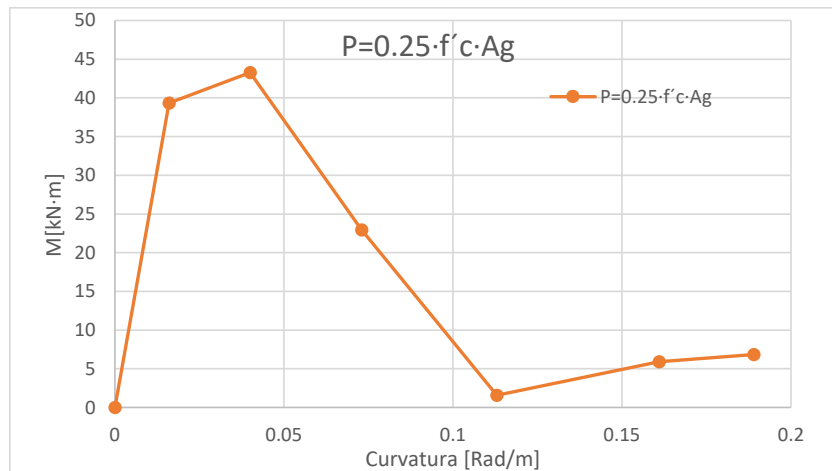


Figura 20. Curva de capacidad Momento-curvatura, pilote de 30.0cm de diámetro.

Tabla 7. Datos Momento-curvatura, pilote de 30.0cm de diámetro

| P=0.25·f'c·Ag | | 371 kN |
|-------------------------------|----------------|--------------------|
| TABLE: Moment Curvature Data" | | |
| Point | Moment kN-m | Curvature rad/m |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 39.352 | 0.016 |
| 3 | 43.2687 | 0.04 |
| 4 | 22.9381 | 0.073 |
| 5 | 1.5694 | 0.113 |
| 6 | 5.914 | 0.161 |
| 7 | 6.8459 | 0.189 |

3.5.6 Resultados de análisis de interacción inercial suelo – pilote ante cargas laterales - resistencia nominal horizontal de grupos de pilotes

a. Columna eje D – 1:

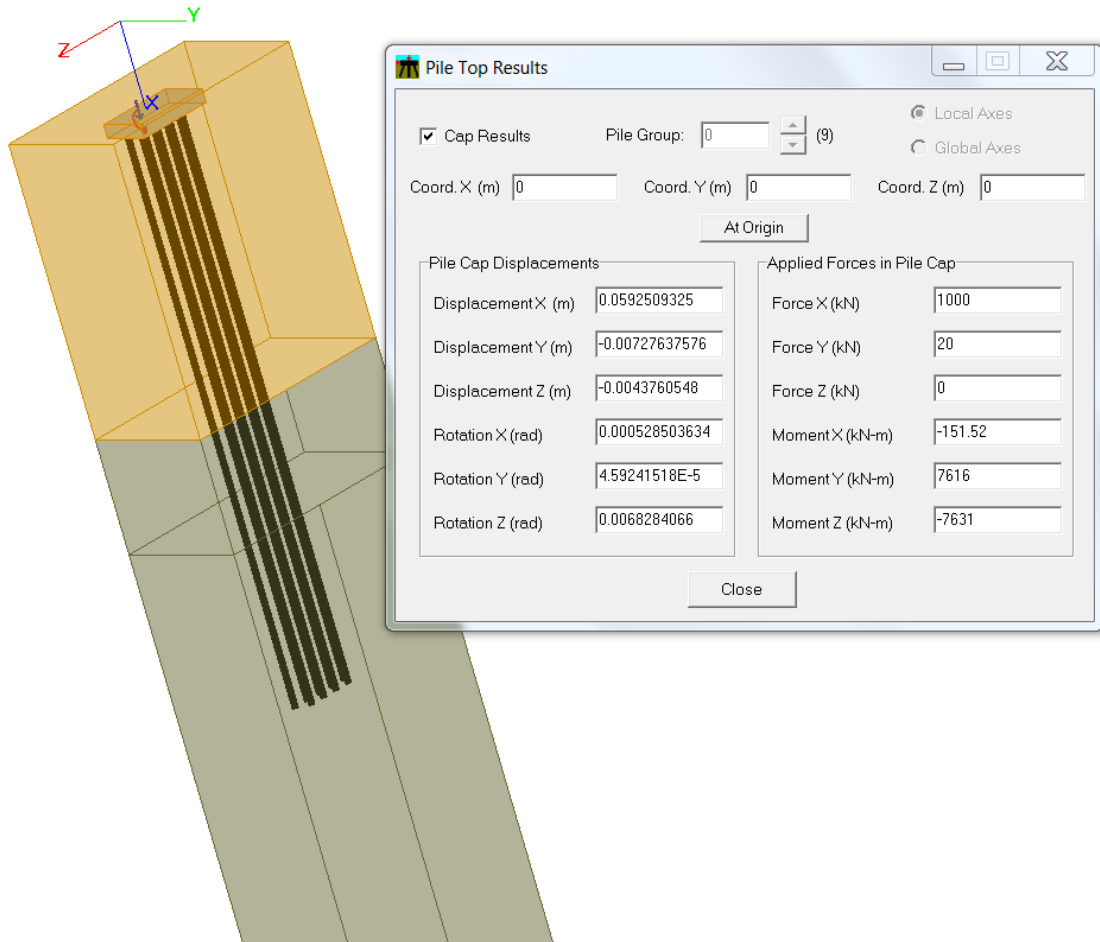


Figura 21. Resultado del grupo de pilotes ante carga lateral.

