

# **Diseño alternativo de conexión viga-pilote en la construcción de sótanos**

Tesis presentada para obtener el título de  
Ingeniero civil  
Universidad Santo Tomás

Bernal Pinzón Jorge Stiveen  
García Castañeda Juan Felipe

Dirigido por:  
Silva Vega Gabriel Santiago  
Ingeniero Civil

Universidad Santo Tomás  
Ingeniería Civil  
Bogotá  
2019

## Resumen

Al diseñar las conexiones entre vigas y Pilote/Columna utilizando el método constructivo top Down, es necesario de elementos extra como dados o encamisados de acero, los cuales garantizan el funcionamiento monolítico del sistema, pero no permiten un desarrollo continuo de los aceros de los entrepisos a través de los elementos verticales. Es por esto que, el objetivo del presente proyecto, es desarrollar una conexión que permita el desarrollo del refuerzo longitudinal del entrepiso a través de los elementos verticales, para lo cual se plantea demoler el concreto del pilote/columna en esta parte del nudo, como consecuencia el refuerzo del pilote/columna asumirá toda la carga vertical producida en ese momento, consecutivamente los aceros del entrepiso son instalados para su previa fundición y así consiguiendo que los elementos trabajen monolíticamente.

La carga vertical variara según: la ubicación del pilote (Central, Perimetral o esquinero), el nivel del sótano en el cual se elabora la conexión, y la cantidad de pisos construidos simultáneamente; por esta razón se diseñan diferentes tipos de combinaciones para que puedan ser utilizadas en los casos planteados anteriormente.

Para el desarrollo del presente proyecto se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

- ✓ Capítulo 1, en el cual se tratan los objetivos y alcances del proyecto, adicionalmente se presenta los tiempos establecidos en cada una de las fases planteadas.
- ✓ Capítulo 2, se establecen los cuatro parámetros de diseño (resistencia a fluencia, resistencia al pandeo, espaciamiento entre barras y precio mínimo por metro lineal de pilote/ columna) y se plantean algunos factores que afectan el análisis.

- ✓ Capítulo 3, se describe el análisis que se realiza y se selecciona los modelos que cumplan con los criterios establecidos en capítulos anteriores.
- ✓ Capítulo 4-5, se demuestra la asertividad y veracidad de los datos teóricos, mediante el programa de análisis estructural SAP2000 y finalmente, se presentan los planos detallados de las mejores conexiones, los cuales comprenden dimensiones, materiales y procesos constructivos.

Cabe resaltar que este proyecto se enfoca únicamente al análisis de compresión de los aceros, el cual comprende dos factores: resistencia a fluencia y pandeo. Para su elaboración e implementación, la investigación queda abierta para futuros análisis sismo resistentes y constructivos.

## Contenido

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Capítulo 1 Generalidades .....                               | 9  |
| 1.1. Objetivos .....                                         | 9  |
| 1.1.1. Objetivo general.....                                 | 9  |
| 1.1.2. Objetivos específicos. ....                           | 9  |
| 1.2. Cronograma .....                                        | 10 |
| Capítulo 2 Consideraciones iniciales .....                   | 11 |
| 2.1. Parámetros de diseño .....                              | 11 |
| 2.1.1. Resistencia a la fluencia. ....                       | 11 |
| 2.1.2. Falla por pandeo.....                                 | 13 |
| 2.1.3. Espaciamiento de aceros en el pilote. ....            | 15 |
| 2.1.4. Precio por metro lineal de pilote/columna. ....       | 16 |
| 2.2. Hipótesis de diseño .....                               | 18 |
| Capítulo 3 Análisis de resultados.....                       | 21 |
| 3.1. Modelos seleccionados.....                              | 24 |
| 3.2. Análisis de precios .....                               | 45 |
| 3.2.1. Para pilotes de 100 centímetros de diámetro .....     | 45 |
| 3.2.2. Pilotes de 50 centímetros de diámetro .....           | 49 |
| Capítulo 4 Verificación computacional mediante SAP2000 ..... | 52 |
| 4.1. Modelamiento por fluencia.....                          | 53 |
| 4.2. Modelamiento por pandeo.....                            | 54 |
| 4.3. Verificación de errores .....                           | 56 |
| 4.3.1. Resultados de análisis a fluencia. ....               | 56 |
| 4.3.2. Resultados de análisis de pandeo.....                 | 59 |
| Capítulo 5 Planos .....                                      | 62 |
| 5.1. Isométrico .....                                        | 62 |
| 5.2. Vista de perfil .....                                   | 63 |
| 5.3. Vista de planta .....                                   | 63 |
| 6. Conclusiones .....                                        | 64 |
| 7. Normatividad .....                                        | 65 |
| 8. Referencias.....                                          | 66 |
| 9. Anexos .....                                              | 67 |

## Lista de tablas

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Cronograma.....                                                                                            | 10 |
| <b>Tabla 2.</b> Precio unitario del Kg de acero .....                                                                      | 16 |
| <b>Tabla 3.</b> Precio unitario del m <sup>3</sup> de concreto.....                                                        | 17 |
| <b>Tabla 4.</b> Altura o espesores mínimo recomendables para diseño de losas y vigas (Titulo-C-NSR-10.) .....              | 18 |
| <b>Tabla 5.</b> Avalúo de cargas. ....                                                                                     | 19 |
| <b>Tabla 6.</b> Características de las barras corrugadas. ....                                                             | 20 |
| <b>Tabla 7.</b> Mejores modelos parte 1 .....                                                                              | 22 |
| <b>Tabla 8.</b> Mejores modelos parte 2.....                                                                               | 23 |
| <b>Tabla 9.</b> Características de la configuración de diámetro 50/ 6#8 .....                                              | 25 |
| <b>Tabla 10.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 50 cm / 6#8 .....                                  | 26 |
| <b>Tabla 11.</b> Características de la configuración de diámetro 50/ 7#9 .....                                             | 26 |
| <b>Tabla 12.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 50 cm/ 7#9 .....                                   | 27 |
| <b>Tabla 13.</b> Características de la configuración de diámetro 50/ 9#9 .....                                             | 28 |
| <b>Tabla 14.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 50 cm / 9#9 .....                                  | 29 |
| <b>Tabla 15.</b> Características de la configuración de diámetro 50/ 6#9 .....                                             | 29 |
| <b>Tabla 16.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 50 cm / 6#9 .....                                  | 30 |
| <b>Tabla 17.</b> Características de la configuración de diámetro 50/ 8#9 .....                                             | 31 |
| <b>Tabla 18.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 50 cm / 8#9 .....                                  | 32 |
| <b>Tabla 19.</b> Características de la configuración de diámetro 100/ 12#9 .....                                           | 33 |
| <b>Tabla 20.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 12#9 .....                                | 34 |
| <b>Tabla 21.</b> Características de la configuración de diámetro 100/ 13#9 .....                                           | 34 |
| <b>Tabla 22.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 13#9 .....                                | 35 |
| <b>Tabla 23.</b> Características de la configuración de diámetro 100/ 14#9 .....                                           | 36 |
| <b>Tabla 24.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 14#9 .....                                | 37 |
| <b>Tabla 25.</b> Características de la configuración de diámetro 100/ 15#9 .....                                           | 37 |
| <b>Tabla 26.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 15#9 .....                                | 38 |
| <b>Tabla 27.</b> Características de la configuración de diámetro 100/ 16#9 .....                                           | 39 |
| <b>Tabla 28.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 16#9 .....                                | 40 |
| <b>Tabla 29.</b> Características de la configuración de diámetro 100/ 17#9 .....                                           | 40 |
| <b>Tabla 30.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 17#9 .....                                | 41 |
| <b>Tabla 31.</b> Características de la configuración de diámetro 100/ 18#9 .....                                           | 42 |
| <b>Tabla 32.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 18#9 .....                                | 43 |
| <b>Tabla 33.</b> Características de la configuración de diámetro 100/ 20#9 .....                                           | 43 |
| <b>Tabla 34.</b> Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 20#9 .....                                | 44 |
| <b>Tabla 35.</b> Mejores configuraciones de aceros, teniendo en cuenta diámetro de pilote, # de pisos y # de sótanos ..... | 52 |
| <b>Tabla 36.</b> Resultados de esfuerzos a fluencia .....                                                                  | 58 |
| <b>Tabla 37.</b> Resultados de cargas de pandeo .....                                                                      | 61 |

## Lista de figuras

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Diagrama esfuerzo - deformación unitaria para un acero estructural común. .... | 11 |
| <b>Figura 2.</b> Pandeo de un elemento esbelta debido a una carga $P$ de compresión axial. .... | 13 |
| <b>Figura 3.</b> Formas pandeadas, con su respectiva ecuación de carga crítica. ....            | 14 |
| <b>Figura 4.</b> Separación de barras. ....                                                     | 15 |
| <b>Figura 5.</b> Área total construida, distribución de los pilotes y áreas aferentes. ....     | 19 |
| <b>Figura 6.</b> Vista isométrica de un modelo. ....                                            | 62 |
| <b>Figura 7.</b> Vista de perfil de un modelo. ....                                             | 63 |
| <b>Figura 8.</b> Vista en planta de un modelo. ....                                             | 63 |

## Lista de ilustraciones

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ilustración 1.</b> Configuraciones de barras. ....                                        | 53 |
| <b>Ilustración 2.</b> Vista en planta del modelo diseñado en AutoCAD .....                   | 54 |
| <b>Ilustración 3.</b> Vista isométrica del diseño en AutoCAD.....                            | 55 |
| <b>Ilustración 4.</b> Modelo importado en SAP2000.....                                       | 55 |
| <b>Ilustración 5.</b> Menú de análisis de fuerza y esfuerzos de elementos tipos Frames. .... | 56 |
| <b>Ilustración 6.</b> Diagramas de esfuerzos a fluencia debido a un combo de carga.....      | 57 |
| <b>Ilustración 7.</b> Menú de modificación de áreas de cortante.....                         | 59 |
| <b>Ilustración 8.</b> Factor de pandeo .....                                                 | 60 |

## Lista de gráficos

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gráfico 1.</b> Verificación de resistencias configuración D= 50 cm / 6#8 .....           | 25 |
| <b>Gráfico 2.</b> Verificación de resistencias configuración D= 50 cm/ 7#9 .....            | 27 |
| <b>Gráfico 3.</b> Verificación de resistencias configuración D= 50 cm / 9#9 .....           | 28 |
| <b>Gráfico 4.</b> Verificación de resistencias configuración D= 50 cm / 6#9 .....           | 30 |
| <b>Gráfico 5.</b> Verificación de resistencias configuración D= 50 cm / 8#9 .....           | 31 |
| <b>Gráfico 6.</b> Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 12#9 .....         | 33 |
| <b>Gráfico 7.</b> Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 13#9 .....         | 35 |
| <b>Gráfico 8.</b> Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 14#9 .....         | 36 |
| <b>Gráfico 9.</b> Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 15#9 .....         | 38 |
| <b>Gráfico 10.</b> Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 16#9 .....        | 39 |
| <b>Gráfico 11.</b> Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 17#9 .....        | 41 |
| <b>Gráfico 12.</b> Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 18#9 .....        | 42 |
| <b>Gráfico 13.</b> Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 20#9 .....        | 44 |
| <b>Gráfico 14.</b> Pilote central de 100 cm de diámetro.....                                | 47 |
| <b>Gráfico 15.</b> Pilote esquinero y perimetral de 100 cm de diámetro-primer sótano .....  | 48 |
| <b>Gráfico 16.</b> Pilote esquinero y perimetral de 100 cm de diámetro-segundo sótano ..... | 48 |
| <b>Gráfico 17.</b> Pilote esquinero y perimetral de 100 cm de diámetro-tercer sótano .....  | 49 |
| <b>Gráfico 18.</b> Pilote central de 50 cm de diámetro .....                                | 50 |
| <b>Gráfico 19.</b> Pilote esquinero de 50 cm de diámetro .....                              | 50 |
| <b>Gráfico 20.</b> Pilote perimetral de 50 cm de diámetro .....                             | 51 |

## **Capítulo 1**

### **Generalidades**

#### **1.1.Objetivos**

A continuación se presentan los objetivos generales y específicos del presente trabajo.

##### **1.1.1. Objetivo general.**

Diseñar un sistema alternativo de conexión entre Vigas y Pilotes/Columna en los entrepisos de sótanos de edificaciones cuya estructura se elabora a través del proceso constructivo Top-Down

##### **1.1.2. Objetivos específicos.**

- ✓ Estudiar diferentes modelos, con base en distintas cargas, diámetros, ubicación y características del acero de refuerzo (cantidad y dimensiones) del pilote.
- ✓ Definir los diseños más adecuados, mediante el cumplimiento de resistencia a fluencia, resistencia a pandeo, separación entre barras y precio mínimo.
- ✓ Analizar la variación de precios que tienen los modelos, con respecto a su ubicación dentro del área construida, número de pisos construidos y al nivel de uno de los tres sótanos en los que se llevan a cabo el estudio.
- ✓ Realizar la verificación de los resultados teóricos mediante el software de análisis estructural SAP 2000, de las conexiones, con el fin de verificar la veracidad y asertividad de los cálculos teóricos, adicionalmente se presentan los planos detallados de las mejores conexiones.



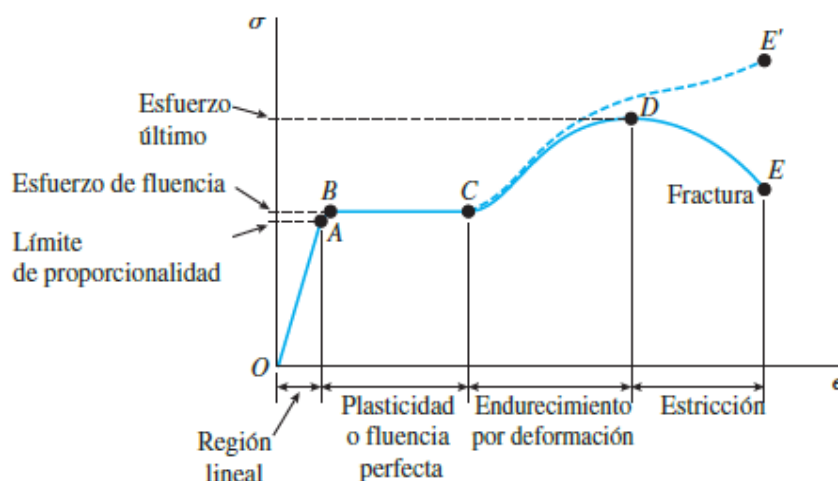
## Capítulo 2

### Consideraciones iniciales

#### 2.1. Parámetros de diseño

##### 2.1.1. Resistencia a la fluencia.

Para establecer la fluencia es necesario tener en cuenta el diagrama de esfuerzo- deformación unitaria del acero ( Figura 1), el cual aporta información sobre las propiedades mecánicas de los materiales, este diagrama se obtiene mediante la realización de un ensayo de tensión o compresión, al determinar el esfuerzo y la deformación unitaria para varias magnitudes de carga; con el fin de tener varios puntos los cuales se pueden trazar en un diagrama, dicho diagrama es una característica del material particular que se ensaya y contiene información importante sobre sus propiedades mecánicas y tipo de comportamiento.



**Figura 1.** Diagrama esfuerzo - deformación unitaria para un acero estructural común.

Gere & Goodno. 2010. Diagrama esfuerzo deformación unitaria para un acero estructural común en tensión (no a escala). Figura. Recuperada de Mecánica de materiales séptima edición. (Libro)

En la figura 1, se aprecia en el eje horizontal las deformaciones unitarias y los esfuerzos en el eje vertical. El diagrama inicia con una línea recta desde el origen O hasta el punto A, que indica que la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria en esta región inicial no sólo es lineal sino también proporcional. Más allá del punto A, ya no existe la proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación unitaria. Para aceros al bajo carbono, este límite se encuentra en el intervalo de 30 a 50 ksi (210 a 350 MPa), pero los aceros de alta resistencia (con contenido mayor de carbono más otras aleaciones) pueden tener límites de proporcionalidad mayores que 80 ksi (550 MPa). La pendiente de la línea recta de O a A se denomina módulo de elasticidad.

Con un incremento en el esfuerzo más allá del límite de proporcionalidad, la deformación unitaria comienza a aumentar más rápidamente con cada incremento del esfuerzo. En consecuencia, la curva esfuerzo-deformación unitaria tiene una pendiente cada vez menor, hasta que en el punto B la curva se vuelve horizontal. A partir de este punto ocurre un alargamiento considerable de la muestra para ensayo sin un aumento notable en la fuerza de tensión (del punto B al C). Este fenómeno se conoce como fluencia del material y el punto B se denomina punto de fluencia. El esfuerzo correspondiente se conoce como esfuerzo de fluencia del acero. En la región de B a C el material se vuelve perfectamente plástico, lo cual significa que se deforma sin un aumento en la carga aplicada. Enseguida el acero comienza a endurecerse por deformación. Durante el endurecimiento por deformación el material experimenta cambios en su estructura cristalina, resultando en una resistencia mayor del material ante una deformación adicional. La elongación de la muestra de ensayo en esta región requiere un aumento en la carga de tensión, por tanto, el diagrama esfuerzo-deformación unitaria tiene una pendiente positiva de C a D. Al final, la carga llega a su valor máximo y el esfuerzo correspondiente (en el punto D) se denomina

esfuerzo último. Un alargamiento adicional de la barra en realidad se acompaña de una reducción en la carga y la fractura finalmente ocurre en un punto como el E. (Gere & Goodno, 2010)

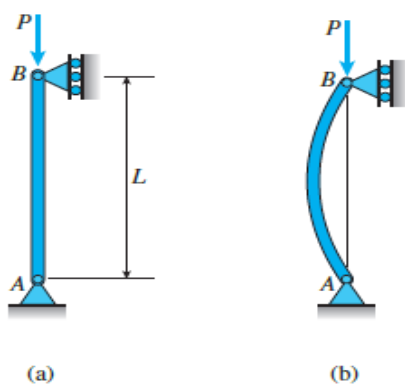
Para encontrar la resistencia a la fluencia de las diferentes barra se halla de la siguiente manera: el área efectiva transversal de la barra se multiplica por la resistencia a la compresión del acero, la cual tiene que ser mayor a la carga que recibe cada barra.

Condición:

- ✓ Cumple : resistencia a la fluencia de la barra  $>$  carga por barra
- ✓ No cumple: resistencia a la fluencia de la barra  $<$  carga por barra

### 2.1.2. Falla por pandeo.

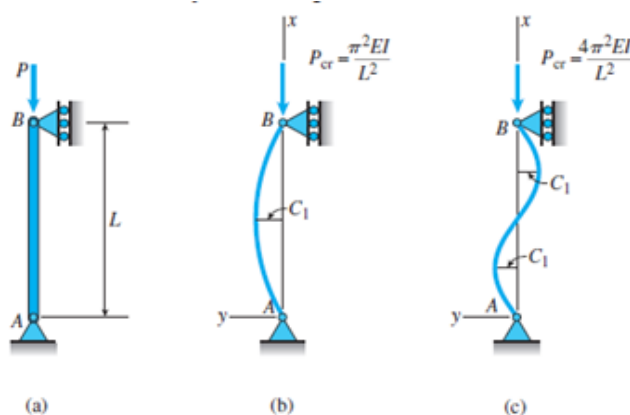
Este tipo de falla se analiza en elementos largos y esbeltos, los cuales han sido cargados axialmente (Figura 2), por ser una de las causas principales de falla en estructura, es importante este estudio dentro del diseño



**Figura 2.** Pandeo de un elemento esbelto debido a una carga  $P$  de compresión axial.

Gere & Goodno. 2010. Pandeo de una columna esbelta debido a una carga  $P$  de compresión axial. Figura. Recuperada de Mecánica de materiales séptima edición. (Libro)

El factor primordial del pandeo es el estudio de la carga crítica ( $P_{cr}$ ), en donde se afirma que si la carga axial a la cual este sometido el material es menor a la carga crítica, entonces la estructura es estable; en caso contrario, esta es inestable, esto fue estudiado por el famoso matemático Leonhard Euler (1707-1783), el cual investigó el pandeo de materiales y determinar las cargas críticas de este. (Figura 3)



**Figura 3.** Formas pandeadas, con su respectiva ecuación de carga crítica.

Gere & Goodno. 2010. Formas pandeadas para una columna ideal con extremos articulados: (a) columna inicialmente recta, (b) forma pandeada para  $n = 1$  y (c) forma pandeada para  $n=2$ .

Figura. Recuperada de Mecánica de materiales séptima edición. (Libro)

Para hallar la carga crítica a la cual el acero se somete, se consideran los siguientes factores para una forma pandeada  $n=1$ :

✓ Módulo de elasticidad (E): se maneja un módulo de elasticidad de 200000 MPa

$$E = \frac{F'y}{e} \Rightarrow F'y = 420 \text{ MPa}, e = 0.0021$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

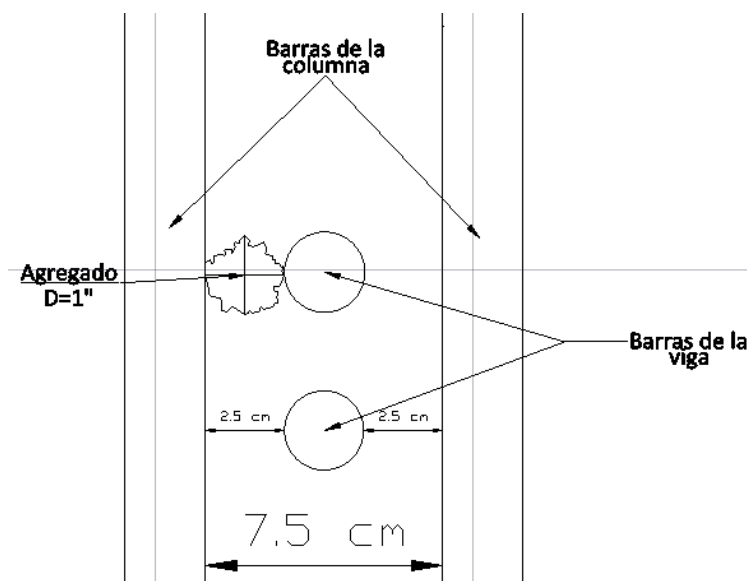
- ✓ Inercia(I): Teniendo en cuenta la sección transversal de las barras corrugadas (circular), se halla la inercia de la siguiente manera:

$$I = \left( \frac{(\text{Diametro}/2)^4}{4} * \pi \right)$$

- ✓ Longitud del tramo a demoler (L): Para la longitud del tramo a demoler se toma la altura del entrepiso y se adiciono 10 centímetros a favor de mejorar el funcionamiento y acoplamiento de los dos elementos (columna y viga).

### 2.1.3. Espaciamiento de aceros en el pilote.

Se considera una distancia entre barras paralelas de 7.5 cm, porque se priorizaron dos factores que afectan el diseño; el primero estudia el espaciamiento mínimo necesario para que la barra de la viga pueda pasar entre las barras de la columna, y el segundo; que entre las barras de la columna y de la viga, se pudiese pasar el agregado grueso del concreto de una pulgada aproximadamente. (Figura 4)



**Figura 4.** Separación de barras.

#### 2.1.4. Precio por metro lineal de pilote/columna.

Para el análisis de precios del metro lineal de pilote se divide en dos secciones, la primera, estudia el precio de kg de pilote el cual tiene en cuenta separadores, alambres de amarre, mano de obra y herramienta menor (Tabla 2), enseguida se saca los m<sup>3</sup> de acero que ocupaban los diferentes modelos en un metro de pilote, teniendo la densidad de este material, se saca los kg de acero en un metro lineal, finalmente se multiplica este último valor por el precio obtenido del análisis de precios unitarios, con el objetivo de obtener el precio total de los kg de acero en un metro lineal.

**Tabla 2.**  
*Precio unitario del Kg de acero*

| Unidad                        | Descripción                                                                                                            | Cantidad | Valor unitario | Valor parcial   |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|
| <b>Materiales</b>             |                                                                                                                        |          |                |                 |
| Ud                            | Separador homologado de plástico para armaduras de pilotes de varios diámetros.                                        | 0,530    | \$ 174         | \$ 92           |
| kg                            | Acero en barras corrugadas, Grado 60 ( $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706. | 1,020    | \$ 1.867       | \$ 1.904        |
| kg                            | Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.                                                                 | 0,007    | \$ 2.140       | \$ 15           |
| <b>Subtotal materiales:</b>   |                                                                                                                        |          |                | <b>\$ 2.012</b> |
| <b>Mano de obra</b>           |                                                                                                                        |          |                |                 |
| h                             | Oficial 1ª armador de concreto.                                                                                        | 0,008    | \$ 21.914      | \$ 175          |
| h                             | Ayudante armador de concreto.                                                                                          | 0,011    | \$ 16.285      | \$ 179          |
| <b>Subtotal mano de obra:</b> |                                                                                                                        |          |                | <b>\$ 354</b>   |
| <b>Herramienta menor</b>      |                                                                                                                        |          |                |                 |
| %                             | Herramienta menor                                                                                                      | 2,000    | \$ 2.366       | \$ 47           |
| <b>Total costos directos</b>  |                                                                                                                        |          |                | <b>\$ 2.413</b> |

La segunda parte se analiza el precio del m<sup>3</sup> de concreto, el cual considera un concreto con las siguientes características:  $f'_c=21 \text{ MPa}$ , sin ninguna exposición, con un agregado máximo de 25 milímetros, manejabilidad fluida, fabricado en planta, fundido con bomba y considerando un 10% de desperdicio. Adicionalmente se considera el camión bomba, la mano de obra y la herramienta menor (Tabla 3).

Paralelamente se deduce los  $m^3$  de concreto que hay en un metro lineal de concreto, teniendo en cuenta los diferentes diámetros y el espacio ocupado por los aceros, finalmente se multiplica este último valor con el precio unitario del  $m^3$  de concreto con el objetivo de obtener el precio total de los  $m^3$  de concreto en un metro lineal de pilote.

**Tabla 3.**

*Precio unitario del  $m^3$  de concreto.*

| Unidad                        | Descripción                                                                                                                                                                                        | Cantidad | Valor unitario | Valor parcial     |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-------------------|
| <b>Materiales</b>             |                                                                                                                                                                                                    |          |                |                   |
| $m^3$                         | Concreto simple $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (21 MPa), clase de exposición F0 S0<br>P0 C0, tamaño máximo del agregado 25 mm, manejabilidad fluida,<br>fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318. | 1,100    | \$ 300.795     | \$ 330.874        |
| <b>Subtotal materiales:</b>   |                                                                                                                                                                                                    |          |                | <b>\$ 330.874</b> |
| <b>Equipo</b>                 |                                                                                                                                                                                                    |          |                |                   |
| h                             | Camión bomba estacionado en obra, para bombeo de concreto.                                                                                                                                         | 0,088    | \$ 347.063     | \$ 30.542         |
| <b>Subtotal equipo:</b>       |                                                                                                                                                                                                    |          |                | <b>\$ 30.542</b>  |
| <b>Mano de obra</b>           |                                                                                                                                                                                                    |          |                |                   |
| h                             | Oficial 1 <sup>a</sup> cementador de concreto armado.                                                                                                                                              | 0,056    | \$ 21.914      | \$ 1.227          |
| h                             | Ayudante cementador de concreto armado.                                                                                                                                                            | 0,280    | \$ 16.285      | \$ 4.560          |
| <b>Subtotal mano de obra:</b> |                                                                                                                                                                                                    |          |                | <b>\$ 5.787</b>   |
| <b>Herramienta menor</b>      |                                                                                                                                                                                                    |          |                |                   |
| %                             | Herramienta menor                                                                                                                                                                                  | 2,000    | \$ 367.202     | \$ 7.344          |
| <b>Total costos directos</b>  |                                                                                                                                                                                                    |          |                | <b>\$ 374.547</b> |

Para finalizar, se calcula el precio total final, el cual se obtiene sumando el precio total de los kg de acero con el precio total de los  $m^3$  de concreto; este valor es el último de los filtros que se utiliza para el análisis de modelos, ya que muchos modelos cumplían pero algunos tenían cantidades de acero o de concreto muy grandes, y por ende se tuvo la necesidad de escoger los modelos que cumplieran los filtros mencionados anteriormente (Resistencia a fluencia, resistencia a pandeo, separación de barras) y que fueran los más económicos posibles.

## 2.2.Hipótesis de diseño

Para el desarrollo del análisis teórico, se procede a plantear diferentes hipótesis afectadas por los siguientes factores:

- ✓ Área construida: (Considerada mediante áreas de edificios como Bacatá y Atrio)  
35 m\*63 m; 2205m<sup>2</sup>
- ✓ Altura libre : 2.5m
- ✓ Diámetros de los pilotes: 30cm, 50cm y 100cm
- ✓ Distancia entre pilotes: 7 metros a criterio del director del proyecto; ya que se considera un diseño de los pilotes/columna, el cual trabaja como un sistema estructural de pórticos resistentes a momentos, porque un sistema de pilotes, sólo permite una distancia máxima entre pilotes del 3.5 veces el diámetro del pilote.
- ✓ Altura de entrepiso: Para determinar el espesor mínimo que la losa maciza debe tener, se considera lo consignado en la tabla C.9.5.a de la NSR-10; en donde se presentan distintas opciones, dependiendo de la luz entre columnas, el sistema del entrepiso y la configuración de apoyos.

**Tabla 4.**

*Altura o espesores mínimo recomendables para diseño de losas y vigas (Titulo-C-NSR-10.)*

|                                         | Espesor mínimo, $h$                                                                                                                |                         |                          |                  |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|
|                                         | Simplemente apoyados                                                                                                               | Con un Extremo continuo | Ambos Extremos continuos | En voladizo      |
| Elementos                               | Elementos que soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes. |                         |                          |                  |
| Losas macizas en una dirección          | $\frac{\ell}{14}$                                                                                                                  | $\frac{\ell}{16}$       | $\frac{\ell}{19}$        | $\frac{\ell}{7}$ |
| Vigas o losas nervadas en una dirección | $\frac{\ell}{11}$                                                                                                                  | $\frac{\ell}{12}$       | $\frac{\ell}{14}$        | $\frac{\ell}{5}$ |

La Notas son las mismas de la Tabla C.9.5(a) del Reglamento.:

Para el caso, se escoge la configuración de losa maciza y el sistema de apoyos continuos, los cual nos indica lo siguiente:

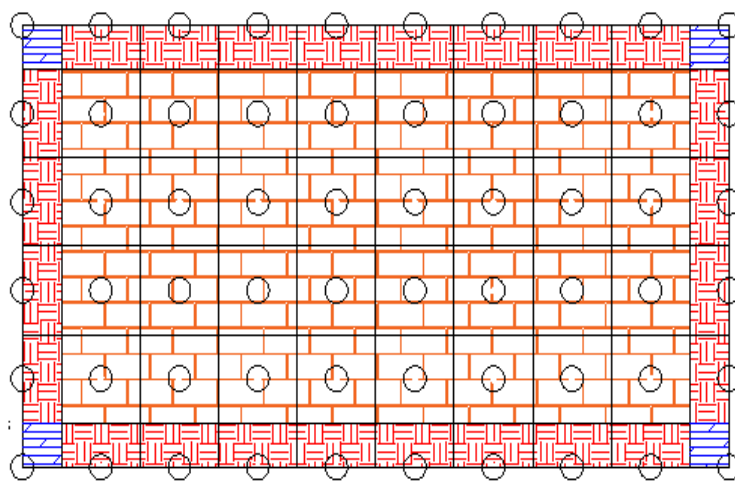
$$\text{Espesor mínimo} = \frac{l}{19} \rightarrow \frac{700\text{cm}}{19} \rightarrow \text{Espesor mínimo} = 37\text{cm}$$

- ✓ **Avalúo de cargas :** Se considera el peso de la estructura, teniendo en cuenta el peso propio de la placa, los pilotes y una carga viva la cual incluye el peso de los operarios y de las máquinas que se utilicen para los métodos constructivos a realizar. (Tabla 5)

**Tabla 5.**  
*Avaluó de cargas.*

| Diametro del pilote (cm) | Distancia entre pilotes (m) | Espesor de la losa (cm) | Peso losa (kN) | Altura libre (m) | Peso (kN) | Area losa (m <sup>2</sup> ) | Peso (kN/m <sup>2</sup> ) | Peso (kN/m <sup>2</sup> ) | Total (kN/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------|------------------|-----------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 30                       | 7,00                        | 36,84                   | 8,84           |                  | 4,24      |                             | 0,01                      | 3,00                      | 11,85                      |
| 50                       | 7,00                        | 36,84                   | 8,84           | 2,50             | 11,78     | 2200,00                     | 0,01                      | 3,00                      | 11,85                      |
| 100                      | 7,00                        | 36,84                   | 8,84           |                  | 47,12     |                             | 0,02                      | 3,00                      | 11,86                      |

- ✓ **Áreas aferentes:** Se estiman tres tipos de áreas, según la carga por área aferente recibida: esquinero en color azul, central en color naranja y perimetral en color rojo. (Figura 5)



**Figura 5.** Área total construida, distribución de los pilotes y áreas aferentes.

En la tabla 6 se encuentran los diferentes números de barras con su respectivo diámetro, área efectiva y adicionalmente su resistencia mínima y máxima a fluencia.

**Tabla 6.**

*Características de las barras corrugadas.*

| # de barra | Diámetro<br>(mm) | Área Efectiva<br>$mm^2$ | Resistencia mínima<br>a la fluencia (MPa) | Resistencia máxima<br>a la fluencia (MPa) |
|------------|------------------|-------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 2          | 6                | 32                      |                                           |                                           |
| 3          | 10               | 71                      |                                           |                                           |
| 4          | 13               | 129                     |                                           |                                           |
| 5          | 16               | 199                     |                                           |                                           |
| 6          | 19               | 284                     |                                           |                                           |
| 7          | 22               | 387                     |                                           |                                           |
| 8          | 25               | 510                     | 420                                       | 550                                       |
| 9          | 29               | 645                     |                                           |                                           |
| 10         | 32               | 819                     |                                           |                                           |
| 11         | 36               | 1006                    |                                           |                                           |
| 14         | 43               | 1452                    |                                           |                                           |
| 18         | 57               | 2581                    |                                           |                                           |

- ✓ Cuantías: Determinadas con base en la NSR-10/ Título C.10.9; en donde se mencionan los rangos de cuantías permitidos en columnas, los cuales varían entre 1% a 4% con respecto al área bruta de la sección.

### Capítulo 3

#### Análisis de resultados

Para escoger los mejores modelos se toma en cuenta el cumplimiento de tres condiciones: Resistencia a la fluencia, resistencia al pandeo y separación de barras; después se selecciona la opción de menor precio del pilote/columna por metro lineal es decir la que presenta menor cuantía después del cumplimiento de los tres parámetros mencionados anteriormente. Los modelos seleccionados se aprecian en la Tabla 7 y 8, en donde se puede observar los diferentes diámetros de pilotes, número de pisos construidos, nivel de sótano a analizar y localización del pilote, inicialmente, se revisa los pilotes de diámetro de 30 centímetros los cuales no cumplen, esto debido a que varias alternativas cumplían por resistencia a la fluencia y por resistencia al pandeo, pero al examinar la distancia entre barras paralelas, se encuentra que este factor no cumple debido a que la distancia máxima que se encuentra oscila entre los 4 a 5 centímetros, esto se da por el reducido espacio libre que brinda los pilotes de 30 centímetros de diámetro, lo que significa que no se halla una relación óptima entre el número de barras, separación de estas y las diferentes resistencias, en cuanto a los pilotes de diámetro de 50 cm, se observa que la máxima configuración de es de 4 pisos, lo cual se puede distribuir en 3 sótanos y 1 piso o en 2 pisos y 2 sótanos, adicionalmente se observa que de la configuración anteriormente mencionada en adelante solo tienen cumplimiento los pilotes perimetrales y esquineros, lo que nos indica que la demanda de carga de los pilotes centrales en estos casos, deben ser tomada por pilotes de mayor diámetro. El ultimo diámetro escogido en el análisis corresponde a un diámetro de 100 cm, en cual se puede ver que este diámetro abarca más cargas en comparación con los anteriores diámetros sin tener una cuantía muy elevada, ya que esta varía entre el 1% y 1.7% y da cumplimiento a nuestros diferentes filtros, finalmente se analiza que este tiene una configuración

máxima de 10 pisos , la cual se distribuye en 3 sótanos y 7 pisos, teniendo en cuenta que para configuraciones de pisos anteriores a esta no requiere un diámetro mayor.

