

ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN LA CIUDAD DE CHIHUAHUA (MÉXICO) VS. LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C (COLOMBIA)

Juan Pablo Sandoval Hurtado, Estudiante de Ingeniería Civil¹, Jeison Nayib Gutiérrez Jiménez, Estudiante de Ingeniería Civil²

¹ Universidad La Gran Colombia, Colombia, jps7@hotmail.com

² Universidad La Gran Colombia, Colombia, jeison1003@hotmail.com

Resumen– El presente artículo muestra una descripción de las características que tienen las cimentaciones superficiales en dos escenarios diferentes en el ámbito geológico, y por ende geotécnico como lo es en la ciudad de Chihuahua (México) y la ciudad de Bogotá D.C (Colombia). A través de la experiencia vivida en el Seminario Internacional de “Geotecnia Aplicada en Obras de Infraestructura” realizado del 1ro al 10 de diciembre del 2014, en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey-sede Chihuahua (México), se observaron diferencias comparativas entre las ciudades de estudio como lo fueron condiciones climáticas, los procesos constructivos, métodos de diseño, tipos de suelo, entre otros parámetros determinantes a la hora de realizar cualquier tipo de obra civil, particularmente la cimentación. Sin embargo, uno de los aspectos que presenta una de las diferencias más significativas son los tipos de suelo y la capacidad portante de los mismos. En la ciudad de Chihuahua el tipo de suelo se caracteriza por ser un suelo duro conformado por estratos rocosos, los cuales pueden ofrecer un comportamiento mecánico más óptimo a la hora de recibir cargas por parte de una estructura, además de tener una mejor capacidad portante, la cual le brinda seguridad y funcionamiento a las estructuras y por ende hacen que la ejecución de los proyectos u obras civiles se puedan obtener beneficios en cuanto a la calidad de las obras, mejores resistencias, procesos de ejecución y en cuanto a presupuesto, este tipo de suelo representa una gran ventaja ya que en Bogotá D.C muchas veces se invierten grandes porcentajes del valor del proyecto en solo las obras geotécnicas dentro de las cuales se encuentra la cimentación, teniendo en cuenta las dificultades e imprevistos que se pueden dar en una obra de ingeniería civil. Por tal razón el objetivo de este documento es realizar un análisis y poder establecer los diferentes parámetros y aspectos determinantes a la hora de realizar el diseño y construcción de una cimentación superficial de acuerdo a las condiciones y características en cada una de las zonas de estudio.

Palabras Claves: Cimentación, suelo, roca, capacidad portante, zapata, estructura, cargas.

I. INTRODUCCIÓN

La cimentación es la parte inferior de una estructura, su función es transmitir las cargas de determinadas estructuras al suelo, por lo tanto es uno de los procesos más cautelosos e importantes en los proyectos de ingeniería que requieran que la estructura descansa sobre el suelo. En este artículo se realiza

una descripción de la experiencia adquirida en la visita al Seminario Internacional de “Geotecnia aplicada en obras de infraestructura” realizado en la ciudad de Chihuahua, México en donde se logró visitar algunos de sus proyectos de ingeniería más relevantes en ejecución, y en los cuales se pudieron observar algunas características en cuanto a los procesos constructivos, metodologías, aplicaciones, ayudas tecnológicas, rendimientos y seguimiento de las obras, etc.



Figura No. 1. Vista aérea de la ciudad de Chihuahua, se aprecia que el terreno de superficie es árido. (Fuente Propia).

Llamó la atención el observar que las cimentaciones superficiales también pueden ser utilizadas en grandes estructuras como: construcciones verticales con alturas relevantes respecto al tipo de cimentación, puentes vehiculares, etc. Ya que, el suelo de Chihuahua, es un suelo de características rocosas con buenas propiedades granulares y gracias a estas características posee unas propiedades mecánicas que le proporcionan alta resistencia y una capacidad portante bastante favorable en el ámbito constructivo.