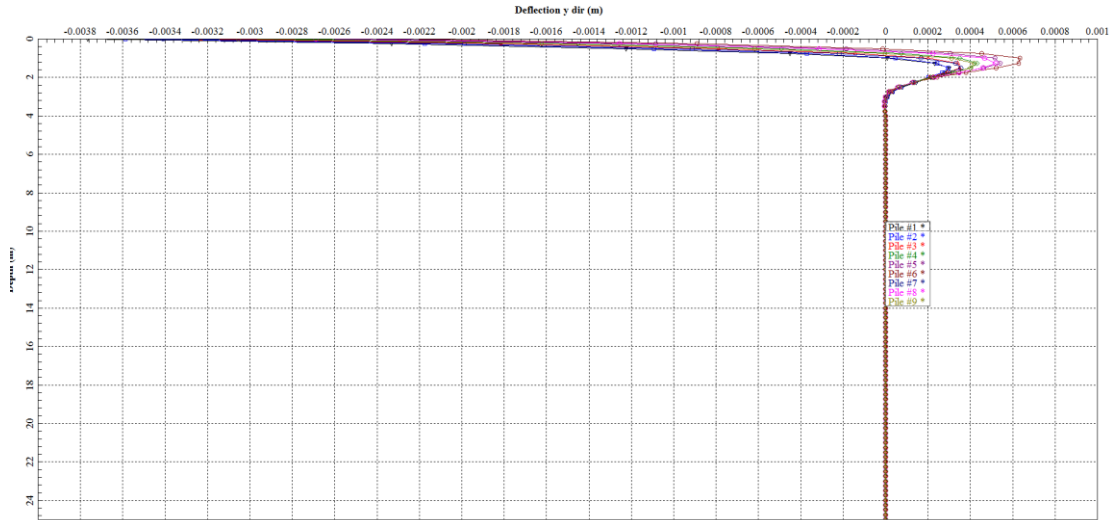
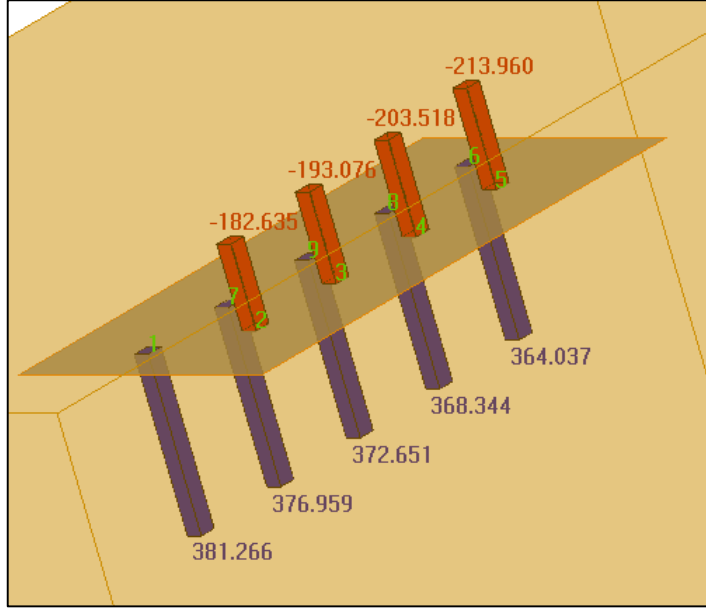


Figura 22. Desplazamientos de los pilotes en dirección del eje Y.

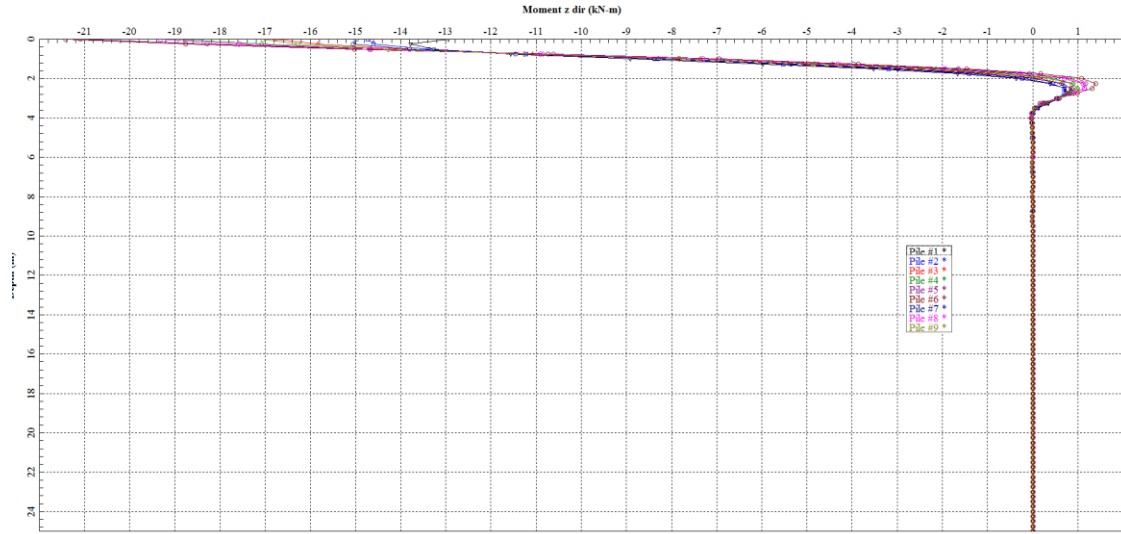


Figura 23. Momento actuante sobre los pilotes en dirección del eje Z.

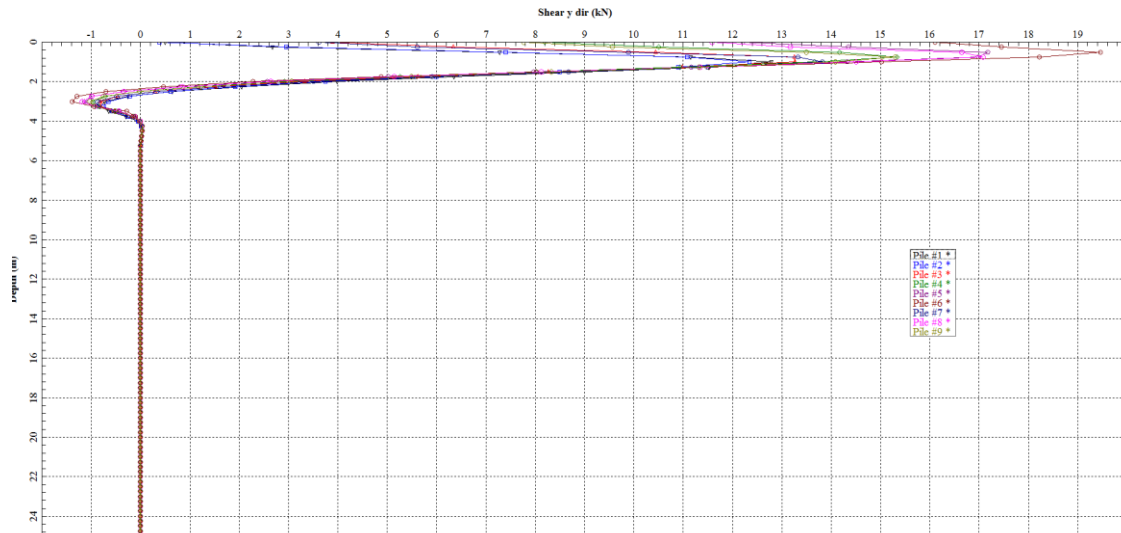


Figura 24. Fuerza cortante sobre los pilotes en dirección del eje Y.

b. Columna eje F – 1:

