

**PRÁCTICA EMPRESARIAL CON KER INTERNATIONAL GROUP S.A.S. COMO
AUXILIAR PARA LA EJECUCIÓN DE UN PLAN DE DESARROLLO HACIA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE DISEÑOS Y SISTEMAS DE
CONTENCIÓN**

LEIDY JOHANA ATEHORTUA OCHOA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2015

**PRÁCTICA EMPRESARIAL CON KER INTERNATIONAL GROUP S.A.S. COMO
AUXILIAR PARA LA EJECUCIÓN DE UN PLAN DE DESARROLLO HACIA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE DISEÑOS Y SISTEMAS DE
CONTENCIÓN**

LEIDY JOHANA ATEHORTUA OCHOA

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniera Civil**

Director

WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2015

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. GENERALIDADES	11
1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	11
1.1.1 Organigrama de la empresa	11
1.2 PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA	12
2. SISTEMAS DE CONTENCIÓN	13
2.1 ANCLAJES PASIVOS Y ACTIVOS	13
2.1.1 Proceso Constructivo	14
2.1.1.1 Fabricación del anclaje	15
2.1.1.2 Perforación	16
2.1.1.3 Introducción del anclaje	16
2.1.1.4 Inyección	17
2.1.1.5 Colocación de la cabeza y Tensado	18
2.2 MICROPILOTES	18
2.2.1 Proceso Constructivo	19
2.2.1.1 Perforación y Limpieza	19
2.2.1.2 Colocación de la armadura	19
2.2.1.3 Colocación de Cemento	19
2.2.1.4 Descabezado	20
2.2.1.5 Soldadura de la armadura	20
2.3 RECURSOS	20
3. PROYECTO ASESORÍA	22
3.1 ANÁLISIS DE LAS POSIBLES CAUSAS	23
3.2 PROPUESTA	24
3.2.1 Pilotes que refuerzan zapatas	24
3.2.3 Pilotes que refuerzan muro de contención	29
4. PATOLOGÍA ESTRUCTURAL	31

4.1 PREPARACIÓN DEL PILOTE	33
5. CONCLUSIONES	35
BIBLIOGRAFÍA	36

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Organigrama de la Empresa.	12
Figura 2. Estructura de un Anclaje.	14
Figura 3. Anclaje de Cable.	15
Figura 4. Anclaje de Barra.	16
Figura 5. Perforación del Anclaje.	16
Figura 6. Introducción del Anclaje.	17
Figura 7. Inyección de Lechada	17
Figura 8. Proyecto SUNSET 100.	23
Figura 9. Localización General	24
Figura 10. Esfuerzos Verticales Efectivos.	25
Figura 11. Variación $K_s \tan \theta'$ a θ°	26
Figura 12. Variación Z_{cd} y θ°	27
Figura 13. Variación N_q y θ°	28
Figura 14. Factores de Seguridad Indirectos FSICP Mínimos.	28
Figura 15. Perfil Transversal.	29
Figura 16. Principios Físicos de la Prueba.	31
Figura 17. Forma de realización de la Prueba.	34

RESUMEN

TÍTULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL CON KER INTERNATIONAL GROUP S.A.S. COMO AUXILIAR PARA LA EJECUCIÓN DE UN PLAN DE DESARROLLO HACIA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE DISEÑOS Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN*

AUTOR: Leidy Johana Atehortua Ochoa; johana.8a@hotmail.com**

PALABRAS CLAVES: Sistemas de Contención, Anclajes, Micropilotes, Patología Estructural.

DESCRIPCIÓN

Los sistemas de contención desde sus inicios han jugado un papel muy importante en la construcción, ya que son utilizados en la estabilización de grandes volúmenes de tierra o cualquier otro tipo de material suelto que se utilice como relleno para alcanzar un nivel específico en una obra. De esta manera, la empresa KER INTERNATIONAL GROUP S.A.S. dentro de sus actividades y servicios a prestar, incursionó en este campo mediante los sistemas de muros anclados y micropilotes.

En la actualidad la empresa cuenta con un servicio de asesoría en esta área, el cual ha intentado fortalecer con el transcurso del tiempo, pero aun así desea crecer y consolidarse en este campo mediante la ejecución de proyectos de este tipo, sin embargo, no cuenta con las herramientas y maquinaria necesaria, es así como surge la necesidad de realizar una investigación con el fin de establecer los requerimientos necesarios para realizar estos procesos de manera segura y eficiente.

En este documento se presenta las diferentes características de los dos tipos de sistemas, tanto muros anclados como micropilotes, estableciendo los insumos necesarios para poder realizar el proceso constructivo de cada uno, de igual manera se presenta un modelo del tipo de asesoría que comúnmente se brinda y, un concepto general sobre patología estructural, rama donde se prestó auxiliatura a través de ensayos no destructivos, con la asesoría del ingeniero metalúrgico Ludwig Cáceres.

* Trabajo de Grado. Modalidad Práctica Empresarial.

** Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Ing. M.Sc Wilfredo del Toro Rodríguez. Tutor: Ing. Carlos Eduardo Ruiz Navarro.

ABSTRACT

TÍTULO: BUSINESS INTERNSHIP WITH KER INTERNATIONAL GROUP S.A.S. AS ASSISTANT TO THE EXECUTION OF A DEVELOPMENT PLAN TO THE IMPLEMENTATION OF DESIGNS MANAGEMENT AND CONTAINMENT SYSTEMS*

AUTHOR: Leidy Johana Atehortua Ochoa; johana.8a@hotmail.com**

KEY WORDS: Containment systems, Anchoring systems, Micropiles, Structural pathology

DESCRIPTION

The Containment systems have played a relevant role in construction from its beginning. They are used in stabilizing large volumes of soil or other loose material used as filler to achieve a specific level in a civil work. In this way, among the activities and services developed by KER SAS INTERNATIONAL GROUP, the company raided in the field of anchored walls and micropiles systems.