**Tabla 7.**

*Mejores modelos parte 1*

| N° de pisos | Nivel de sótano | Ubicación de pilote | Arreglo | Diametro de 30 cm |        |         | Arreglo | Diametro de 50 cm |        |         | Arreglo | Diametro de 100 cm |        |         |
|-------------|-----------------|---------------------|---------|-------------------|--------|---------|---------|-------------------|--------|---------|---------|--------------------|--------|---------|
|             |                 |                     |         | Fluencia          | Pandeo | Espacio |         | Fluencia          | Pandeo | Espacio |         | Fluencia           | Pandeo | Espacio |
| 1           | 1               | esquinero           | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✗       | 7#6     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 1           | 1               | central             | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 1           | 1               | perimetral          | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 1           | 2               | esquinero           | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✗       | 8#6     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 1           | 2               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 7#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 1           | 2               | perimetral          | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 1           | 3               | esquinero           | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 1           | 3               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 9#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 1           | 3               | perimetral          | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 7#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 2           | 1               | esquinero           | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✗       | 7#6     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 2           | 1               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 6#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 2           | 1               | perimetral          | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 2           | 2               | esquinero           | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 2           | 2               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 8#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 2           | 2               | perimetral          | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 2           | 3               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 7#7     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 2           | 3               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 11#9    | ✓                 | ✓      | ✗       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 2           | 3               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 6#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 3           | 1               | esquinero           | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 3           | 1               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 8#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 3           | 1               | perimetral          | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 3           | 2               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 7#7     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 3           | 2               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 11#9    | ✓                 | ✓      | ✗       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 3           | 2               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 6#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 3           | 3               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 3           | 3               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 12#9    | ✓                 | ✓      | ✗       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 3           | 3               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 6#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 4           | 1               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#7     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 4           | 1               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 10#9    | ✓                 | ✓      | ✗       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 4           | 1               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 7#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 4           | 2               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 4           | 2               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 12#9    | ✓                 | ✓      | ✗       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |

**Tabla 8.**  
*Mejores modelos parte 2*

| N° de pisos | Nivel de sótano | Ubicación de pilote | Arreglo | Diametro de 30 cm |        |         | Arreglo | Diametro de 50 cm |        |         | Arreglo | Diametro de 100 cm |        |         |
|-------------|-----------------|---------------------|---------|-------------------|--------|---------|---------|-------------------|--------|---------|---------|--------------------|--------|---------|
|             |                 |                     |         | Fluencia          | Pandeo | Espacio |         | Fluencia          | Pandeo | Espacio |         | Fluencia           | Pandeo | Espacio |
| 4           | 2               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 6#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 4           | 3               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 4           | 3               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 14#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 4           | 3               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 7#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 5           | 1               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 5           | 1               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 12#9    | ✓                 | ✓      | ✗       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 5           | 1               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 6#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 5           | 2               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 5           | 2               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 14#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 5           | 2               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 7#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 5           | 3               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 5           | 3               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 16#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 5           | 3               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 8#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 6           | 1               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 6           | 1               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 12#9    | ✗                 | ✓      | ✗       | 13#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 6           | 1               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 7#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 6           | 2               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 6           | 2               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 16#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 6           | 2               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 8#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 6           | 3               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✗      | ✗       | 7#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 6           | 3               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 18#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 6           | 3               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 9#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 7           | 1               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✗       | 6#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 7           | 1               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 15#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 7           | 1               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 8#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 7           | 2               | esquinero           | 6#8     | ✓                 | ✗      | ✗       | 7#8     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 7           | 2               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 17#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 7           | 2               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 9#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 7           | 3               | esquinero           | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 6#9     | ✓                 | ✓      | ✓       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 7           | 3               | central             | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 20#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |
| 7           | 3               | perimetral          | -       | ✗                 | ✗      | ✗       | 12#9    | ✓                 | ✓      | ✗       | 12#9    | ✓                  | ✓      | ✓       |

Para verificar el cumplimiento de las diferentes resistencias, se presentan las gráficas de los modelos seleccionados, pero en este documento sólo se presentan los mejores modelos que se localizan en el centro, con el fin de analizar el caso más crítico. Otra razón de escoger estos pilotes, es que en el área construida solo se maneje una sola configuración de pilote, lo cual optimiza los procesos constructivos. En las gráficas se puede encontrar 3 líneas las cuales significan:

- Línea azul: Máxima carga que la barra resiste a pandeo
- Línea roja: Máxima carga que la barra resiste a fluencia.
- Línea verde: Fuerza que recibe cada barra, debido a las diferentes cargas especificadas en el avalúo.

También se encuentra que estas gráficas están simplificadas, porque se clasifican de tal manera que se puedan entender con facilidad, con el fin de dar a conocer una gráfica de un modelo en específico teniendo en cuenta:

- Diámetro de pilote.
- # de la barra
- Localización del pilote
- Nivel de sótano a analizar.

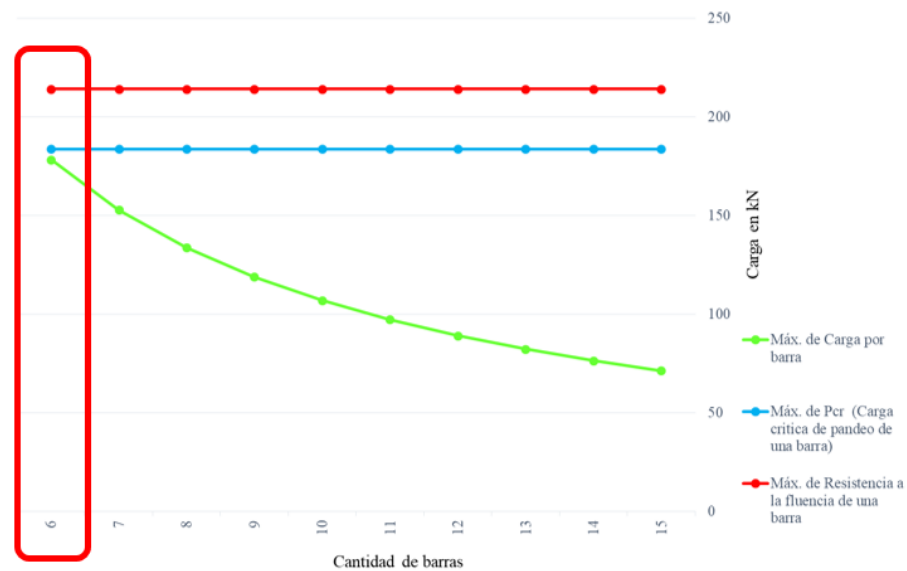
### **3.1.Modelos seleccionados**

De los modelos seleccionados, a continuación, se presenta un estudio de las configuraciones de acero que tienen una localización central, y que cumplan las condiciones de fluencia, pandeo y espaciamiento entre barras. Entre los modelos de diámetro de 50 centímetros, y que cumplen lo mencionado anteriormente, se encuentran:

## 1. 6#8

**Tabla 9.***Características de la configuración de diámetro 50/ 6#8*

| Característica                          | Valor      |
|-----------------------------------------|------------|
| Diámetro del pilote                     | 50 cm      |
| Cantidad de barras                      | 6          |
| # de la barra                           | 8          |
| Cuantía del acero                       | 1.56%      |
| N° de pisos construidos                 | 1          |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 1          |
| Carga por barra                         | 178.4 kN   |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 214.2 kN   |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 183.8 kN   |
| Espaciamiento entre aceros              | 14.5 cm    |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 120.777 |

**Gráfico 1.** Verificación de resistencias configuración D= 50 cm / 6#8

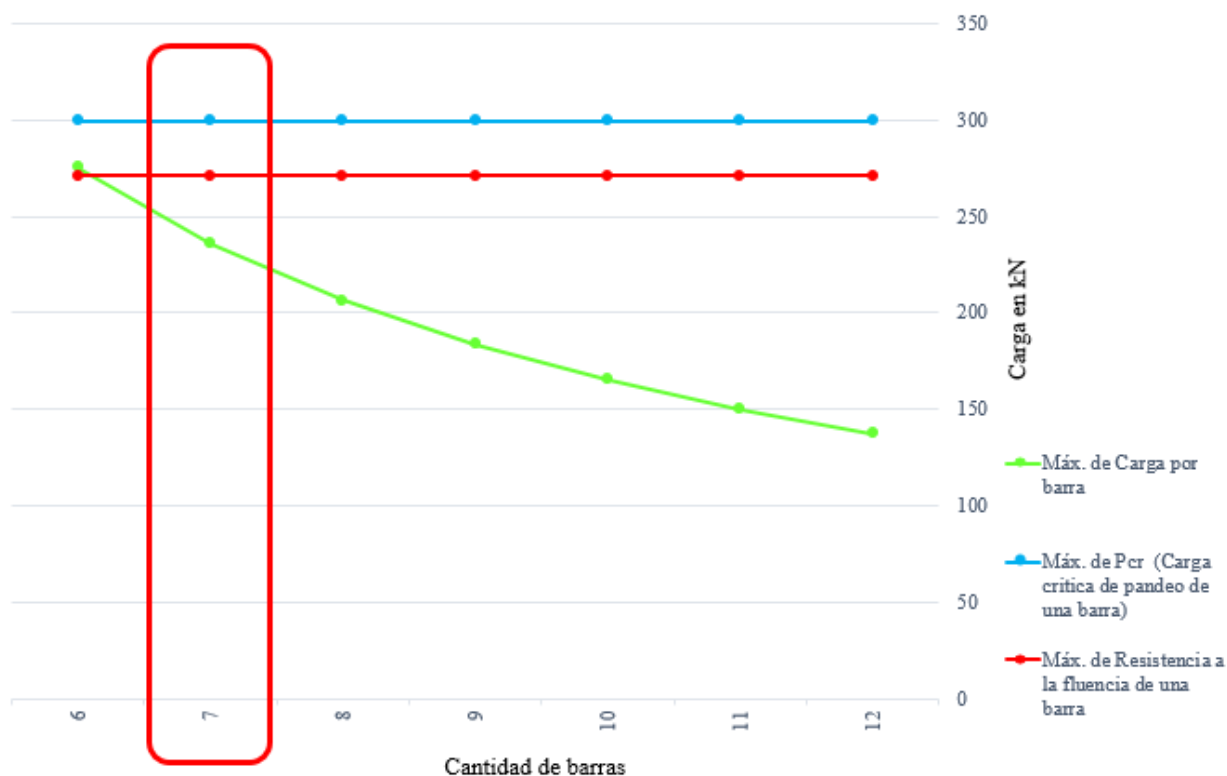
**Tabla 10.***Características de las vigas permitidas para pilote D= 50 cm / 6#8*

| Recubrimiento | Tamaño maximo                        |   | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|--------------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|------------------|
|               | nominal de la partícula del concreto |   |                                   |                    |                  |
| 3,5 cm        | 2,5 cm                               | 2 | 3                                 | 40,05 cm           |                  |
|               |                                      | 3 | 3                                 | 40,05 cm           |                  |
|               |                                      | 4 | 3                                 | 40,05 cm           |                  |
|               |                                      | 5 | 3                                 | 40,05 cm           |                  |
|               |                                      | 6 | 3                                 | 40,05 cm           |                  |

2. 7#9

**Tabla 11.***Características de la configuración de diámetro 50/ 7#9*

| Característica                          | Valor      |
|-----------------------------------------|------------|
| Diámetro del pilote                     | 50 cm      |
| Cantidad de barras                      | 7          |
| # de la barra                           | 9          |
| Cuántía del acero                       | 2.30%      |
| Nº de pisos construidos                 | 1          |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 2          |
| Carga por barra                         | 235.9 kN   |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |
| Espaciamiento entre aceros              | 11.5 cm    |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 144.949 |



**Gráfico 2.** Verificación de resistencias configuración D= 50 cm/ 7#9

**Tabla 12.**

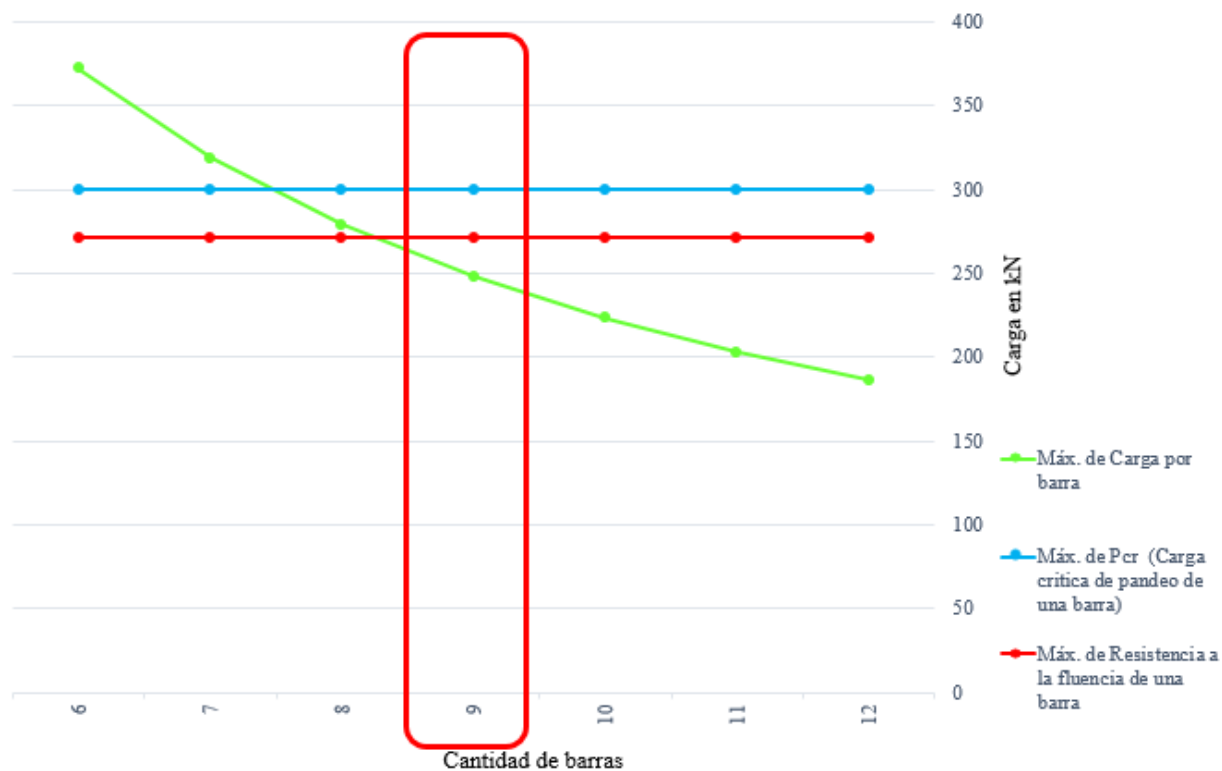
*Características de las vigas permitidas para pilote D= 50 cm/ 7#9*

| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la particula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,50 cm       | 2,50 cm                                            | 2                                 | 2                  | 31,07 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 2                  | 31,07 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 2                  | 31,07 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 2                  | 31,07 cm         |
|               |                                                    | 6                                 | 2                  | 31,07 cm         |
|               |                                                    | 7                                 | 2                  | 31,07 cm         |
|               |                                                    | 8                                 | 2                  | 31,07 cm         |
|               |                                                    | 9                                 | 2                  | 31,07 cm         |
|               |                                                    | 10                                | 2                  | 31,07 cm         |
|               |                                                    | 11                                | 2                  | 31,07 cm         |
|               |                                                    | 14                                | 2                  | 31,07 cm         |

## 3. 9#9

**Tabla 13.***Características de la configuración de diámetro 50/ 9#9*

| Característica                          | Valor      |
|-----------------------------------------|------------|
| Diámetro del pilote                     | 50 cm      |
| Cantidad de barras                      | 9          |
| # de la barra                           | 9          |
| Cuantía del acero                       | 2.96%      |
| N° de pisos construidos                 | 1          |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 3          |
| Carga por barra                         | 248 kN     |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |
| Espaciamiento entre aceros              | 8.3 cm     |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 166.385 |

**Gráfico 3.** Verificación de resistencias configuración D= 50 cm / 9#9

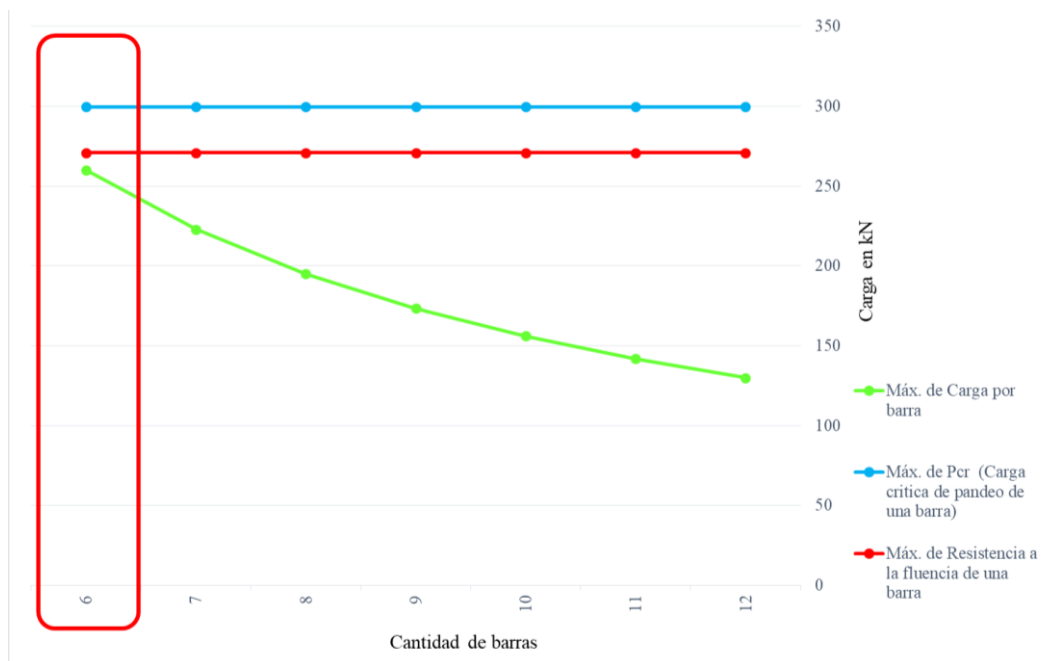
**Tabla 14.***Características de las vigas permitidas para pilote D= 50 cm / 9#9*

| Recubrimiento | Tamaño maximo                        |                                   | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
|               | nominal de la partícula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # |                    |                  |
| 3,5 cm        | 2,5 cm                               | 2                                 | 2                  | 25,14 cm         |
|               |                                      | 3                                 | 2                  | 25,14 cm         |
|               |                                      | 4                                 | 2                  | 25,14 cm         |
|               |                                      | 5                                 | 2                  | 25,14 cm         |
|               |                                      | 6                                 | 2                  | 25,14 cm         |

4. 6#9

**Tabla 15.***Características de la configuración de diámetro 50/ 6#9*

| Característica                          | Valor      |
|-----------------------------------------|------------|
| Diámetro del pilote                     | 50 cm      |
| Cantidad de barras                      | 6          |
| # de la barra                           | 9          |
| Cuantía del acero                       | 1.97%      |
| Nº de pisos construidos                 | 2          |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 1          |
| Carga por barra                         | 260.1 kN   |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |
| Espaciamiento entre aceros              | 14 cm      |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 134.232 |



**Gráfico 4.** Verificación de resistencias configuración D= 50 cm / 6#9

**Tabla 16.**

*Características de las vigas permitidas para pilote D= 50 cm / 6#9*

| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la partícula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,5 cm        | 2,5 cm                                             | 2                                 | 3                  | 39,78 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 3                  | 39,78 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 3                  | 39,78 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 3                  | 39,78 cm         |

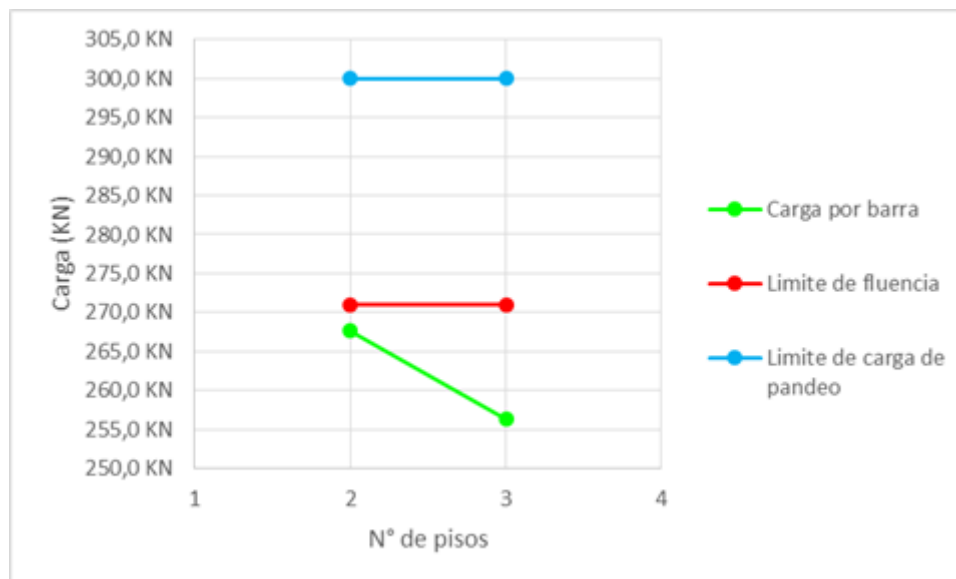
5. 8#9: Debido a que este modelo satisface dos configuraciones de pisos y sótanos, se ordena de la siguiente manera (Tabla 16), Con respecto al gráfico, se puede apreciar en el eje horizontal los números de pisos, lo cual corresponde a los números de pisos especificados en la Tabla 16, y en el eje vertical, se encuentra las diferentes cargas, en

donde se observa que la carga por barra están por debajo de los límites de fluencia y de pandeo.

**Tabla 17.**

*Características de la configuración de diámetro 50/ 8#9*

| Característica                          | Valor      |          |
|-----------------------------------------|------------|----------|
| Diámetro del pilote                     | 50 cm      |          |
| Cantidad de barras                      | 8          |          |
| # de la barra                           | 9          |          |
| Cuantía del acero                       | 2.63%      |          |
| N° de pisos construidos                 | 2          | 3        |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 2          | 1        |
| Carga por barra                         | 267.6 kN   | 256.3 kN |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |          |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |          |
| Espaciamiento entre aceros              | 9.7 cm     |          |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 155.667 |          |



**Gráfico 5.** Verificación de resistencias configuración D= 50 cm / 8#9

**Tabla 18.***Características de las vigas permitidas para pilote D= 50 cm / 8#9*

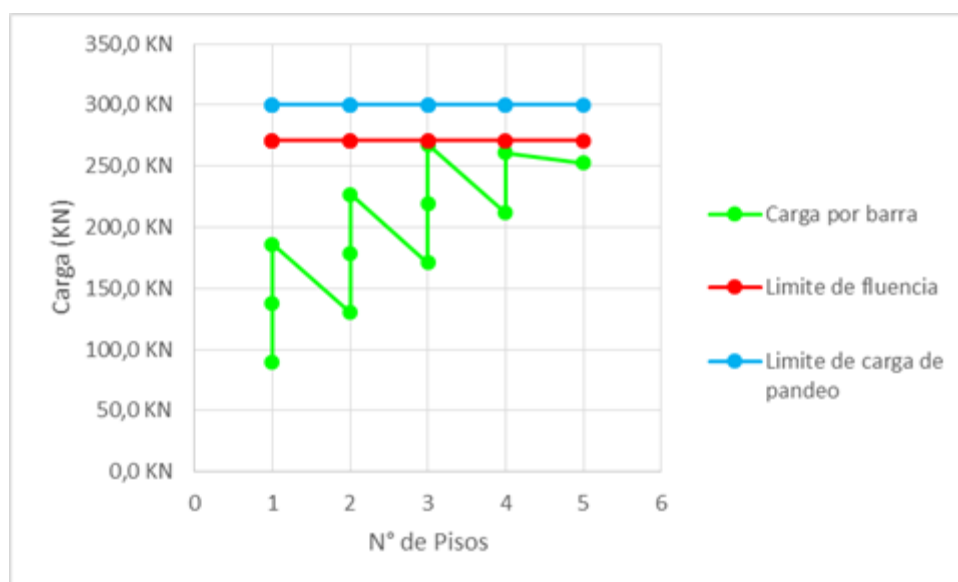
| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la particula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,5 cm        | 2,5 cm                                             | 2                                 | 2                  | 27,61 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 2                  | 27,61 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 2                  | 27,61 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 2                  | 27,61 cm         |
|               |                                                    | 6                                 | 2                  | 27,61 cm         |
|               |                                                    | 7                                 | 2                  | 27,61 cm         |
|               |                                                    | 8                                 | 2                  | 27,61 cm         |
|               |                                                    | 9                                 | 2                  | 27,61 cm         |
|               |                                                    | 10                                | 2                  | 27,61 cm         |
|               |                                                    | 11                                | 2                  | 27,61 cm         |

En cuanto los modelos de diámetro de 100 cm, se encuentran 8 modelos los cuales son:

1. 12#9: Debido a que este modelo satisface varias configuraciones de pisos y sótanos, se organiza de la siguiente manera. Con respecto al gráfico, se puede apreciar en el eje horizontal los números de pisos, en el cual se representan 3 puntos, los cuales corresponden a los números de sótanos, y en el eje vertical, se encuentran las diferentes cargas, en donde se observa que la carga por barra están por debajo de los límites de fluencia y de pandeo.

**Tabla 19.**  
Características de la configuración de diámetro 100/ 12#9

| Característica                               | Valor      |       |       |       |       |     |     |       |       |       |       |       |  |
|----------------------------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Diámetro del pilote                          | 100 cm     |       |       |       |       |     |     |       |       |       |       |       |  |
| Cantidad de barras                           | 12         |       |       |       |       |     |     |       |       |       |       |       |  |
| # de la barra                                | 9          |       |       |       |       |     |     |       |       |       |       |       |  |
| Cuantía del acero                            | 1%         |       |       |       |       |     |     |       |       |       |       |       |  |
| N° de pisos construidos                      | 1          | 1     | 1     | 2     | 2     | 2   | 3   | 3     | 3     | 4     | 4     | 5     |  |
| Nivel del sótano el cual se analiza          | 1          | 2     | 3     | 1     | 2     | 3   | 1   | 2     | 3     | 1     | 2     | 1     |  |
| Carga por barra (kN)                         | 89,3       | 137,7 | 186,2 | 186,2 | 130,1 | 179 | 171 | 219,4 | 267,8 | 211,8 | 260,8 | 252,6 |  |
| Resistencia a la fluencia de cada barra (kN) | 271, kN    |       |       |       |       |     |     |       |       |       |       |       |  |
| Carga crítica de pandeo de cada barra (kN)   | 300        |       |       |       |       |     |     |       |       |       |       |       |  |
| Espaciamento entre aceros                    | 18,6 cm    |       |       |       |       |     |     |       |       |       |       |       |  |
| Precio pilote x m lineal                     | \$ 408.317 |       |       |       |       |     |     |       |       |       |       |       |  |



**Gráfico 6.** Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 12#9

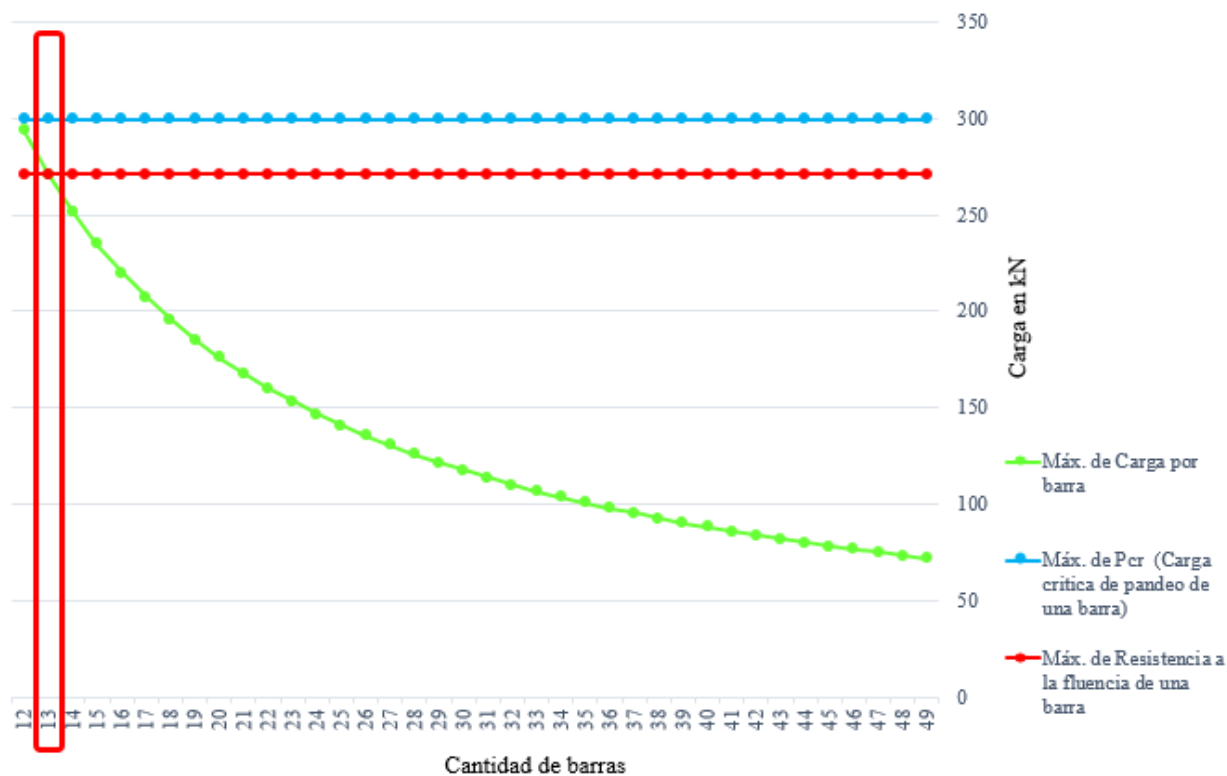
**Tabla 20.***Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 12#9*

| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la particula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,5 cm        | 2,5 cm                                             | 2                                 | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 6                                 | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 7                                 | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 8                                 | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 9                                 | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 10                                | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 11                                | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 14                                | 4                  | 77,42 cm         |
|               |                                                    | 18                                | 4                  | 77,42 cm         |

## 2. 13#9

**Tabla 21.***Características de la configuración de diámetro 100/ 13#9*

| Característica                          | Valor      |
|-----------------------------------------|------------|
| Diámetro del pilote                     | 100 cm     |
| Cantidad de barras                      | 13         |
| # de la barra                           | 9          |
| Cuantía del acero                       | 1,07%      |
| Nº de pisos construidos                 | 6          |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 1          |
| Carga por barra                         | 120,1 kN   |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |
| Espaciamiento entre aceros              | 17 cm      |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 447.834 |



**Gráfico 7.** Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 13#9

**Tabla 22.**

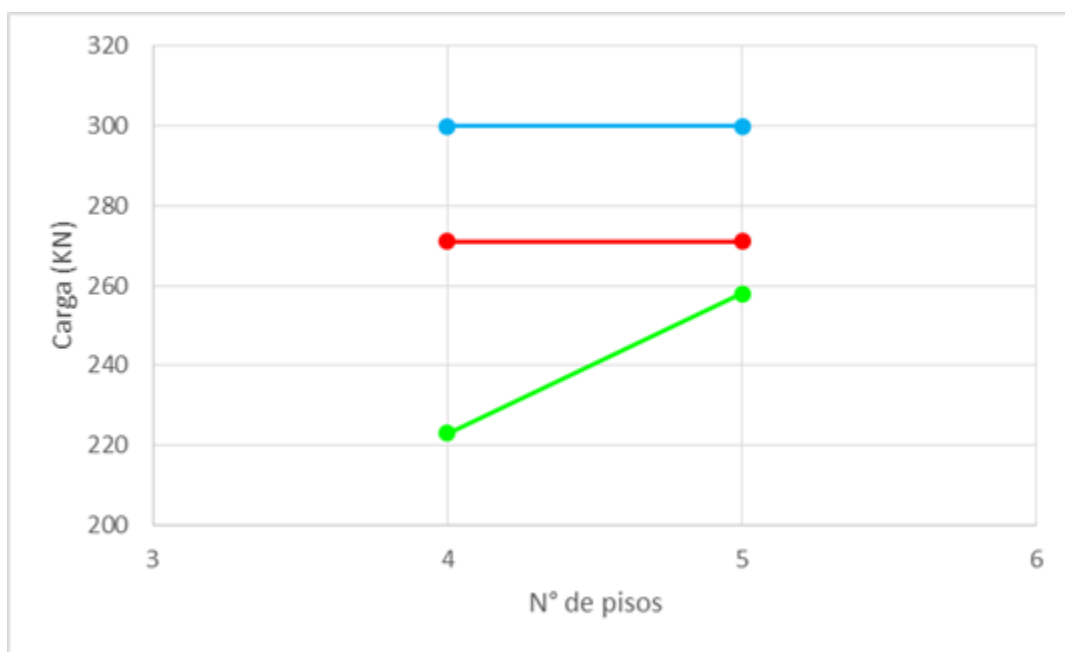
Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 13#93

| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la partícula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,5 cm        | 2,5 cm                                             | 2                                 | 5                  | 83,86 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 5                  | 83,86 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 5                  | 83,86 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 5                  | 83,86 cm         |
|               |                                                    | 6                                 | 5                  | 83,86 cm         |
|               |                                                    | 7                                 | 5                  | 83,86 cm         |
|               |                                                    | 8                                 | 5                  | 83,86 cm         |
|               |                                                    | 9                                 | 4                  | 73,16 cm         |
|               |                                                    | 10                                | 4                  | 73,16 cm         |
|               |                                                    | 11                                | 4                  | 73,16 cm         |
|               |                                                    | 14                                | 4                  | 73,16 cm         |
|               |                                                    | 18                                | 4                  | 73,16 cm         |

## 3. 14#9

**Tabla 23.***Características de la configuración de diámetro 100/ 14#9*

| Característica                          | Valor      |        |
|-----------------------------------------|------------|--------|
| Diámetro del pilote                     | 100 cm     |        |
| Cantidad de barras                      | 14         |        |
| # de la barra                           | 9          |        |
| Cuantía del acero                       | 1.15%      |        |
| N° de pisos construidos                 | 4          | 5      |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 2          | 2      |
| Carga por barra                         | 223 kN     | 258 kN |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |        |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |        |
| Espaciamiento entre aceros              | 15.6 cm    |        |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 459.654 |        |