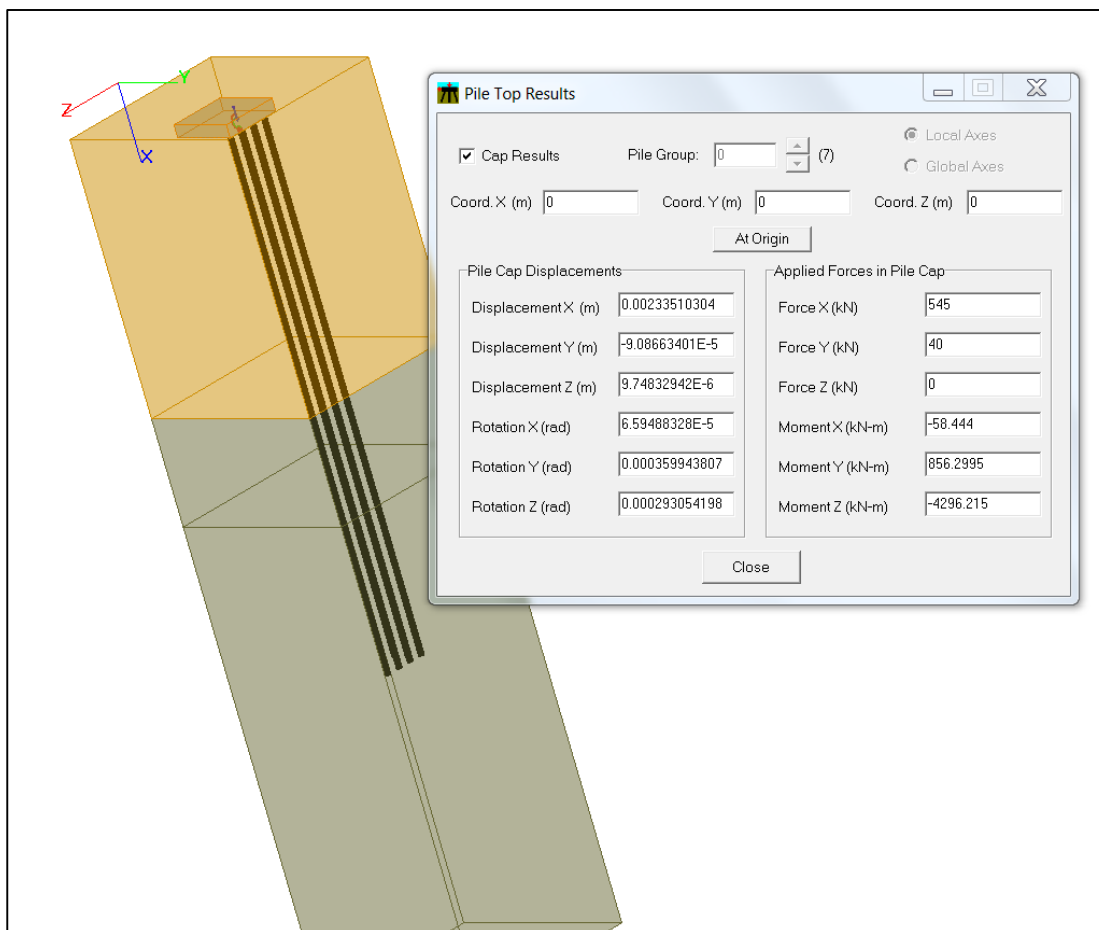


Figura 25. Resultado del grupo de pilotes ante carga lateral.

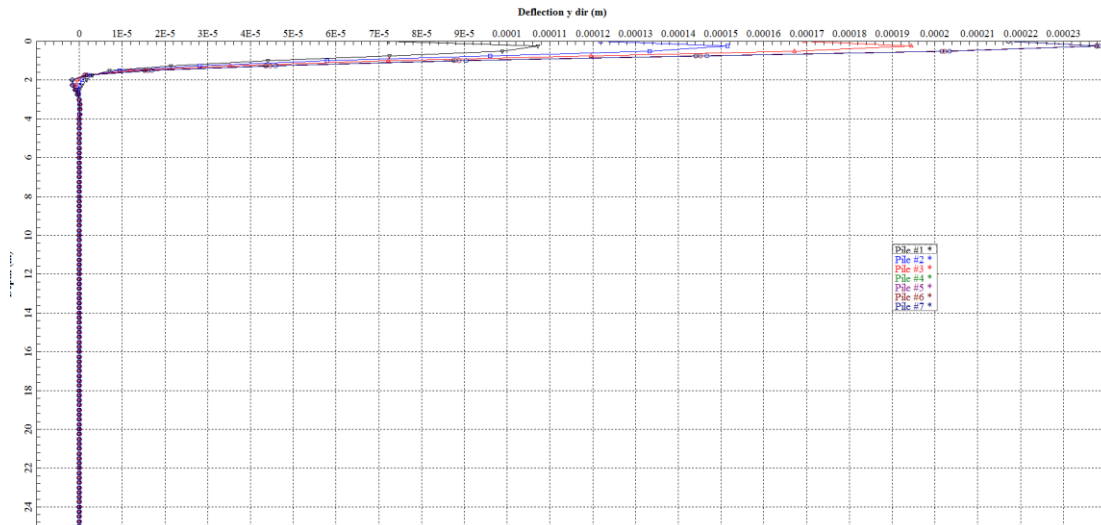
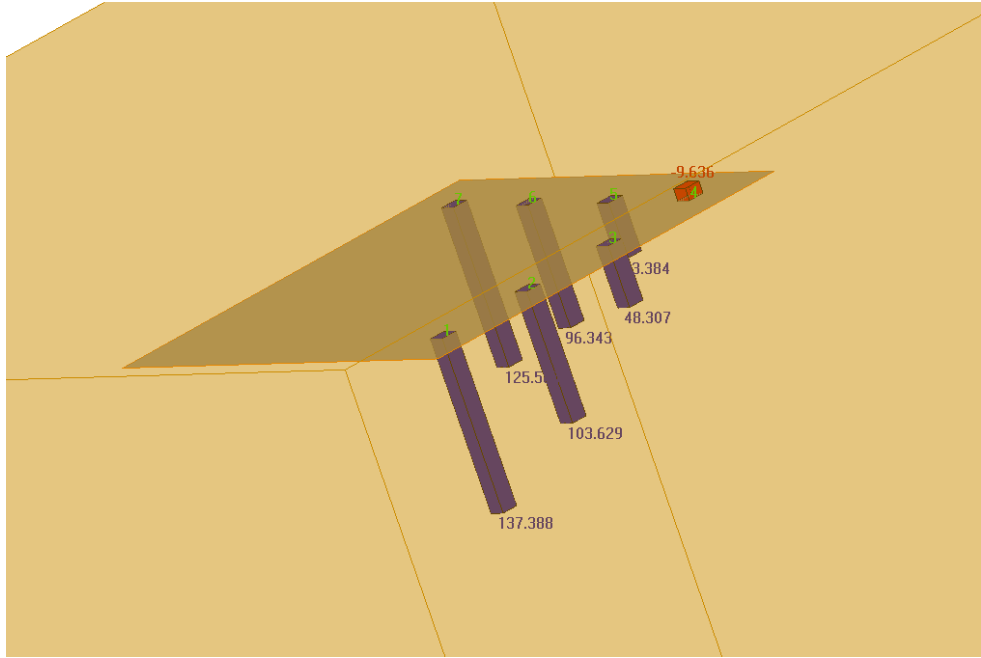


Figura 26. Desplazamientos de los pilotes en dirección del eje Y.