Cabe resaltar que la ciudad de Chihuahua, al estar ubicada al norte de México, cerca de la frontera con Estados Unidos de América, se caracteriza por ser una zona “árida o arenosa” la

cual en su mayoría se encuentra conformada por roca ígnea y sedimentaria. Estas características indican que el suelo tiene unas propiedades mecánicas muy favorables en el ámbito constructivo y pueden tener un comportamiento óptimo al ser sometido a cargas de gran magnitud, lo cual sería una ventaja para el diseño y construcción de proyectos de ingeniería.

Por las características de la zona podemos afirmar que la cimentación superficial se puede utilizar en la construcción de obras hasta donde los esfuerzos sean admisibles, esto se determina por las características y propiedades mecánicas del mismo y por la magnitud del proyecto a realizar. Ya que, por las mismas propiedades mecánicas del suelo se podrían definir como suelos óptimos a la hora de transmitir cargas. Como el suelo tiene un buen comportamiento mecánico, en Chihuahua se usa frecuentemente el tipo de cimentación denominado superficial a causa de las bajas cargas transmitidas al suelo, porque a pesar de ser una ciudad que tiene alrededor de 3.406.465 habitantes y pertenecer al estado más grande de México, con un área aproximada de 250.673 km² se caracteriza por tener pocas construcciones de índole vertical y su desarrollo se basa en la construcción horizontal debido a las comodidades que esto genera y a su gran extensión territorial, lo cual hace que sus construcciones puedan tener cargas transmitidas al suelo sin afectar sus propiedades o tener deformaciones o afectaciones en su estructura, gracias a estar compuesto por suelos muy buenos conformados principalmente por estratos rocosos.

Adicionalmente los costos de la cimentación pueden llegar a ser mucho menores en comparación a los que se conllevan en la ciudad de Bogotá D.C.

Por otro lado se puede describir que en la ciudad de Bogotá D.C es todo lo opuesto, ya que por las condiciones de dicha zona y la clasificación del suelo es necesario utilizar otro tipo de cimentación. Ya que principalmente se puede afirmar que la cimentación superficial se usa específicamente en proyectos de vivienda o de pequeña escala en donde el suelo no se va a deformar y la estructura soportada va a tener un comportamiento adecuado brindando seguridad a las personas.

Sin embargo se debe mencionar que en Bogotá D.C es difícil encontrar lugares en donde existan estratos de suelo conformados sobre roca, sino que por el contrario se ven suelos blandos y arcillosos con diferentes combinaciones geológicas, por lo cual sugiere a ser más cautelosos a la hora de establecer una cimentación, especialmente al cimentar superficialmente, ya que estos suelos se encuentran en los estratos superiores.

II. CARACTERÍSTICAS DE LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Las cimentaciones superficiales se implementan cuando las características del terreno superficial son lo suficientemente resistentes o adecuadas para soportar cargas de la estructura que

se pretenda realizar. Esto no implica que el suelo tenga una resistencia muy elevada, sino que soporte el esfuerzo proveniente de las cargas utilizando una superficie de contacto adecuada para transmitir dichos esfuerzos sin que esto vaya a incurrir en sobrepasar la capacidad de carga del suelo, ni tampoco en deformaciones o cambios que puedan perjudicar la estabilidad de la estructura de cimentación.

Según la resistencia del terreno y la estructura a construir se tienen en cuenta algunas clasificaciones de cimentaciones superficiales:

- **ZAPATAS AISLADAS**

Las zapatas aisladas son un tipo de cimentación superficial, el cual sirve de base de elementos estructurales puntuales como lo son las columnas; de modo que este tipo de zapata amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que se le busca transmitir. Pueden ser concéntricas, medianeras o esquineras y se caracterizan por soportar y trasladar al suelo la carga de un apoyo individual.