**Gráfico 8.** Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 14#9

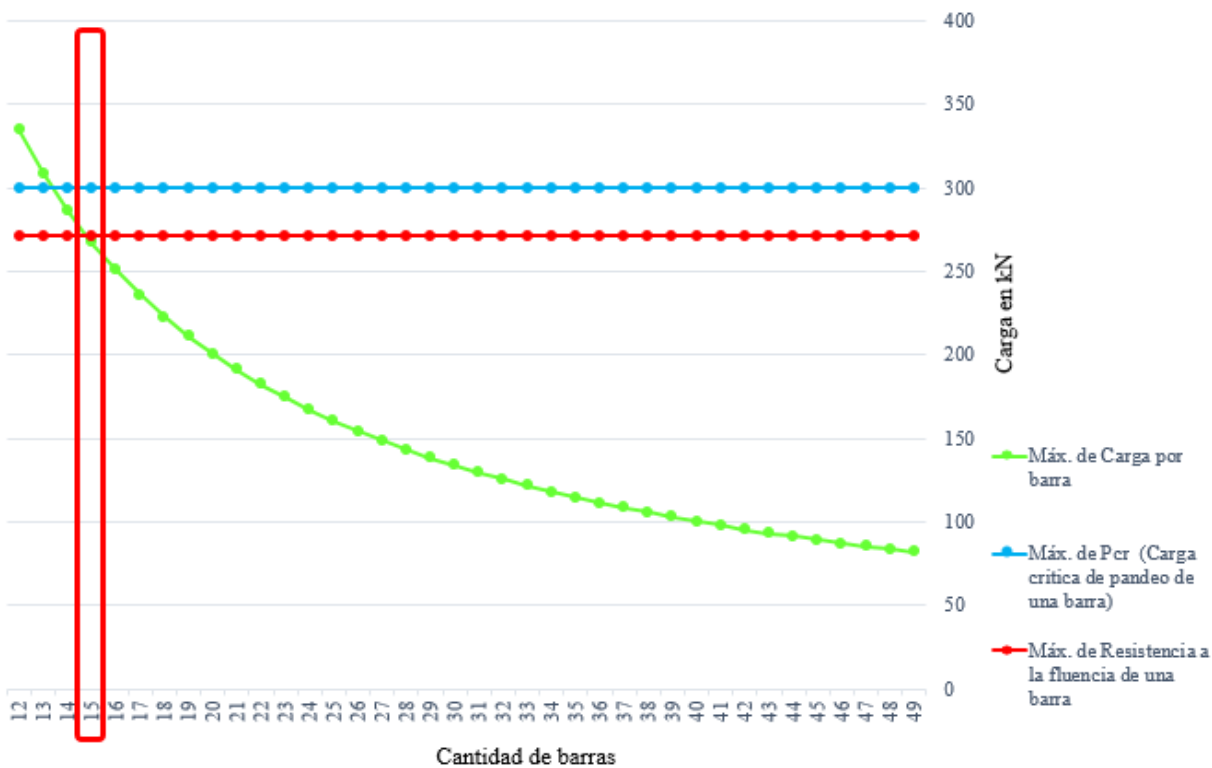
**Tabla 24.***Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 14#9*

| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la particula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,5 cm        | 2,5 cm                                             | 2                                 | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 6                                 | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 7                                 | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 8                                 | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 9                                 | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 10                                | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 11                                | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 14                                | 5                  | 81,10 cm         |
|               |                                                    | 18                                | 3                  | 56,08 cm         |

## 4. 15#9

**Tabla 25.***Características de la configuración de diámetro 100/ 15#9*

| Característica                          | Valor      |
|-----------------------------------------|------------|
| Diámetro del pilote                     | 100 cm     |
| Cantidad de barras                      | 15         |
| # de la barra                           | 9          |
| Cuantía del acero                       | 1.23%      |
| Nº de pisos construidos                 | 7          |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 1          |
| Carga por barra                         | 267.4 kN   |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |
| Espaciamiento entre aceros              | 14.3 cm    |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 471.475 |



**Gráfico 9.** Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 15#9

**Tabla 26.**

Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 15#9

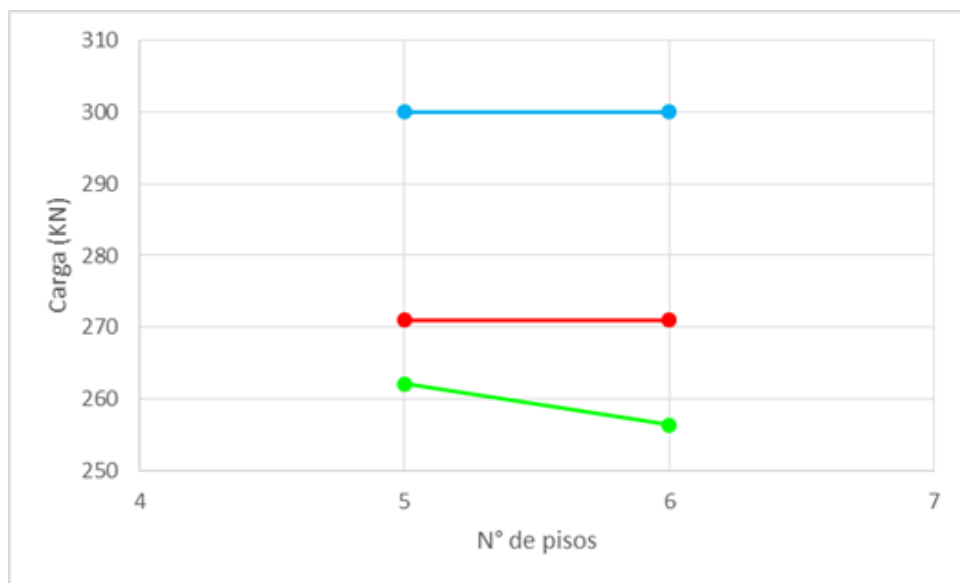
| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la particula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,5 cm        | 2,5 cm                                             | 2                                 | 6                  | 86,22 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 5                  | 77,55 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 5                  | 77,55 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 5                  | 77,55 cm         |
|               |                                                    | 6                                 | 5                  | 77,55 cm         |
|               |                                                    | 7                                 | 5                  | 77,55 cm         |
|               |                                                    | 8                                 | 5                  | 77,55 cm         |
|               |                                                    | 9                                 | 5                  | 77,55 cm         |
|               |                                                    | 10                                | 5                  | 77,55 cm         |
|               |                                                    | 11                                | 4                  | 66,30 cm         |
|               |                                                    | 14                                | 4                  | 66,30 cm         |
|               |                                                    | 18                                | 3                  | 52,83 cm         |

5. 16#9

**Tabla 27.**

*Características de la configuración de diámetro 100/ 16#9*

| Característica                          | Valor      |          |
|-----------------------------------------|------------|----------|
| Diámetro del pilote                     | 100 cm     |          |
| Cantidad de barras                      | 16         |          |
| # de la barra                           | 9          |          |
| Cuantía del acero                       | 1.31%      |          |
| N° de pisos construidos                 | 5          | 6        |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 3          | 2        |
| Carga por barra                         | 262.1 kN   | 256.4 kN |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |          |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |          |
| Espaciamento entre aceros               | 13.3 cm    |          |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 483.295 |          |



**Gráfico 10.** Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 16#9

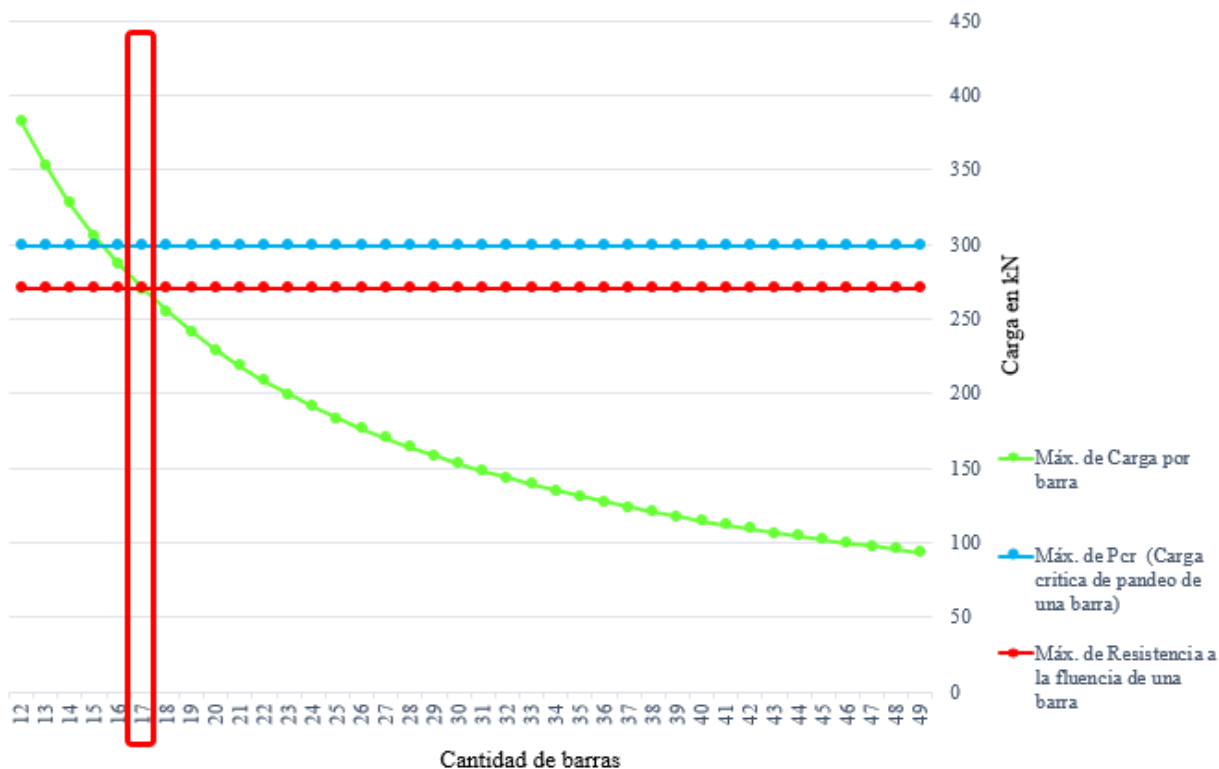
**Tabla 28.***Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 16#9*

| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la particula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,5 cm        | 2,5 cm                                             | 2                                 | 6                  | 83,85 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 6                  | 83,85 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 6                  | 83,85 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 6                  | 83,85 cm         |
|               |                                                    | 6                                 | 6                  | 83,85 cm         |
|               |                                                    | 7                                 | 6                  | 83,85 cm         |
|               |                                                    | 8                                 | 4                  | 63,45 cm         |
|               |                                                    | 9                                 | 4                  | 63,45 cm         |
|               |                                                    | 10                                | 4                  | 63,45 cm         |
|               |                                                    | 11                                | 4                  | 63,45 cm         |
|               |                                                    | 14                                | 4                  | 63,45 cm         |
|               |                                                    | 18                                | 4                  | 63,45 cm         |

6. 17#9

**Tabla 29.***Características de la configuración de diámetro 100/ 17#9*

| Característica                          | Valor      |
|-----------------------------------------|------------|
| Diámetro del pilote                     | 100 cm     |
| Cantidad de barras                      | 17         |
| # de la barra                           | 9          |
| Cuantía del acero                       | 1.4%       |
| N° de pisos construidos                 | 7          |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 2          |
| Carga por barra                         | 270.2 kN   |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |
| Espaciamiento entre aceros              | 12.3 cm    |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 461.905 |



**Gráfico 11.** Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 17#9

**Tabla 30.**

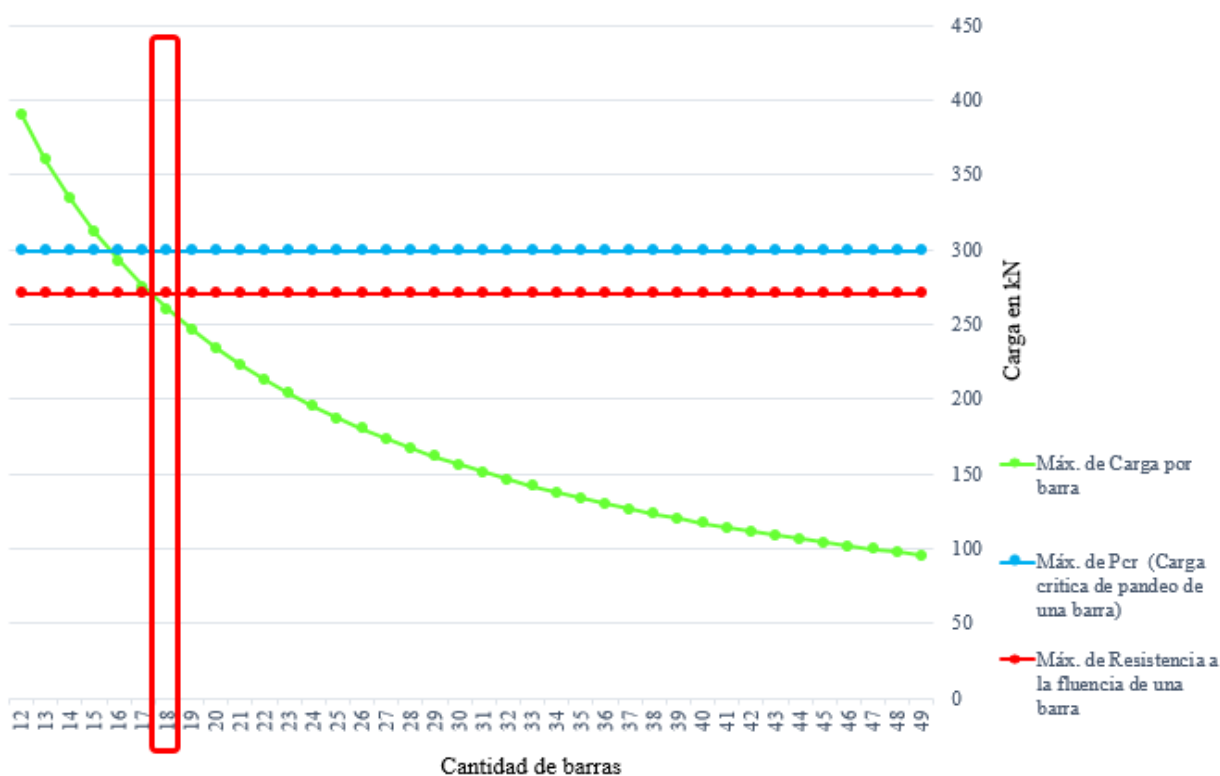
*Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 17#9*

| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la particula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,5 cm        | 2,5 cm                                             | 2                                 | 6                  | 80,83 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 6                  | 80,83 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 6                  | 80,83 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 5                  | 71,50 cm         |
|               |                                                    | 6                                 | 5                  | 71,50 cm         |
|               |                                                    | 7                                 | 5                  | 71,50 cm         |
|               |                                                    | 8                                 | 5                  | 71,50 cm         |
|               |                                                    | 9                                 | 5                  | 71,50 cm         |
|               |                                                    | 10                                | 5                  | 71,50 cm         |
|               |                                                    | 11                                | 4                  | 60,37 cm         |
|               |                                                    | 14                                | 4                  | 60,37 cm         |
|               |                                                    | 18                                | 3                  | 47,72 cm         |

## 7. 18#9

**Tabla 31.***Características de la configuración de diámetro 100/ 18#9*

| Característica                          | Valor      |
|-----------------------------------------|------------|
| Diámetro del pilote                     | 100 cm     |
| Cantidad de barras                      | 18         |
| # de la barra                           | 9          |
| Cuantía del acero                       | 1.48%      |
| N° de pisos construidos                 | 6          |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 3          |
| Carga por barra                         | 260.2 kN   |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |
| Espaciamiento entre aceros              | 11.5 cm    |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 472.622 |

**Gráfico 12.** Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 18#9

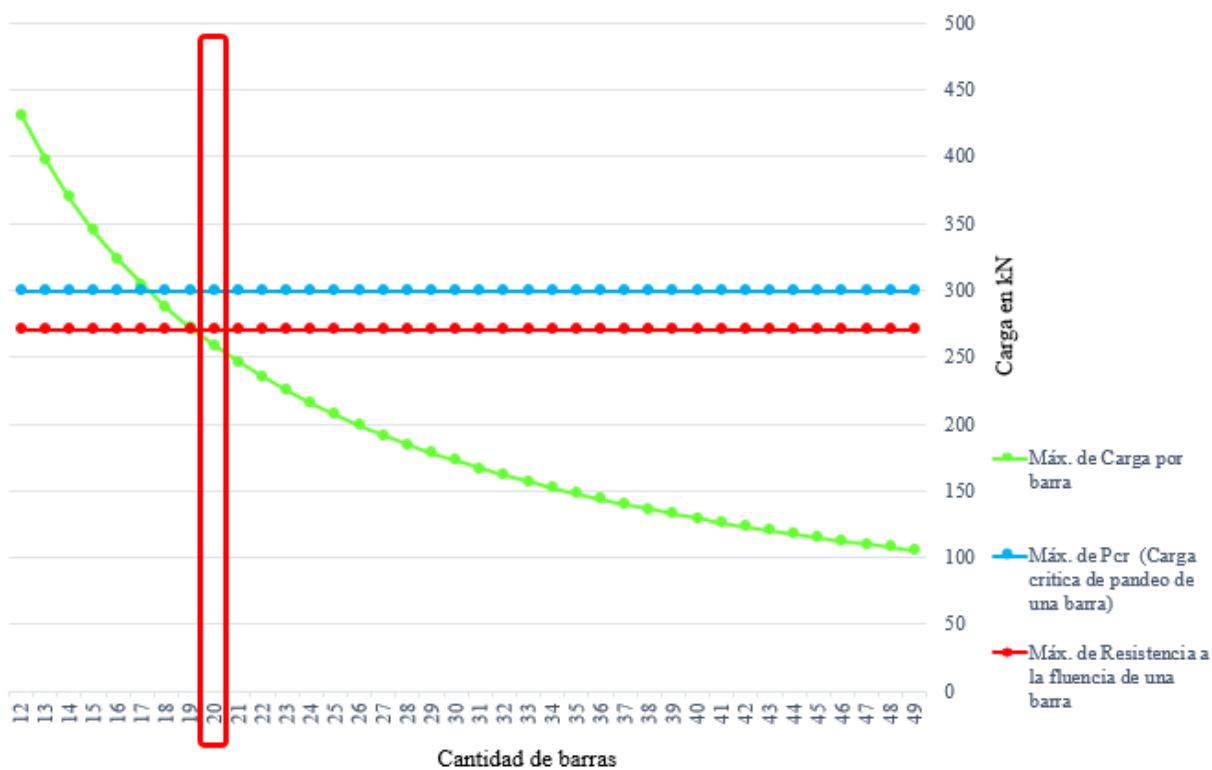
**Tabla 32.***Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 18#9*

| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la particula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,5 cm        | 2,5 cm                                             | 2                                 | 7                  | 86,06 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 5                  | 68,89 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 5                  | 68,89 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 5                  | 68,89 cm         |
|               |                                                    | 6                                 | 5                  | 68,89 cm         |
|               |                                                    | 7                                 | 5                  | 68,89 cm         |
|               |                                                    | 8                                 | 5                  | 68,89 cm         |
|               |                                                    | 9                                 | 5                  | 68,89 cm         |
|               |                                                    | 10                                | 5                  | 68,89 cm         |
|               |                                                    | 11                                | 5                  | 68,89 cm         |
|               |                                                    | 14                                | 3                  | 45,64 cm         |
|               |                                                    | 18                                | 3                  | 45,64 cm         |

## 8. 20#9

**Tabla 33.***Características de la configuración de diámetro 100/ 20#9*

| Característica                          | Valor      |
|-----------------------------------------|------------|
| Diámetro del pilote                     | 100 cm     |
| Cantidad de barras                      | 20         |
| # de la barra                           | 9          |
| Cuantía del acero                       | 1.64%      |
| Nº de pisos construidos                 | 7          |
| Nivel del sótano el cual se analiza     | 3          |
| Carga por barra                         | 258.7 kN   |
| Resistencia a la fluencia de cada barra | 271 kN     |
| Carga crítica de pandeo de cada barra   | 300 kN     |
| Espaciamiento entre aceros              | 10 cm      |
| Precio pilote x m lineal                | \$ 494.057 |



**Gráfico 13.** Verificación de resistencias configuración D= 100 cm / 20#9

**Tabla 34.**

Características de las vigas permitidas para pilote D= 100 cm / 20#9

| Recubrimiento | Tamaño maximo nominal de la particula del concreto | Tipos de barra a poder utilizar # | Cantidad de barras | Ancho de la viga |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 3,5 cm        | 2,5 cm                                             | 2                                 | 6                  | 73,10 cm         |
|               |                                                    | 3                                 | 6                  | 73,10 cm         |
|               |                                                    | 4                                 | 6                  | 73,10 cm         |
|               |                                                    | 5                                 | 6                  | 73,10 cm         |
|               |                                                    | 6                                 | 6                  | 73,10 cm         |
|               |                                                    | 7                                 | 4                  | 53,21 cm         |
|               |                                                    | 8                                 | 4                  | 53,21 cm         |
|               |                                                    | 9                                 | 4                  | 53,21 cm         |
|               |                                                    | 10                                | 4                  | 53,21 cm         |
|               |                                                    | 11                                | 4                  | 53,21 cm         |
|               |                                                    | 14                                | 2                  | 29,64 cm         |

Para el pilote de 30 centímetros de diámetro es posible elaborar este tipo de conexión ya que cumple con los criterios de fluencia y pandeo, pero por su reducido espacio, no permite que los aceros longitudinales del entrepiso se desarrollen dentro de los elementos verticales, en ciertos casos que si lo permite, no cumpliría con el espacio mínimo entre barras que exige la norma, el cual habla sobre un espacio en el cual el agregado del concreto pueda fluir entre los aceros

### **3.2. Análisis de precios**

En cuanto al análisis de precios se encuentra que los pilotes de diámetro de 100 centímetros son en promedio 3.2 veces más costosos que los pilotes de diámetro de 50 centímetros, esto debido a que en su fabricación se requiere más materiales como lo son concreto y acero; a criterio del diseñador, número de pisos de la estructura, eficiencia en pisos y los recursos económicos disponibles, se pueden escoger las diferentes alternativas; por ejemplo un edificio que consta en su diseño de 1 sótano y 3 pisos, el cual necesita una eficiencia considerable, se puede diseñar con un pilote de diámetro de 50 centímetros, ya que no es necesario sobrediseñar con pilotes de mayor diámetro, ya que 50 centímetros son capaces de suplir la demanda dada, en caso dado que se escogiera el pilote de diámetro de 100 centímetros, se observa un incremento de 2.6 veces más por metro lineal de pilote, lo cual no es rentable para el cliente. Otro ejemplo sería un edificio que consta en su diseño de 3 sótanos y 20 pisos, este tiene varias alternativas en su diseño, pero si el cliente necesita más de 3 pisos y adicionalmente, requiere que paralelamente se construyan más de 2 sótanos, es necesario utilizar un pilote/columna con un diámetro mayor a 50 centímetros, pero en caso contrario de que el cliente requiera menos de los requerimientos anteriormente mencionados, podrán utilizar los pilotes/columnas de diámetro de 50 centímetros.

Los costos de la conexión disminuyen en diámetros menores de los pilotes, en este caso para la elaboración de la conexión en el pilote/columna de 50 centímetros de diámetro, los precios tienen una reducción del 36% con respecto al de 1 metro de diámetro.

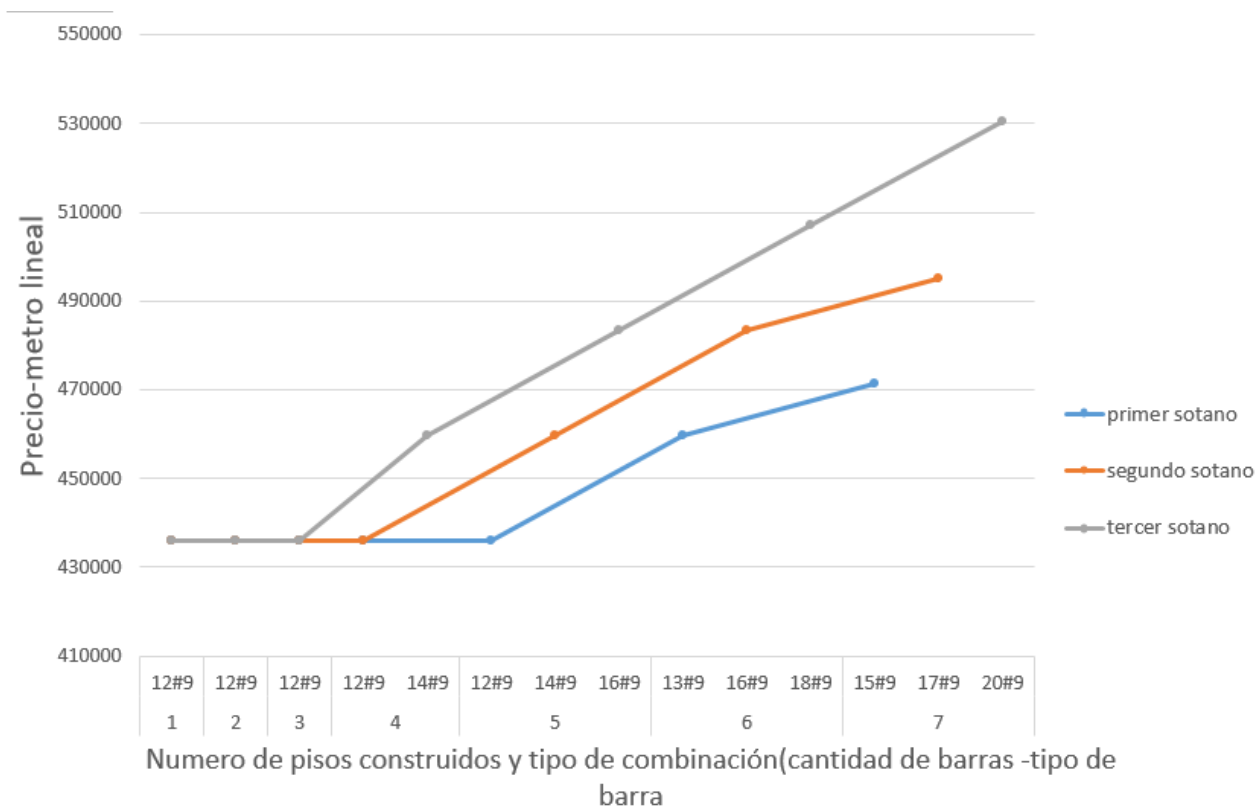
Se observa en las siguientes gráficas que, para la construcción de pisos en paralelo los costos van aumentando sin embargo algunas combinaciones de barras permiten construir en paralelo más pisos repercutiendo en precios constantes, de igual manera a medida que se requieren la construcción de más sótanos el precio aumenta ya que se necesitan más barras de acero las cuales puedan soportar la estructura temporalmente.

Como se observa en la siguiente gráfica se logra resaltar la conexión de doce barras número 9 la cual permite:

- la construcción de hasta 5 pisos en paralelo con la construcción de un sótano
- la construcción de 3 pisos paralelos con 3 sótanos.
- La construcción de 4 pisos paralelos con dos sótanos

### 3.3. Para pilotes de 100 centímetros de diámetro

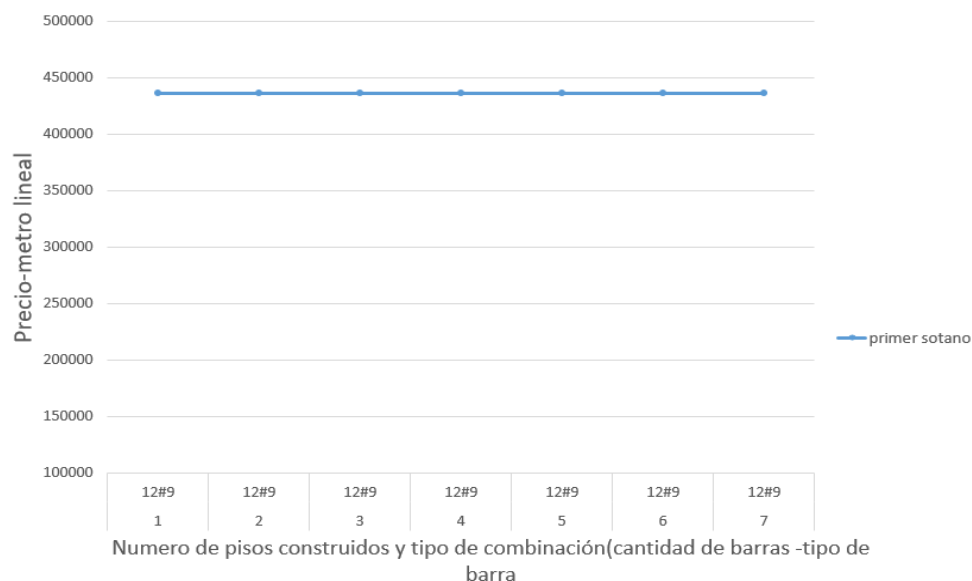
✓ Pilote central de 100 centímetros de diámetro



**Gráfico 14.** Pilote central de 100 cm de diámetro

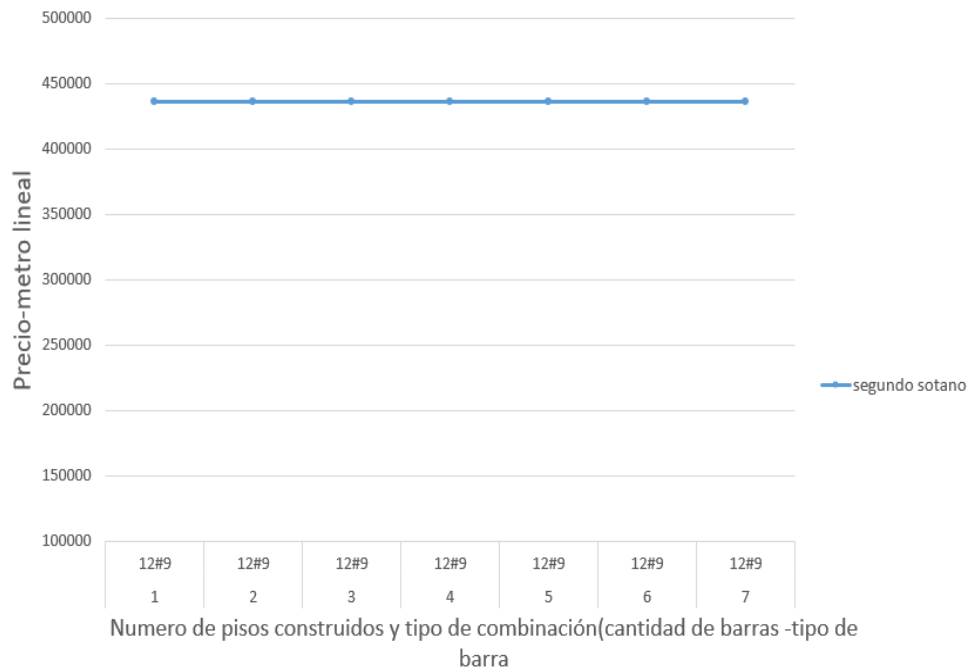
Para los pilotes esquineros y perimetrales de 100 centímetros solo existe un tipo de combinación la cual es la conexión de doce barras número 9 esto es debido a que en estos pilotes la carga es menor y requiere menos acero para garantizar la estabilidad y construcción de la estructura.

✓ Pilote esquinero y perimetral de 100 centímetros de diámetro



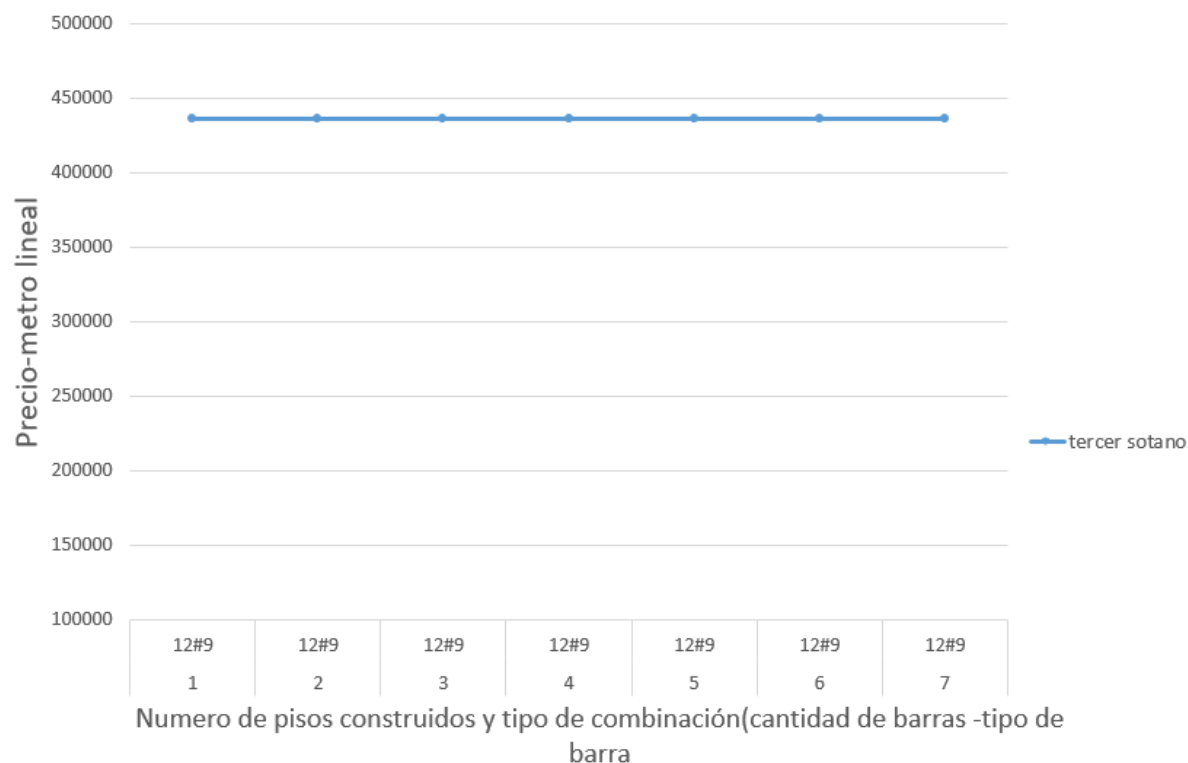
**Gráfico 15.** Pilote esquinero y perimetral de 100 cm de diámetro-primer sótano

✓ Pilote esquinero y perimetral de 100 centímetros de diámetro



**Gráfico 16.** Pilote esquinero y perimetral de 100 cm de diámetro-segundo sótano

✓ Pilote esquinero y perimetral de 100 centímetros de diámetro

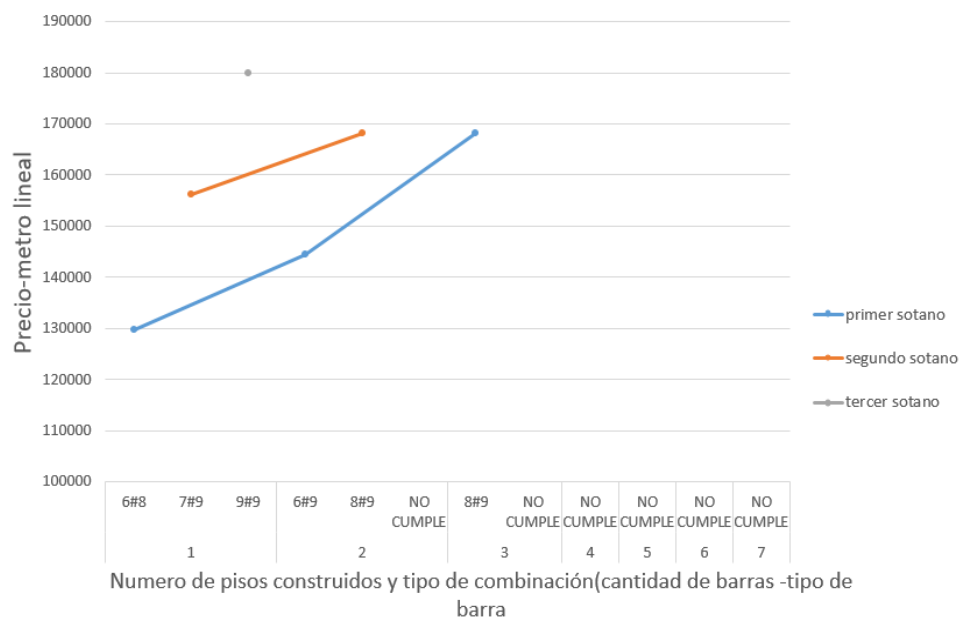


**Gráfico 17.** Pilote esquinero y perimetral de 100 cm de diámetro-tercer 1sótano

### 3.3.1. Pilotes de 50 centímetros de diámetro

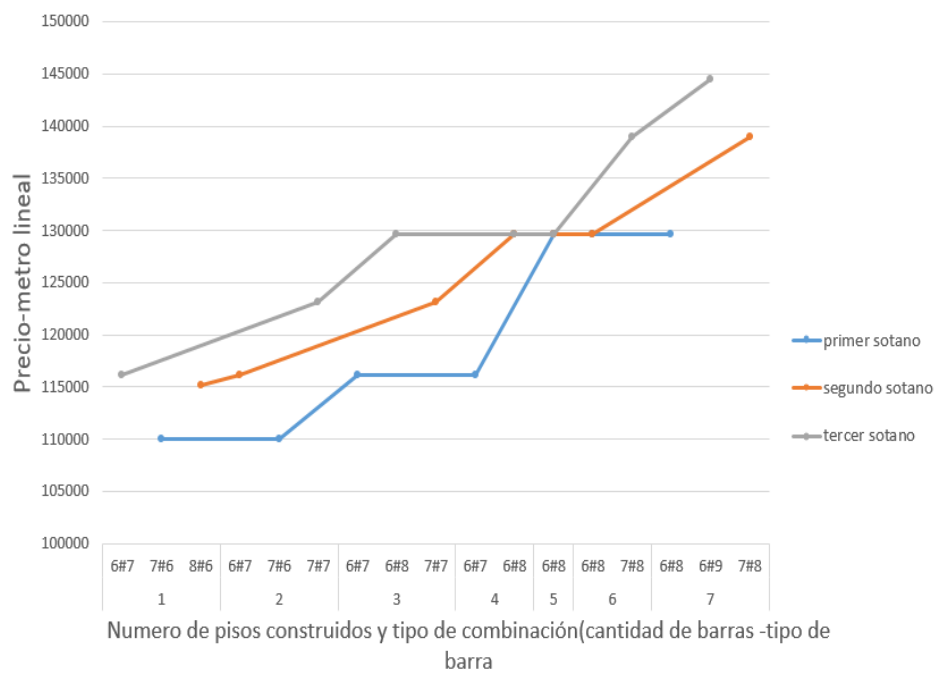
Para el pilote central de 50 centímetros de diámetro se encontraron menos posibilidades de conexiones a comparación del pilote de 100 centímetros de diámetro sin embargo también se halla una reducción de precio considerable.