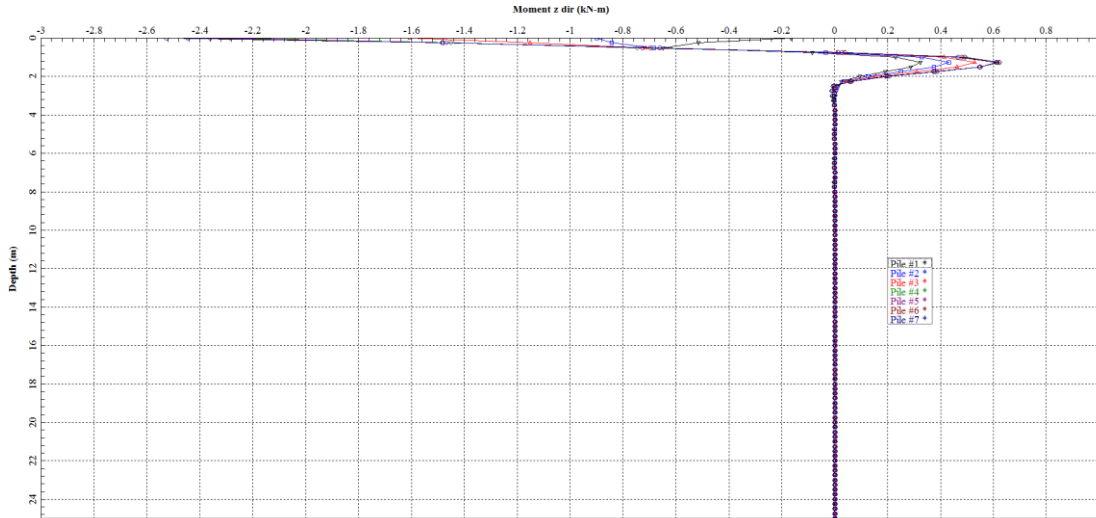


Figura 27. Momento actuante sobre los pilotes en dirección del eje Z.

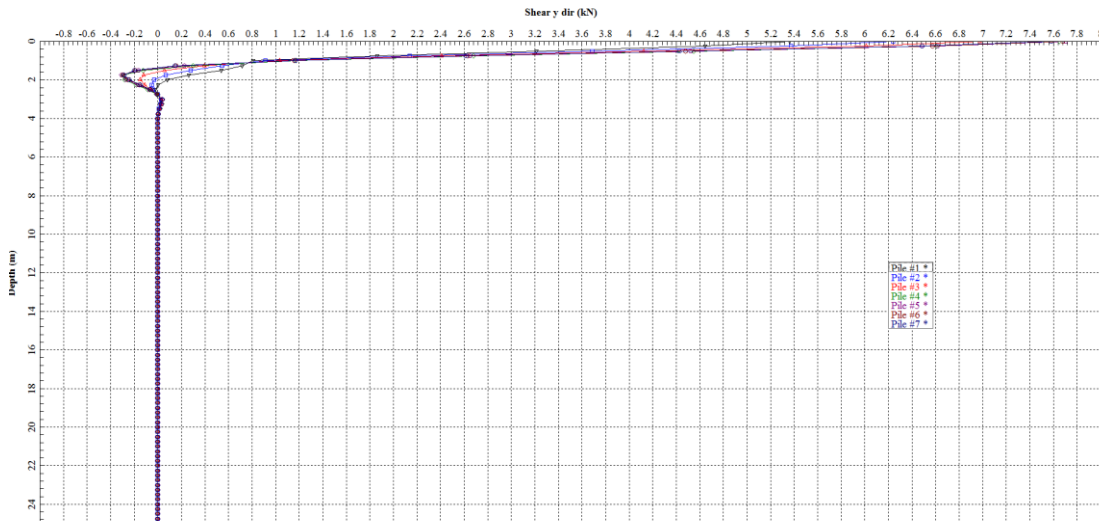


Figura 28. Fuerza cortante sobre los pilotes en dirección del eje Y.

c. Columnas ejes E – 2 y E – 3:

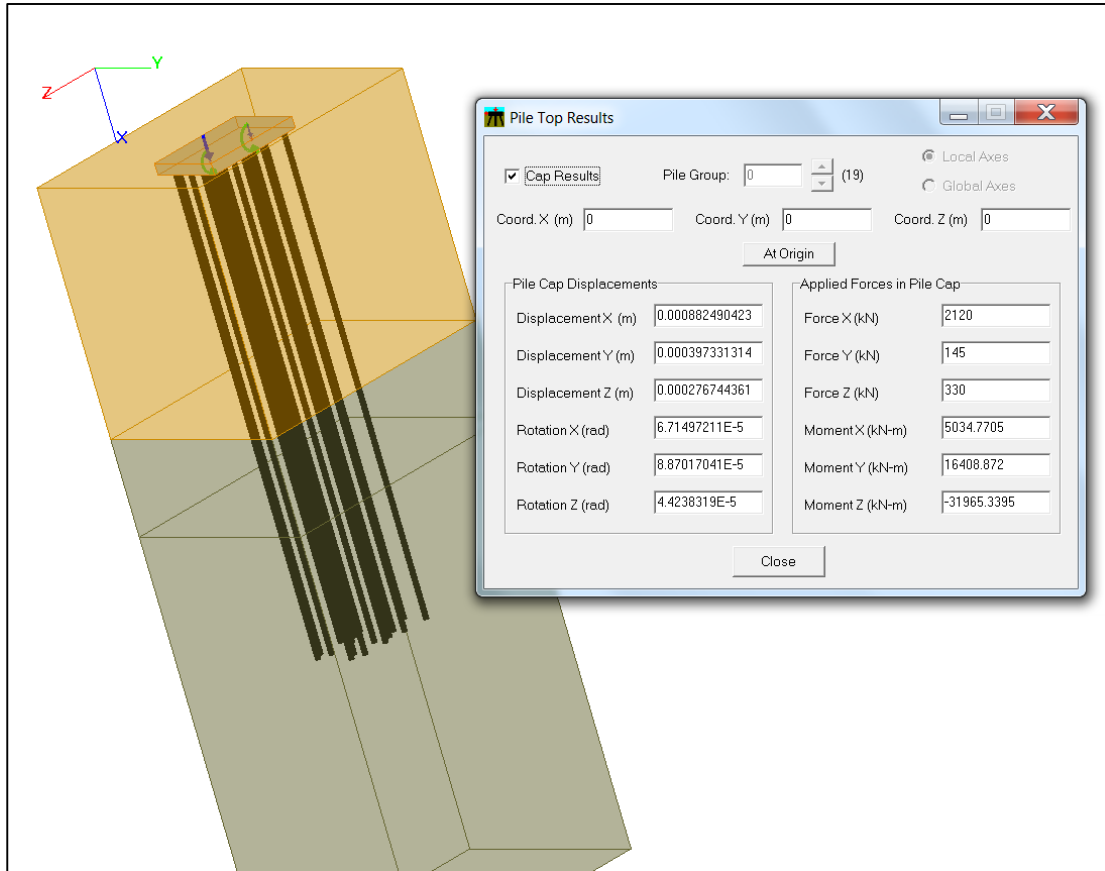


Figura 29. Resultado del grupo de pilotes ante carga lateral.