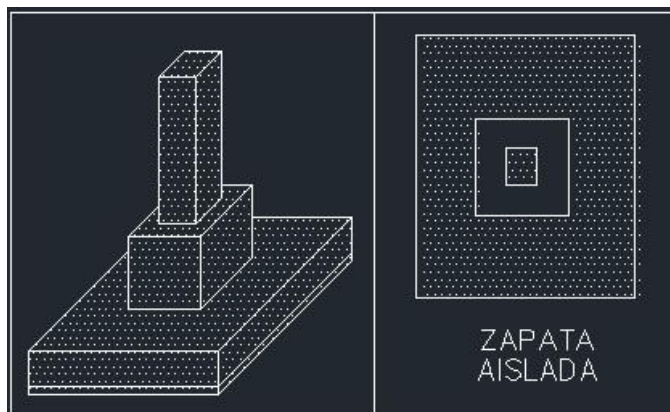


Figura No. 2. Esquema en el cual se puede apreciar la estructura de una Zapata Aislada concéntrica. (Fuente Propia).

Las zapatas individuales se plantean como solución en casos sencillos, en suelos de poca compresibilidad, suelos duros, con cargas de la estructura moderadas. Con el fin de darle rigidez lateral al sistema de cimentación, las zapatas aisladas siempre deben interconectarse en ambos sentidos por medio de vigas de amarre.

- **ZAPATAS CORRIDAS**

Se aplican normalmente a muros, pueden tener sección rectangular escalinada o estrechada cónicamente. Sus dimensiones están en relación con la carga que han de soportar, la resistencia a la compresión del material y la presión admisible sobre el terreno.

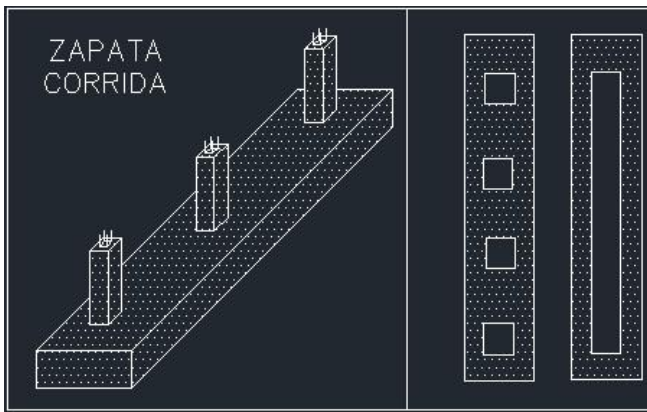


Figura No. 3. Esquema en el cual se puede apreciar la estructura de una Zapata Corrida. (Fuente Propia).

Consiste en construir una estructura cuyo objetivo es soportar y trasladar al suelo la carga de varios apoyos, en donde la zapata de hormigon repartira las cargas sobre la superficie mayor.

Por lo cual generalmente ocupa toda el área de la edificación. Mediante esta solucion se disminuyen los esfuerzos en el suelo y se minimizan los asentamientos diferenciales.

• ZAPATAS COMBINADAS Y LOSAS DE CIMENTACION

Se utilizan en casos intermedios, esto es cuando el terreno a cimentar tiene suelos de mediana compresibilidad y cargas no muy altas. Con esta solucion se busca una reduccion de esfuerzos, dandole cierta rigidez a la estructura, de modo que se restrinjan algunos movimientos relativos.

Las zapatas combinadas consisten en una zapata comun a dos o mas columnas alineadas. Se utilizan cuando la distancia entre estas es reducida o cuando la capacidad portante del terreno es tan baja que se requieren zapatas de gran area lo que ocasiona que estas se traslapen.

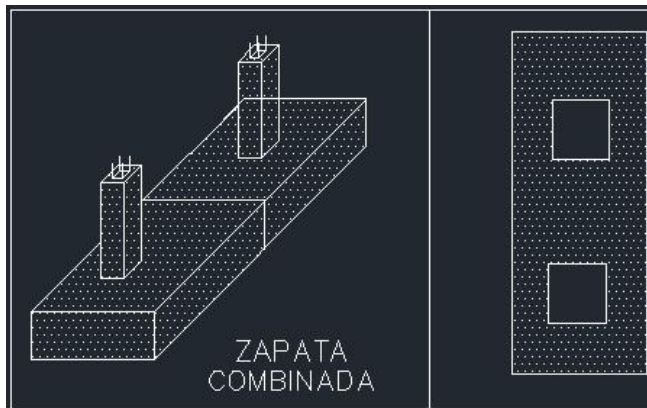


Figura No. 5. Esquema en el cual se puede apreciar la estructura de una Zapata Combinada. (Fuente Propia).