✓ Pilote central de 50 centímetros de diámetro



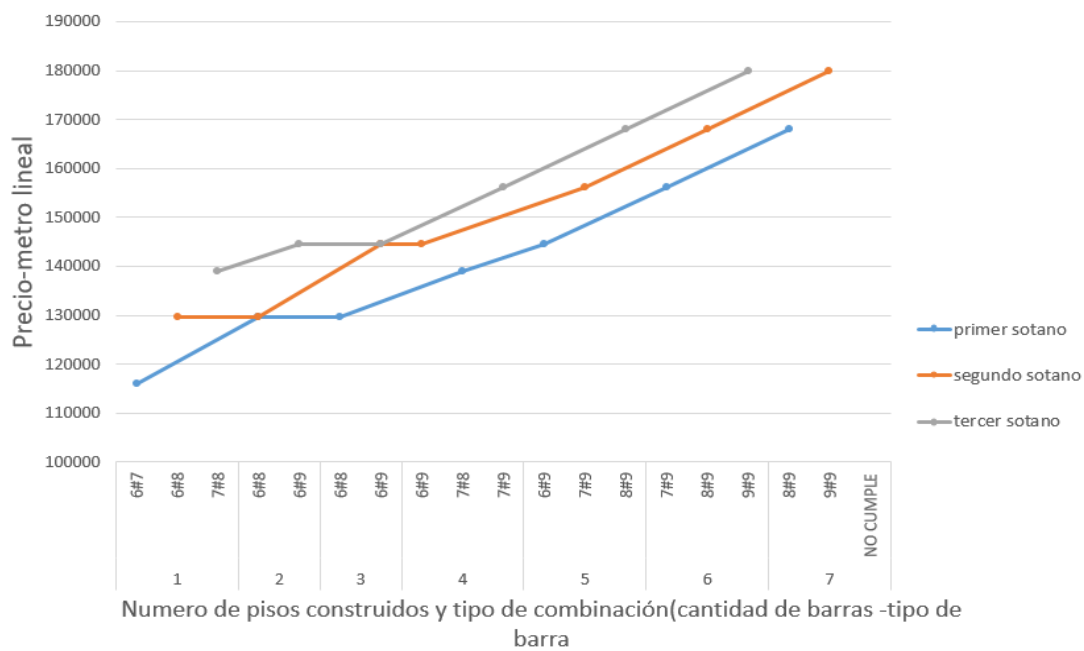
**Gráfico 18.** Pilote central de 50 cm de diámetro

✓ Pilote esquinero de 50 centímetros de diámetro



**Gráfico 19.** Pilote esquinero de 50 cm de diámetro

✓ Pilote perimetral de 50 centímetros de diámetro



**Gráfico 20.** Pilote perimetral de 50 cm de diámetro

## Capítulo 4

### Verificación computacional mediante SAP2000

Para la creación y análisis de los diferentes modelos, específicamente a las barras, las cuales son las responsables de soportar las cargas impuestas; fue necesario la utilización de un programa de análisis estructural llamado SAP 2000, el cual permite ver los diferentes comportamientos que tienen los materiales ante las cargas asignadas.

En la tabla 1 se observa las mejores configuraciones de acero, considerando diámetro de pilote, número de pisos construidos y nivel de sótano en el cual se realiza el análisis, cabe aclarar que estos fueron los mejores modelos con localización central.

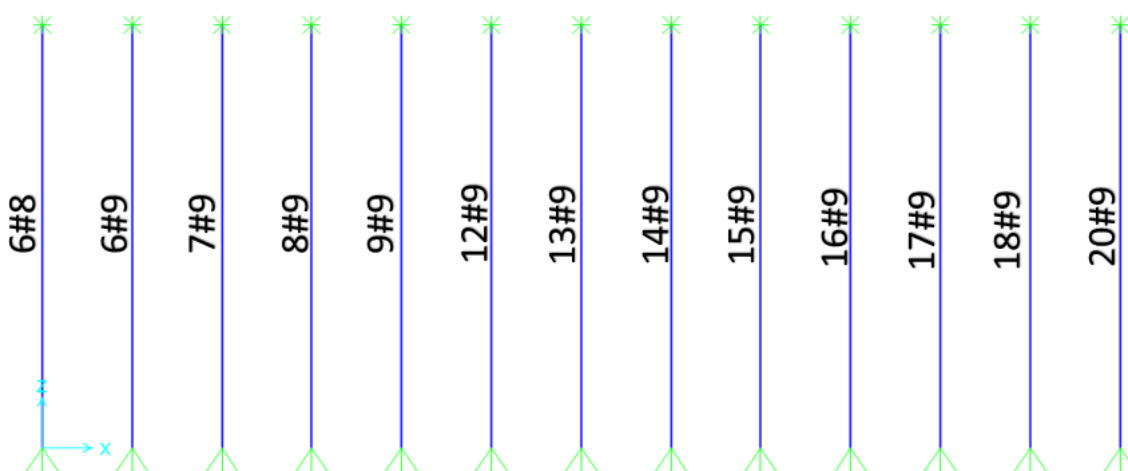
**Tabla 35.**

*Mejores configuraciones de aceros, teniendo en cuenta diámetro de pilote, # de pisos y # de sótanos*

| Diámetro del pilote | # de Pisos | # de sótanos | Configuración de acero |
|---------------------|------------|--------------|------------------------|
| 50 cm               | 1          | 1            | 6#8                    |
| 50 cm               | 1          | 2            | 7#9                    |
| 50 cm               | 1          | 3            | 9#9                    |
| 50 cm               | 2          | 1            | 6#9                    |
| 50 cm               | 2          | 2            | 8#9                    |
| 50 cm               | 3          | 1            | 8#9                    |
| 100 cm              | 1          | 1            | 12#9                   |
| 100 cm              | 1          | 2            | 12#9                   |
| 100 cm              | 1          | 3            | 12#9                   |
| 100 cm              | 2          | 1            | 12#9                   |
| 100 cm              | 2          | 2            | 12#9                   |
| 100 cm              | 2          | 3            | 12#9                   |
| 100 cm              | 3          | 1            | 12#9                   |
| 100 cm              | 3          | 2            | 12#9                   |
| 100 cm              | 3          | 3            | 12#9                   |
| 100 cm              | 4          | 1            | 12#9                   |
| 100 cm              | 4          | 2            | 12#9                   |
| 100 cm              | 4          | 3            | 14#9                   |
| 100 cm              | 5          | 1            | 12#9                   |
| 100 cm              | 5          | 2            | 14#9                   |
| 100 cm              | 5          | 3            | 16#9                   |
| 100 cm              | 6          | 1            | 13#9                   |
| 100 cm              | 6          | 2            | 16#9                   |
| 100 cm              | 6          | 3            | 18#9                   |
| 100 cm              | 7          | 1            | 15#9                   |
| 100 cm              | 7          | 2            | 17#9                   |
| 100 cm              | 7          | 3            | 20#9                   |

#### 4.1. Modelamiento por fluencia

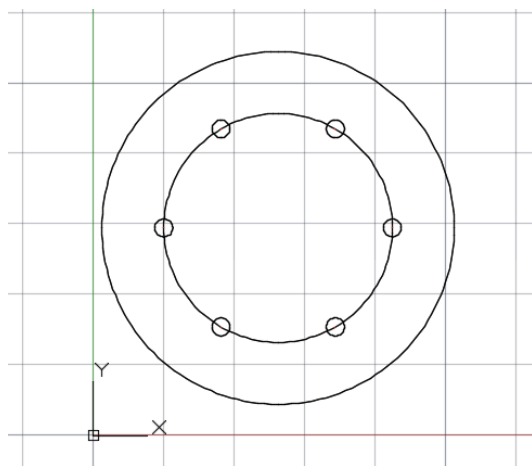
Como se demuestra anteriormente se puede ver que hay 13 configuraciones de barras, en donde para simplificar cálculos, se toma una barra de cada modelo, ya que se supone que todas las barras dentro de un modelo están igualmente cargadas, por ende solo se dibujaran 13 barras como se ve en la Ilustración 1, considerando materiales, secciones y cargas, en donde por facilidad y comparación de cálculos entre modelos, se asigna dos cargas diferentes, una que hace referencia a los sótanos y otra que hace énfasis a los pisos, para posteriormente realizar los diferentes combos de cargas y poder comparar las diferentes combinaciones de acero.



**Ilustración 1.** Configuraciones de barras.

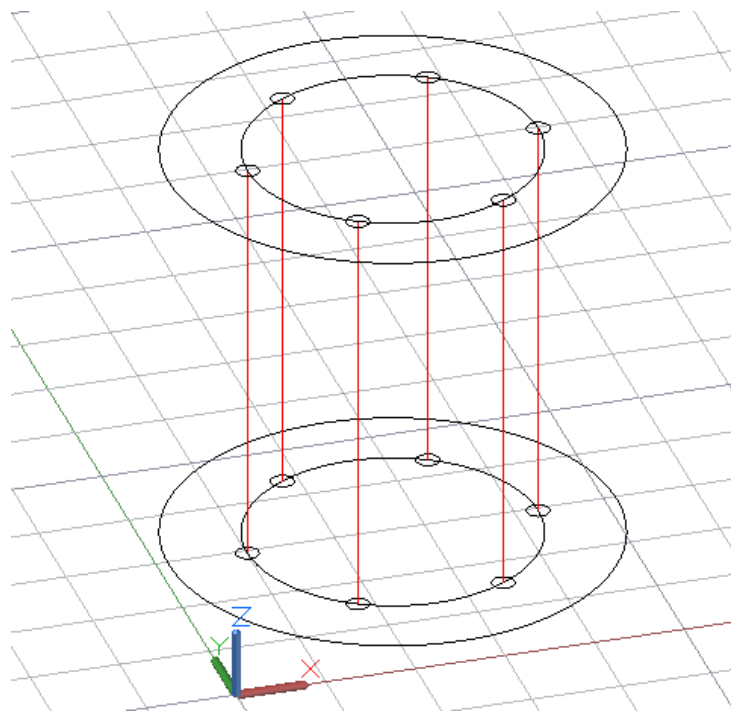
#### 4.2. Modelamiento por pandeo

Para el diseño de los modelos sometidos a falla por pandeo, fue necesario su dibujo previo de la configuración de las barras en un programa de dibujo llamado AutoCAD, en el cual se diseña la planta del pilote, considerando factores como diámetro de pilote, diámetro de las barras, distribución de las barras y recubrimiento de concreto; esto se aprecia en la Ilustración 2.



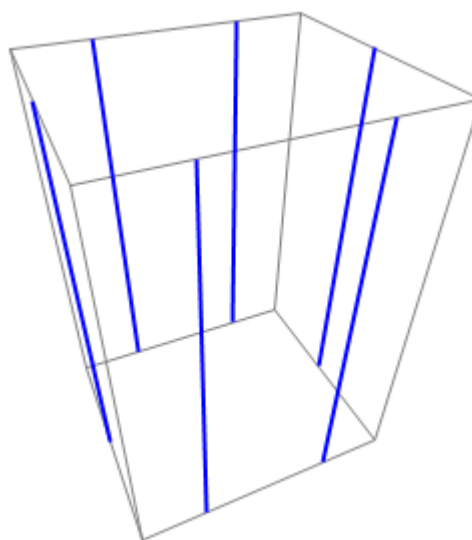
**Ilustración 2.** Vista en planta del modelo diseñado en AutoCAD

Posteriormente se crea una nueva capa llamada BARRA, en la cual se dibujan en una vista isométrica y desde los centros de las barras, unas líneas perpendiculares en el eje Z, de longitud de 47 cm, las cuales representan la longitud demolida de las barras; parte de ello se aprecia en la Ilustración 3.



***Ilustración 3. Vista isométrica del diseño en AutoCAD***

Finalmente se guarda este archivo en formato dxf, en donde posteriormente este archivo es importado en el programa SAP2000 para su análisis como se muestra en la Ilustración 4.



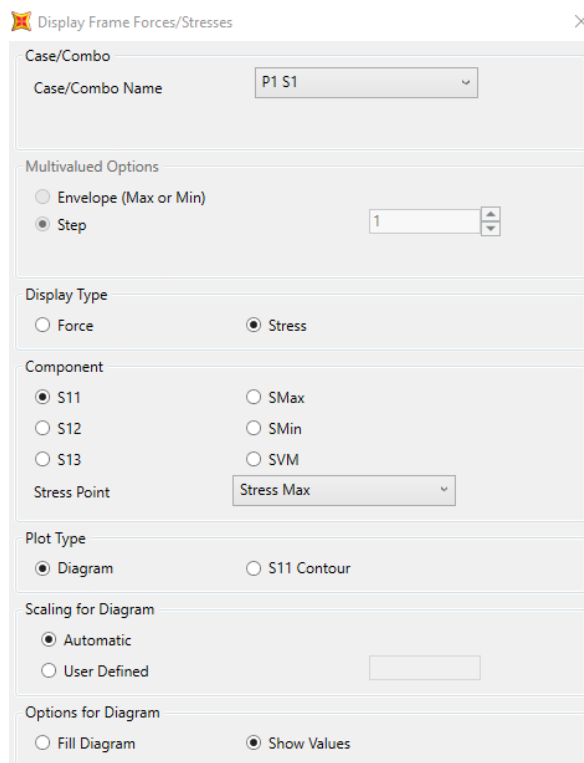
***Ilustración 4. Modelo importado en SAP2000***

### 4.3.Verificación de errores

#### 4.3.1. Resultados de análisis a fluencia.

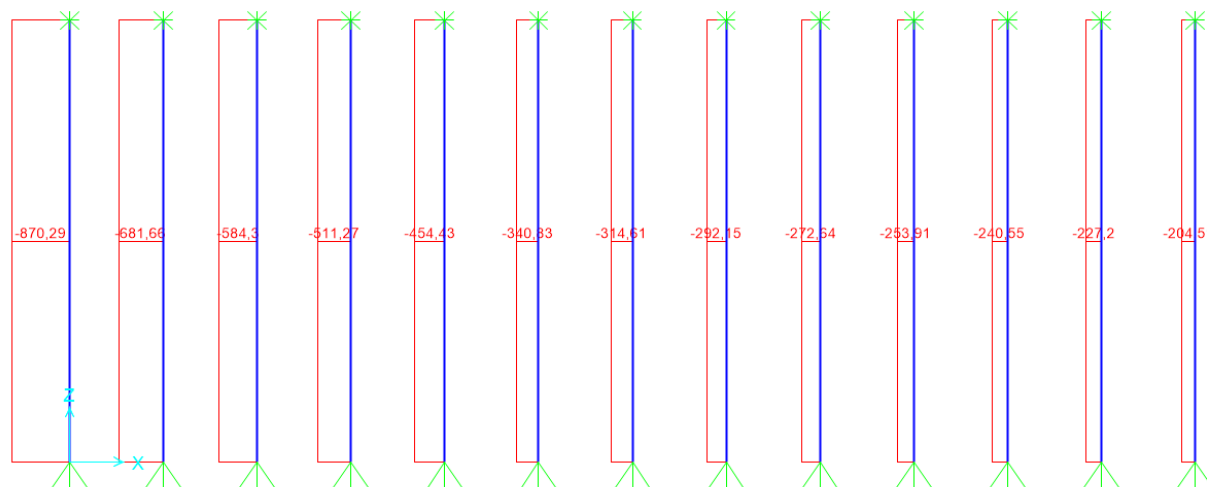
Inicialmente se corre el modelo, se observa y estudia los esfuerzos a los que están sometidas las barras frente a las diferentes combinaciones de carga. En donde estos se pueden comparar con los datos teóricos obtenidos anteriormente. Los datos arrojados en SAP 2000 fueron sacados de las gráficas de esfuerzo adquiridas bajo el siguiente procedimiento:

- a) Ubicar el icono de *Show Forces/ Stresses* en  donde se puede analizar los diferentes elementos creados en el modelo, para este caso en particular se estudia los elementos tipos Frame, en donde se abre el menú mostrado en la Ilustración 5, allí se puede analizar un combo en específico, fuerzas axiales, cortantes momentos, esfuerzos, diagramas, entre otras. Una vez definido que se desea analizar se selecciona la opción OK.



**Ilustración 5.** Menú de análisis de fuerza y esfuerzos de elementos tipos Frames.

Posteriormente el programa arroja unas graficas en donde se logra observar un número el cual indica el esfuerzo al cual la barra se somete ante un combo de carga seleccionado en el anterior menú. Esto se aprecia en la Ilustración 6.



**Ilustración 6.** Diagramas de esfuerzos a fluencia debido a un combo de carga

- b) A continuación se repite el proceso anterior con todos los combos definidos, en donde los datos fueron consignados en la Tabla 36, en donde se estiman los resultados de esfuerzo de los diferentes combos para los cuales se diseñaron las configuraciones de acero, adicionalmente se encuentra el esfuerzo teórico obtenido en el análisis teórico y finalmente se observa el error entre los dos esfuerzos.

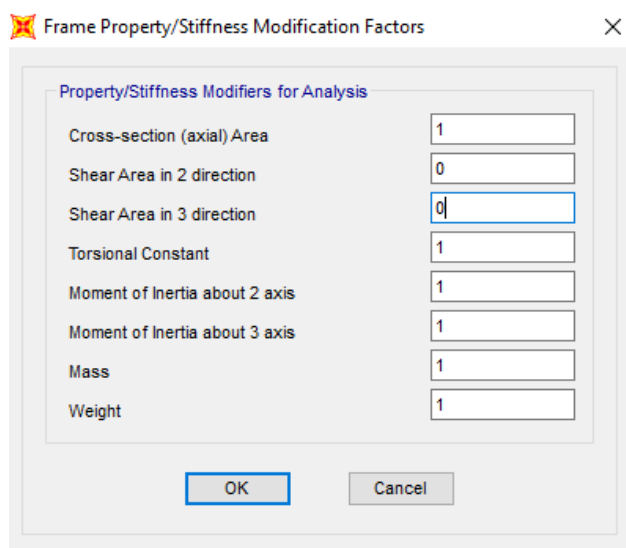
**Tabla 36.***Resultados de esfuerzos a fluencia*

| Diámetro del pilote | # de Pisos | # de sótanos | Configuración de acero | Esfuerzo SAP2000 | Esfuerzo teórico | Error |
|---------------------|------------|--------------|------------------------|------------------|------------------|-------|
| 50 cm               | 1          | 1            | 6#8                    | 354,56 MPa       | 349,80 MPa       | 1,4%  |
| 50 cm               | 1          | 2            | 7#9                    | 367,80 MPa       | 365,70 MPa       | 0,6%  |
| 50 cm               | 1          | 3            | 9#9                    | 387,10 MPa       | 384,40 MPa       | 0,7%  |
| 50 cm               | 2          | 1            | 6#9                    | 403,93 MPa       | 403,20 MPa       | 0,2%  |
| 50 cm               | 2          | 2            | 8#9                    | 416,58 MPa       | 414,88 MPa       | 0,4%  |
| 50 cm               | 3          | 1            | 8#9                    | 397,65 MPa       | 397,36 MPa       | 0,1%  |
| 100 cm              | 1          | 1            | 12#9                   | 138,85 MPa       | 138,45 MPa       | 0,3%  |
| 100 cm              | 1          | 2            | 12#9                   | 214,59 MPa       | 213,48 MPa       | 0,5%  |
| 100 cm              | 1          | 3            | 12#9                   | 290,34 MPa       | 288,68 MPa       | 0,6%  |
| 100 cm              | 2          | 1            | 12#9                   | 201,97 MPa       | 201,70 MPa       | 0,1%  |
| 100 cm              | 2          | 2            | 12#9                   | 277,71 MPa       | 277,51 MPa       | 0,1%  |
| 100 cm              | 2          | 3            | 12#9                   | 353,45 MPa       | 351,93 MPa       | 0,4%  |
| 100 cm              | 3          | 1            | 12#9                   | 265,10 MPa       | 265,11 MPa       | 0,0%  |
| 100 cm              | 3          | 2            | 12#9                   | 340,82 MPa       | 340,15 MPa       | 0,2%  |
| 100 cm              | 3          | 3            | 12#9                   | 416,57 MPa       | 415,19 MPa       | 0,3%  |
| 100 cm              | 4          | 1            | 12#9                   | 328,19 MPa       | 328,37 MPa       | 0,1%  |
| 100 cm              | 4          | 2            | 12#9                   | 403,94 MPa       | 404,34 MPa       | 0,1%  |
| 100 cm              | 4          | 3            | 14#9                   | 411,17 MPa       | 410,20 MPa       | 0,2%  |
| 100 cm              | 5          | 1            | 12#9                   | 391,31 MPa       | 391,62 MPa       | 0,1%  |
| 100 cm              | 5          | 2            | 14#9                   | 400,35 MPa       | 400,00 MPa       | 0,1%  |
| 100 cm              | 5          | 3            | 16#9                   | 404,52 MPa       | 406,35 MPa       | 0,5%  |
| 100 cm              | 6          | 1            | 13#9                   | 419,47 MPa       | 420,00 MPa       | 0,1%  |
| 100 cm              | 6          | 2            | 16#9                   | 395,90 MPa       | 397,51 MPa       | 0,4%  |
| 100 cm              | 6          | 3            | 18#9                   | 403,91 MPa       | 403,40 MPa       | 0,1%  |
| 100 cm              | 7          | 1            | 15#9                   | 413,98 MPa       | 414,60 MPa       | 0,1%  |
| 100 cm              | 7          | 2            | 17#9                   | 418,75 MPa       | 418,80 MPa       | 0,0%  |
| 100 cm              | 7          | 3            | 20#9                   | 401,43 MPa       | 401,10 MPa       | 0,1%  |

Con base a la Tabla 36, se ve un error mínimo entre los dos esfuerzos, lo cual indica que el análisis teórico fue correcto y que los modelos son aptos en cuanto lo que se refiere a resistencia a fluencia, porque anteriormente se concluye que las configuraciones de acero seleccionadas, son capaces de soportar las cargas asignadas.

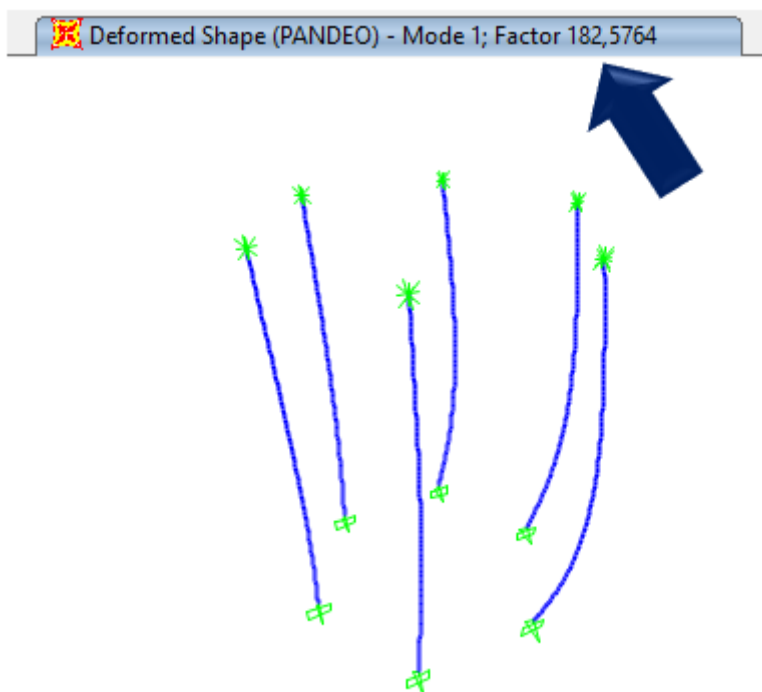
#### 4.3.2. Resultados de análisis de pandeo.

En el estudio de pandeo, hubieron varias complicaciones ya que inicialmente los resultados teóricos y los arrojados por el programa estructural eran cercanos al 22%, pero gracias a la literatura se pudo encontrar el motivo de dicho error, este se debe a que el SAP2000 considera no sólo la rigidez debida al pandeo puro, sino que también considera la rigidez por deformaciones transversales a cortante. Para no considerar la rigidez por cortante, se pueden modificar las propiedades de la sección. Para ello, se anularían las “*Shear Area in 2 direction*” y “*Shear Area in 3 direction*”, esto se logra ubicando “*Define>> Section Properties>> Frame Section*”, enseguida se abre la ventana en donde están las diferentes secciones que se han establecido, en donde mediante la opción *Modify/Show Properties*, se puede cambiar las diferentes propiedades, pero la que es relevante en estos momentos es la llamada es *Property Modifiers*, posteriormente se despliega una sub-ventana mostrada en la Ilustración 7, en donde para anular lo aportado por las fuerzas cortantes, se debe asignar un valor de cero a los factores anteriormente mencionados y como lo muestra la Ilustración 7.



**Ilustración 7.** Menú de modificación de áreas de cortante.

Enseguida se vuelve a correr el análisis del modelo, en donde los resultados de pandeo se expresan mediante factores, los cuales significan cuantas veces soporta las barras la carga asignada, por ello la carga de pandeo tiene un valor de 1. Un resultado típico se muestra en la Ilustración 8.



**Ilustración 8.** Factor de pandeo

El factor de 182.57, indica que las barras aguantan 182.57 veces la carga asignada antes de que estas fallen por pandeo. Debido a que la carga asignada a pandeo es de 1kN, las unidades del factor serán las mismas. Enseguida los datos de los diferentes modelos se consignaron en la Tabla 37, en donde se observa las diferentes configuraciones de barras, la carga crítica a pandeo calculada teóricamente, el factor de carga obtenido en SAP2000 y el error entre ellos.

**Tabla 37.**  
*Resultados de cargas de pandeo*

| Diámetro | Configuración | Carga critica<br>teórica | Carga critica<br>SAP2000 | Error |
|----------|---------------|--------------------------|--------------------------|-------|
| 50 cm    | 6#8           | 183,80 kN                | 182,57 kN                | 0,7%  |
| 50 cm    | 6#9           | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 50 cm    | 7#9           | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 50 cm    | 8#9           | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 50 cm    | 9#9           | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 100 cm   | 12#9          | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 100 cm   | 13#9          | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 100 cm   | 14#9          | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 100 cm   | 15#9          | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 100 cm   | 16#9          | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 100 cm   | 17#9          | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 100 cm   | 18#9          | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |
| 100 cm   | 20#9          | 300,00 kN                | 297,60 kN                | 0,8%  |

Con base a la Tabla 37, se ve un error mínimo entre los dos fuerzas, lo cual indica que el análisis teórico fue correcto y que los modelos son aptos en cuanto lo que se refiere a pandeo, con esto se da cierre a este proyecto ya que se pudo demostrar teórica y computacionalmente, que los modelos escogidos son óptimos y que son capaces de resistir a fluencia y que no fallan a pandeo. Adicionalmente se anexan los planos de las diferentes configuraciones en donde se encuentra información como especificaciones, dimensiones y detalles constructivos.

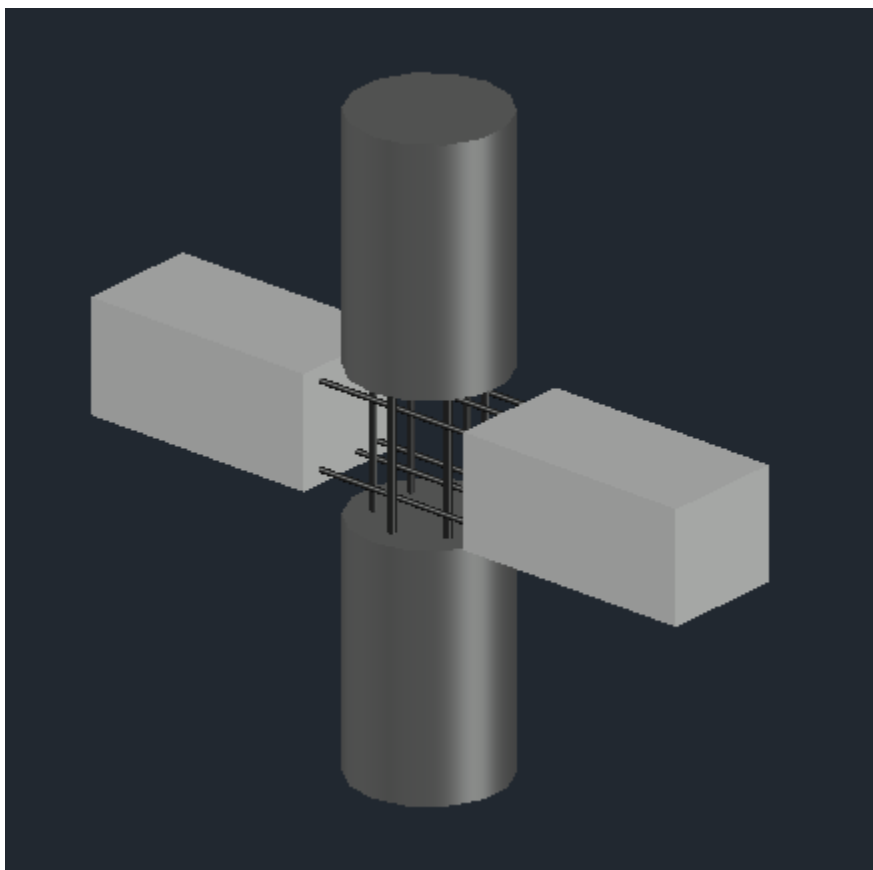
## Capítulo 5

### Planos

En los planos se presentara el isométrico de cada una de las 13 combinaciones principales con la combinación de viga más representativa, junto a la vista de planta y perfil de este; resaltando de esta manera los espacios mínimos entre las barras de refuerzo longitudinal de la viga y la columna, para que el tamaño máximo de la partícula de concreto logre pasar entre estas.

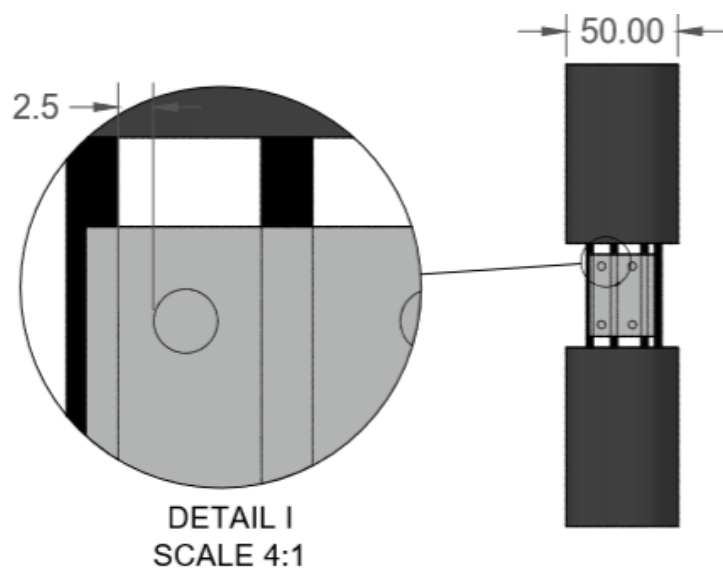
En el presente informe se muestra un ejemplo de una vista isométrica, una de perfil y una de planta, para observar los planos completos ver anexo al final del documento.