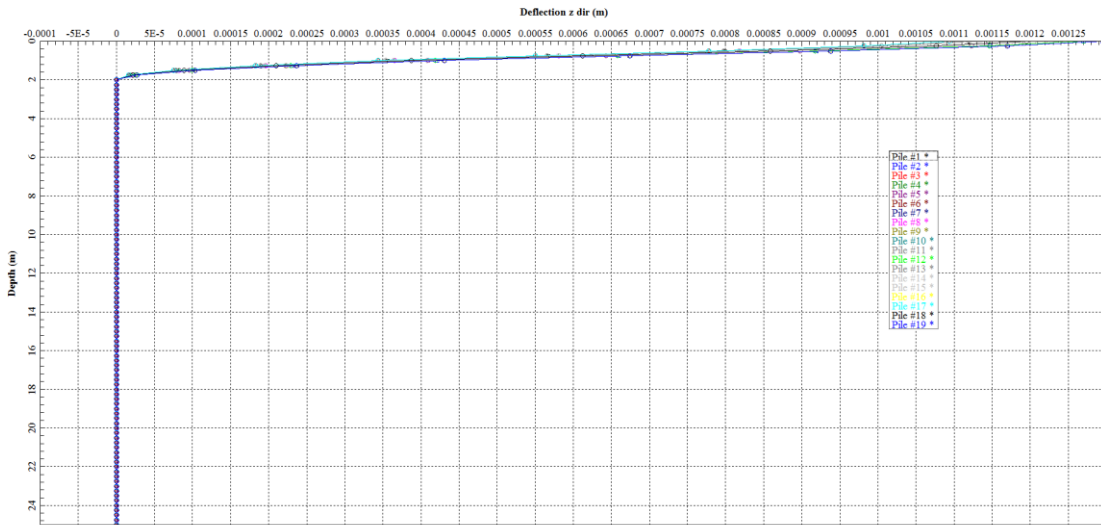
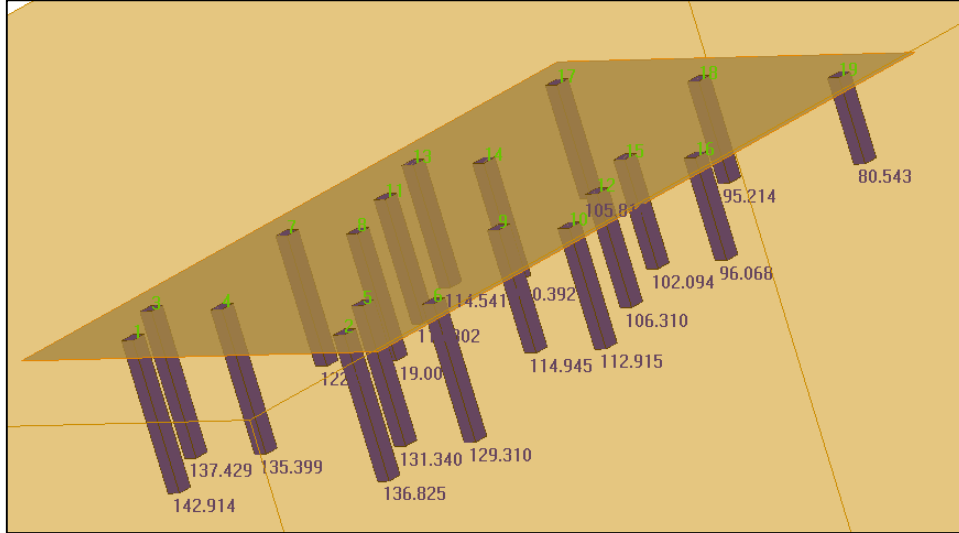


Figura 30. Desplazamientos de los pilotes en dirección del eje Y.

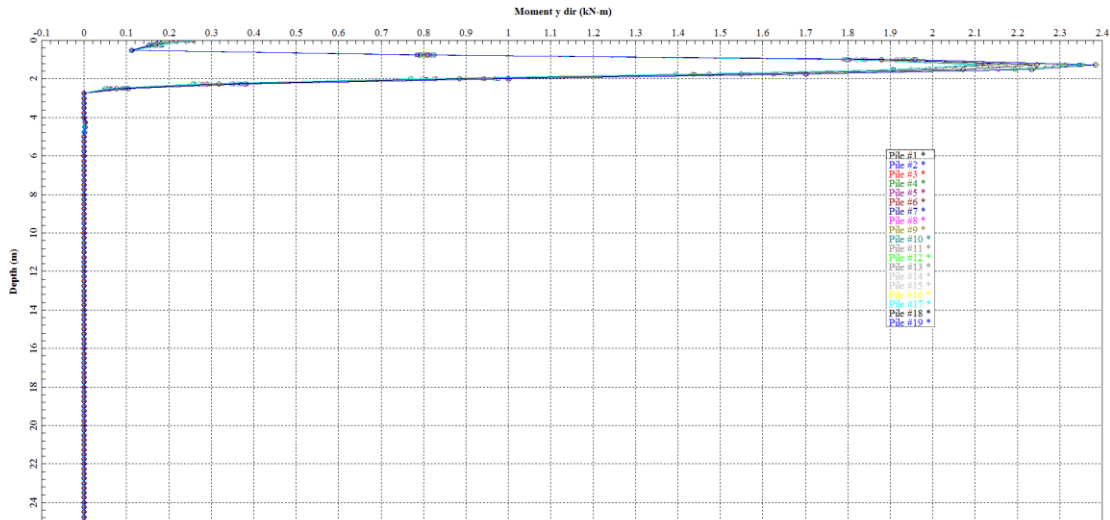


Figura 31. Momento actuante sobre los pilotes en dirección del eje Z.