At present, the company provides consultancy services in this area, which has tried to strengthen with the passage of time, but it still wants to grow and consolidates in this field through the implementation of projects of this type, however, it does not have the necessary tools and machinery. Hence, the need arises to make a research in order to stablish the process requirements necessary to perform these procedures safely and efficiently arises in systems of anchoring and micropiles.

This document presents the different characteristics of the two types of systems, anchored walls and micropiles, and establishes the necessary supplies to develop the construction process of each system. Likewise, the document provides a type of consultancy model which is usually used by the company and a general concept of structural pathology, auxiliary branch which was provided through non-destructive testing, with the assistance of metallurgical engineer Ludwig Caceres.

* Bachelor thesis. Business internship modality.

** Faculty of Physical- Mechanical engineering. School of Civil engineering. Director Ing. M.Sc. Wilfredo del Toro Rodríguez. Tutor: Ing. Carlos Eduardo Ruiz Navarro.

** Faculty of Physical- Mechanical engineering. School of Civil engineering. Director Ing. M.Sc. Wilfredo del Toro Rodríguez. Tutor: Ing. Carlos Eduardo Ruiz Navarro.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de contención en su diversidad son un eje fundamental en el campo de la construcción, razón por la cual la empresa KER INTERNATIONAL GROUP S.A.S. en la actualidad presta un servicio en esta área mediante las funciones de asesoría y consultoría. Aunque el área de sistemas de contención maneja una amplia gama de metodologías, KER fundamentalmente utiliza muros con anclajes pasivos y activos, así como micropilotaje.

La empresa desea ampliar sus servicios con el fin de prestar una asistencia completa, motivo por el cual a lo largo de esta práctica se llevaron a cabo labores de investigación sobre los diferentes equipos y demás requerimientos necesarios para la implementación de tal servicio, de igual manera se brindó apoyo a los diferentes proyectos en los cuales la empresa tuvo participación. Así mismo se realizaron trabajos de auxiliatura en el área de patología estructural a través de ensayos no destructivos.

1. GENERALIDADES

1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

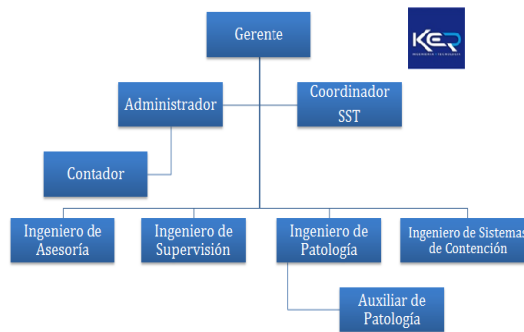
La empresa KER INTERNATIONAL GROUP S.A.S se constituyó en Abril de 2011 mediante una sociedad anónima simplificada entre el Ingeniero Civil Carlos Eduardo Ruiz Navarro y el abogado Johan Manrique; bajo el objetivo de aportar a los proyectos de edificación e infraestructura la experiencia adquirida por parte del Ingeniero Ruiz Navarro mediante servicios específicos de asesoría integral de construcción, supervisión técnica, patología estructural y gestión de diseños en sistemas de contención.

Durante sus inicios la planta física de la empresa fue una oficina en la vivienda del ingeniero, ya a inicios del 2014 esta oficina fue trasladada a la calle 41 con 27, lugar donde se encuentra actualmente.

En el presente, KER brinda sus servicios a nivel nacional. Contando con un personal activo conformado por seis ingenieros civiles, un ingeniero metalúrgico, un profesional en salud y seguridad y una administradora de empresas, siendo la última esposa y actual socia directa del Ingeniero Carlos Eduardo Ruiz.

1.1.1 Organigrama de la empresa. KER INTERNATIONAL GROUP S.A.S. se encuentra constituida por el Gerente, Administrador, Coordinador SST, Contador, Ingeniero de Asesoría, Ingeniero de Supervisión, Ingeniero de Patología, Auxiliar de Patología e Ingeniero de Sistemas de Contención.

Figura 1. Organigrama de la Empresa.



1.2 PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA

KER INTERNATIONAL en el área de sistemas de contención trabaja en la solución a problemas relacionados con estabilidad de tierras, donde fundamentalmente se crean mecanismos de contención con el fin de contrarrestar los movimientos presentes en el suelo que dificultan y evitan el avance del proyecto en ejecución. Así mismo se realizan ensayos no destructivos a pilotes, donde se determina la longitud de los elementos y/o los defectos que pueda presentarse dentro de estos.

De esta manera mediante esta práctica se realizó un apoyo a las labores ya mencionadas, bajo la tutoría del Ingeniero Civil Carlos Eduardo Ruiz en lo competente a trabajos de estabilidad de tierras, y el Ingeniero Metalúrgico Ludwing Cáceres en ensayos no destructivos.

2. SISTEMAS DE CONTENCIÓN

Dentro de los sistemas de contención debe definirse un procedimiento constructivo que asegure el cumplimiento de la hipótesis de diseño, garantice la integridad de los elementos de cimentación y la seguridad durante y después de la construcción. Dicho procedimiento debe ser tal que evite daños en estructuras e instalaciones aledañas.

2.1 ANCLAJES PASIVOS Y ACTIVOS

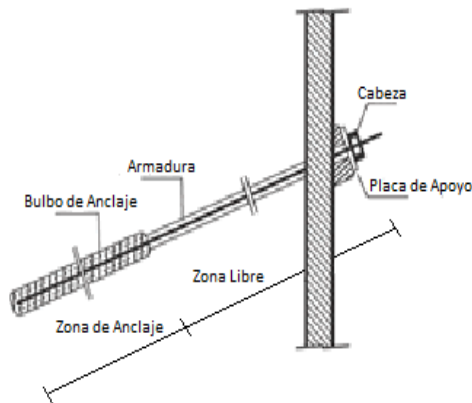
Los sistemas de contención utilizando anclajes bien sean pasivos o activos es considerada como una gran alternativa técnica y económica en la construcción de muros de contención.