#### 5.1.Isométrico



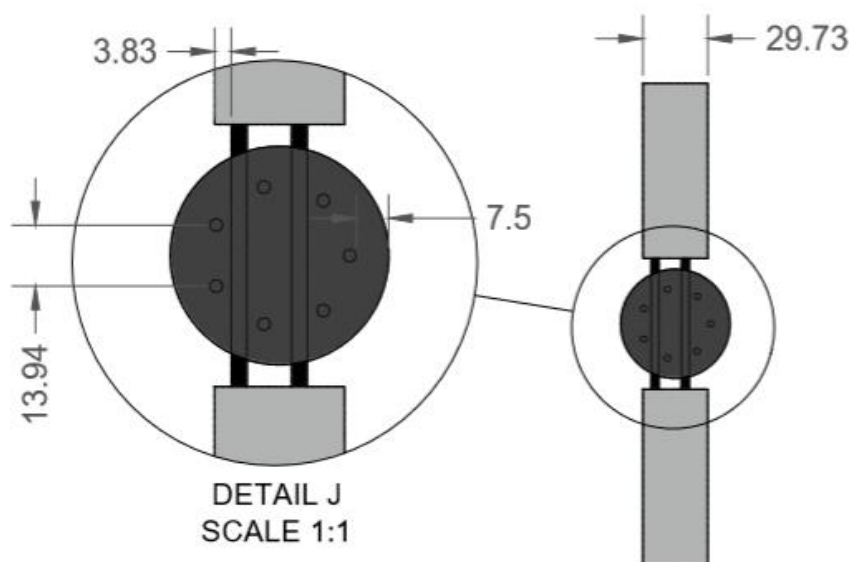
*Figura 6. Vista isométrica de un modelo.*

## 5.2. Vista de perfil



*Figura 7. Vista de perfil de un modelo.*

## 5.3. Vista de planta



*Figura 8. Vista en planta de un modelo.*

## 6. Conclusiones

- ✓ Con base en los datos obtenidos se concluye que las configuraciones de acero planteadas, son capaces de soportar las cargas asignadas para las cuales fueron diseñado en cuanto a resistencia a fluencia trata.
- ✓ Se demuestra que los modelos escogidos soportan cargas de pandeo puro, teniendo en cuenta que no se considera la carga a cortante que aportaba a la carga de pandeo, ni la fuerza que contribuían los estribos presentes en la armadura.
- ✓ Los análisis teóricos presentes en el informe son adecuados y acertados, ya que se les hizo su respectiva verificación y comprobación mediante un programa de análisis estructural, el cual nos arroja resultados con un mínimo error entre los dos.
- ✓ Dependiendo de la necesidad de cimentación y de la eficiencia en la construcción del edificio, se puede escoger el tipo de pilote más adecuado, debido a que el pilote de diámetro de 50 cm resiste hasta 3 pisos y 1 sótano simultáneamente, de requerir más pisos o sótanos simultáneamente se requiere un pilote más grande, pero con la consecuencia de que este es más costoso.
- ✓ Para que la conexión pueda llevarse a cabo es necesario realizar más estudios, ya que este proyecto se limita a analizar fluencia y pandeo, y es necesario considerar otros factores como cortante, flexión, deformaciones, aporte de los estribos, sismoresistencia, entre otros.
- ✓ Otra aplicación que tiene este estudio, es reparación en la fundición de pilotes, en donde sea necesario demoler la parte defectuosa del hormigón para que luego se realice su adecuada instalación.

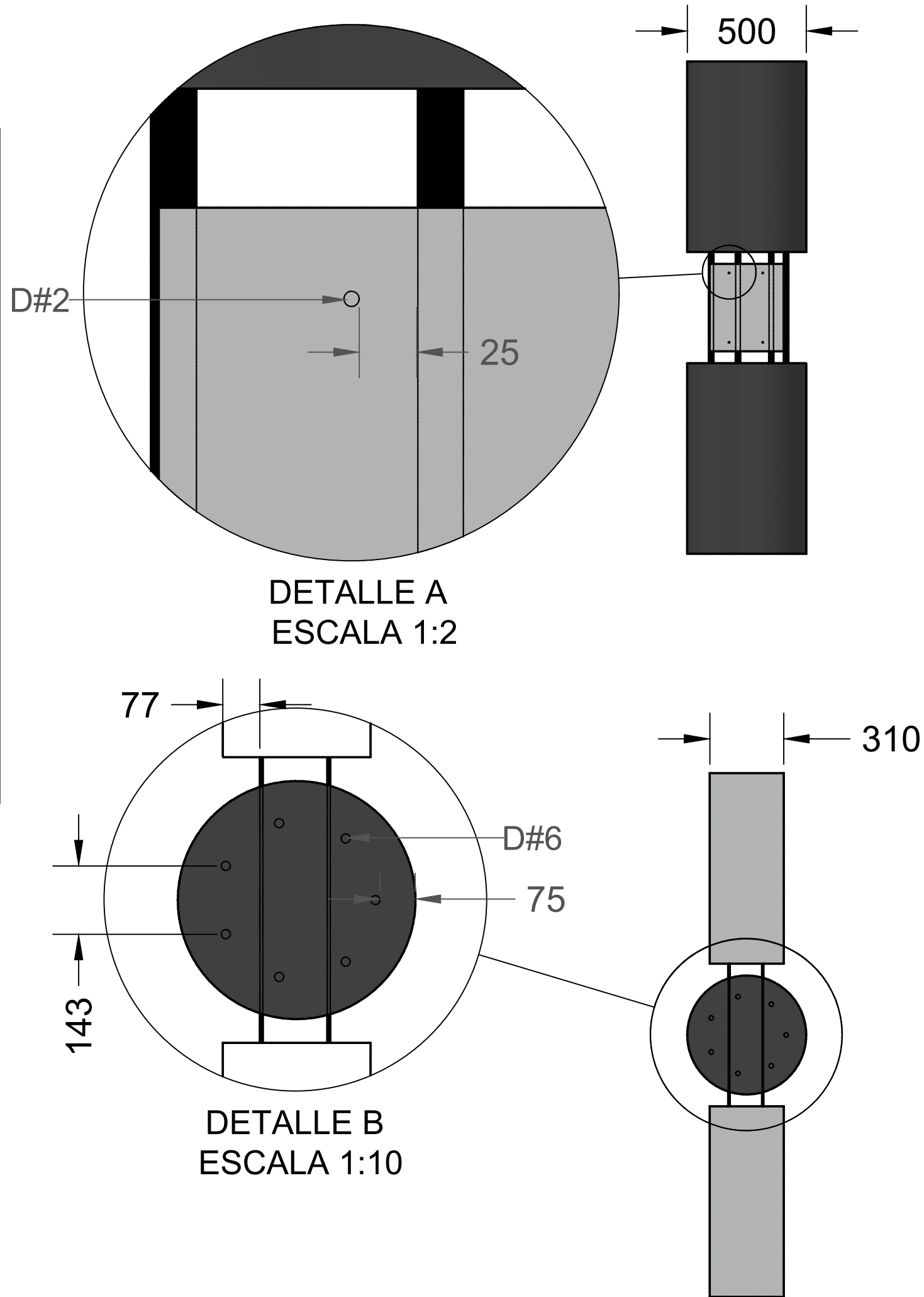
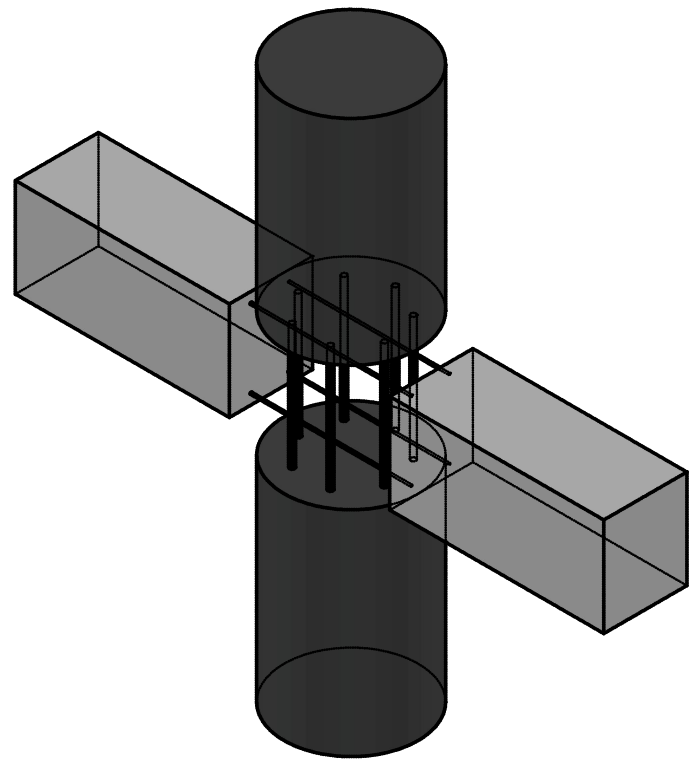
## 7. Normatividad

| Normatividad        | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NSR-10              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Título A “Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente”: Se debe tener en cuenta para que en los análisis de las estructuras cumplan no solo con las fuerzas impuestas de uso si no con fuerzas por temblores de poca y moderada intensidad sin daños estructurales.</li> <li>• Título B “Cargas”: Una actividad primordial del proyecto se basa en las hipótesis de avalúo de cargas que tendrán los elementos verticales a medida que se va construyendo el edificio, por ello es importante considerar lo consignado en este título.</li> <li>• Título C “Concreto estructural”: El presente título se tendrá en cuenta porque se va realizar un análisis de los elementos verticales ante carga axiales que llegan a estas estructuras.               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ C.3.5: Materiales acero de refuerzo utilizado</li> <li>○ C.7.6: Limites del espaciamiento del refuerzo</li> <li>○ C.7.7: Recubrimiento para la protección del acero de refuerzo.</li> <li>○ C.7.9: Conexiones.</li> <li>○ C.7.13.1: Detalle de refuerzo y conexiones.</li> <li>○ C.10.9.1: Limites del refuerzo de elementos a compresión</li> <li>○ C.10.9.2: Número mínimo de barras longitudinales.</li> <li>○ C.12.3: Desarrollo de barras corrugadas y alambres corrugados a compresión</li> <li>○ C.12.3: Desarrollo de barras corrugadas a compresión.</li> <li>○ C.15.11.3: Esfuerzos axiales máximos (cimentaciones)</li> <li>○ C.15.11.5: Cuantías mínimas y longitudinales mínimas de armado.</li> </ul> </li> </ul> |
| NTC 2289<br>NTC 673 | Normatividad que concierne a las especificaciones y métodos de prueba que se deben cumplir en el concreto.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

## 8. Referencias

- James Monroe Gere, & Barry J. Goodno. (2009). *Mecánica de materiales Séptima edición*.
- John F. Bonacci. (2002). *Recommendations for design of beam-column connections in monolithic reinforced concrete structures*
- Nilson Arthur, H. (1997). *Diseño De Estructuras De Concreto McGraw-Hill*.
- Pascual Urbán Brotóns. (2012). *CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS: HORMIGÓN ARMADO Detalles Constructivos y Perspectivas Editorial club Universitario*.
- Soto Arocha Juan Pablo. (2012). *Proyecto De Conexiones De Vigas De Acero A Muros De Concreto En Estructuras Mixtas*
- Teodoro E Harmsen. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado. Peru: Fondo editorial*.
- Anonimo. (2013). Factor K de longitud de pandeo en pórticos y sistemas continuos.
- Anonimo. (2014). Dimensionado con SAP2000. 8.
- Beer, F. P. (2013). *Mecánica de materiales*.
- Gere, J., & Goodno, B. (2010). *Mecánica de materiales*. Recuperado de <http://public.ebilib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5292096>
- Universidad de alicate. (2015). *Estructuras Metálicas*. Universidad de alicate.

# 9. Anexos



### CUADRO DE MATERIALES

| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 4                                        | #2                      |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 7                                        | #6                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

### PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión viga-pilote en la construcción de sótanos

### CONTENIDO:

Conexión D 50 cm- 7 barras N°6

### ESCALA:

1:20

### UNIDAD:

mm

### FECHA:

19-jun-19

### INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

### ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

### DIRECTOR DEL PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

### PAR ACADEMICO

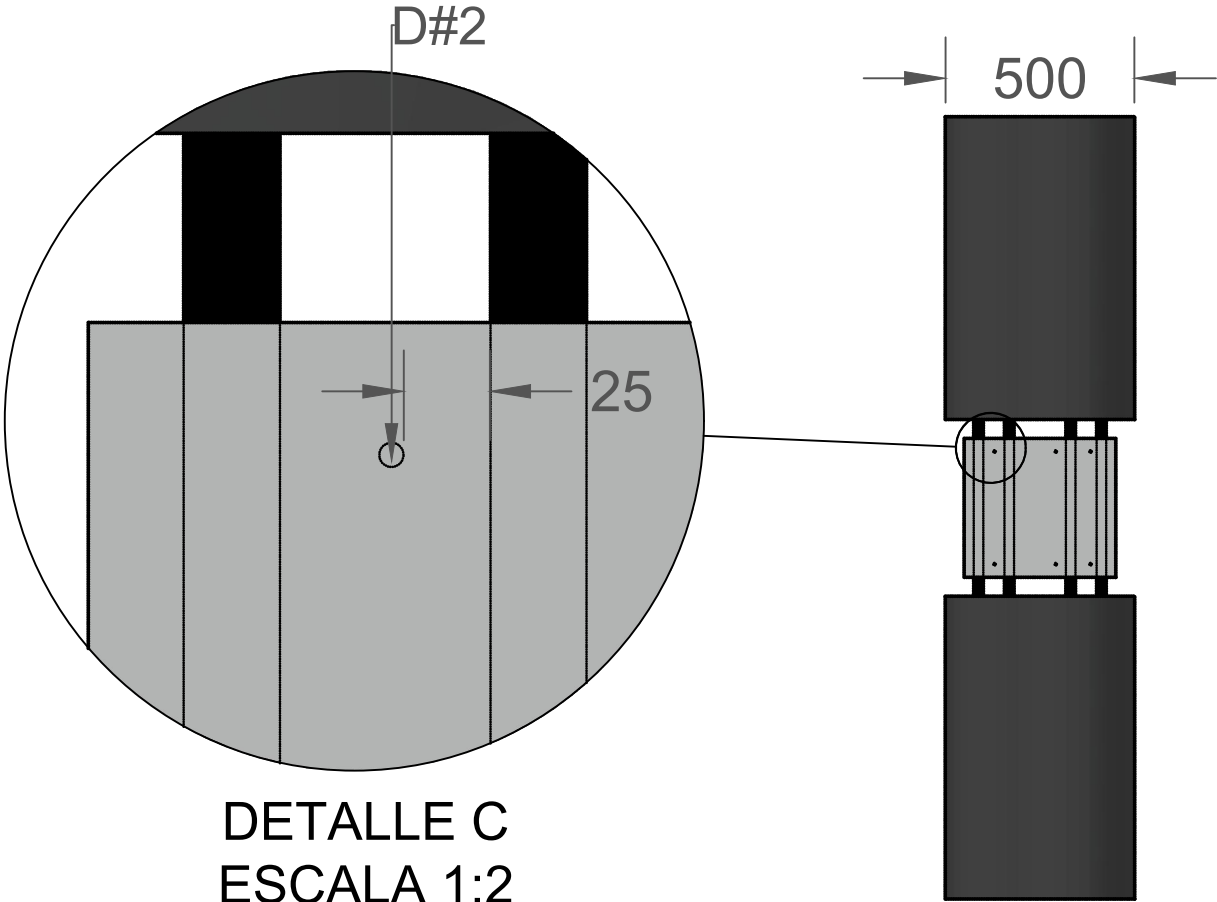
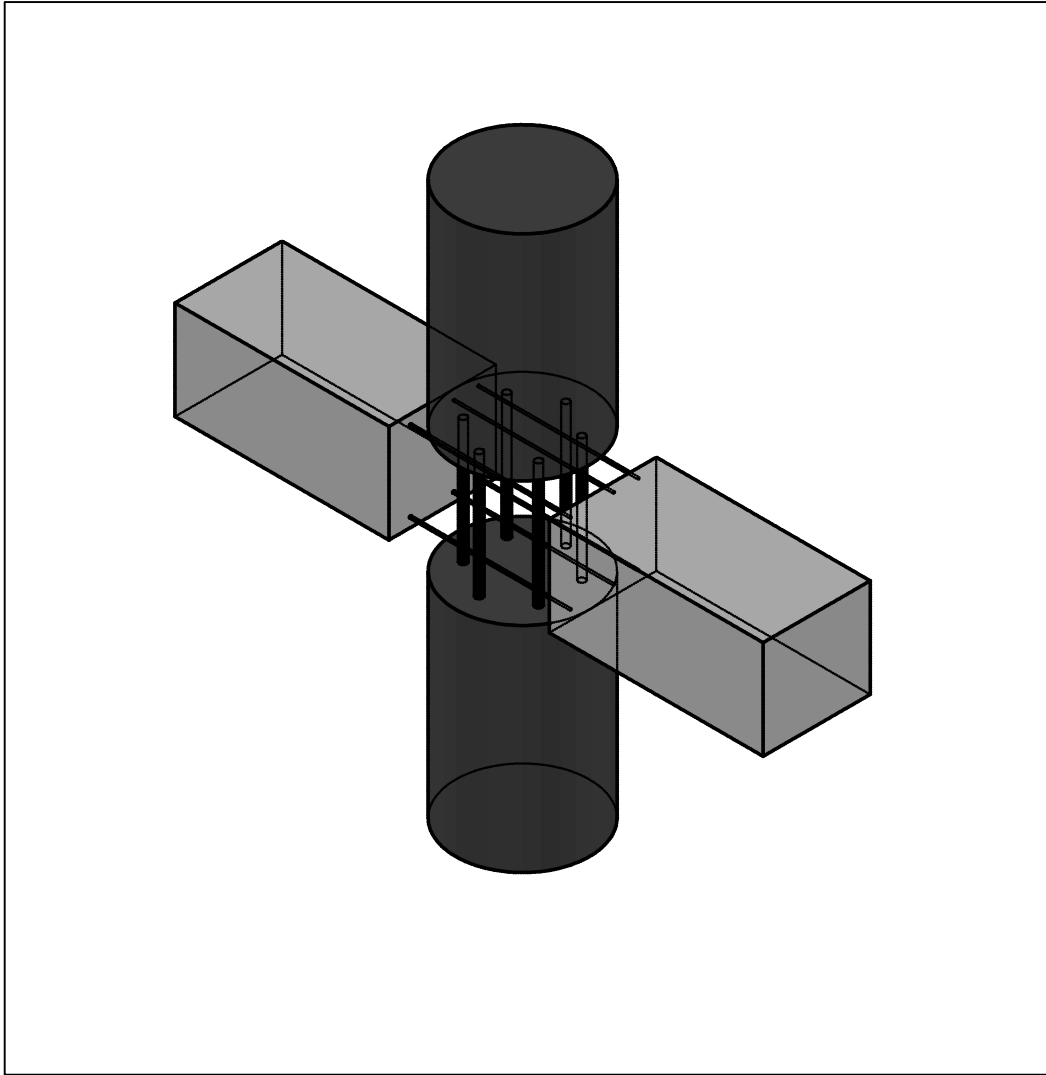
Elkin Gerardo Avila Castro

### OBSERVACIONES

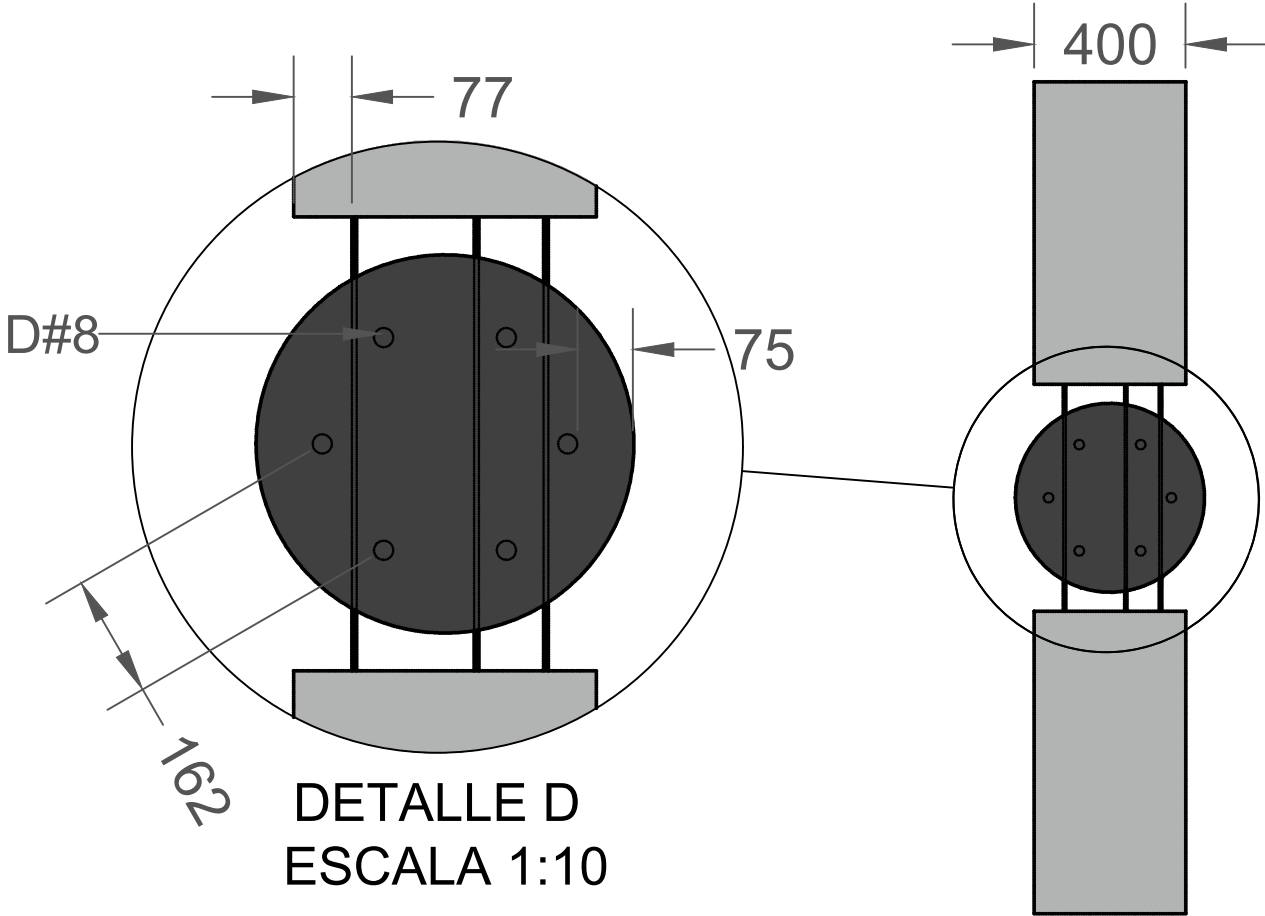
El plano contiene la vista del isométrico, vista de perfil y vista de planta de la conexión usando 4 barras numero 2 para el refuerzo longitudinal de la viga y 7 barras numero 6 para el refuerzo longitudinal de la columna, se garantiza que cumpla el espaciamiento entre barras con una distancia mínima de 25 milímetros, con el fin de que las partículas del agregado grueso logren pasar entre estas.

### PLANO

1/18



DETALLE C  
ESCALA 1:2



DETALLE D  
ESCALA 1:10

**CUADRO DE MATERIALES**

**Refuerzo longitudinal de la viga**

| numero de barras | Designación de la barra |
|------------------|-------------------------|
| 6                | #2                      |

**Refuerzo longitudinal de la columna**

| numero de barras | Designación de la barra |
|------------------|-------------------------|
| 6                | #8                      |

Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm

**PROYECTO:**

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

**CONTENIDO:**

Conexión D 50 cm 6 barras N°8

**ESCALA:**

1:20

**UNIDAD:**

mm

**FECHA:**

19-jun-19

**INSTITUCION:**

Universidad Santo Tomas

**ELABORADO POR:**

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

**DIRECTOR DEL  
PROYECTO**

Gabriel Santiago Silva Vega

**PAR ACADEMICO**

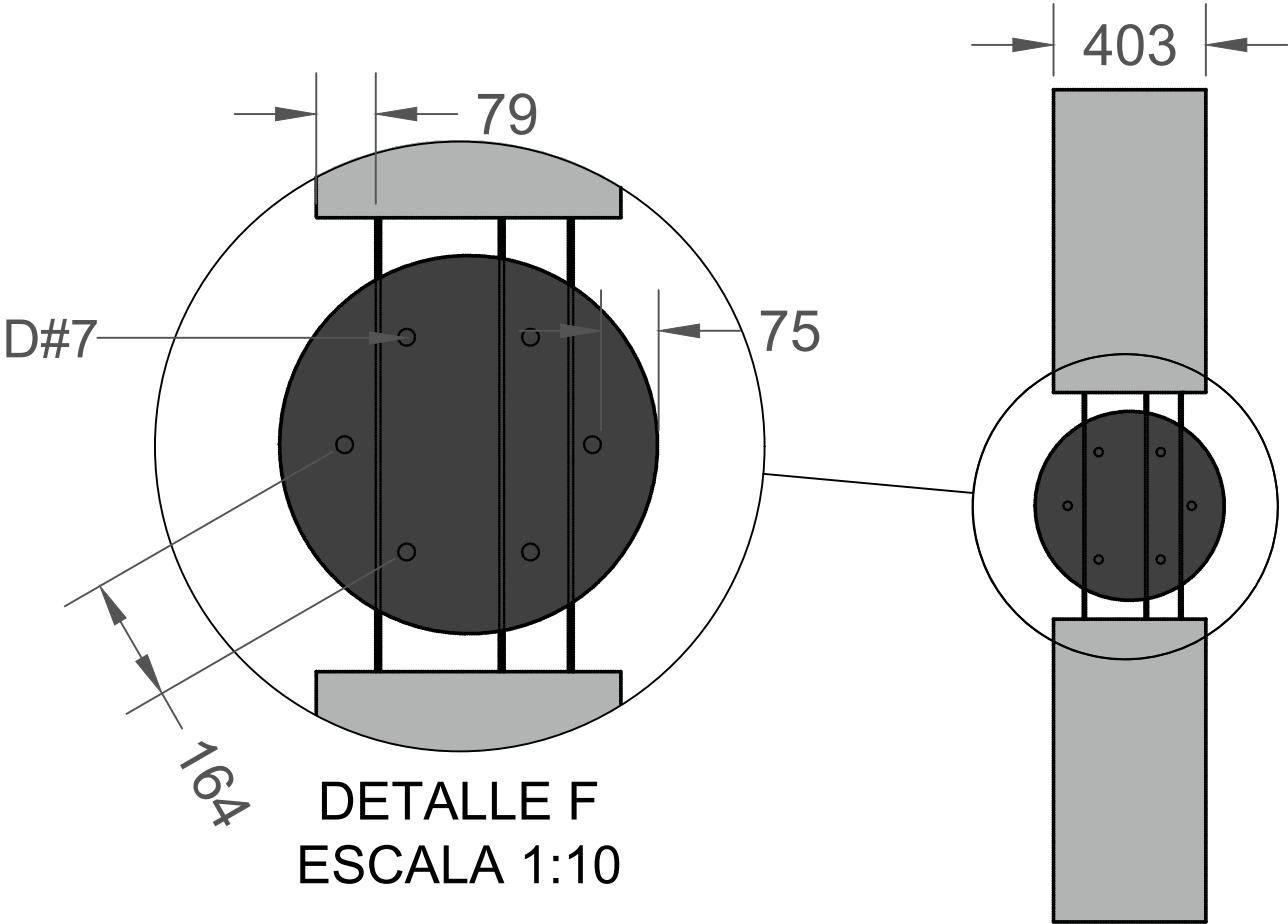
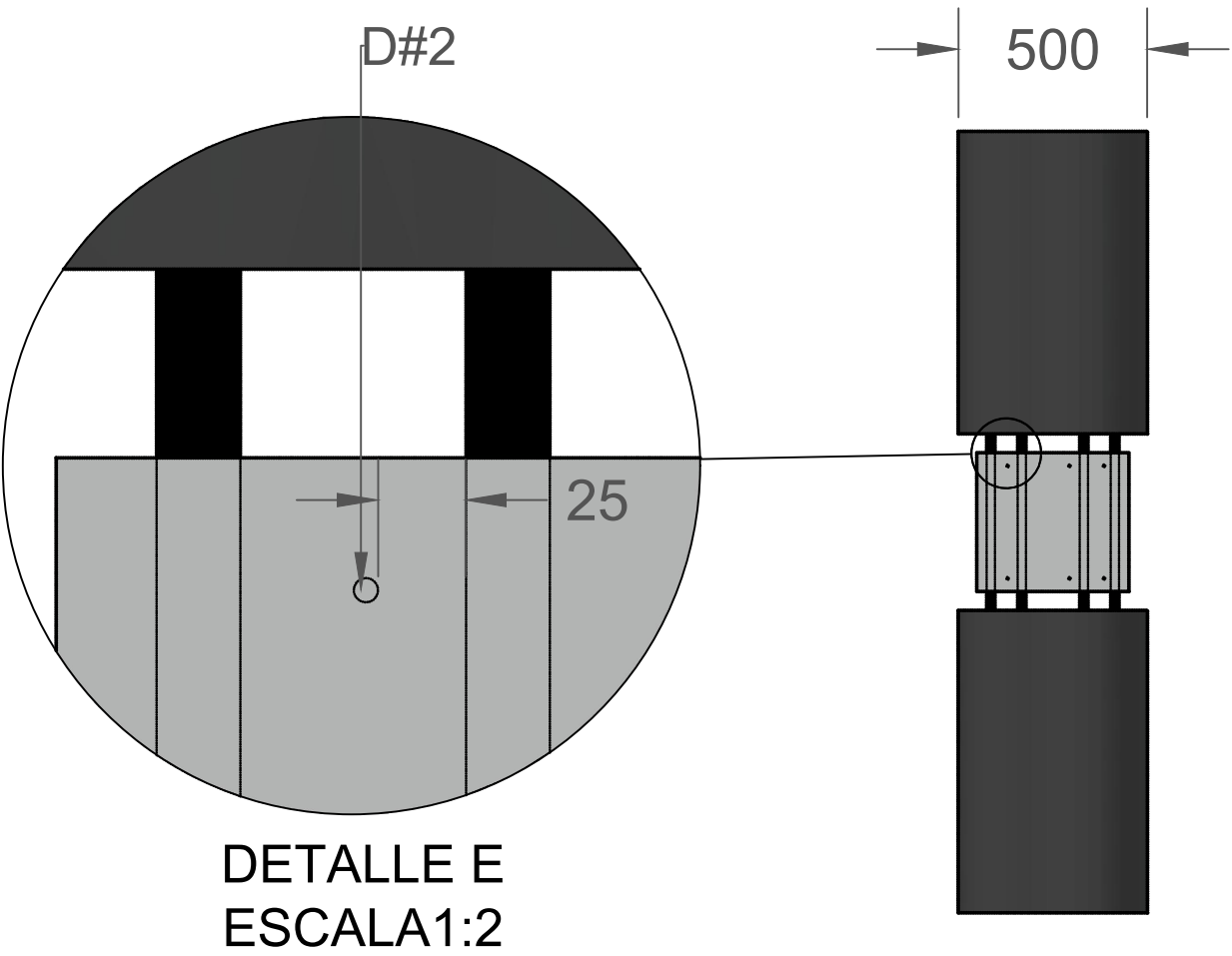
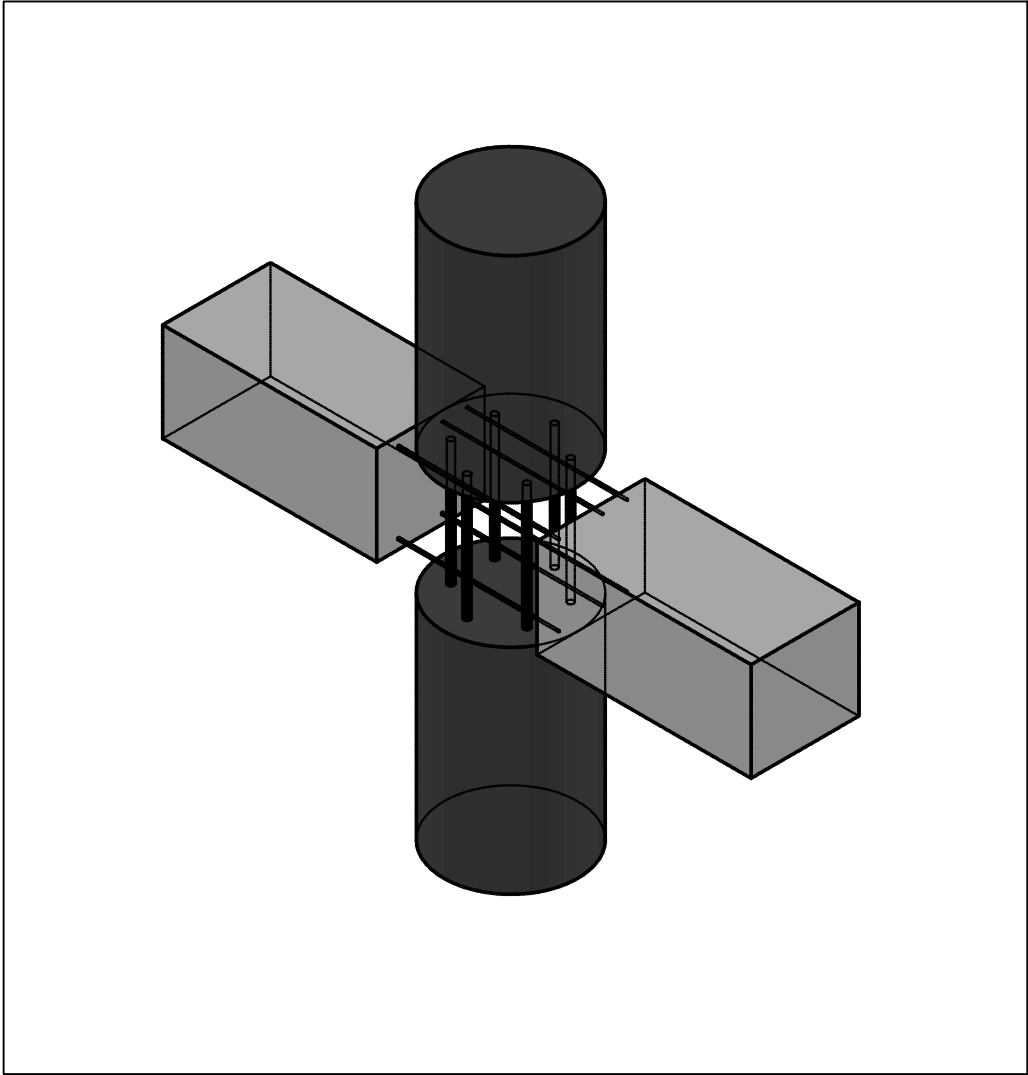
Elkin Gerardo Avila Castro

**OBSERVACIONES**

El plano contiene la vista del  
isométrico, vista de perfil y vista de  
planta de la conexión usando 6 barras  
numero 2 para el refuerzo  
longitudinal de la viga y 6 barras  
numero 8 para el refuerzo  
longitudinal de la columna, se  
garantiza que cumpla el  
espaciamiento entre barras con una  
distancia mínima de 25 milímetros,  
con el fin de que las partículas del  
agregado grueso logren pasar entre  
estas.