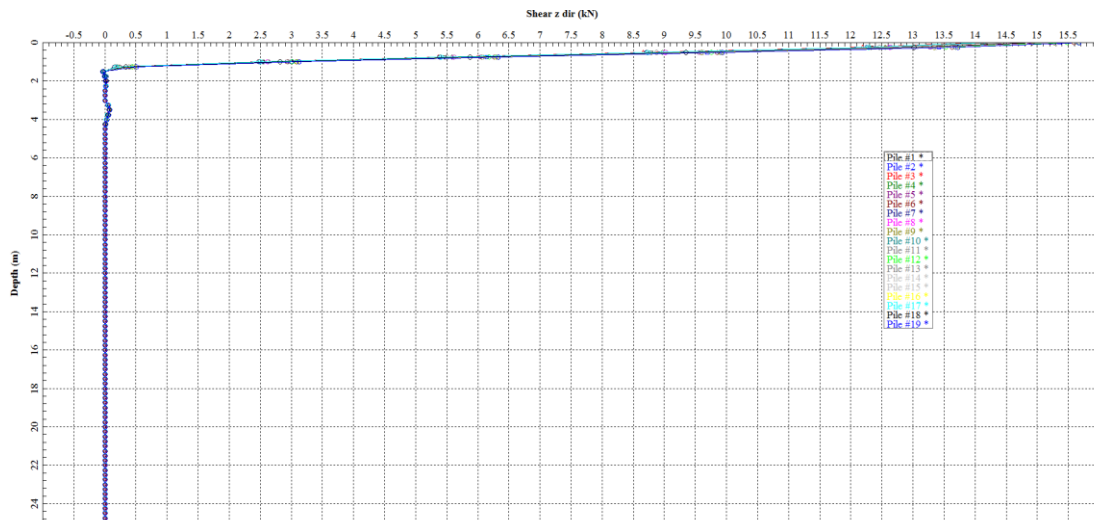






Figura 32. Fuerza cortante sobre los pilotes en dirección del eje Y.

3.5.7 Análisis de resultados – resistencia nominal horizontal de grupos de pilotes.

- Respecto de los desplazamientos inducidos por las sollicitaciones laterales (cortante y momento), se aprecia que estas presentan valores inferiores a 1.0cm en el sentido de menor rigidez.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

- Los momentos en el sentido Z o transversal presentan valores de 20 a 22 Kn-m, los cuales se presentan en los primeros 4.0 metros del pilote.
- Los resultados de los análisis, muestran que el pilote presenta un empotramiento adecuado por debajo de los 4.0 a 6.0m.
- Los cortantes en el sentido Y o transversal presentan valores de 14 a 20 kN, los cuales se presentan en los primeros 4.0m del pilote.
- Los valores de cortante y momento flector, obtenidos del análisis no lineal ante carga lateral, deben ser adoptados por parte del diseñador estructural para establecer la integridad de los pilotes.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>ConstruSuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

4. ANALISIS DE ESTABILIDAD CON OBRAS DE MITIGACIÓN

Para realizar la evaluación de la estabilidad del área en estudio con la inclusión de las obras de mitigación se tiene en cuenta el cálculo de los factores de seguridad mediante el método de equilibrio límite se utiliza la teoría de Mohr-Coulomb. Los parámetros básicos del modelo son la cohesión y el ángulo de fricción interna del material, los cuales se determinaron en el Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa.

Para el análisis del modelo Geotécnico del deslizamiento se utilizó el software SLOPE/W, Versión 6.02 de GEO-SLOPE international Ltda, Calgary Alberta. Es un software que usa la teoría del equilibrio límite para calcular el factor de seguridad de taludes. Es importante mencionar que es un método determinístico en el que se toman diferentes escenarios, sin embargo, para este análisis, se tendrá solo en cuenta el siguiente escenario:

Escenario 1: Condición pseudo – estática.

Para el análisis de estabilidad por remoción en masa se toma como valor de carga sísmica en el capítulo 11, del Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa, 0.28g.

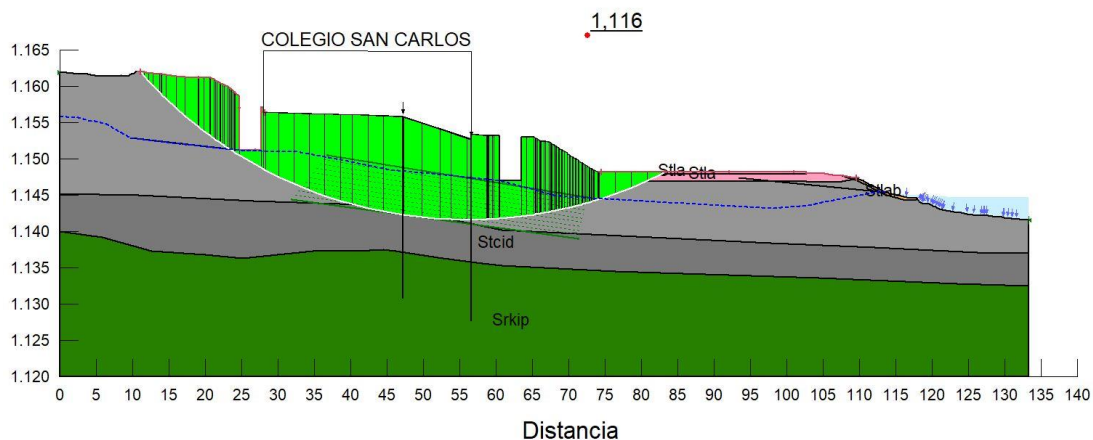




Figura 33. Análisis de estabilidad perfil 1, condición pseudo – estática – con obras de mitigación.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

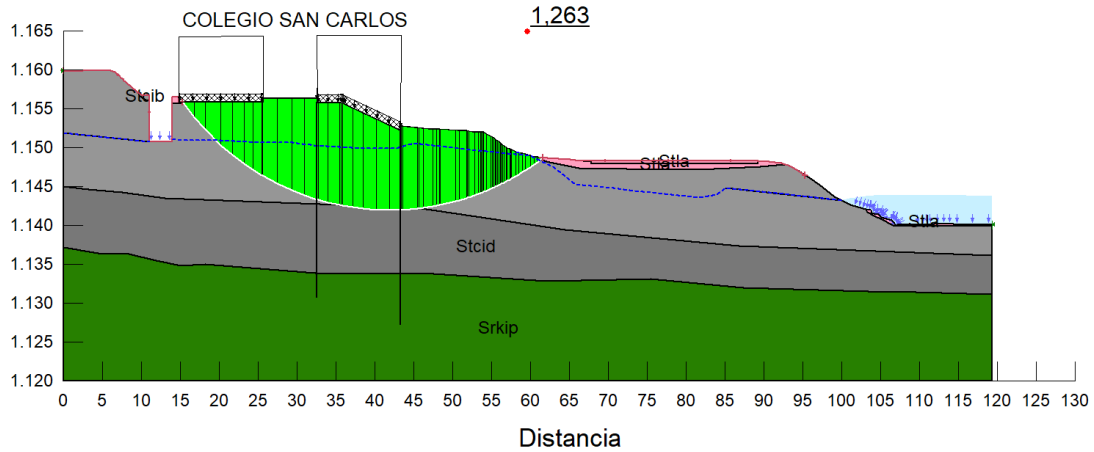


Figura 34. Análisis de estabilidad perfil 2, condición pseudo – estática – con obras de mitigación.