Las cimentaciones mediante losa o placa generalmente se caracterizan por sostener y transferir al suelo la carga de todos los apoyos. En la parte inferior de los muros se construye una losa resistente que desempeña un doble papel u objetivo. Por una parte distribuye las cargas sobre una superficie mayor, asegurando un reparto uniforme de las presiones; y por otra parte une todos los puntos de apoyo formando un encadenado, que asegura de forma eficaz, si su espesor es suficiente, al igual que la rigidez del conjunto.

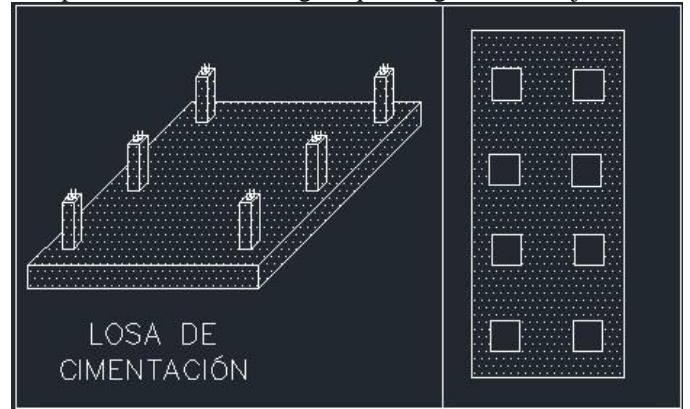


Figura No. 4. Esquema en el cual se puede apreciar la estructura de una Losa de Cimentación. (Fuente Propia).

Esta losa cubre toda la superficie de la obra civil y en algunos casos puede incluso ser superior a la misma.

III. SUELOS DE CHIHUAHUA

En el estado de Chihuahua, se pueden apreciar dos zonas: la occidental que se caracteriza por la presencia de rocas ígneas extrusivas y sedimentarias del terciario, posee suelo, rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de los periodos cuaternario, cretácico y la era del paleozoico; con suelos que datan 375 millones de años, localizándose en los municipios de Ascensión y Aldama y cubren 0,4% de la entidad. Las rocas del cretácico con 135 millones de años de antigüedad aproximadamente (era del mesozoico), ocupan 8,2%, se ubican de norte a sur, pero en la zona oriental, son principalmente sedimentarias, ígneas extrusivas, metamórficas e ígneas intrusivas.

Por su ubicación y conformación Geológica se encuentran fácilmente suelos rocosos al norte de México, lo cual hace que las características mecánicas de los suelos sean altamente resistentes y sus deformaciones al ser sometidas a cargas o esfuerzos sean relativamente bajas, esto permite implementar y utilizar de forma satisfactoria las cimentaciones superficiales en proyectos de ingeniería de una magnitud relevante. Un claro ejemplo del buen comportamiento del suelo en algunos escenarios fue la construcción de los puentes gemelos de Chihuahua, los cuales fueron construidos en la Av. Teófilo Borunda en donde el puente sur tiene una longitud de 1.104

metros y se construyó con una inversión de USD7'924.213,75 aproximadamente, mientras que el puente norte consta de 1260 metros de longitud y se destinaron USD7'894.074,76 aproximadamente en su edificación.



Figura No.6. Se evidencia la obra civil de los puentes gemelos, en donde claramente se ve que está aún en construcción. (Fuente Propia).



Figura No.7. Perfil de suelo en la una de las zapatas de la construcción del edificio del poder judicial de Chihuahua, en dicho perfil se puede apreciar claramente que el estrato es rocoso y se ve de igualmanera la posición del nivel freático. (Fuente Propia).