Los anclajes son elementos que trabajan a tracción, con los que se trata de mejorar las condiciones de equilibrio de estructuras verticales como muros de contención o taludes. Normalmente están constituidos por armaduras metálicas, las cuales pueden ser cables o varillas que se alojan en una perforación y se sujetan o se anclan al suelo por medio de inyecciones, fijándose al exterior de la estructura que se pretende mejorar mediante un cabezote o dado.

Un anclaje está básicamente compuesto por tres partes fundamentales.

1. Zona de anclaje
2. Zona libre
3. Cabeza y placa de apoyo

Figura 2. Estructura de un Anclaje.



La zona de anclaje es la parte inyectada o anclada por medios mecánicos que se encarga de transmitir los esfuerzos de tensión al suelo. La zona libre, es la parte que permite deformar la estructura del anclaje con total libertad para que los esfuerzos de tensión en la zona anclada se logren desarrollar, y la cabeza es la que permite la reacción por medio de la placa o muro de apoyo.

- Anclajes Pasivos

Son sometidos a una carga inicial baja, normalmente comprendida entre el 10% y el 25% de la máxima prevista.

En este tipo de anclajes se debe procurar por que la estructura sea bastante rígida para minimizar los movimientos y evitar desplazamientos mayores a los permisibles.

- Anclajes Activos

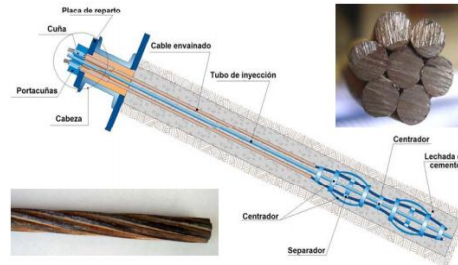
Son aquellos que una vez colocados, se tensan a una carga no inferior al 50% de la carga de diseño. Estos anclajes comprimen el terreno entre la zona anclada y la estructura de contención, mejorando las condiciones de estabilidad. Posteriormente se tensan a la carga de diseño.

2.1.1 Proceso Constructivo

2.1.1.1 Fabricación del anclaje. Si bien existen diversos tipos de armaduras para la construcción de los anclajes, generalmente se utilizan:

- Cables constituidos por alambres de alta resistencia.

Figura 3. Anclaje de Cable.

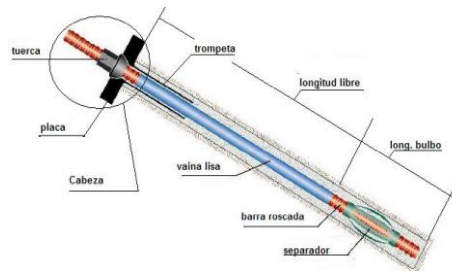


Los anclajes de cables frecuentemente están constituidos por torones de 0.5 o 0.6 pulgadas de diámetro con una resistencia a tensión última aproximadamente de 1.86 MPa.

Estos torones a su vez se encuentran constituidos por un alambre central y seis alambres exteriores enrollados helicoidalmente sobre dicho núcleo, los cuales pueden ser sin recubrimiento o con recubrimiento de zinc según sus sollicitaciones, así mismo cuentan con la gran ventaja de que pueden ser cortados a la longitud requerida. Deben cumplir con las especificaciones dadas en la norma ASTM A-416.

- Barras de Acero

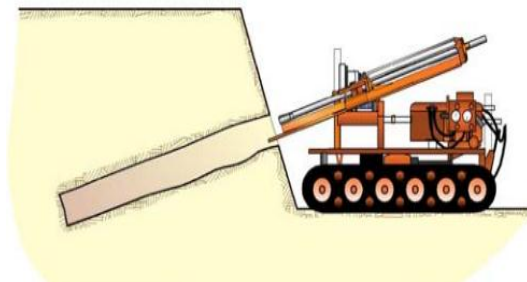
Figura 4. Anclaje de Barra.



Las barras utilizadas para estos anclajes tienen una resistencia última a la tensión de 1.03 MPa en diámetros variables entre 2.54 y 6.35 centímetros de longitud, las cuales deben cumplir con la norma ASTM A-722 tipo II o ASTM A-416.

2.1.1.2 Perforación. La perforación se puede realizar mediante rotación o roto-percusión, con o sin revestimiento, con aire o agua como fluido de barrido. Dentro de estos procedimientos se debe tener en cuenta la velocidad de avance y de rotación, la combinación de rotación y percusión tanto para el revestimiento como para la maniobra interior, la presión y caudal del fluido de barrido y las secuencias del barrido del taladro.

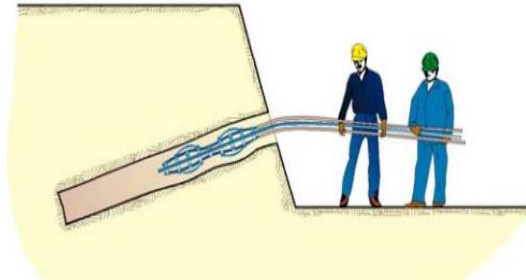
Figura 5. Perforación del Anclaje.



2.1.1.3 Introducción del anclaje. Tras la perforación y las maniobras de limpieza que realiza el taladro, se procede inmediatamente a introducir el anclaje.

Los anclajes de barras se empalman a medida que se van introduciendo y los anclajes de cables ya poseen la longitud correspondiente.