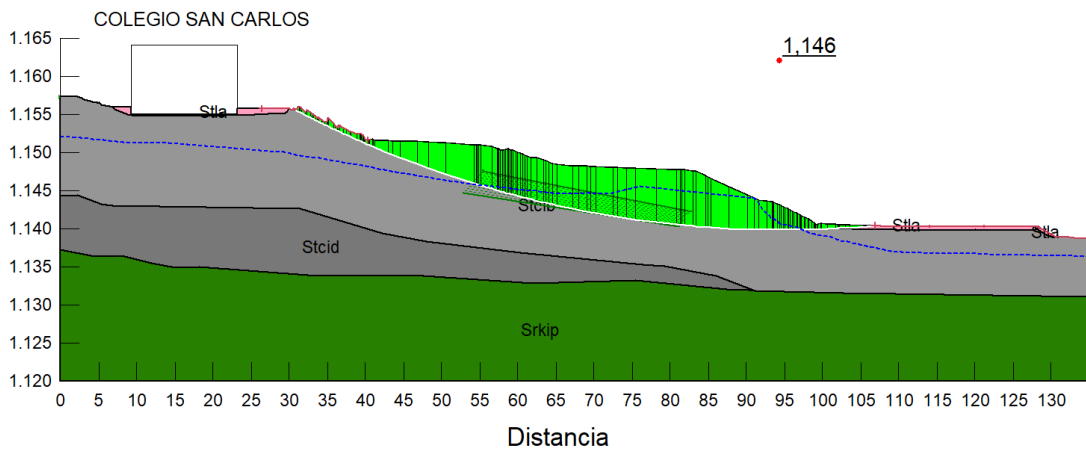


Figura 35. Análisis de estabilidad perfil 3, condición pseudo – estática – con obras de mitigación.

4.1 RESUMEN DE ANALISIS DE ESTABILIDAD

Para la categorización de la amenaza se estableció como criterio la norma Geotécnica de la CDMB. En la Tabla 8, se presenta la categorización de la amenaza establecida en el estudio.



| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

Tabla 8. Valores para la categorización de la amenaza por procesos de remoción en masa



| Nivel de Amenaza | Factor de Seguridad condición estática | Factor de Seguridad condición seudo estática |
|-------------------|--|--|
| Amenaza Baja (B) | F.S \geq 1.50 | F.S \geq 1.2 |
| Amenaza Media (M) | 1.25 \leq F.S \leq 1.50 | 1.0 \leq F.S \leq 1.2 |
| Amenaza Alta (A) | 0.0 \leq F.S \leq 1.25 | <1.0 |

Teniendo en cuenta los valores establecidos por la CDMB y los factores de seguridad obtenidos en el Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa y en este informe, se presenta a continuación una tabla resumen indicando el nivel de amenaza que se obtiene con las obras propuestas.

Tabla 9. Resumen de los factores de seguridad Condición pseudo - estática con niveles freáticos superficiales

| Escenario | Sector | Factor de seguridad | Nivel de Amenaza |
|-----------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| Condición Pseudo – estática | Perfil 1 Central | 1.116 | Media |
| | Perfil 2 Central | 1.263 | Baja |
| | Perfil 3 Central | 1.146 | Media |

Con las obras de mitigación propuestas, se observa un aumento en los factores de seguridad por lo cual mejora las condiciones de estabilidad del colegio San Carlos, y disminuye la amenaza a fenómenos de remoción en masa, teniendo en cuenta los análisis realizados en el Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa, donde se refleja que gran parte del colegio se encontraba en amenaza media.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>ConstruSuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del diagnóstico del estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa del Colegio San Carlos, se determinó que se deben construir obras de mitigación, de tal forma que garanticen la estabilidad de las edificaciones y que permita la operatividad de la institución.

Las obras propuestas tienen como objeto disminuir la amenaza del colegio San Carlos mediante la construcción de obras de subdrenaje, drenaje, control de erosión y cimentación.



Con el fin de abatir los niveles freáticos, factor detonante de los problemas geotécnicos identificados, se propone como obra de subdrenaje, la construcción de subdrenes de penetración de 15.0 metros de longitud y 2" de diámetro y tres pozos de drenaje, de 3.5 metros de diámetro y 6.0 metros de profundidad con dos niveles de subdrenes de 15.0 metros de longitud.

Para el manejo de las aguas superficiales, provenientes de la escorrentía, se propone la construcción de seis (6) canales trapezoidales, localizados estratégicamente, de manera que capte la mayor cantidad de agua y evitar la saturación de los suelos subsuperficiales, estos canales tienen 0.5 metros de base menor, 1.0 metro de base mayor y 0.5 metros de profundidad.

Los taludes que actualmente se encuentran afectados por proceso erosivos, se proyectó un perfilado y la construcción de una pantalla de concreto lanzado, con sus respectivos canales en la parte inferior del talud.

Como se evidencia gran parte del cerramiento del colegio se encuentra en mal estado, razón por la cual se recomendó demoler y reemplazar por un cerramiento de tres (3.0) metros de altura, compuesto en la parte inferior por mampostería con su respectivo sistema de viga y columnetas, y malla eslabonada galvanizada de calibre 10, y retículas de 2" X 2" con tubería 2" de espesor e=2mm, la cimentación del cerramiento que consiste en una zapata corrida, va apoyada en un concreto ciclópeo de 0.80 metros de espesor.

Para garantizar la estabilidad del edificio norte, se recomienda realizar una recimentación por medio de cimientos profundos, micropilotes de 0.30 metros de diámetro y 25.0 metros de longitud, de tal forma que queden apoyados por debajo del nivel de suelos transportados coluviales.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

De igual forma, el edificio del colegio San Carlos se dividió en tres zonas, las cuales consisten en:

- Zona a intervenir de manera inmediata con obras de recimentación.
- Zona de estudio, la cual se requiere monitorear para estudiar la necesidad de recimentar.
- Zona de monitoreo de grietas y fisuras.

Las obras mencionadas anteriormente, tienen como función garantizar la estabilidad general del colegio, controlando los diferentes factores detonantes que conllevan a que se presenten diferentes tipos de eventos.

Con el objeto de establecer la funcionalidad de las obras de mitigación y sus efectos sobre la estabilidad, se debe implementar un sistema de monitoreo. Este sistema se debe construir antes del iniciar la construcción de las obras y se debe realizar un seguimiento durante la construcción de las mismas y como mínimo hasta un año después de haber terminada la construcción de la totalidad de las obras propuestas, esto con el objeto de estudiar el comportamiento de los movimientos y establecer la profundidad de la superficie de falla para corroborar las hipótesis de diseño y en tal caso poder mejorar las condiciones de estabilidad.

Se recomienda la instalación de por lo menos dos (2) inclinómetros y dos (2) piezómetros, así como la instalación de por lo menos veinte (20) controles topográficos, y así dar inicio a la campaña de monitoreo y poder determinar los movimientos que se pudieran presentar y establecer las medidas necesarias al presentarse algún tipo de asentamiento, deformación o desplazamiento.

La instalación de los inclinómetros y piezómetros, se debe realizar en el costado norte de la edificación (junto a la vía interna) y en el costado sur, entre el edificio y el cerramiento, esto con el fin de que la tubería instalada no sea afectada por algún tipo de vehículo que ingrese al, colegio u obstaculice la circulación de los estudiantes.