En donde su cimentación consta de zapatas aisladas de (3mx3m) de área y (1m) de espesor, cimentadas a 3m de profundidad, en la cual se apoyaban los pilares del puente. Esto nos indica que las propiedades del suelo, permiten cimentar un puente vehicular con una cimentación superficial, lo cual en ciudades como Bogotá D.C no es común, ya que para cimentar

este tipo de estructuras es necesario cimentar con pilotes (cimentación profunda), lo cual hace que el presupuesto de la obra (en este caso, un puente vehicular) aumente considerablemente solo por el hecho de cimentar con pilotes.

De igual manera otro claro ejemplo de que los suelos de Chihuahua tienen un comportamiento óptimo, respecto al ámbito constructivo es el centro de justicia de Chihuahua, ya que son edificios, los cuales transmiten cargas al suelo por medio de zapatas (Cimentación Superficial), esto nos indica que la capacidad portante de dicho suelo, es capaz de soportar la carga admisible que dicha estructura tendrá.



Figura No.8. Se aprecian claramente los cimientos superficiales (Zapatas) en la construcción del centro de justicia de Chihuahua. Al igual se ve que el suelo de superficie presenta características áridas. (Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1625101>).



Figura No.9. Se aprecia una de las zapatas (cimentación superficial) en la construcción del centro de justicia de Chihuahua. (Fuente Propia).



Figura No.10. Se aprecia la magnitud de la obra civil en mención, a pesar de que solo este montada la estructura (Fuente Propia).



Figura No.11. Esquema digital, de cómo quedará el centro de justicia de Chihuahua cuando las obras civiles estén culminadas (Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1625101>).

Cuando se obtienen condiciones en el suelo tan favorables, se facilita una gran variedad de procesos constructivos se evidencian una cantidad de beneficios, algunos de ellos serian:

Económicos, ya que los costos de la cimentación tienen un gran porcentaje en cuanto al porcentaje que se establece en un proyecto de ingeniería, se minimizan costos de mano de obra, maquinaria, ensayos de laboratorio, estudios de suelo, tiempos de ejecución, materiales de construcción, perforaciones, entre otros. Lo cual hizo de este proyecto mas interesante y rentable para sus administradores y al final va a prestar un excelente comportamiento mecánico con altos estándares de calidad, logrando un desarrollo social.

IV. CIMENTACION SUPERFICIAL EN ROCA

Para el calculo y elección de una cimentación superficial en roca se deben tener en cuenta una recopilación y estudio del suelo, reconocimiento del terreno junto con un planteamiento de acuerdo a lo observado en campo donde se deben definir y planificar los reconocimientos, toma de muestras, ensayos a realizar para lograr tener identificados los distintos estratos del subsuelo y determinar sus características geotécnicas, es decir sus valores de resistencia y deformación principalmente. Los ensayos de laboratorio, toma de muestras manuales o mecánicas, sondeos mecánicos, etc. Deben verificarse que se hayan realizado con muestras que no hayan sufrido alteraciones importantes que vayan afectar el estudio.

Cuando se trata principalmente de estratos en roca se debe mirar y realizar una clasificación del tipo de roca, su estado, su estructura, todas las propiedades de la roca para ver las condiciones en que esta se encuentra.

Adicionalmente se debe recopilar información acerca de la geología de la zona la cual incluya la geomorfología, estratigrafía, litología, hidrogeología y tectónica, haciendo mención a la acción sísmica. Los niveles freáticos se deben estudiar para conocer la cota de agua y la permeabilidad del terreno.

Los niveles geotécnicos van desde la cota del terreno hasta el final de las perforaciones o todas las capas encontradas, dependiendo de las características de las mismas.

Teniendo en cuenta las condiciones de cimentación y estableciendo que se puede implementar el tipo superficial, se indica la capacidad de carga y los asentamientos estimados así como su ejecución, todo esto dependiendo de los reconocimientos efectuados anteriormente, como en los ensayos de laboratorio y en el terreno. Para finalmente poder calcular la cimentación apropiada para la roca.

Para calcular sobre una cimentación en roca se podría utilizar la siguiente metodología:

La capacidad portante donde tomando los códigos americanos como base adoptan:

Q admisible: $0,2 q_u$

O el criterio ingles que llega al:

Q admisible: $0,5 q_u$

Siendo q_u la resistencia a compresión simple de la roca obtenida de los ensayos de resistencia a compresión simple. Se suele tomar el mínimo de los valores obtenidos.