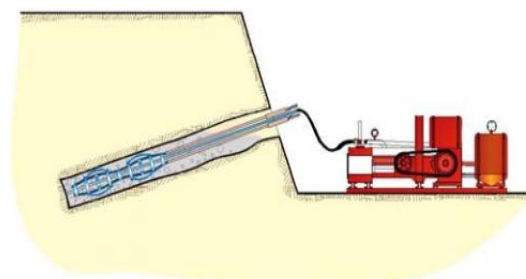
Figura 6. Introducción del Anclaje.



2.1.1.4 Inyección. La inyección se realiza con dos objetivos: Constituir la zona del bulbo del anclaje y proteger el tirante frente a la corrosión. Esta debe realizarse lo antes posible después de la perforación y de fondo a boca de la perforación, excepto en los anclajes ascendentes en que debe hacerse al revés con tubo de purga hasta el fondo del taladro, hasta que la lechada que rebose por la boca o por el tubo de purga sea de las mismas características en cuanto a color y consistencia que la lechada inyectada inicialmente.

En algunos casos es necesario realizar la inyección en varias etapas con el fin de sellar grietas o fisuras presentes a lo largo del bulbo.

Figura 7. Inyección de Lechada



2.1.1.5 Colocación de la cabeza y Tensado. Una vez listos los anclajes, se procede a instalar la placa de apoyo y la cabeza, para posteriormente realizar el tensado. El tensado se realiza en escalas y en cada una de estas se debe medir la deformación del anclaje.

2.2 MICROPILOTES

Los micropilotes son pilotes de diámetro pequeño, 30 centímetros aproximadamente, compuestos por una barra, tubo de acero o de armadura de acero que constituye el núcleo portante, el cual se recubre normalmente de lechada inyectada de cemento que forma el bulbo. Las características técnicas de los materiales y el modo de ejecución permite lograr altas capacidades de carga, tanto a la tracción como a la compresión con deformaciones mínimas. Transmiten las cargas al terreno mayormente por rozamiento por el fuste.

La perforación se realiza a rotación o roto-percusión, lo que permite su utilización en suelos compuestos como en todo tipo de rocas.

Los micropilotes se pueden emplear en los siguientes casos:

- Refuerzo de cimentaciones para la ampliación de edificios.
- Recalce de edificios.
- Predios donde es difícil el acceso.
- Refuerzo y sostenimiento de cimentaciones existentes para excavación de sótanos.
- Predios con terrenos no aptos para pilotes convencionales.

2.2.1 Proceso Constructivo

2.2.1.1 Perforación y Limpieza. Se sitúa la máquina en el centro del sitio dispuesto para el micropilote y se aploma la torre o pluma para iniciar el proceso de perforación. El diámetro de la barrena se establece de acuerdo al diámetro especificado en el proyecto para el micropilote, la barrena perfora con movimientos compuestos de giro y descenso y a través de ella se controla la profundidad de excavación.

El operario de la máquina controla la presión que se ejerce al perforar y debe ser cuidadoso ya que en una capa muy dura existe el riesgo que se rompa un manguito. La limpieza consiguiente a la perforación se realiza por medio de aire a presión.

2.2.1.2 Colocación de la armadura. La armadura se prepara fuera de la zona donde se realiza el micropilotaje, previendo los tramos necesarios para realizar los respectivos empalmes mediante rosca o soldadura. La armadura debe sobresalir del terreno una longitud aproximadamente entre 60 y 90 centímetros.

La armadura se coloca centrada respecto a al eje del micropilote, verificando la verticalidad.

2.2.1.3 Colocación de Cemento. Con el fin de evitar algún tipo de contaminación en el interior de la perforación, se debe realizar la colocación de la lechada de cemento antes del transcurso de las primeras 24 horas desde la introducción de la armadura.

Fases de la Colocación:

1. Se inyecta el cemento por gravedad hasta que este rebosa por el espacio entre la armadura y el terreno, se espera que fragüe antes de la segunda fase de colocación.
2. Se forma el bulbo mediante la inyección a presión.

3. Se rellena el interior de la tubería con la mezcla adecuada de cemento, según las solicitudes.

2.2.1.4 Descabezado. Se deben descabezar los micropilotes, ya que el hormigón de la parte superior normalmente es de mala calidad.

2.2.1.5 Soldadura de la armadura. Luego de finalizar la inyección, se realizan las soldaduras continuas en la armadura del micropilote que sobresale del terreno. Esta actividad es opcional.

2.3 RECURSOS

De acuerdo al proceso constructivo tanto para anclajes pasivos y activos como para micropilotes, se estableció una serie de herramientas y equipos básicos para la ejecución de estos servicios, tales como:

- Equipo de bombeo TK40
- Equipo de inyección de morteros y lechadas, referencias: Putzmeister S5, P13 y HANY IC310
- Perforador portátil MP250R
- Perforador Tei Rock Drills
- Rollo de cable de 5/8" de 270K de 7 hilos
- Rollo de cable de 1/2" de 270K de 7 hilos
- Araña para medición de cable de 5/8" y 1/2"
- Buje con cuña de 5/8" y 1/2"
- Buje de 2, 3 y 4 huecos con cuña de 5/8"
- Buje de 2,3 y 4 huecos con cuña de 1/2"
- Separador plástico

- Gato multitorón de 100 Toneladas con bomba eléctrica de Power Team 10000 PSI, con mangueras de 5m, manómetro y accesorios de operación y certificado de calibración.
- Gato monotorón de 30 Toneladas
- Compresor de aire
- Mezclador e inyector de cemento tipo tornillo I25 de una tolva para 500 PSI.
- Mezclador e inyector de cemento tipo tornillo I55 de dos tolvas para 500 PSI.
- Equipo de perforación D650
- Equipo de perforación D350H
- Broca 90mm (3 ½”) Zanco DHD3.5
- Broca 115mm (4 ½”) Zanco DHD340
- Martillo de fondo 3.5” Zanco DHD3.5
- Martillo de fondo 4” Zanco DHD340
- Mano de ángel escalonada 4 ½, R 2 3/8 API
- Mano de ángel CHEVRON 4 ½, R 2 3/8 API
- Juego barril y cuña 5/8
- Juego barril y cuña ½

Se realizaron una serie de cotizaciones a varias empresas, con el fin de establecer un paralelo entre una oferta y otra.