**PLANO**

2/18



| CUADRO DE MATERIALES                     |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 6                                        | #2                      |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 5                                        | #7                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

**PROYECTO:**  
Diseño alternativo de conexión viga-pilote en la construcción de sótanos

**CONTENIDO:**  
Conexión D 50 cm- 6 barras N°7

**ESCALA:**  
1:20

**UNIDAD:**  
MM

**FECHA:**  
19-jun-19

**INSTITUCION:**  
Universidad Santo Tomas

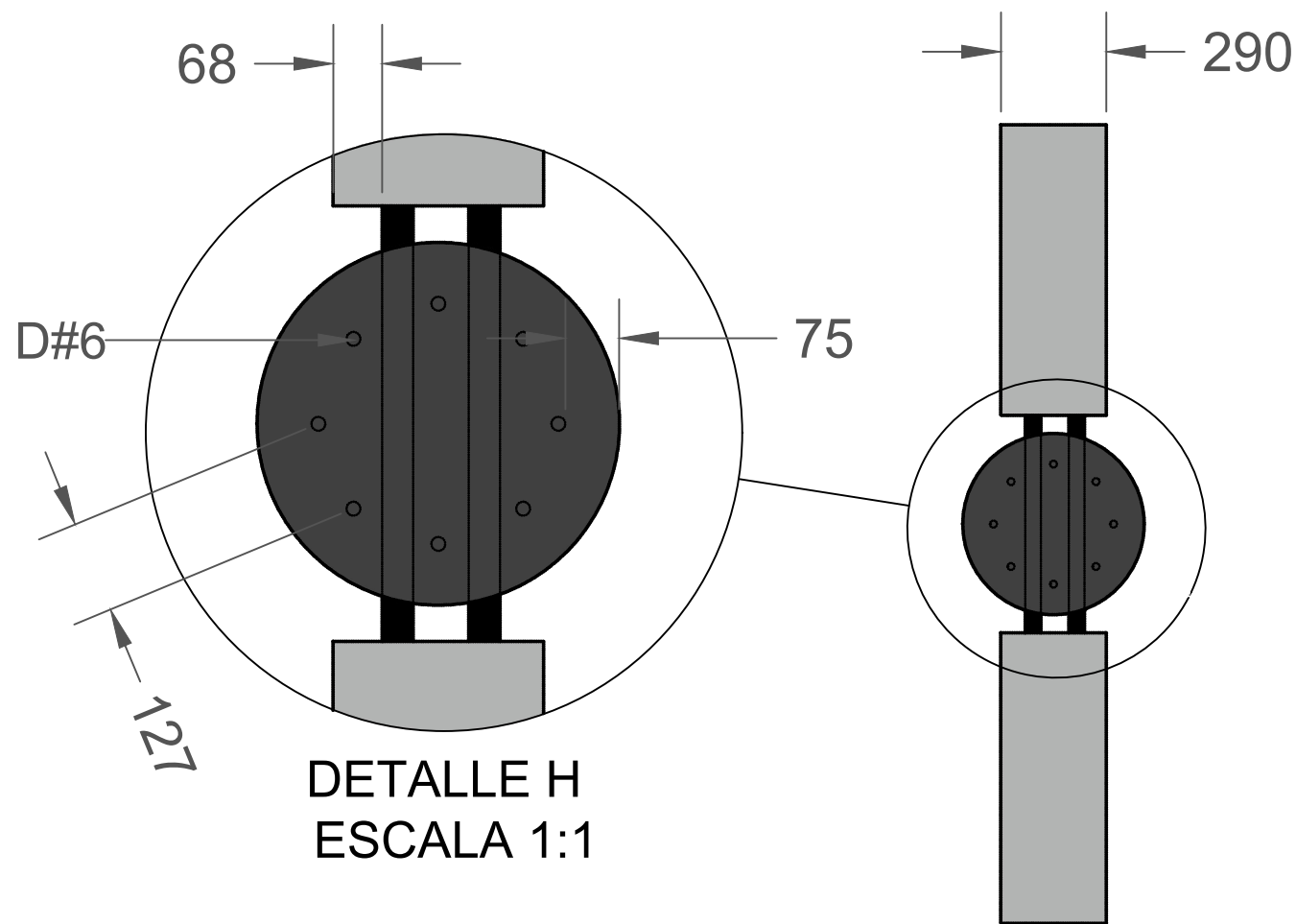
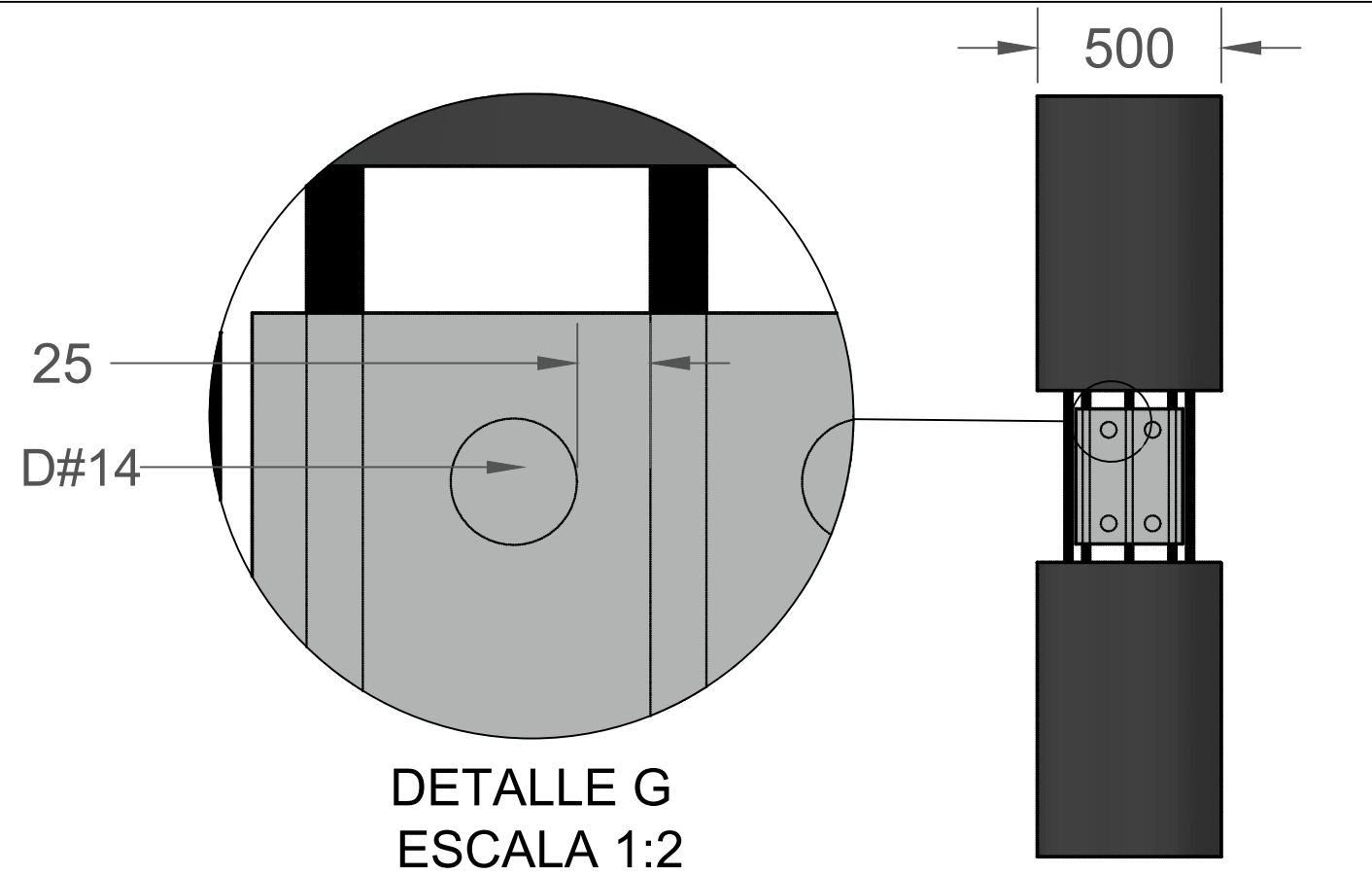
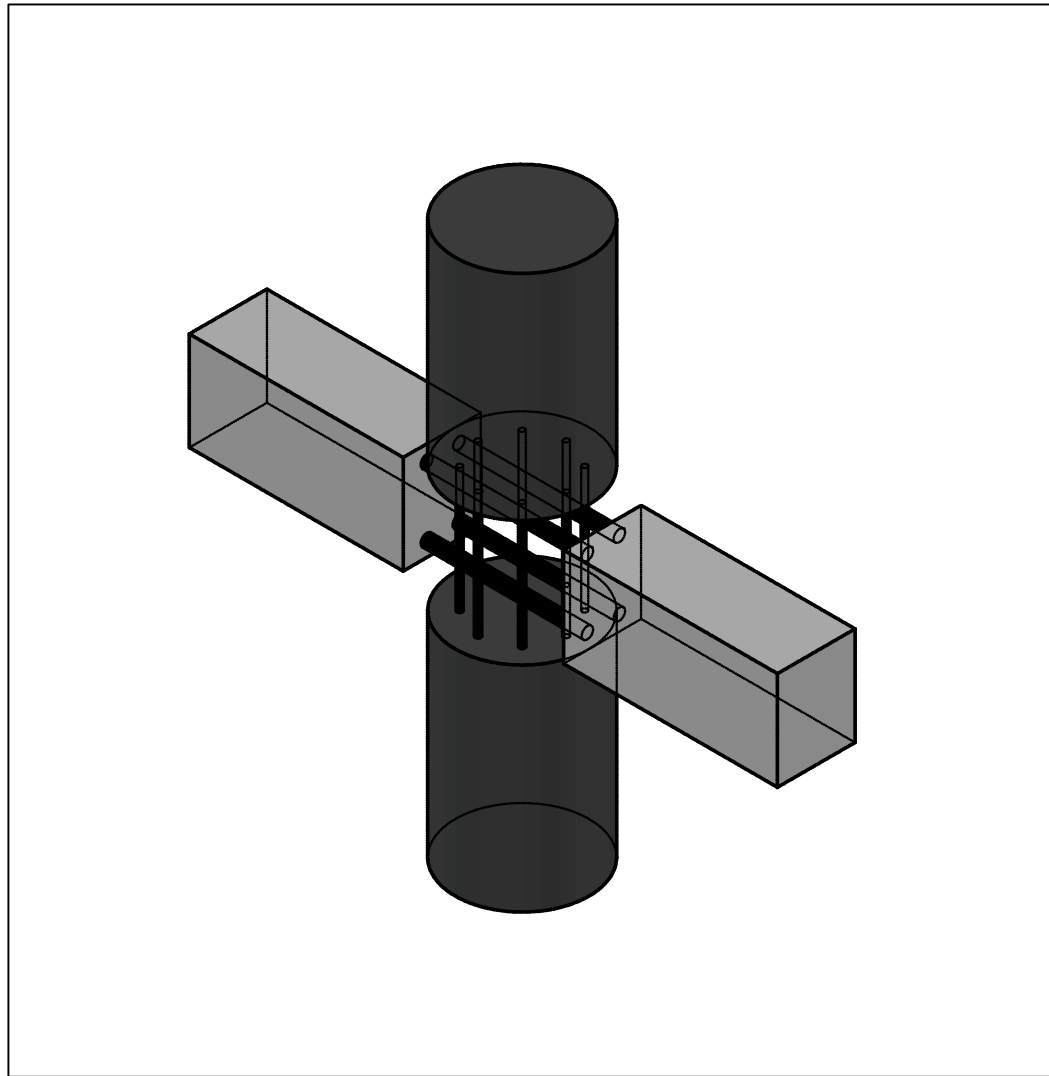
**ELABORADO POR:**  
Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

**DIRECTOR DEL PROYECTO**  
Gabriel Santiago Silva Vega

**PAR ACADEMICO**  
Elkin Gerardo Avila Castro

**OBSERVACIONES**  
El plano contiene la vista del isométrico, vista de perfil y vista de planta de la conexión usando 6 barras numero 2 para el refuerzo longitudinal de la viga y 6 barras numero 7 para el refuerzo longitudinal de la columna, se garantiza que cumpla el espaciamiento entre barras con una distancia mínima de 25 milímetros, con el fin de que las partículas del agregado grueso logren pasar entre estas.

**PLANO**  
3/18



| CUADRO DE MATERIALES                     |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 4                                        | #14                     |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 6                                        | #6                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

**PROYECTO:**  
Diseño alternativo de conexión viga-pilote en la construcción de sótanos

**CONTENIDO:**  
Conexión D 50 cm- 8 barras N°6

**ESCALA:**  
1:20

**UNIDAD:**  
mm

**FECHA:**  
19-jun-19

**INSTITUCION:**  
Universidad Santo Tomas

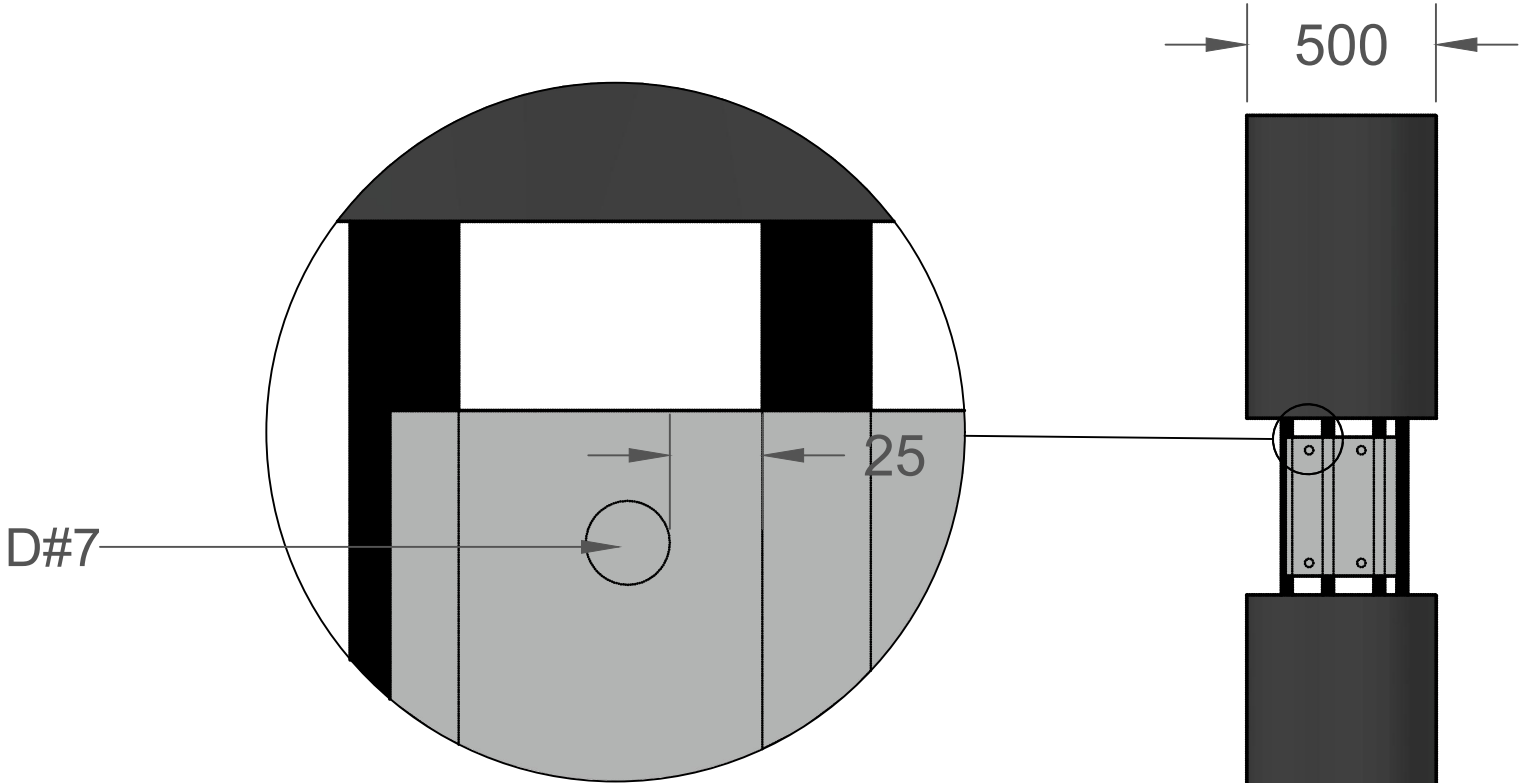
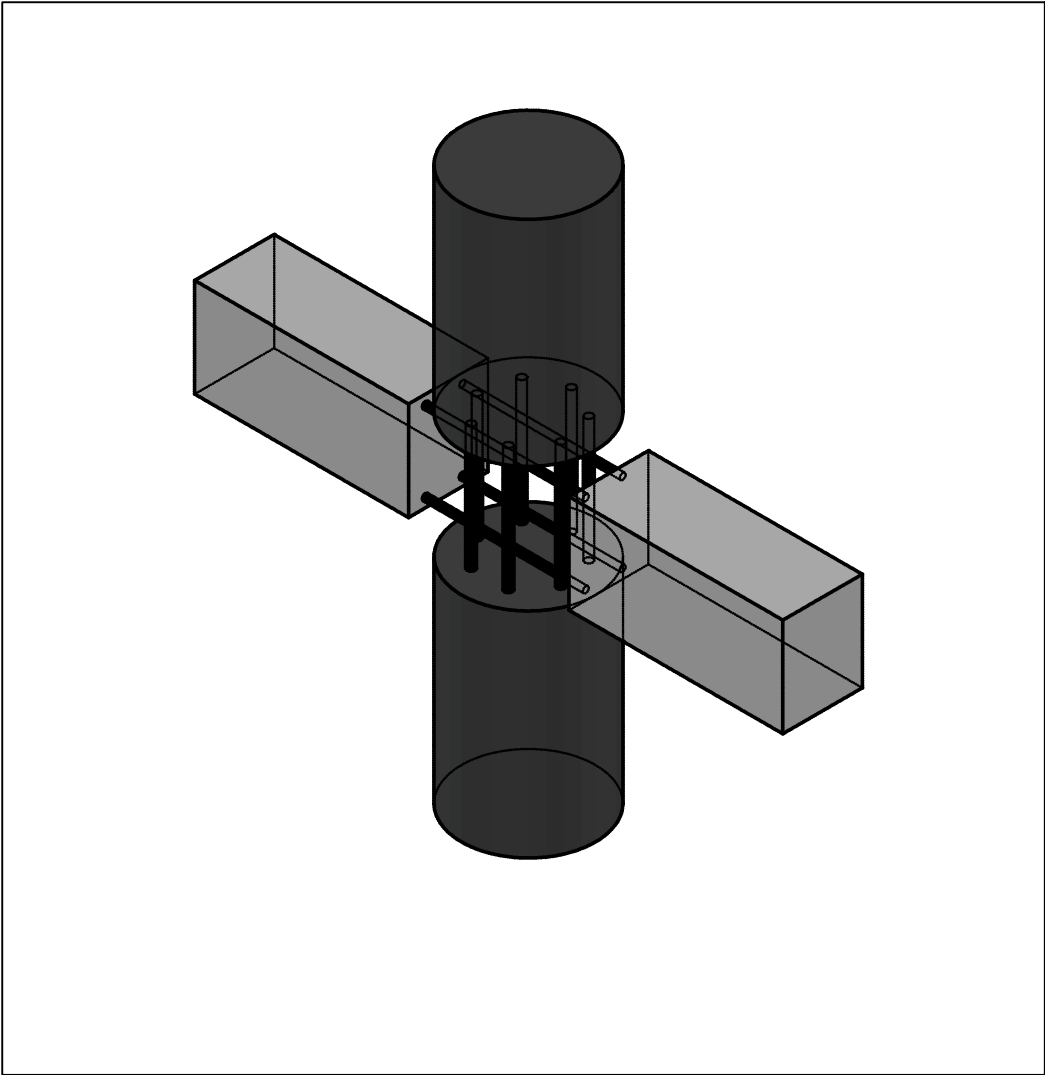
**ELABORADO POR:**  
Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

**DIRECTOR DEL PROYECTO**  
Gabriel Santiago Silva Vega

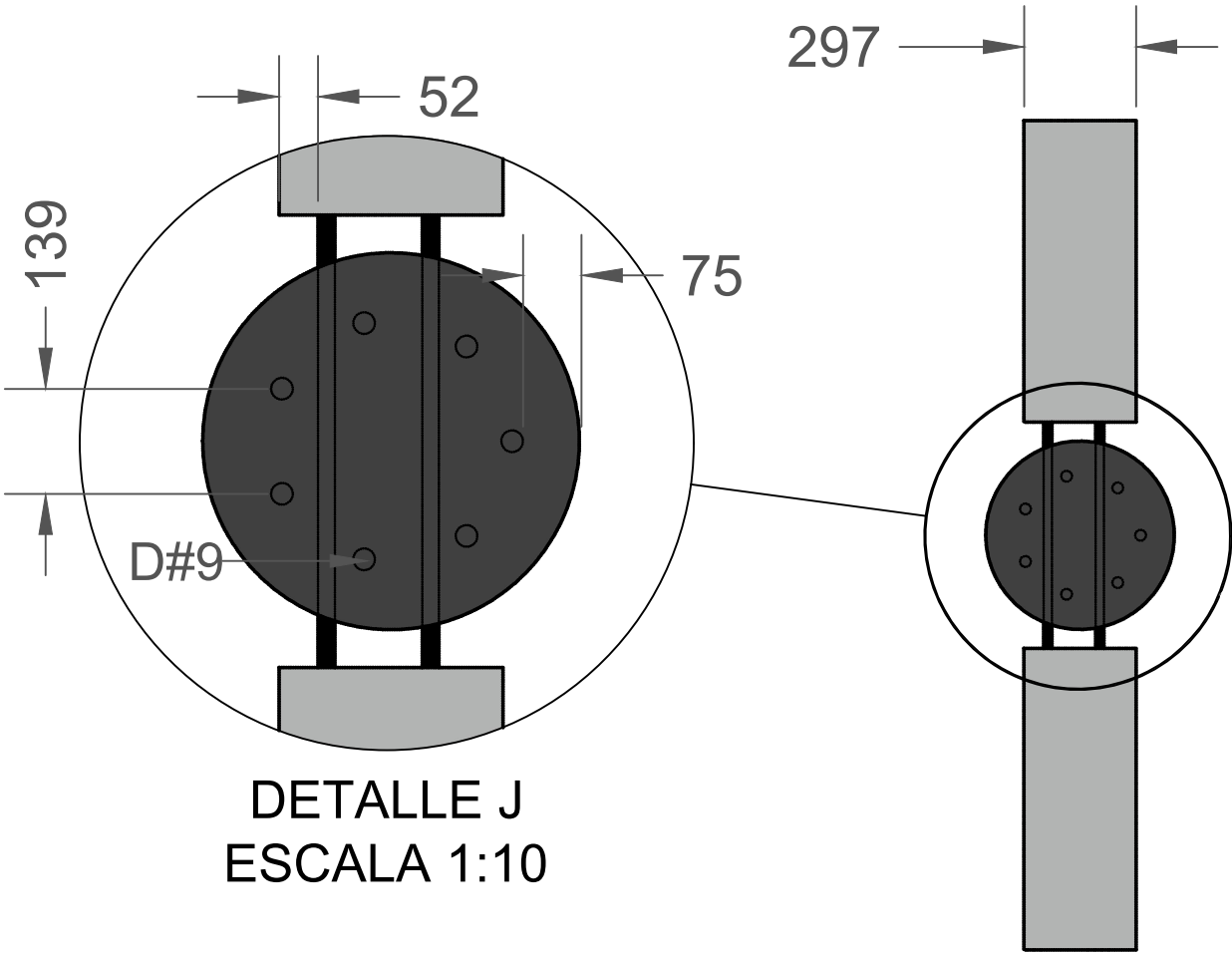
**PAR ACADEMICO**  
Elkin Gerardo Avila Castro

**OBSERVACIONES**  
El plano contiene la vista del isométrico, vista de perfil y vista de planta de la conexión usando 4 barras numero 14 para el refuerzo longitudinal de la viga y 8 barras numero 6 para el refuerzo longitudinal de la columna, se garantiza que cumpla el espaciamiento entre barras con una distancia mínima de 25 milímetros, con el fin de que las partículas del agregado grueso logren pasar entre estas.

**PLANO**  
4/18



DETALLE I  
ESCALA 1:2



DETALLE J  
ESCALA 1:10

| CUADRO DE MATERIALES                     |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 4                                        | #7                      |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 7                                        | #9                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

CONTENIDO:

Conexión D 50 cm- 7 barras N°9

ESCALA:

1:20

UNIDAD:

mm

FECHA:

19-jun-19

INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

DIRECTOR DEL  
PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

PAR ACADEMICO

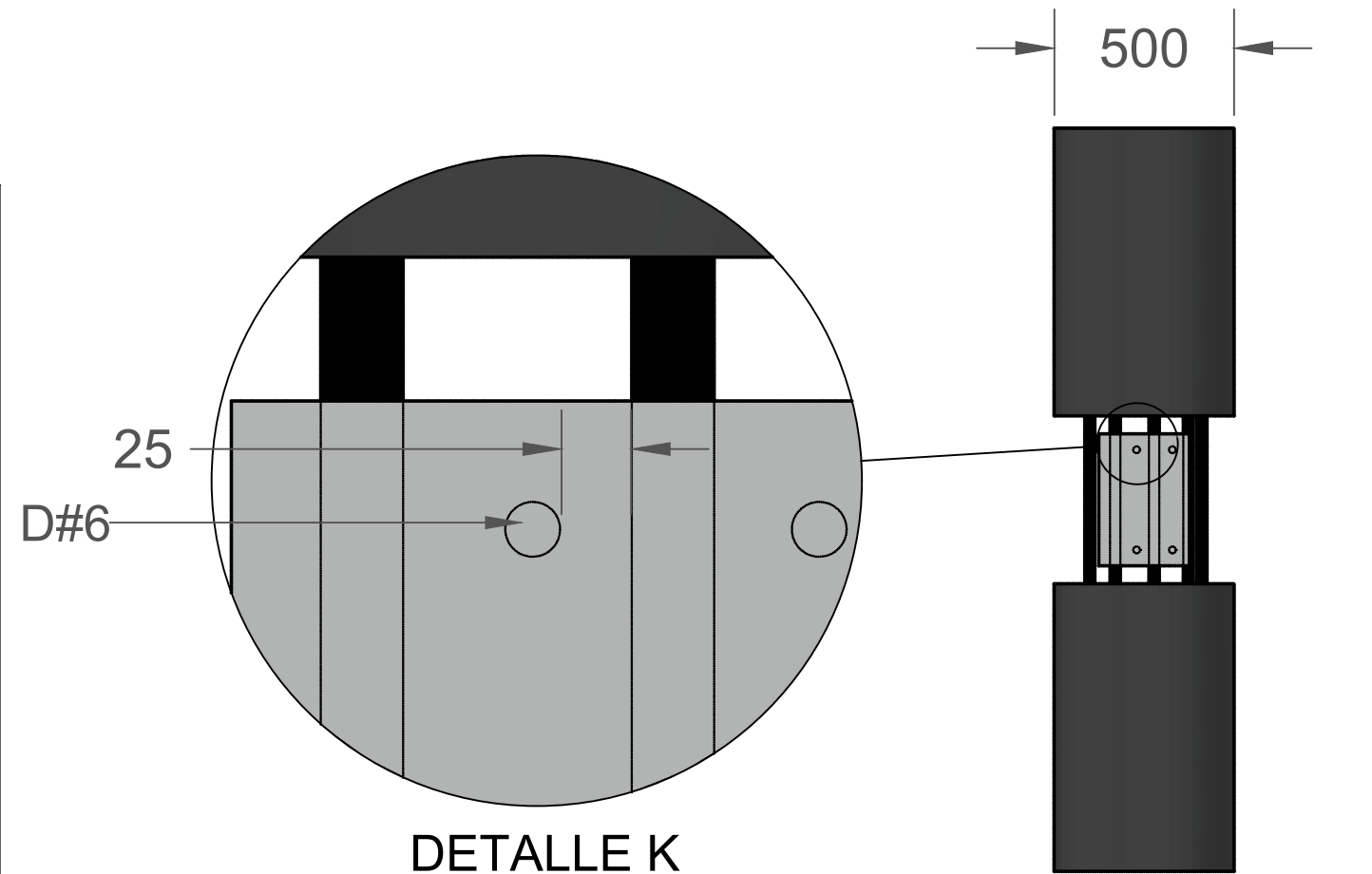
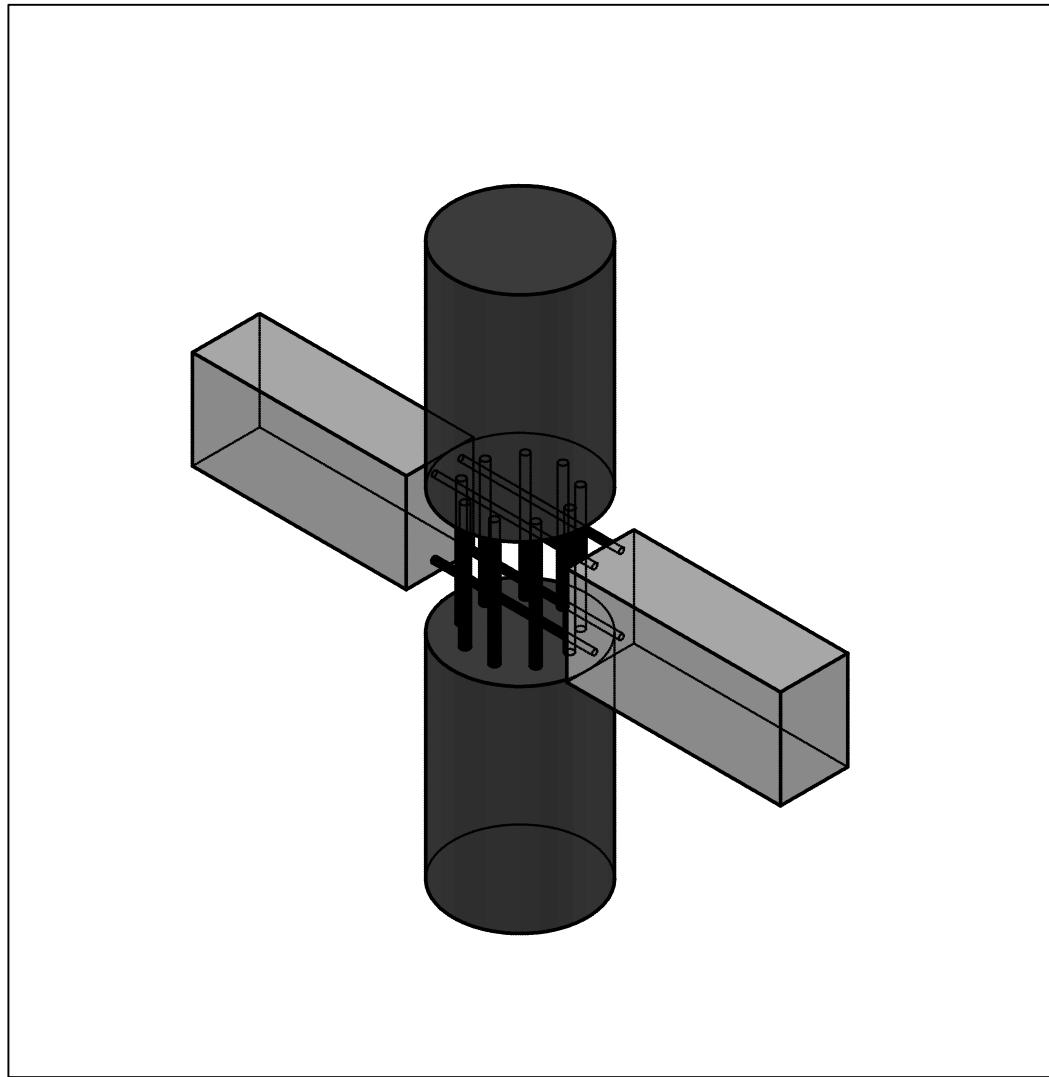
Elkin Gerardo Avila Castro

OBSERVACIONES

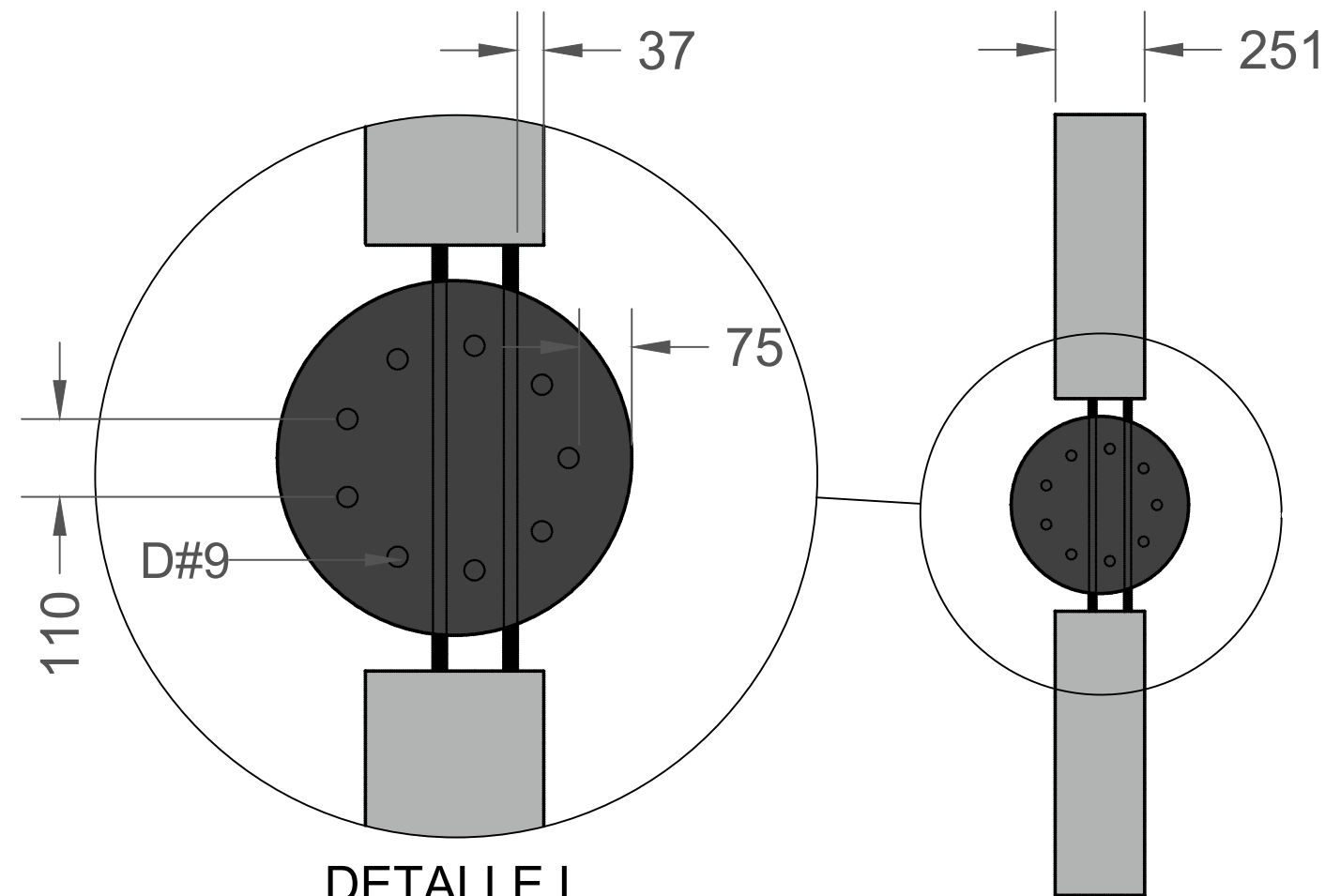
El plano contiene la vista del  
isométrico, vista de perfil y vista de  
planta de la conexión usando 4 barras  
numero 7 para el refuerzo  
longitudinal de la viga y 7 barras  
numero 9 para el refuerzo  
longitudinal de la columna, se  
garantiza que cumpla el  
espaciamiento entre barras con una  
distancia mínima de 25 milímetros,  
con el fin de que las partículas del  
agregado grueso logren pasar entre  
estas.