Si no se dispone de valores directos de esfuerzos de rotura de los terrenos interesados, debido a la imposibilidad de su tallado (caso frecuente en las pizarras) se usan valores normativos.

En casos de carga sencillas sobre macizos homogéneos y potentes se puede asegurar una presión de trabajo suficiente en torno a los $0,004 \text{Kg/m}^2$.

Debe señalarse que el área de las zapatas no debe ser inferior a unas cuatro veces el área del pilar o $1\text{m} \times 1\text{m}$, para prevenir excentricidades, concentraciones de esfuerzos, defectos constructivos, etc.

Esta carga es valida en el caso de cimentar sobre materiales sanos, con las zapatas empotradas en un espesor no menor de 1 a fin de evitar la zona superficial alterada.

En el caso que a la cota de cimentación prevista aparecieran materiales fracturados o alterados se deberá bajar la cota de cimentación hasta encontrar materiales sanos.

Finalmente con respecto a los asentamientos de las cimentaciones superficiales en roca se hacen mediante modelos elásticos, isotrópos o anisótropos, siendo el problema principal la determinación de los parámetros elásticos. Pero en todo caso es de saberse que los asentamientos en roca son mínimos y por tanto admisibles.

V. SUELOS DE BOGOTÁ D.C

El área de Bogotá D.C corresponde a un sinclinal del terciario tardío y relleno por depósitos de origen lacustre de la era cuaternaria, luego en el cretáceo la zona se cubrió por un océano somero; la zona luego se deprimió y fue cubierta por mas de 16.800m de depósitos marinos.

Las características de la sabana de Bogotá D.C están dadas por depósitos de limos, arcillas y ocasionalmente arenas, estas características se dieron por el ambiente propicio que dejo el relleno de arcillolitas del terciario y la inundación de buena parte del cuaternario.



Figura No.8. El tipo de terreno de Bogotá, predominante en arcillas, ayuda a que se presente la subsidencia del suelo. (fuente: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/article/suelos-arcillosos-de-bogota-proclives-al-hundimiento.html>).

La composición de estos depósitos es una sucesión de limos, arcillas y arcillas-limosas, no es extraño encontrar una capa orgánica alrededor de los 23m de profundidad, y una lamina de arena fina y densa alrededor de los 34m de profundidad, bajo esta capa se ha comprobado la existencia de grandes cambios en las características geo-mecánicas del suelo; en efecto algunos sondeos llevados hasta los 60m de profanidad, muestran una creciente resistencia del suelo (limos arcillosos endurecidos y agrietados).

Por estas características geológicas y geotécnicas encontradas en la ciudad de Bogotá D.C, se puede deducir que los suelos presentan unos parámetros geotécnicos variables

según su ubicación, donde en la mayoría de las zonas encontramos estratos y suelos blandos en su mayoría arcillas. Por lo tanto el comportamiento y sus propiedades mecánicas no son las mas adecuadas para soportar grandes cargas, ya que pueden sufrir grandes deformaciones y/o alteraciones en su estructura.

Por ende las cimentaciones las cimentaciones superficiales se usan principalmente en proyectos de vivienda, bodegas, entre otras obras civiles que no superan los 12m de altura en donde las cargas transmitidas al suelo no sean muy altas, pero se esta realizando que una aproximación para mostrar cual es la utilización de este tipo de cimentación en Bogotá D.C, claro que es una apreciación muy subjetiva ya que, finalmente estas determinaciones dependerán de los rigurosos estudios y metodologías que se deben realizar a la zona a intervenir, aplicando todas las normas técnicas especificadas en Colombia, Norma Sismo Resistente del año 2010 (NSR-10) y constructivas para cualquier tipo de proyecto de ingeniería en donde lo mas importante es la seguridad y garantizar la calidad de vida para las personas o usuarios de dichas estructuras.