Las cotizaciones quedaron a consideración de la empresa KER INTERNATIONAL, quienes deciden que equipos y herramientas adquirir.

3. PROYECTO ASESORÍA

En la Ciudad de Barranquilla, la empresa JJ Construcciones limitada, se encuentra en la construcción de un conjunto residencial conformado por dos torres con apartamentos de 94 y 120 metros cuadrados bajo el nombre de SUNSET 100. El proyecto colinda con unas viviendas construidas aproximadamente hace 25 años de dos plantas con muros estructurales portantes.

Durante la excavación, en las casas aledañas se observaron fisuras en elementos contruidos con materiales rígidos de comportamiento no estructural, tales como: mampostería en ladrillo con friso, frisos de columnas, media caña en granito fundido y pulido, y pisos de baldosín de granito. Las fisuras en algunos casos alcanzaron el frente del forjado de la primera planta y continuaron manifestándose hacia el interior en los techos, las viviendas se encuentran contruidas en niveles escalonados entre ellas, los muros de cerramiento presentes en el patio no cuentan con dilataciones verticales, razón por la cual, cualquier movimiento de asentamiento genera fisuras en ellos.

Estas viviendas, vecinas al lote del proyecto, desde su construcción y durante más de dos décadas, tuvieron como colindante (actual lote del proyecto SUNSET 100) un lote sin construcción, el cuál por razones obvias no transmitía ninguna carga, evitando así, que la cimentación del muro de lindero donde se localizan los rellenos de los patios de las viviendas presentara algún tipo de exigencia.

Al existir el nuevo proyecto hubo la necesidad de realizar retiros de tierra durante las actividades de excavación, lo que causó que el terreno sufriera desplazamiento. De esta manera se construyeron muros anclados con el objetivo de contrarrestar los daños ocasionados a causa de las excavaciones.

Durante el avance de la obra se observó que aun así las viviendas continuaron desplazándose, causando problemas en la cimentación del edificio. Consecuente a esto JJ Construcciones acudió a la asesoría de la empresa, con el fin de encontrar una solución viable a esta situación.

Figura 8. Proyecto SUNSET 100.



3.1 ANÁLISIS DE LAS POSIBLES CAUSAS

Una valoración cuantitativa de los movimientos que se manifiestan en asentamientos y desplazamientos horizontales de los edificios originados por fenómenos de este tipo es muy difícil, debido al gran número de variables que intervienen y que se desconocen en magnitud.

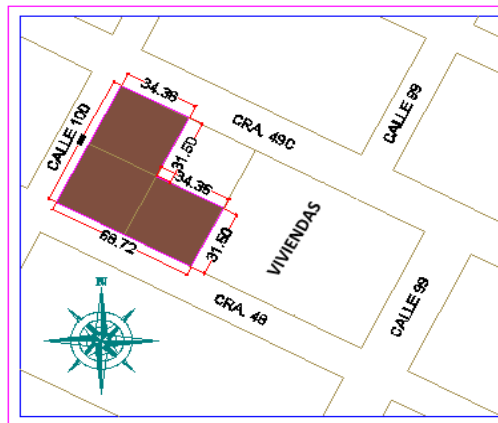
El material superficial en la zona de lindero con las casas vecinas está conformado por rellenos sueltos, los cuales presentan grandes deformaciones al realizar los cortes de excavación.

Es muy probable que la ejecución no adecuada de la primera fase de los anclajes, haya generado acciones sobre el terreno que causó la expansión del material interno.

3.2 PROPUESTA

Se estableció el diseño de un sistema de contención por medio de pilotes, con el fin de mitigar el problema presentado debido a la carga generada por las viviendas colindantes por el constado oriental del proyecto.

Figura 9. Localización General



La propuesta se basa en una cimentación de zapatas reforzada sobre pilotes, así como la disposición de una serie de pilotes con el fin de dar soporte al muro de contención ubicado en el lindero con las viviendas; esto con el objetivo de establecer un mayor soporte a la estructura e impedir grandes asentamientos y daños ocasionados por el desplazamiento de las viviendas existentes.

3.2.1 Pilotes que refuerzan zapatas. Para los pilotes encargados de reforzar las zapatas se realizó un análisis de la capacidad de carga mediante la teoría de pilotes verticales con carga axial.

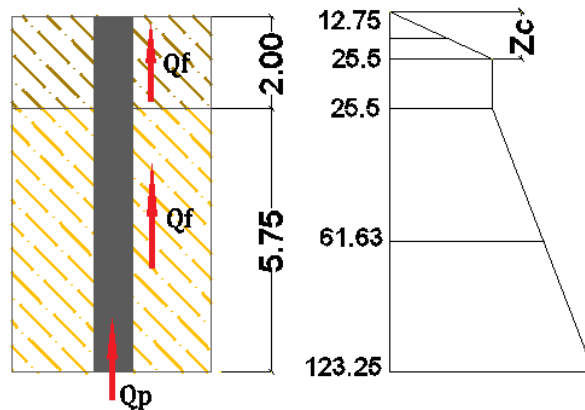
Según los resultados obtenidos mediante el estudio de suelos, el terreno se encuentra conformado por tres estratos de la siguiente manera:

1. Relleno de arena y escombros.
2. Arena limosa y/o arcillosa, algunas muestras con presencia de grava de color café, blanco o amarillo.
3. Arcilla de color gris con vetas amarillas.