PLANO

5/18



DETALLE K  
ESCALA 1:2



DETALLE L  
ESCALA 1:10

| CUADRO DE MATERIALES                     |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 4                                        | #6                      |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 9                                        | #9                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

**PROYECTO:**

Diseño alternativo de conexión viga-pilote en la construcción de sótanos

**CONTENIDO:**

Conexión D 50 cm- 9 barras N°9

**ESCALA:**

1:20

**UNIDAD:**

mm

**FECHA:**

19-jun-19

**INSTITUCION:**

Universidad Santo Tomas

**ELABORADO POR:**

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Gabriel Santiago Silva Vega

**PAR ACADEMICO**

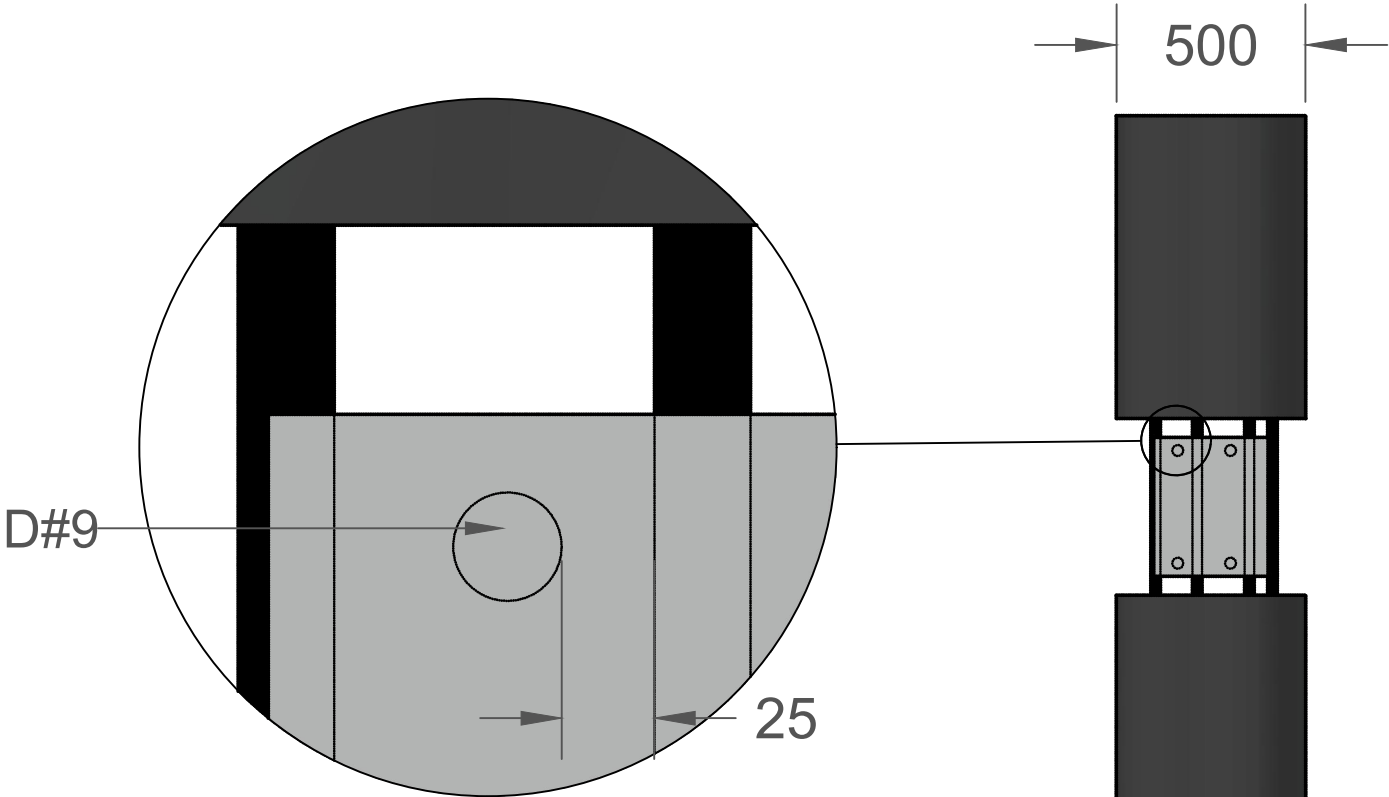
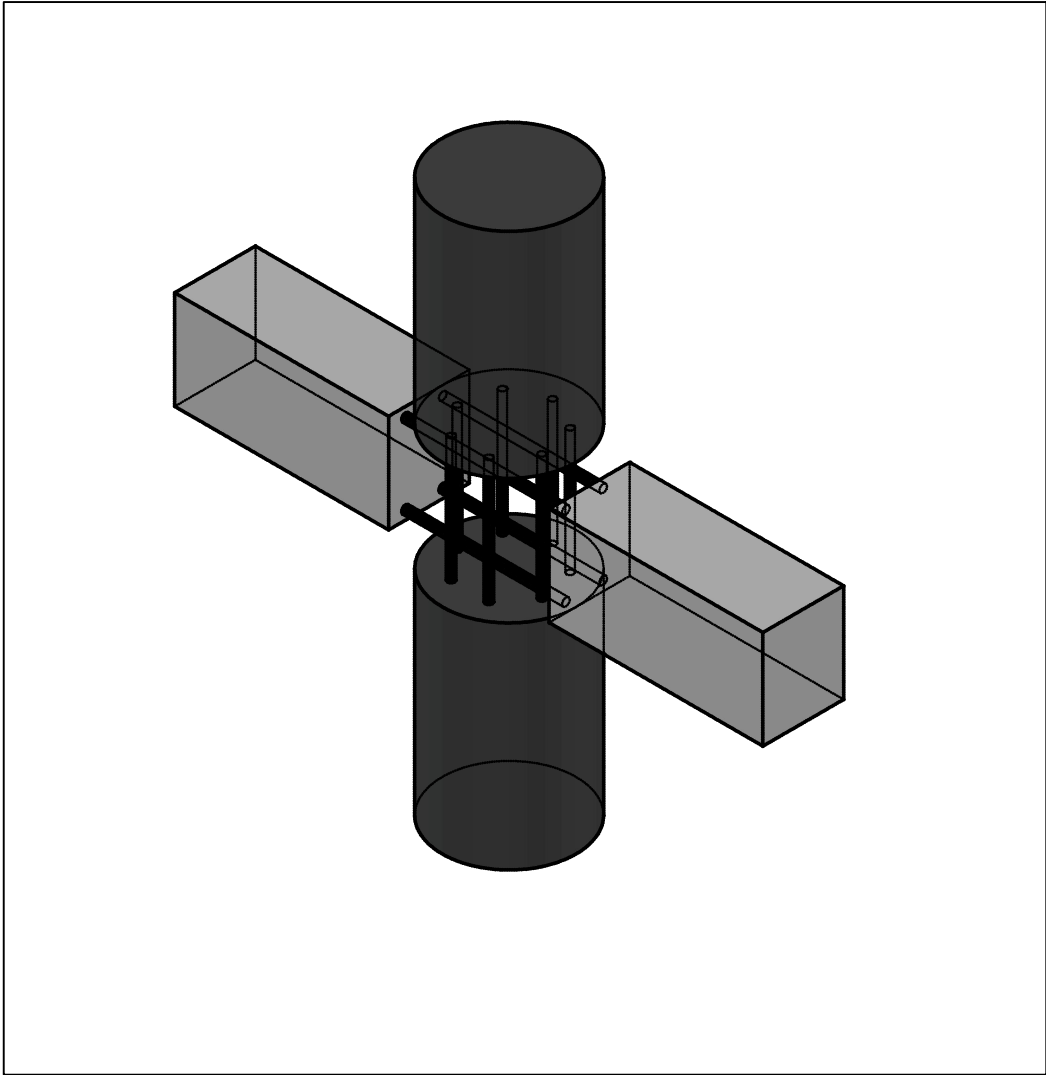
Elkin Gerardo Avila Castro

**OBSERVACIONES**

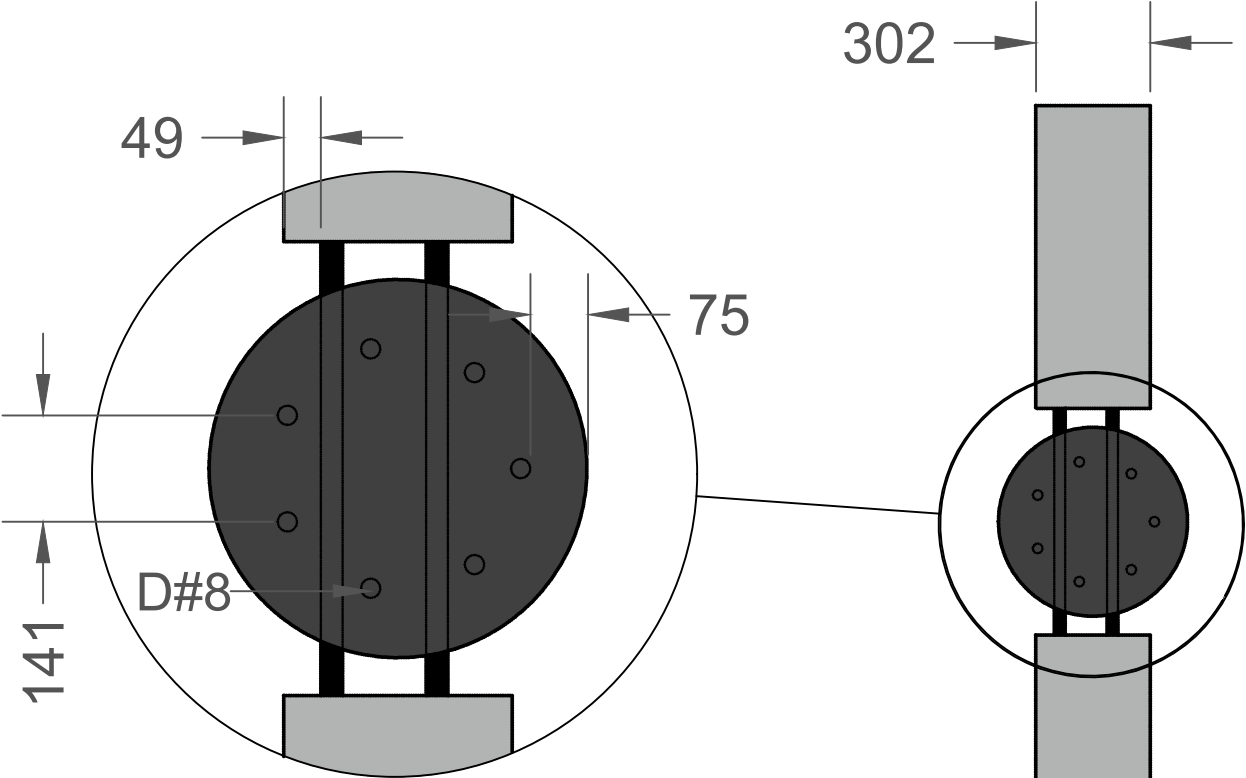
El plano contiene la vista del isométrico, vista de perfil y vista de planta de la conexión usando 4 barras numero 6 para el refuerzo longitudinal de la viga y 9 barras numero 9 para el refuerzo longitudinal de la columna, se garantiza que cumpla el espaciamiento entre barras con una distancia mínima de 25 milímetros, con el fin de que las partículas del agregado grueso logren pasar entre estas.

**PLANO**

6/18



DETALLE M  
ESCALA 1:2



DETALLE N  
ESCALA 1:10

| CUADRO DE MATERIALES                     |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 4                                        | #9                      |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 7                                        | #8                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

**PROYECTO:**  
Diseño alternativo de conexión viga-pilote en la construcción de sótanos

**CONTENIDO:**  
Conexión D 50 cm- 7 barras N°8

**ESCALA:**  
1:20

**UNIDAD:**  
mm

**FECHA:**  
19-jun-19

**INSTITUCION:**  
Universidad Santo Tomas

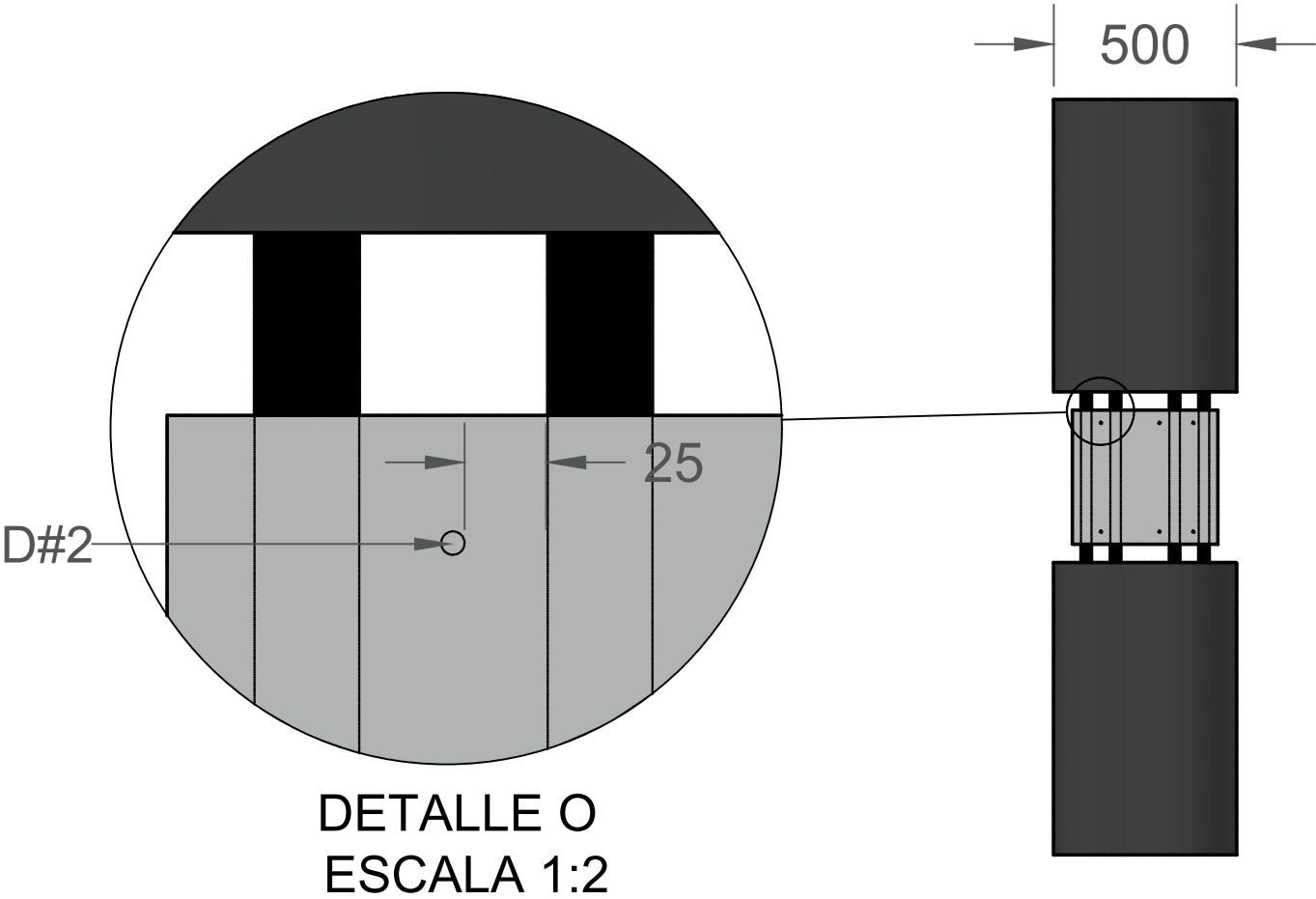
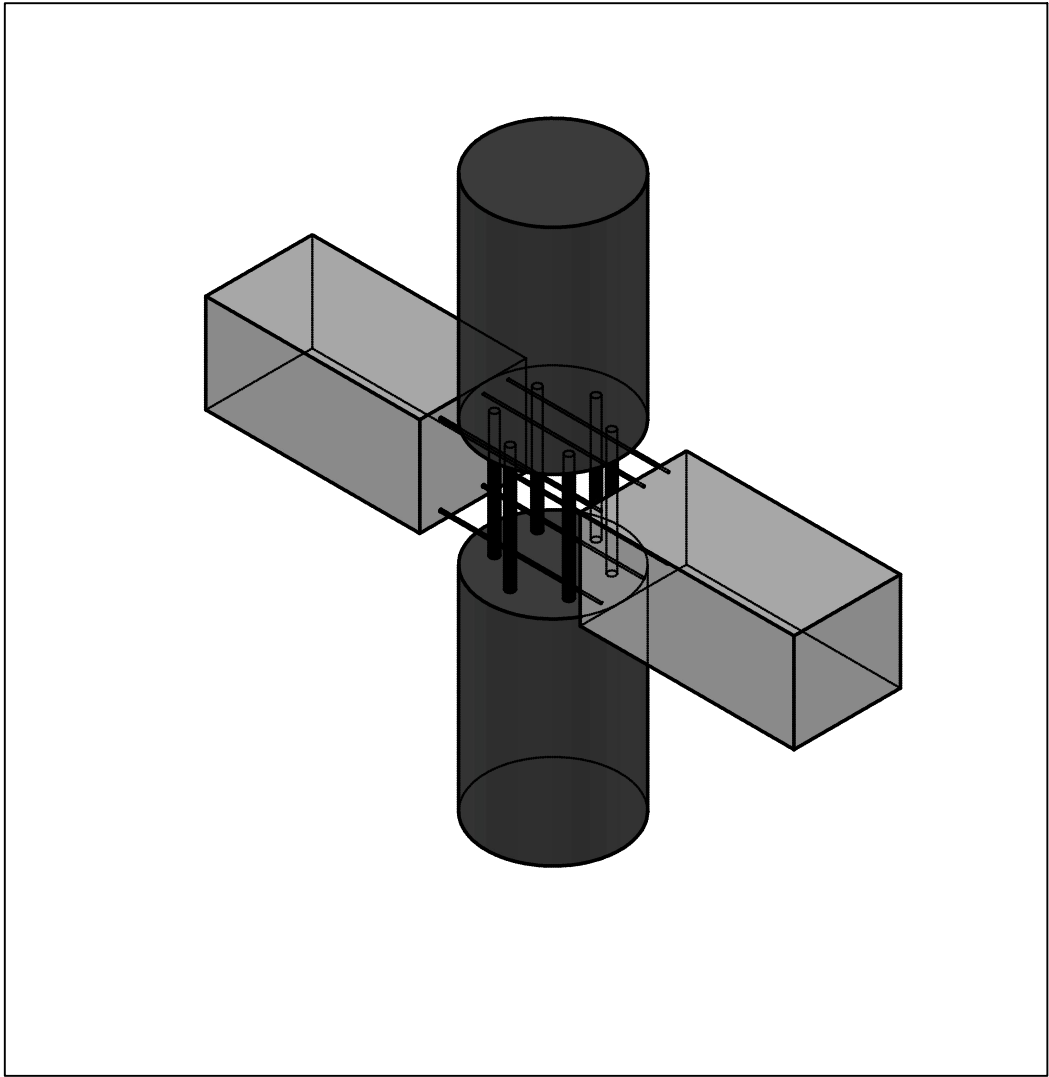
**ELABORADO POR:**  
Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

**DIRECTOR DEL PROYECTO**  
Gabriel Santiago Silva Vega

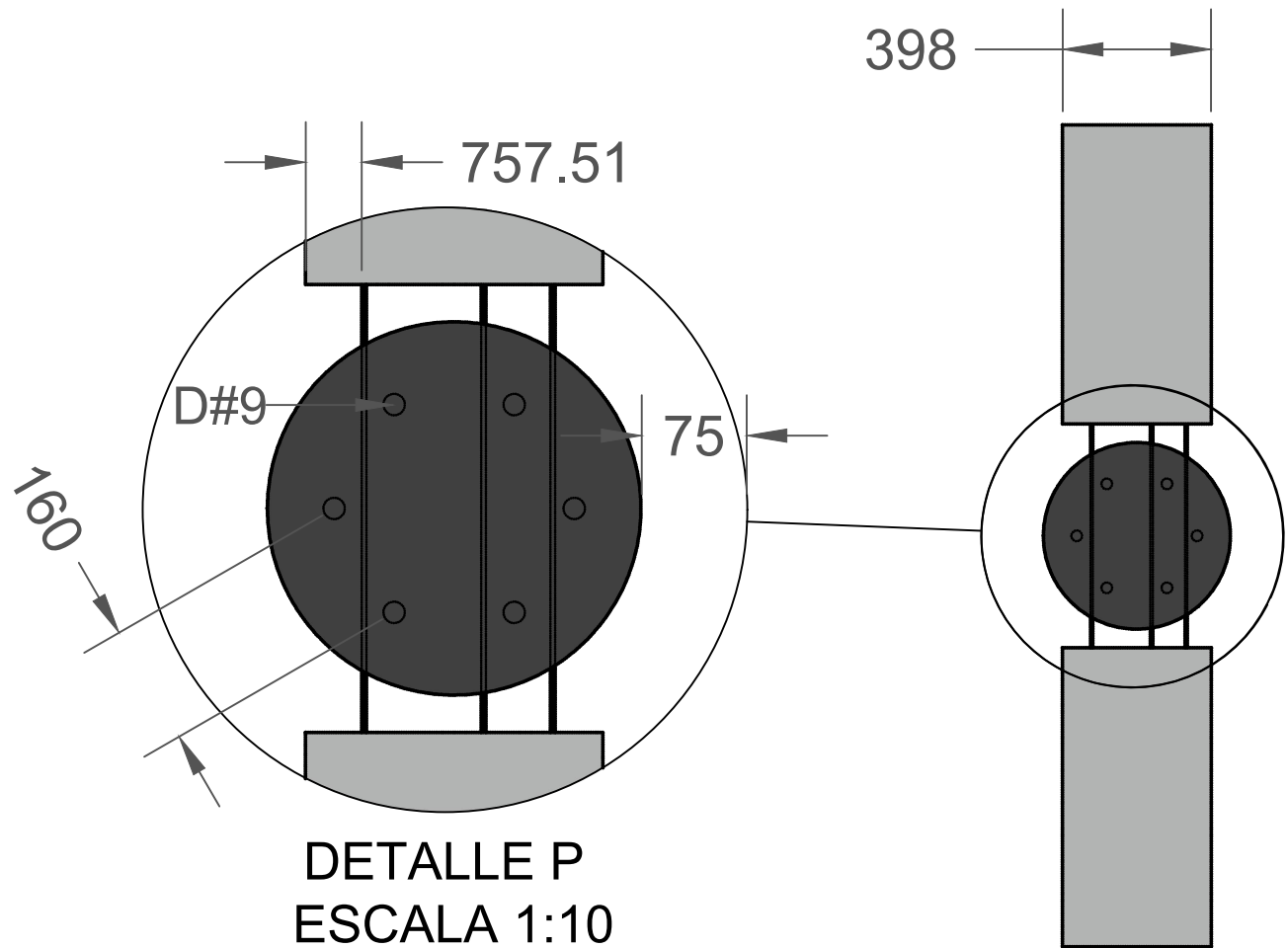
**PAR ACADEMICO**  
Elkin Gerardo Avila Castro

**OBSERVACIONES**  
El plano contiene la vista del isométrico, vista de perfil y vista de planta de la conexión usando 4 barras numero 9 para el refuerzo longitudinal de la viga y 7 barras numero 8 para el refuerzo longitudinal de la columna, se garantiza que cumpla el espaciamiento entre barras con una distancia mínima de 25 milímetros, con el fin de que las partículas del agregado grueso logren pasar entre estas.

**PLANO**  
7/18



DETALLE O  
ESCALA 1:2



DETALLE P  
ESCALA 1:10

### CUADRO DE MATERIALES

| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 6                                        | #2                      |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 6                                        | #9                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

### PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

### CONTENIDO:

Conexión D 50 cm- 6 barras N°9

### ESCALA:

1:20

### UNIDAD:

mm

### FECHA:

19-jun-19

### INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

### ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón

Juan Felipe García Castañeda

### DIRECTOR DEL PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

### PAR ACADEMICO

Elkin Gerardo Avila Castro

### OBSERVACIONES

El plano contiene la vista del isométrico, vista de perfil y vista de planta de la conexión usando 6 barras numero 2 para el refuerzo longitudinal de la viga y 6 barras numero 9 para el refuerzo longitudinal de la columna, se garantiza que cumpla el espaciamiento entre barras con una distancia mínima de 25 milímetros, con el fin de que las partículas del agregado grueso logren pasar entre estas.

### PLANO

8/18

PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

CONTENIDO:

Conexión D 50 cm- 8 barras N°9

ESCALA:

1:20

UNIDAD:

mm

FECHA:

19-jun-19

INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

DIRECTOR DEL  
PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

PAR ACADEMICO

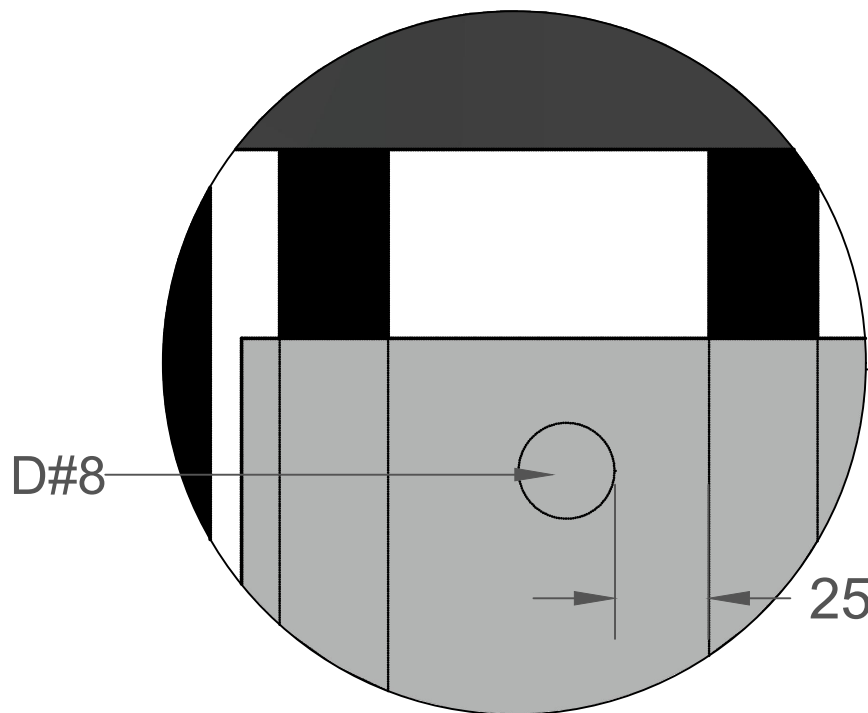
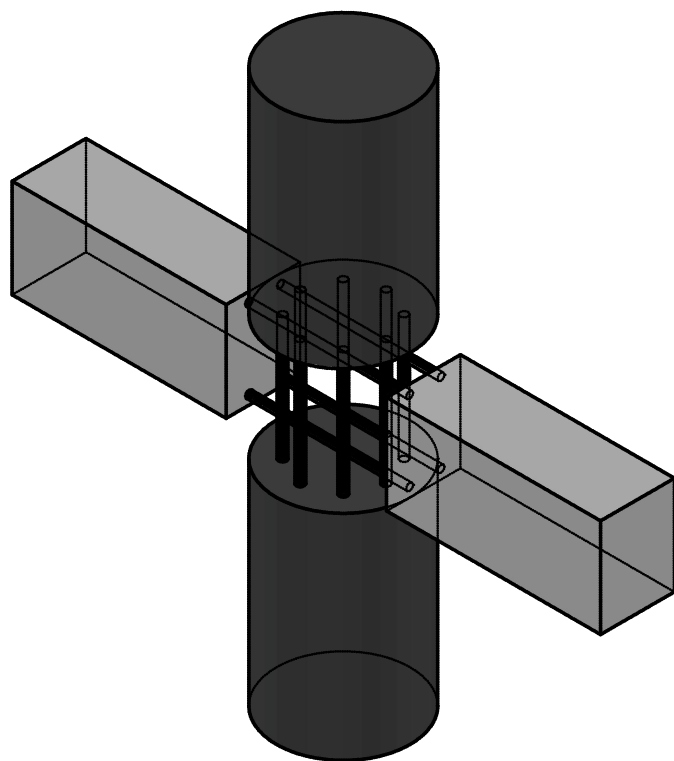
Elkin Gerardo Avila Castro

OBSERVACIONES

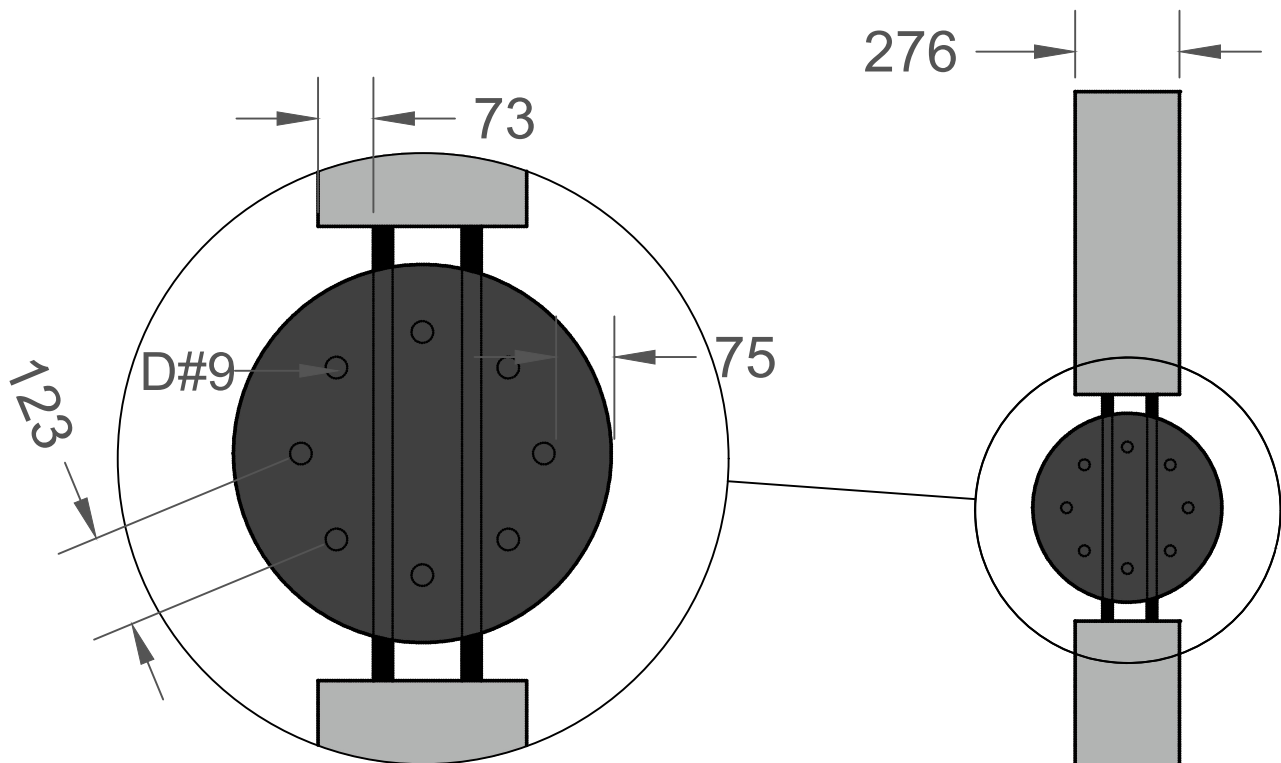
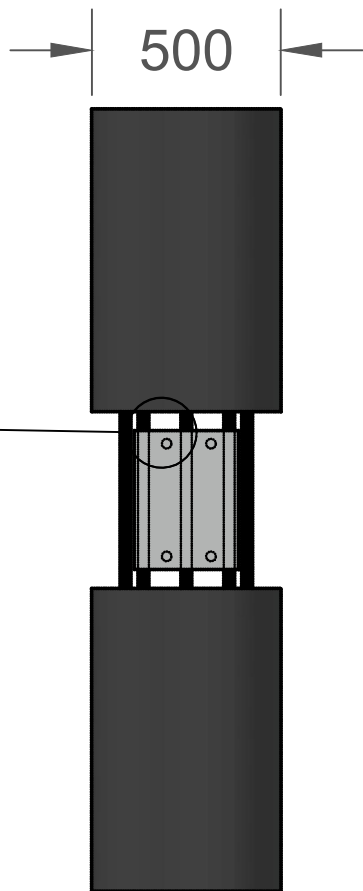
El plano contiene la vista del  
isométrico, vista de perfil y vista de  
planta de la conexión usando 4 barras  
numero 8 para el refuerzo  
longitudinal de la viga y 8 barras  
numero 9 para el refuerzo  
longitudinal de la columna, se  
garantiza que cumpla el  
espaciamiento entre barras con una  
distancia mínima de 25 milímetros,  
con el fin de que las partículas del  
agregado grueso logren pasar entre  
estas.