VI. CIMENTACIONES SUPERFICIALES CHIHUAHUA VS. BOGOTA D.C

La sabana de Bogotá D.C se caracteriza por tener suelos arcillosos, los cuales se caracterizan por tener propiedades mecánicas muy pobres en el ámbito constructivo (cuentan con muy poca o ninguna plasticidad), en la ciudad de Chihuahua, los suelos de se caracterizan por tener suelos con estratos rocosos, los cuales tienen propiedades mecánicas muy buenas en el ámbito constructivo, por consiguiente se busca hacer una comparación respecto a la cimentación superficial de ambas ciudades mencionadas anteriormente en función del tipo de suelo.

Bogotá D.C: cuenta con suelos finos con propiedades mecánicas muy pobres en el ámbito constructivo, a la hora de cimentar se considera un desafío, ya que existen muchos factores que se buscan evitar si se va a construir en este tipo de suelo como lo pueden ser asentamientos, evitar que se expanda el suelo, buscar una disipación de cargas equilibrada, entre otras.

Algunas ventajas de los suelos de Bogotá D.C es que se pueden excavar fácilmente, y esto permite mas eficacia para la remoción de material, comodidad para realizar estudios de exploración y geotécnicos, Facilidad para transportar el material, etc.

Chihuahua: como anteriormente se mencionó, el suelo de esta ciudad tiene buenas propiedades mecánicas en el ámbito constructivo, las cuales a la hora de cimentar no suele presentar inconvenientes, además de esto cabe destacar que debido a la baja densidad poblacional de esta ciudad, no son necesarias las

edificaciones con una longitud vertical elevada como los son edificios o rascacielos ya que no lo amerita, a pesar de esto, en dado caso que se construyeran proyectos de la magnitud anteriormente mencionados, según lo que se sabe acerca del comportamiento mecánico de los suelos de Chihuahua, este tendría un comportamiento óptimo.

Por la caracterización de los suelos y las propiedades mecánicas de este suelo en mención, se puede deducir que en la ciudad de Chihuahua se presentan los siguientes aspectos positivos:

Minimización de costos en cimentación, ya que los suelos Chihuahuenses cuentan con una resistencia óptima en el ámbito constructivo, la capacidad portante permitiría construcciones de gran magnitud.

Se puede utilizar cimentaciones superficiales en algunas edificaciones verticales de una magnitud considerable, y en pilares de puentes vehiculares.

VII. CONCLUSIONES

Las comparaciones entre los suelos de Chihuahua y Bogotá D.C pueden ser bastantes, pero al momento de estudiar si la cimentación superficial es óptima respecto a las especificaciones y normas técnicas necesarias para desarrollar un proyecto ingenieril, son dependientes específicamente de la obra civil a realizar, y para ello hay que realizar todos los estudios previos (Estudios de Suelos) y procesos técnicos correspondientes.

Por lo tanto podemos decir que no solo existen suelos buenos o malos (en el ámbito constructivo), sino que por el contrario la ingeniería civil se encarga de entender el comportamiento de determinado tipo de suelo, para así establecer sobre este un tipo de cimentación, el cual funcione y este acorde al comportamiento y propiedades de dicho suelo, para que dicha estructura que este soportada sobre estas cimentaciones se mantengan estables.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios en primer lugar por habernos dado la vida y la oportunidad de haber completado exitosamente el Seminario de “Geotecnia Aplicada en Obras de Infraestructura” del cual partimos para la realización del presente artículo.

A nuestros padres Martha Ligia Hurtado Baracaldo, Saúl Sandoval Ibla, Ana Teresa Jiménez y Juan Gutiérrez Ortiz por el apoyo moral y económico.

Por su gestión, aporte y compromiso hacia los estudiantes para que se lograra realizar el seminario internacional como opción de grado, agradecemos al Ing. Alfonso Amézquita Nieto e Ing. Henry Pompilio Ortiz Ruiz.