Se consideró para cada pilote un diámetro de 30 centímetros y una longitud de 7.75 metros, de la cual los primeros 2 metros de la longitud total se encuentra en el estrato de arena limosa y los 5.75 metros restantes en el estrato de arcilla, el estrato de relleno de arena y escombros no se consideró ya que se planteó excavar y retirar tal material debido a que no aportaba ninguna capacidad al suelo.

Las cimentaciones profundas se encuentran expuestas a una serie de esfuerzos verticales, en los cuales su comportamiento varía dependiendo del tipo de estrato.

Figura 10. Esfuerzos Verticales Efectivos.



- Pilote en estrato de arena

De acuerdo al estudio de suelos la arena en condición drenada presenta las siguientes condiciones:

- Ángulo de fricción (ϕ) = 32°
- Peso específico (γ) = 17 KN/m^3

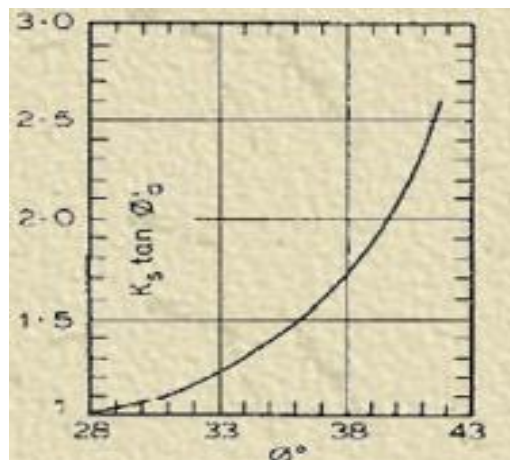
Bajo la teoría de Vesic, donde se plantea que en depósitos de arenas los esfuerzos crecen linealmente y posteriormente permanecen constantes, se tiene la siguiente ecuación para calcular la capacidad del pilote en este estrato.

$$Q_u = A_p \sigma'_{vb} N_q + \int_0^l P \overline{\sigma'_{v'}} K_s \tan \phi' a \, dz$$

La primera parte de la ecuación no se tiene en cuenta, ya que hace referencia a la punta del pilote, y el pilote finaliza en el estrato de arcilla.

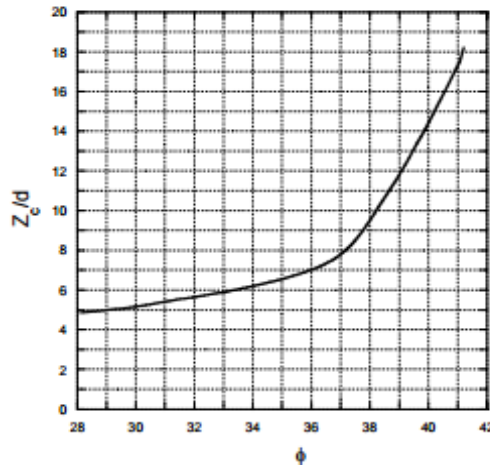
El valor de $K_s \tan \phi' a$ se determina mediante la figura #11, la cual fue propuesta por Meyerhof (1976), con un ángulo corregido de la siguiente forma para pilotes perforados. $\phi = \phi - 3^\circ$

Figura 11. Variación $K_s \tan \phi' a$ y ϕ°



La profundidad crítica Z_c , donde el esfuerzo efectivo alcanza un valor constante, se determina mediante la relación Z_c/d y el ángulo de fricción interno ϕ , donde d corresponde al diámetro del pilote. Figura #12.

Figura 12. Variación $\frac{z_c}{d}$ y ϕ°



De acuerdo a lo anterior, se calcula una capacidad de carga del pilote en el estrato de arena de: 30.04 KN.

- Pilote en estrato de arcilla

El estrato de arcilla en condición drenada presenta las siguientes características:

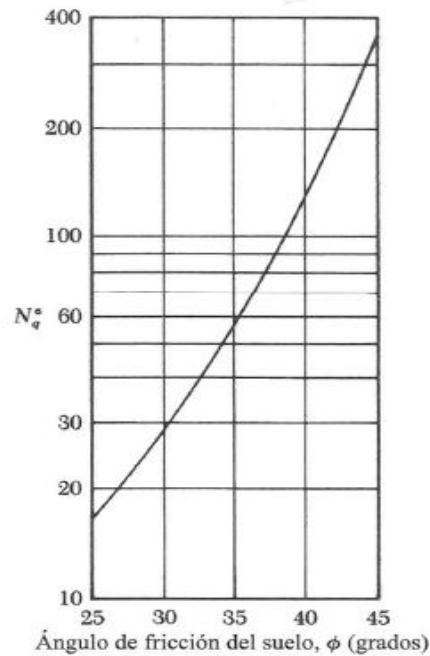
- Ángulo de fricción (ϕ) = 30°
- Peso específico (γ) = 17 KN/m^3

Al igual que para el estrato de arena Vesic plantea una teoría para pilotes perforados en arcilla.

$$Q_u = A_p \sigma'_{vb} N_q + \int_0^l P \overline{\sigma'_{vz}} K s \tan \phi' a \, dz$$

En este caso se consideran las dos partes de la ecuación, ya que el cuerpo y la punta del pilote se encuentran en este estrato. El valor del factor de capacidad de carga N_q se determina mediante una gráfica establecida por Vesic. Figura #13.

Figura 13. Variación N_q y ϕ°



Burland (1973) y Meyerhof (1976) sugieren para arcillas normalmente consolidadas $KsTan\phi' a = B$, donde $B = (1 - sen\phi')Tan\phi'$.