Los inclinómetros se recomiendan construirlos de por lo menos 25.0 metros de profundidad, con el fin de que la tubería quede empotrada en suelo competente y así poder definir las posibles superficies de falla en los taludes analizados.

A continuación, se presenta en la siguiente figura la localización aproximada en donde se recomienda instalar los inclinómetros, piezómetros y controles topográficos:

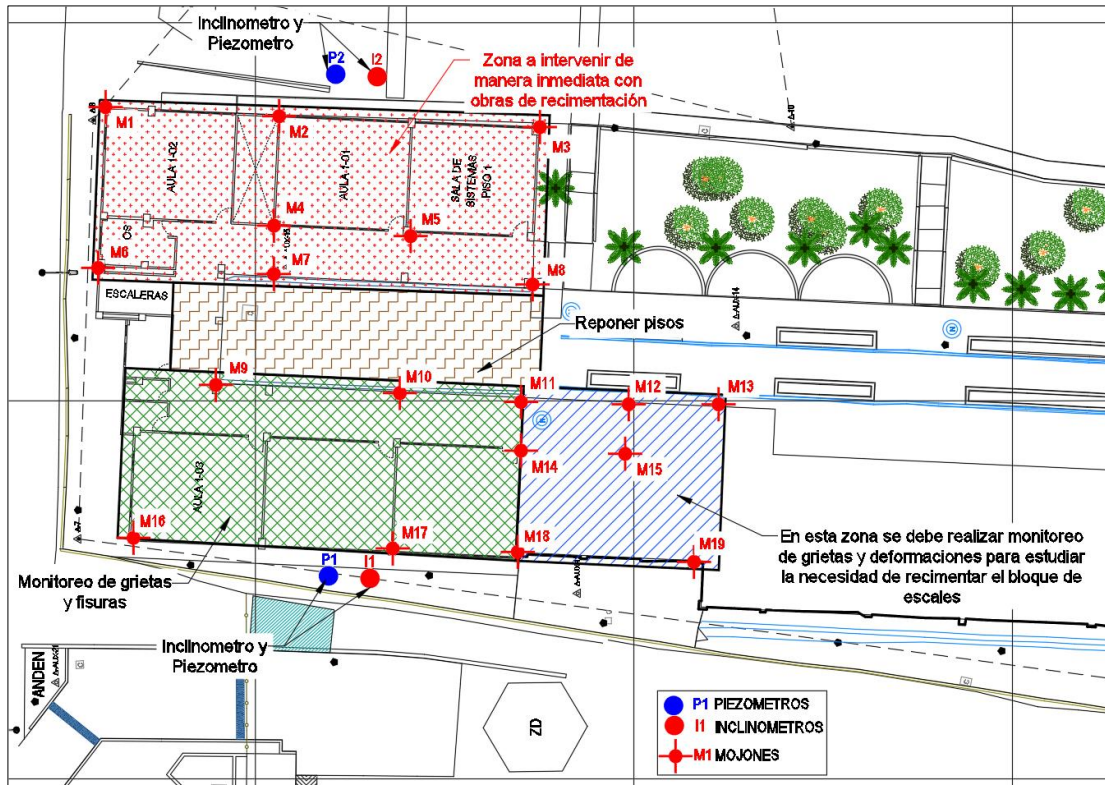




Figura 36. Localización aproximada de la ubicación recomendada para la instalación de los inclinómetros, piezómetros y los controles topográficos.

Una vez instalados los inclinómetros, piezómetros y controles topográficos es necesario realizar las lecturas de calibración que detectaran la inclinación inicial que tiene cada uno de los segmentos de la tubería instalada y la profundidad del nivel freático, una vez construidas las obras.

Se realizará una serie de lecturas consecutivas en cada dirección del Inclinómetro, estas lecturas se tabularán y promediarán con el fin de obtener las medidas iniciales de inclinación a lo largo de toda la tubería en segmentos de 0.5 metro de longitud, para estas lecturas se recomienda el uso de una sonda transportable que pueda ser usada en todos los aparatos instalados.

Luego de las lecturas de calibración, se repetirán las medidas de inclinación una vez a la semana durante la fase de construcción del proyecto y finalizadas las obras una lectura por mes, hasta un año después de iniciadas las lecturas.

| | | |
|---|---|---|
|  <p>Construsuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

En la fase de monitoreo es necesario realizar dos lecturas consecutivas en cada dirección, la diferencia entre las dos lecturas debe de ser menor a 1% o de lo contrario se procederá a realizar una tercera medición, el monitoreo se debe realizar por lo menos una al mes, por un año.

En el caso de que se obtenga una medida que indique un cambio de inclinación en alguna sección de la tubería se procederá a realizar como mínimo medidas 2 veces al mes.

Si durante al menos 3 sesiones de lecturas consecutivas se obtiene un incremento de la inclinación en alguna de las secciones del Inclinómetro mayores al 2% y/o los movimientos en superficie se registran de manera continua en tres lecturas consecutivas es necesario poner en conocimiento de la persona encargada para que se tomen las siguientes acciones en orden de prioridad:

- Realizar una inspección del sitio con personal técnico especializado que determine el comportamiento y/o tendencia de los movimientos.
- Se realizará un mapeo geológico detallado de la zona, y el control topográfico del área en movimiento.



Si al realizar las dos acciones anteriores se corrobora que el área se encuentra en amenaza alta se deberán tomar las medidas necesarias para la estabilización.

5.1 FIRMA DEL ESPECIALISTA

El ingeniero da fe que conoce el sitio y lo ha visitado para efectos de la elaboración del presente estudio.

Ing. MIGUEL ANGEL CAMARGO JAIMES
CC. 91.242.962 de Bucaramanga
Ingeniero Civil, Especialista en Geotecnia Ambiental
Corporación Universitaria de Santander
Matrícula Profesional 68202097608 STD





| | | |
|---|---|---|
|  <p>ConstruSuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

ANEXO 1. PLANOS



Calle 29 9-68 Lagos I Floridablanca- Santander
Teléfonos: 6382809 – 6848430 cel. 3124503836
construsueloslda@gmail.com





| | | |
|---|---|---|
|  <p>ConstruSuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

ANEXO 2. CANTIDADES Y PRESUPUESTO DE OBRA



Calle 29 9-68 Lagos / Floridablanca- Santander
Teléfonos: 6382809 – 6848430 cel. 3124503836
construsueloslda@gmail.com



| | | |
|---|---|---|
|  <p>ConstruSuelos de Colombia S.A.S. Nit. 804.015.242-8</p> | <p>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION</p> |  <p>Municipio de SAN GIL</p> |
| <p>COLEGIO SAN CARLOS – MUNICIPIO DE SAN GIL – SANTANDER</p> | | <p>Rev. A Agosto de 2018</p> |

ANEXO 3. ESPECIFICACIONES TECNICAS



Calle 29 9-68 Lagos I Floridablanca- Santander
Teléfonos: 6382809 – 6848430 cel. 3124503836
construsuelosltda@gmail.com