Asimismo, agradecemos a la Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, Oficina de Relaciones Internacionales, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey–sede Chihuahua (México), quienes con su diligencia y vigor consiguieron establecer esta alianza internacional entre dos prestigiosas Universidades para que se pudiera realizar el seminario Internacional sobre Geotecnia Aplicada en Obras de Infraestructura, el cual nos dio la oportunidad de subir otro escalón más en nuestra vida académica.

A los tutores Ing. Mateo Gutiérrez González y Roy Morales Pérez por el material suministrado, el tiempo, la paciencia, dedicación y continuo apoyo en la dirección de este trabajo.

De igual manera a los docentes Ing. Christian Camilo Gutiérrez Angulo e Ing. Leonel Barrientos por sus comentarios, explicaciones y apoyo incondicional para la elaboración de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Norma Sismo Resistente Colombiana (NSR-10), capítulo C.15-cimentaciones.
- [2] C.15.1 ACI committee 336, “suggested analysis and design procedures for combined footings and mats (ACI 336.2R-88) (Reapproved 2002) American Concrete Institute, Farmington Hills, 1988, 21pp.
- [3] C.15.2 Kramish, F and Rogers, P “Simplified design of combined footings, ASCE, V. 87, OCT 1961 P.19.
- [4] C.15.4 CRSI Handbook, 8 edition, concrete reinforcing steel institute, Schaumburg, II, 2008.
- [5] Barrientos Leonel, Seminario Internacional de Geotecnia Aplicada en Obras de Infraestructura, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Chihuahua (México, Diciembre de 2014).
- [6] Gutiérrez Mateo, Seminario Internacional de Geotecnia Aplicada en Obras de Infraestructura, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Chihuahua (México, Diciembre de 2014).
- [7] Gutiérrez Christian, Seminario Internacional de Geotecnia Aplicada en Obras de Infraestructura, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Chihuahua (México, Diciembre de 2014).
- [8] Rafael, Seminario Internacional de Geotecnia Aplicada en Obras de Infraestructura, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Chihuahua (México, Diciembre de 2014).
- [9] Garza Vásquez Luis, diseño de estructuras de cimentacion de acuerdo a NSR-10, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- [10] Segura Franco Jorge Ignacio, Cimentaciones en la norma, “Requisitos Esenciales para Edificios de Concreto Reforzado – lps-1” Gerente de Jorge Segura Franco & Cia. S. En C.-Ingenieros.
- [11] Semarnat, Secretaria de medio ambiente y recursos naturales, Mexico.
- [12] Cimentaciones y obras en recalces, Gasc y Claude, ed. Reverté, Barcelona 1976, p. 54-55.

- [13] Directory M, articulosinformativos.com.mx, México.
- [14] Dpto. de Ingeniería de la Construcción. Obras Públicas e Infraestructura Urbana – Área de Ingeniería del Terreno, GEOTECNIA Y CIMENTOS Tema 20- Cimentaciones superficiales, Universidad de Alicante.
- [15] Construdata, Estudios de Suelos y Recomendaciones Geotecnicas, LEGIS.
- [16] NSR-10-Capitulo H.8- Sistema constructivo de cimentaciones, excavaciones y muros de contencion.
- [17] Durmo Ingeniería Integral, Diagnostico Basico Municipal para la Gestion Integral de los Residuos Solidos en el Municipio de Guachochi, Estado de Chihuahua.
- [18] Gobierno del estado de Chihuahua, Cartografia de uso de Suelo y Vegetacion del Estado de Chihuahua, Secretaria de Desarrollo Rural, Direccion de Desarrollo Forestal.
- [19] INEGI, 2001. Instituto Nacional de Estadistica, Geografia e Informatica. Anuario Estadistico del Estado de Chihuahua. Aguascalientes, Mexico, s.I.:s.n.
- [20] INEGI, 2003. Sintesis de Informacion Geografica de Chihuahua, s.I.:s.n.
- [21] INEGI, 2005. Instituto Nacional de Estadistica, Geografia e Informatica. Guia para la Interpretacion de la Cartografia del Uso de Suelo y Vegetación., s.I.:s.n.
- [22] Sainz Pascual Jorge, Estudio Geotecnico, Inzamac asistencias tecnicas, s.a.