Así, la capacidad de carga tanto en punta como por fricción del pilote en estrato de arcilla es 366.65 KN.

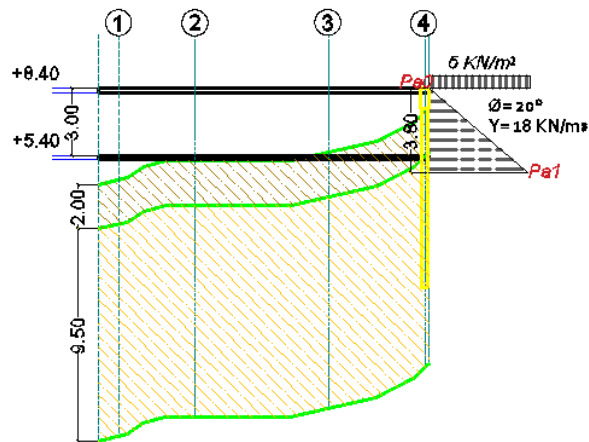
Por lo tanto cada pilote en función de ser perforado está en capacidad de soportar una carga última de 396.69 KN, y considerando un factor de seguridad $FS= 1.5$ (Tabla H.4.7-1 NSR-10) una carga admisible de 264.46 KN.

Figura 14. Factores de Seguridad Indirectos FSICP Mínimos.

Condición	F_{SICP} Mínimo
	Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.5

3.2.3 Pilotes que refuerzan muro de contención

Figura 15. Perfil Transversal.



Para realizar el análisis de los pilotes encargados de reforzar el muro de contención se parte de las siguientes consideraciones:

- Carga de las viviendas = 5 KN/m²
- Ángulo de fricción (ϕ) de la arena en condición drenada = 20°
- Peso específico (γ) = 18 KN/m³
- Cota final de las presiones laterales = -4.60

En primera instancia, se calcula las presiones laterales que ejercen tanto la carga distribuida de las viviendas como el terreno sobre el que estas se encuentran, de modo que se determine la carga que deben soportar los pilotes.

Considerando el suelo en estado activo, se aplica la siguiente teoría para suelos granulares:

$$Pa = \gamma * h * Ka$$

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi}$$

$K_a = 0.49$ (Coeficiente de presión lateral)

De esta forma se tiene que el empuje que experimenta el suelo es:

$$P_{a0} = wP_{a0} = w * K_a$$

$$P_{a0} = 2.45 \frac{KN}{m^2}$$

$$P_{a1} = P_{a0} + (\gamma * h) * K_a$$

$$P_{a1} = 35.96 \frac{KN}{m^2}$$

Así, el empuje total que ejerce en conjunto el terreno con las viviendas es de 68.31 KN/m actuando a una distancia de 2.53 metros de la superficie.

Este fue el análisis presentado a la empresa JJ Construcciones, ya ellos bajo sus consideraciones y con la aprobación del ingeniero geotecnista y estructural determinan si la opción de pilotes para el refuerzo de la estructura es el más adecuado en cuanto a costos y beneficios.

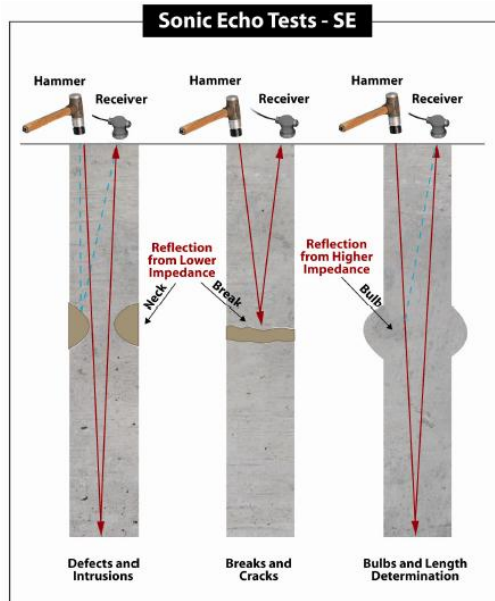
4. PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

Ya sea por razones del uso o deficiencias en el diseño o la construcción, toda edificación es susceptible a fallar. El estudio de este comportamiento se conoce como patología estructural, donde se detecta las causas de las fallas, se proponen acciones correctivas para volver al nivel de servicio original, mejorar su comportamiento, o demoler según sea el caso.

En las estructuras, las fallas o defectos se ponen en evidencia mediante la aparición de una serie de señales o cambios de aspecto. No obstante, la patología estructural no siempre se lleva a cabo cuando ya existen variaciones en la estructura, en muchos casos se realiza en el transcurso de la construcción, como mecanismo de apoyo para establecer si los procedimientos constructivos se están llevando a cabo de la forma correcta.

Dentro del concepto de Patología, existe un término que es la auscultación estructural. Esta actividad es realizada mediante mecanismos de ultrasonido, ejemplo de ello es el Olson Instrument de Sonic Echo (SE), sistema utilizado comúnmente para el aseguramiento de la calidad, la evaluación del estado, y las pruebas forenses de pilotes y cimentaciones profundas.

Existe un requisito básico para que un elemento pueda ser analizado. Debe contar con un área aproximadamente de 7.6 cm por 12.7 cm, que sean accesibles para una persona y que la parte donde se realice el golpe sea relativamente lisa y plana. El Sonic Echo es un método dinámico que induce una baja deformación en el pilote, no requiere ningún acondicionamiento especial en el mismo, ni solicita equipo pesado. El equipo de pruebas incluye un martillo (1,36 kg) un receptor (acelerómetro y/o geófono) ubicado en la parte superior y una plataforma de adquisición de datos. Figura 16. Principios Físicos de la Prueba.



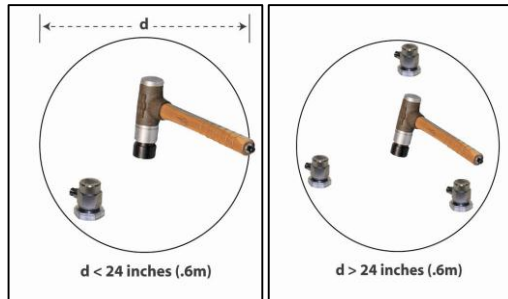
Este método es uno de los más utilizados internacionalmente para calcular la longitud de los elementos y/o los defectos que estos puedan presentar. La prueba consiste en golpear la parte superior con el martillo para generar la energía de onda que viaja a la parte inferior del elemento. La onda es reflejada por las discontinuidades del elemento, por su punta (zona donde finaliza), o por cambios de sección o variaciones del terreno que lo rodea. Los movimientos consiguientes de la cabeza del elemento son captados por un acelerómetro. La señal del acelerómetro es amplificada y digitalizada por un sistema electrónico y convertida en medida de velocidad, que se presenta inmediatamente en la pantalla de una plataforma portátil. La curva obtenida se debe archivar en el equipo para su posterior tratamiento e impresión. Los ensayos se realizan según la norma ASTM D 5882-00.

4.1 PREPARACIÓN DEL PILOTE

- Los pilotes deben estar descabezados o accesibles en el momento del ensayo, y sin presencia de agua, suciedad u otros residuos.
- En general, el método de ensayo no obtiene datos para profundidades mayores de 30 a 40 metros, o incluso menos en terrenos arcillosos duros, en este caso la información que se tendría sería de la parte superior.
- El hormigón no tendrá, en general, menos de una semana en el momento del ensayo. Para la realización del ensayo se requiere que la cabeza del pilote sea de hormigón sano y compacto, preferiblemente descabezado.
- Es recomendable disponer de un plano con la identificación de los pilotes, su longitud aproximada, y posibles incidencias durante su construcción.
- El número, tipo y localización de los pilotes a ensayar será establecido por la dirección de obra con antelación suficiente.
- Se necesita conocer las características geotécnicas del suelo atravesado por el pilote, para facilitar la interpretación.

Para diámetros menores a 0.6 metros, se necesita de un acelerómetro el cual debe ser montado o posicionado en un extremo del elemento, mientras que la ubicación del impacto del martillo debe ser cerca al centro del eje. Si el diámetro es superior a 0.6 metros, se debe montar tres acelerómetros en tres sitios alrededor del centro del elemento, mientras que el impacto deberá tener lugar cerca del centro.

Figura 17. Forma de realización de la Prueba.



Las labores de auxiliatura en esta área, se llevaron a cabo mediante el análisis de los datos recopilados a través de los ensayos hechos en campo, las ondas transmitidas se analizaron mediante el programa Sonic Echo, donde se identificaron las diferentes características de los elementos en estudio, estableciendo su longitud teórica, cambio de estrato y defectos existentes.

5. CONCLUSIONES

Los sistemas de contención por medio de muros anclados y micropilotes, son un gran recurso para la geotecnia, ya que son mecanismos económicamente viables, se adaptan con gran facilidad a las condiciones del terreno y utilizan equipos de construcción livianos.

La patología estructural permite un estudio sistemático y ordenado de los daños y fallas que posiblemente presenta una estructura, analiza el origen, las causas y consecuencias de ello, para establecer una metodología correctiva que mejore las condiciones de la estructura sin necesidad de llegar al punto de demoler.

Las prácticas empresariales son una gran alternativa que brinda al futuro ingeniero la posibilidad de interactuar en el campo laboral y adquirir un conocimiento por medio de la experiencia. Mediante el tiempo que dura la práctica se afianzan nuestras competencias y se adquieren nuevas, las cuales nos permiten crecer en conjunto como profesionales.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA. Anclajes [en línea]. S.f. [Citado 3 mar 2015]. Disponible en Internet: <URL:<http://ftp.ani.gov.co/Bogota%20Villavicencio%20Sector1/4%20HIDRAULICA/Auxiliar/ANX12%20Especificaciones%20Tecnicas%20Invias/normas%20Invias/Normas/Invias/Construcci%C3%B3n/Articulo623-07.pdf>>

DAS BRAJA M, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Cimentaciones Profundas. Pilotes y pilas perforadas. Cuarta Edición. México D.F.: Thomson Learning, Inc., 2001, p. 557-563.

EMCOCABLES. Productos para el sector civil y construcción [en línea]. S.f. [Citado 3 feb 2015]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.emcocables.com/sectorcivil.html#torones>>

INSTRUCTION MANUAL FOR SONIC ECHO. Data Interpretation on WinTFS Software.

Norma Española. UNE-EN 1537

NSR-10, Capítulo H. Estudios Geotécnicos. Santafé de Bogotá-Colombia.

PILOTES TERRATEST. Micropilotes [en línea]. Chile, s.f. [Citado 22 ene 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.cl/tecnologias/micropilotes/>>

ROS, Antonio. Micropilotes [en línea]. S.f. [Citado 20 ene 2015]. Disponible en Internet:

<URL:<http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/fundaciones/pilotesymicropilotes.pdf>>

URIEL Y ASOCIADOS. Auscultación y corrección de inestabilidad de taludes de carreteras y ferrocarriles [en línea]. Madrid, junio de 2010 [citado 28 feb 2015]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.urielyasociados.es/img/formacion/ponencia1.pdf>>

VARGAS, Manuel Delgado. Ingeniería de Fundaciones. Introducción al Análisis Estático de Pilotes bajo Carga Vertical. Primer Edición. Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá-Colombia, 1996. p. 426-462.