PLANO

9/18



DETALLE Q  
ESCALA 1:2



DETALLE R  
ESCALA 1:10

CUADRO DE MATERIALES

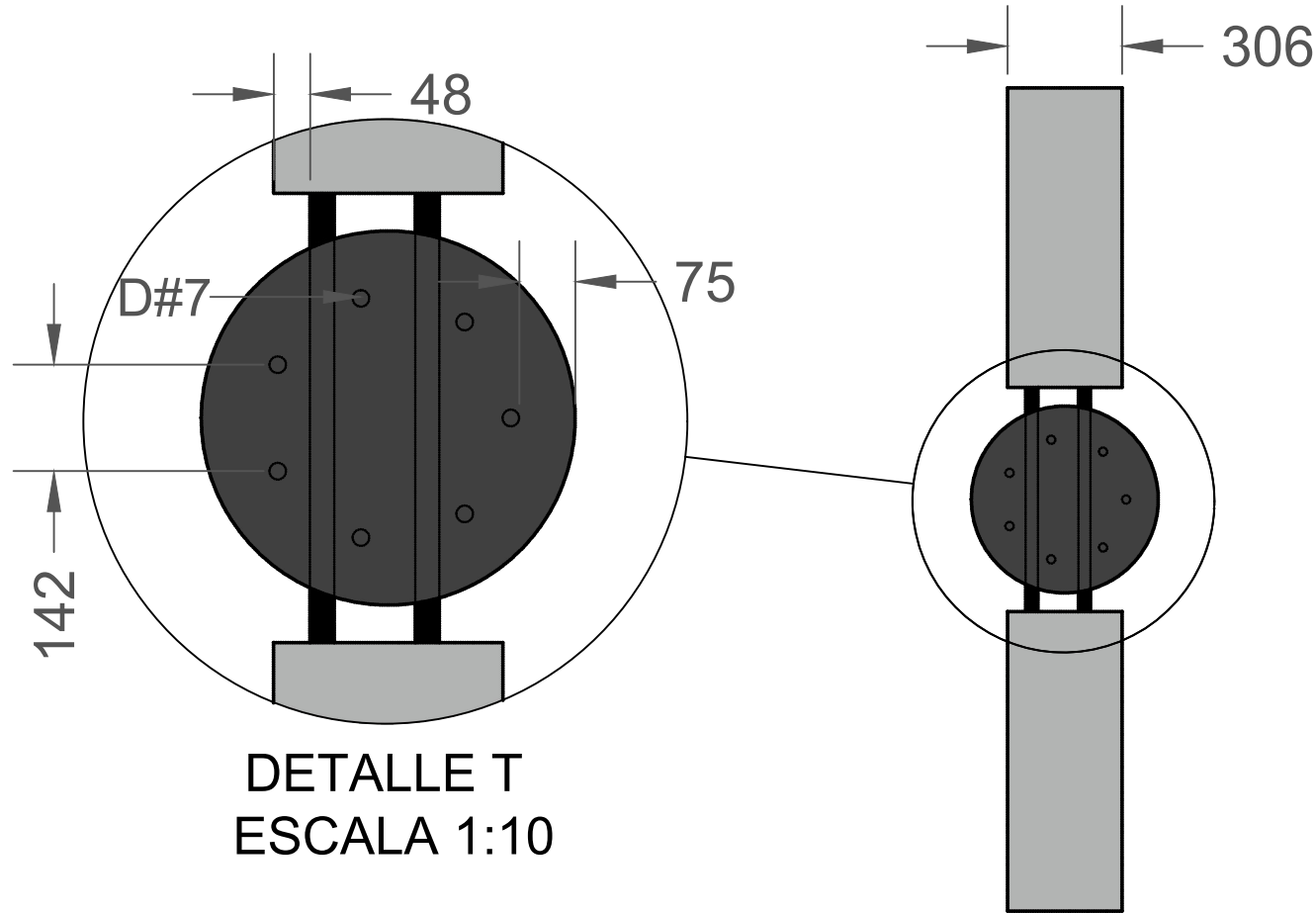
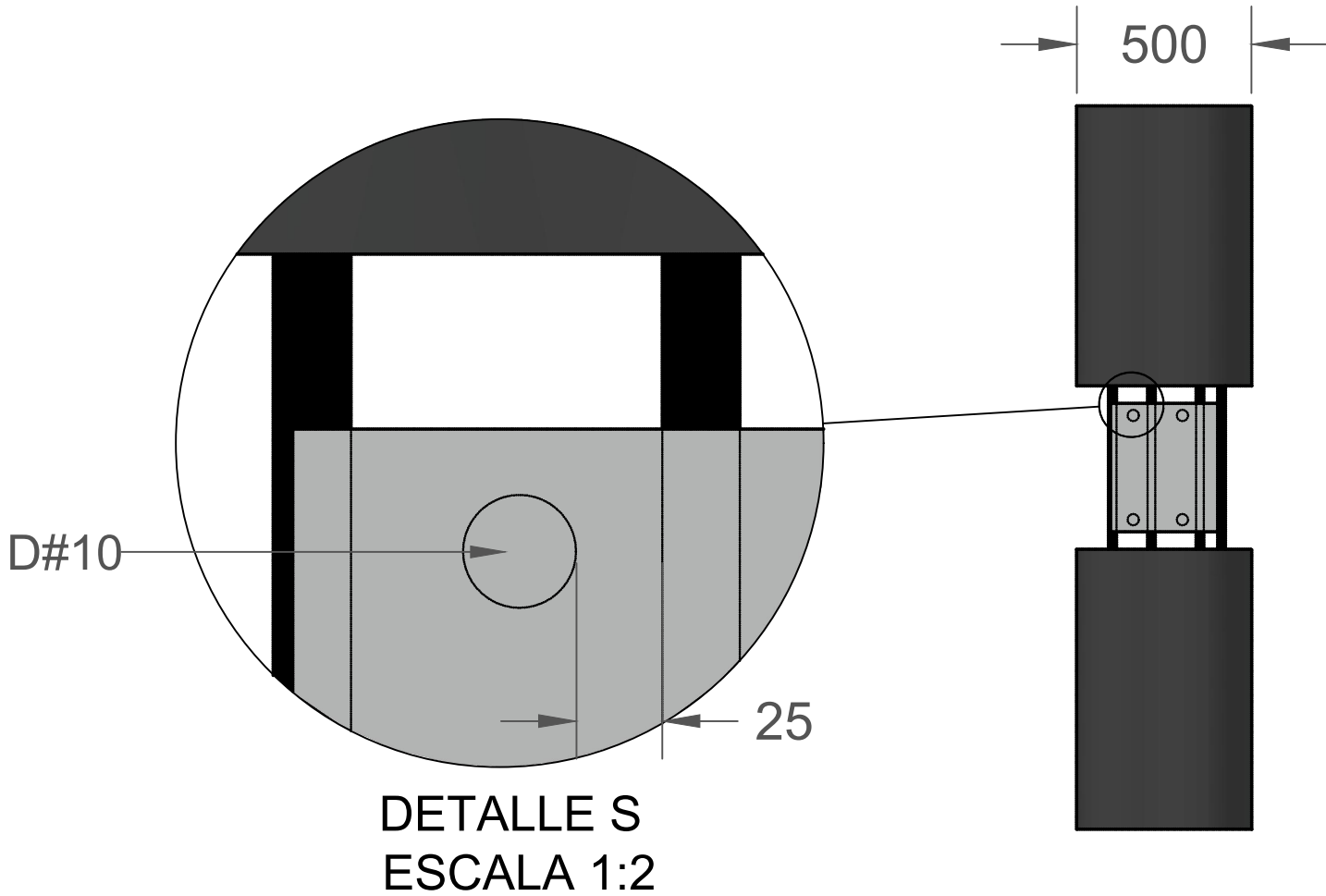
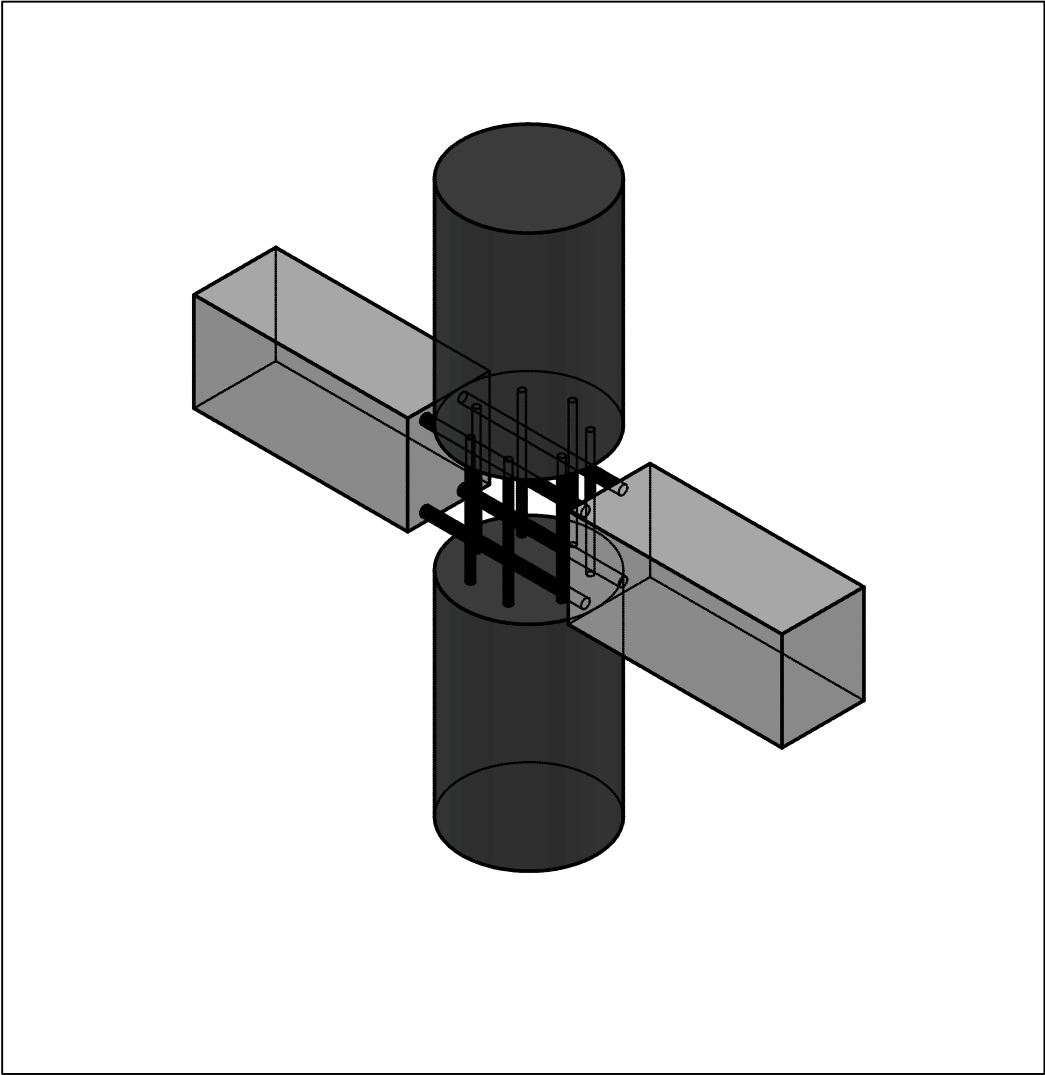
Refuerzo longitudinal de la viga

| numero de barras | Designación de la barra |
|------------------|-------------------------|
| 4                | #8                      |

Refuerzo longitudinal de la columna

| numero de barras | Designación de la barra |
|------------------|-------------------------|
| 8                | #9                      |

Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm



### CUADRO DE MATERIALES

#### Refuerzo longitudinal de la viga

| numero de barras | Designación de la barra |
|------------------|-------------------------|
| 4                | #10                     |

#### Refuerzo longitudinal de la columna

| numero de barras | Designación de la barra |
|------------------|-------------------------|
| 7                | #7                      |

Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm

### PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

### CONTENIDO:

Conexión D 50 cm- 7 barras N°7

### ESCALA:

1:20

### UNIDAD:

mm

### FECHA:

19-jun-19

### INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

### ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

### DIRECTOR DEL PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

### PAR ACADEMICO

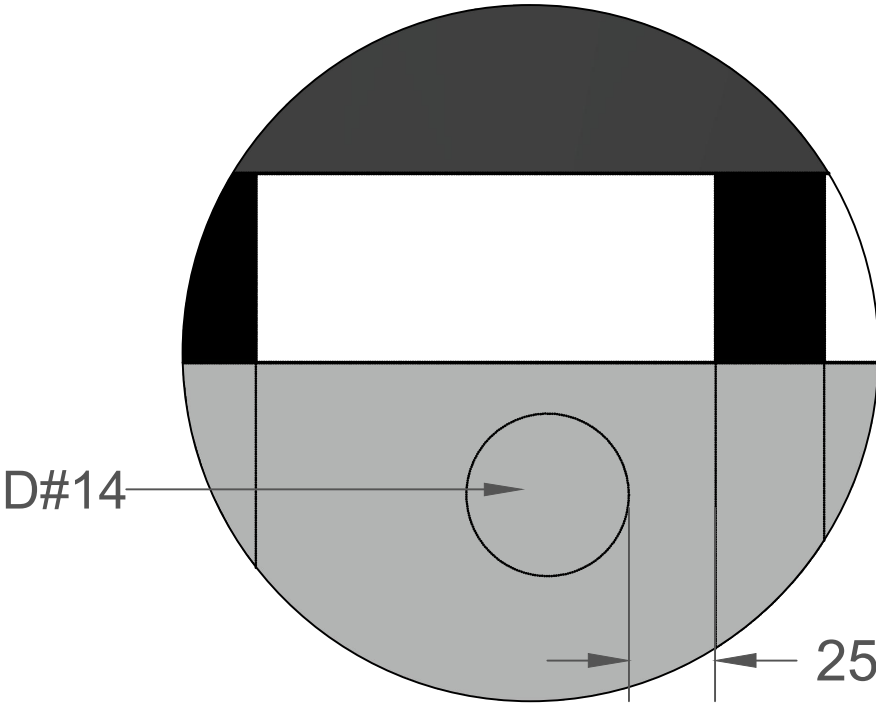
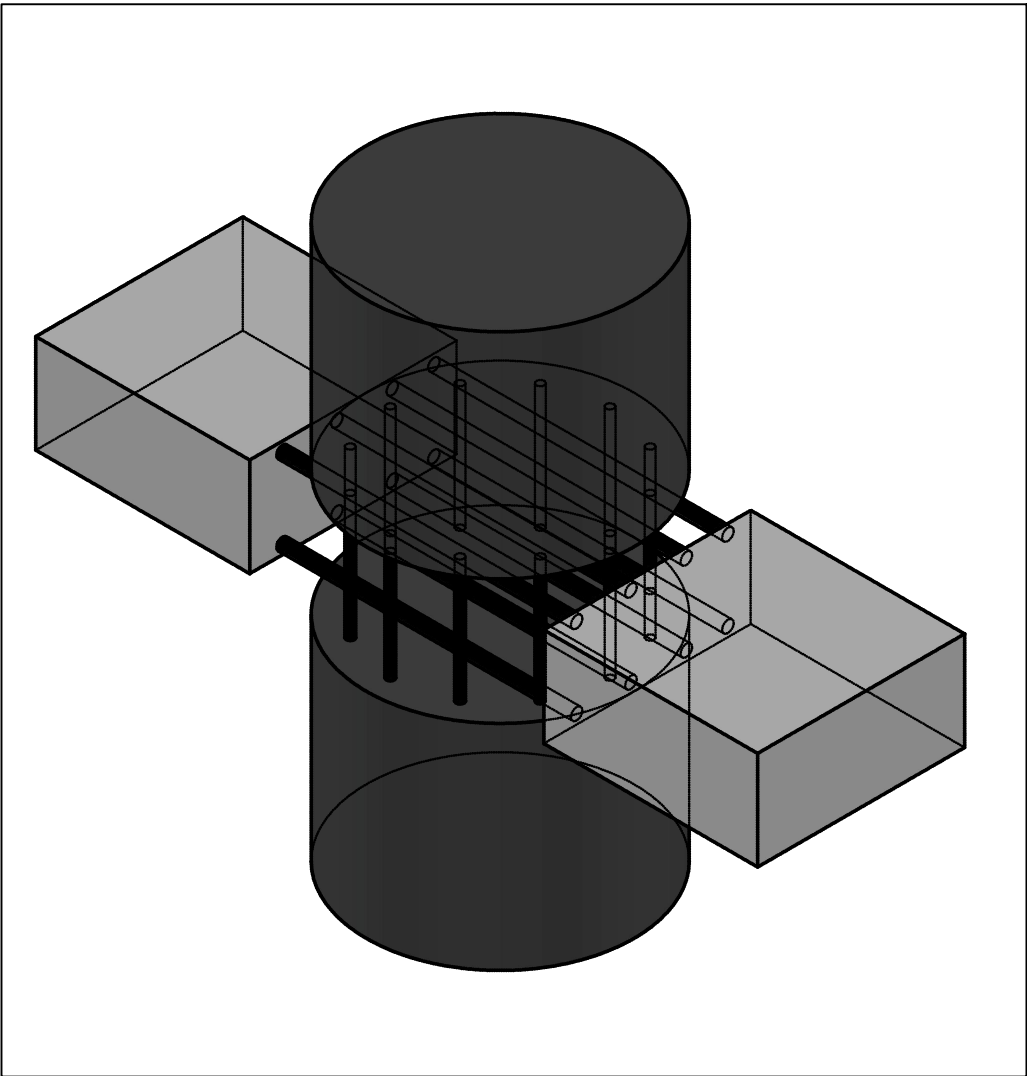
Elkin Gerardo Avila Castro

### OBSERVACIONES

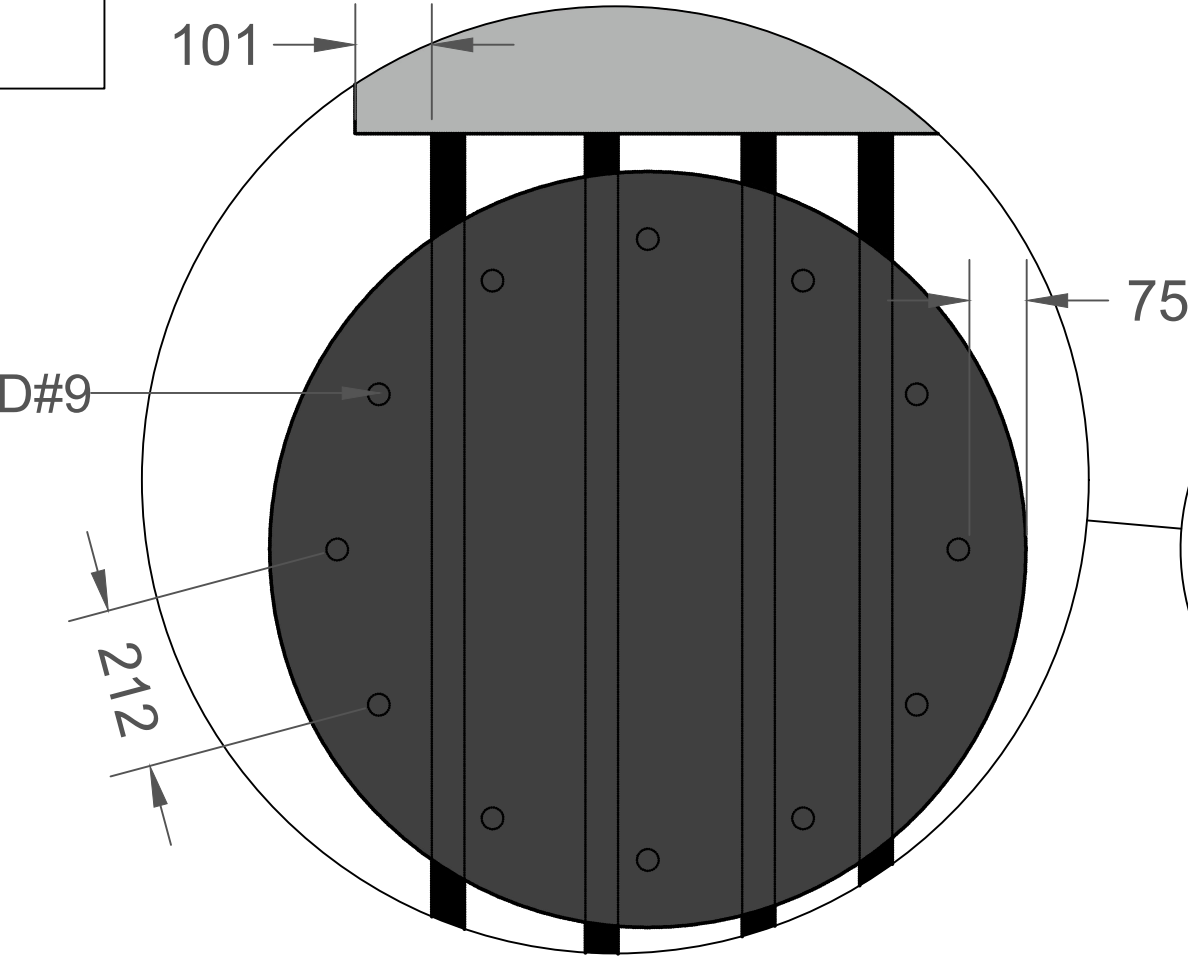
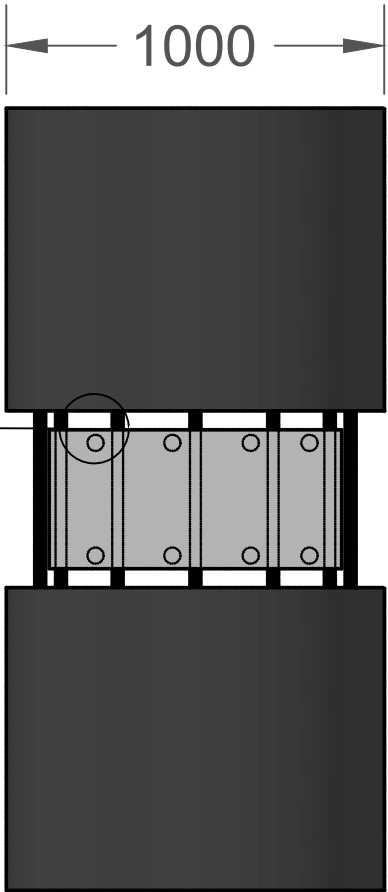
El plano contiene la vista del  
isométrico, vista de perfil y vista de  
planta de la conexión usando 4 barras  
numero 10 para el refuerzo  
longitudinal de la viga y 7 barras  
numero 7 para el refuerzo  
longitudinal de la columna, se  
garantiza que cumpla el  
espaciamiento entre barras con una  
distancia mínima de 25 milímetros,  
con el fin de que las partículas del  
agregado grueso logren pasar entre  
estas.

### PLANO

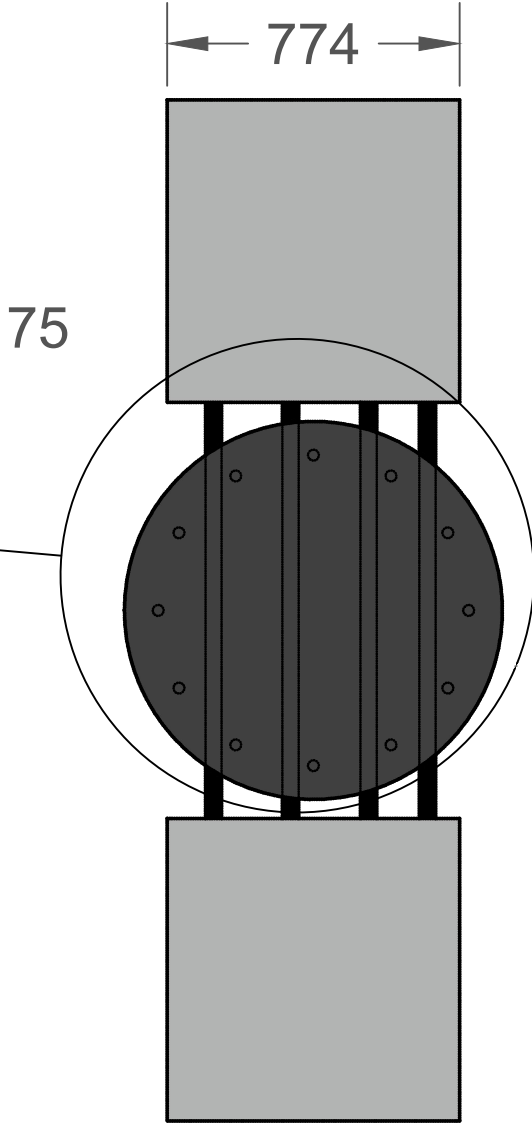
10/18



DETALLE U  
ESCALA 1:2



DETALLE V  
ESCALA 1:10



| CUADRO DE MATERIALES                     |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 8                                        | #14                     |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 12                                       | #9                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

**PROYECTO:**  
Diseño alternativo de conexión viga-pilote en la construcción de sótanos

**CONTENIDO:**  
Conexión D 100 cm- 12 barras N°9

**ESCALA:**  
1:20

**UNIDAD:**  
mm

**FECHA:**  
19-jun-19

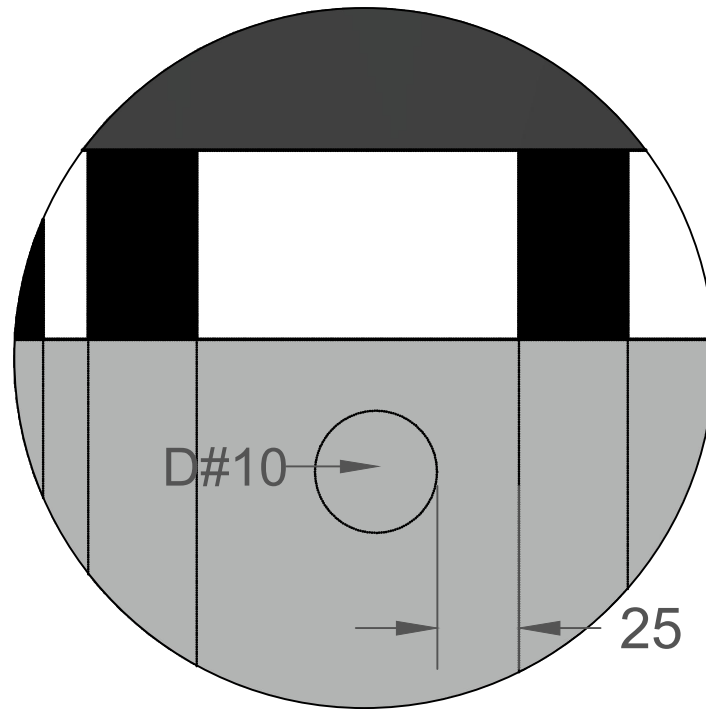
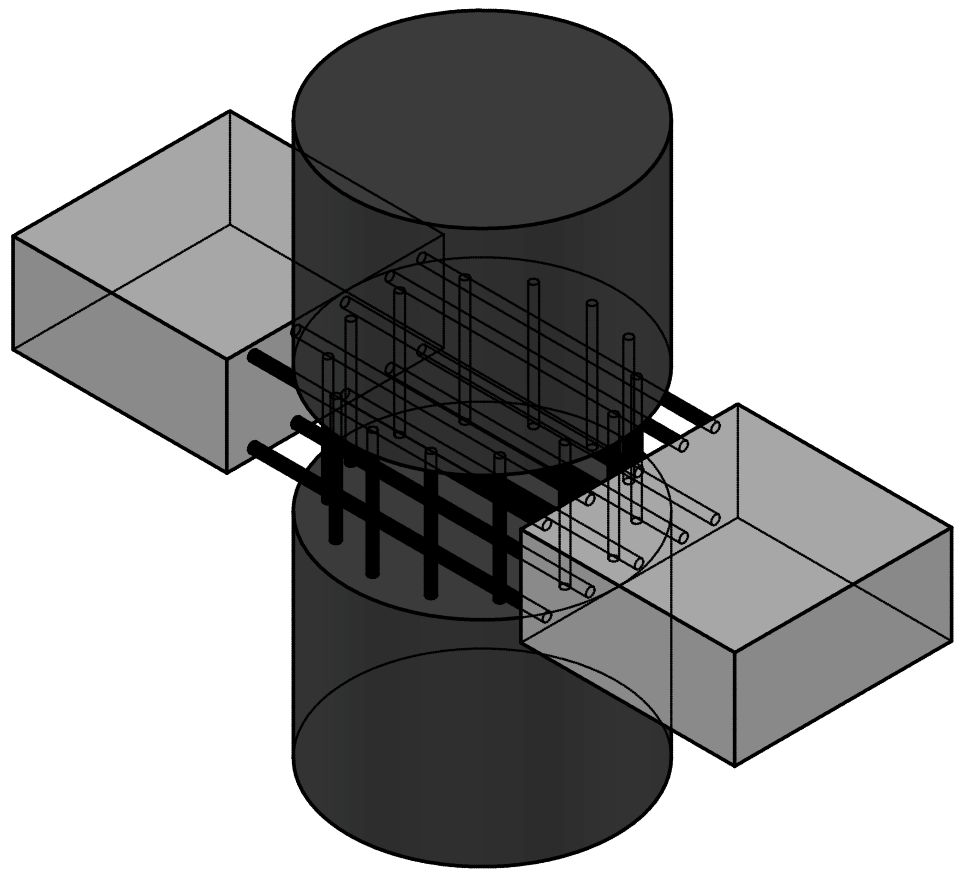
**INSTITUCION:**  
Universidad Santo Tomas

**ELABORADO POR:**  
Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

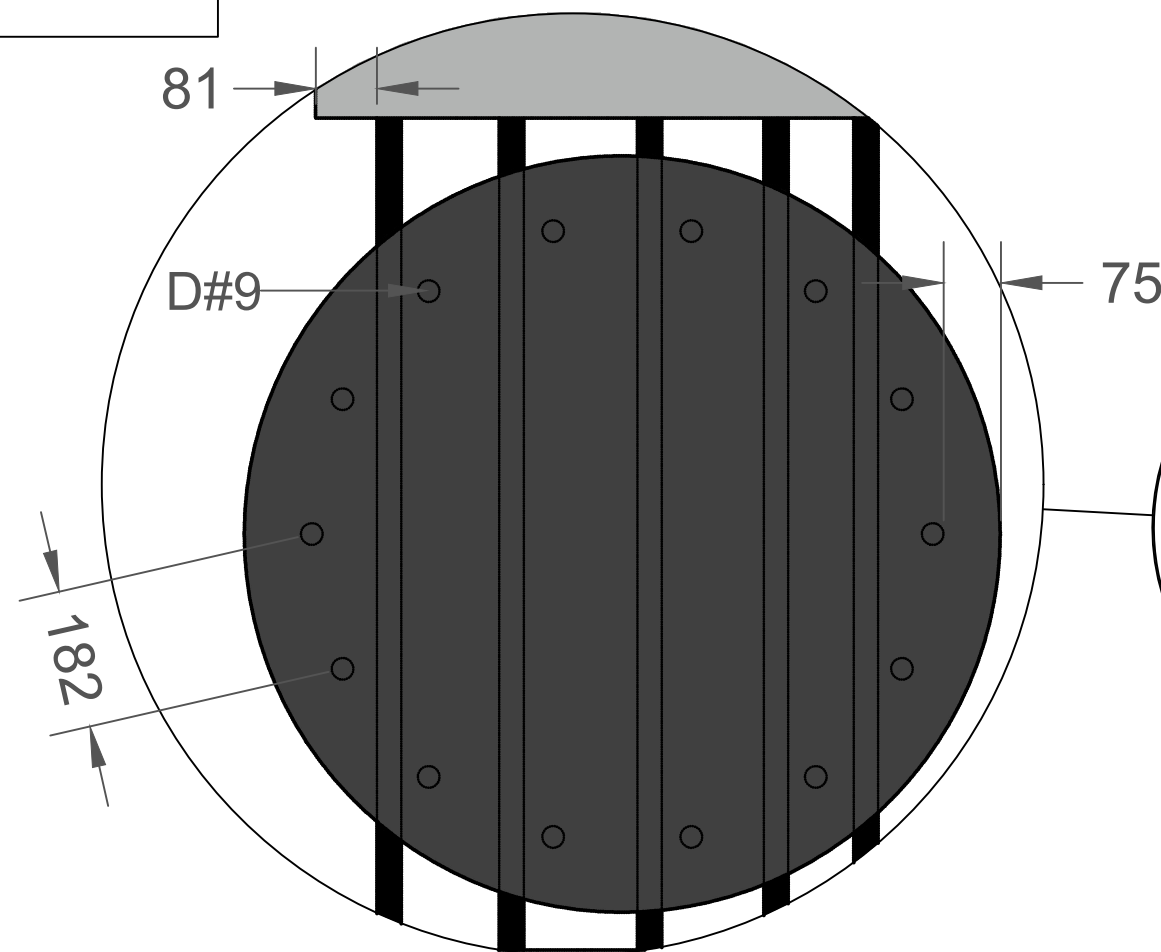
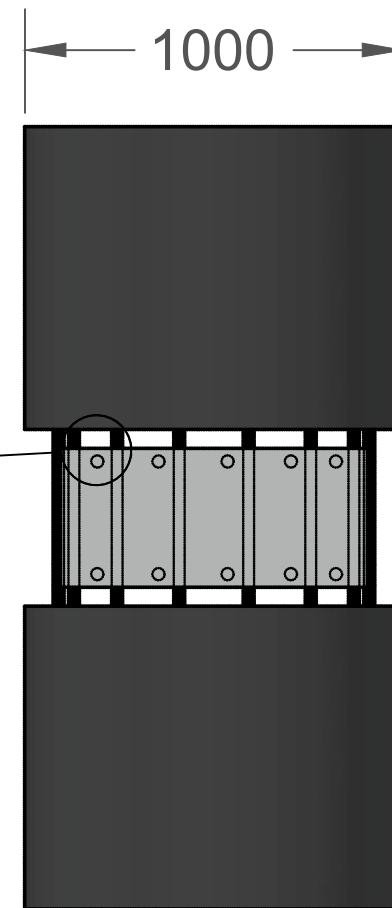
**DIRECTOR DEL PROYECTO**  
Gabriel Santiago Silva Vega

**PAR ACADEMICO**  
Elkin Gerardo Avila Castro

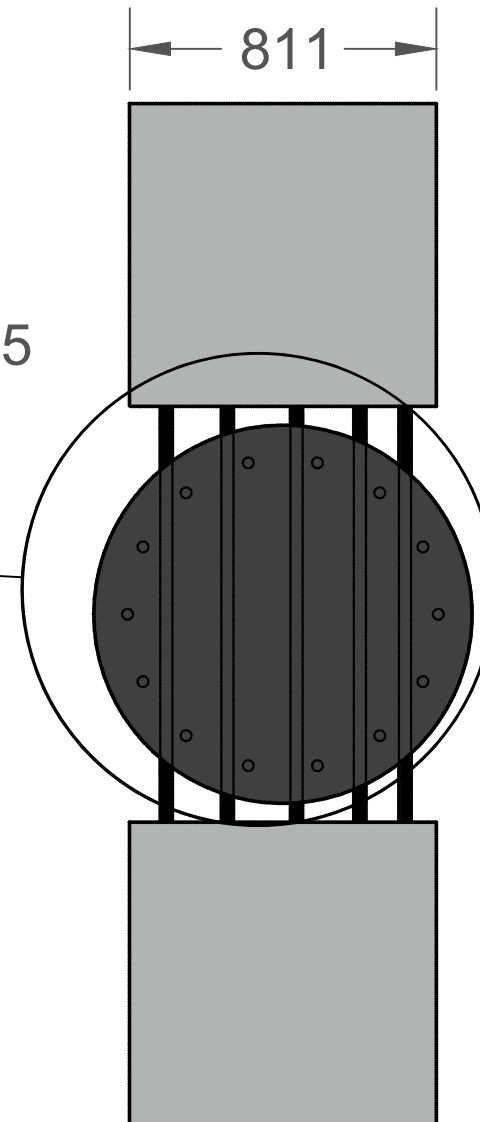
**OBSERVACIONES**  
El plano contiene la vista del isométrico, vista de perfil y vista de planta de la conexión usando 8 barras numero 14 para el refuerzo longitudinal de la viga y 12 barras numero 9 para el refuerzo longitudinal de la columna, se garantiza que cumpla el espaciamiento entre barras con una distancia mínima de 25 milímetros, con el fin de que las partículas del agregado grueso logren pasar entre estas.



DETALLE W  
ESCALA 1:2



DETALLE X  
ESCALA 1:10



### CUADRO DE MATERIALES

| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 10                                       | #10                     |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 14                                       | #9                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

### PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

### CONTENIDO:

Conexión D 100 cm- 14 barras N°9

### ESCALA:

1:20

### UNIDAD:

mm

### FECHA:

19-jun-19

### INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

### ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

### DIRECTOR DEL PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

### PAR ACADEMICO

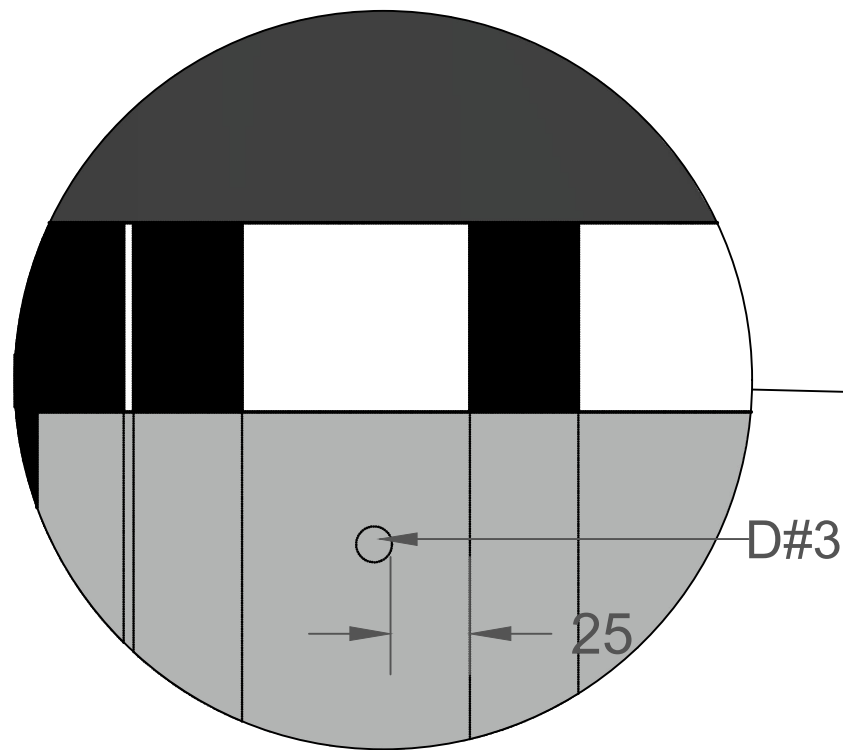
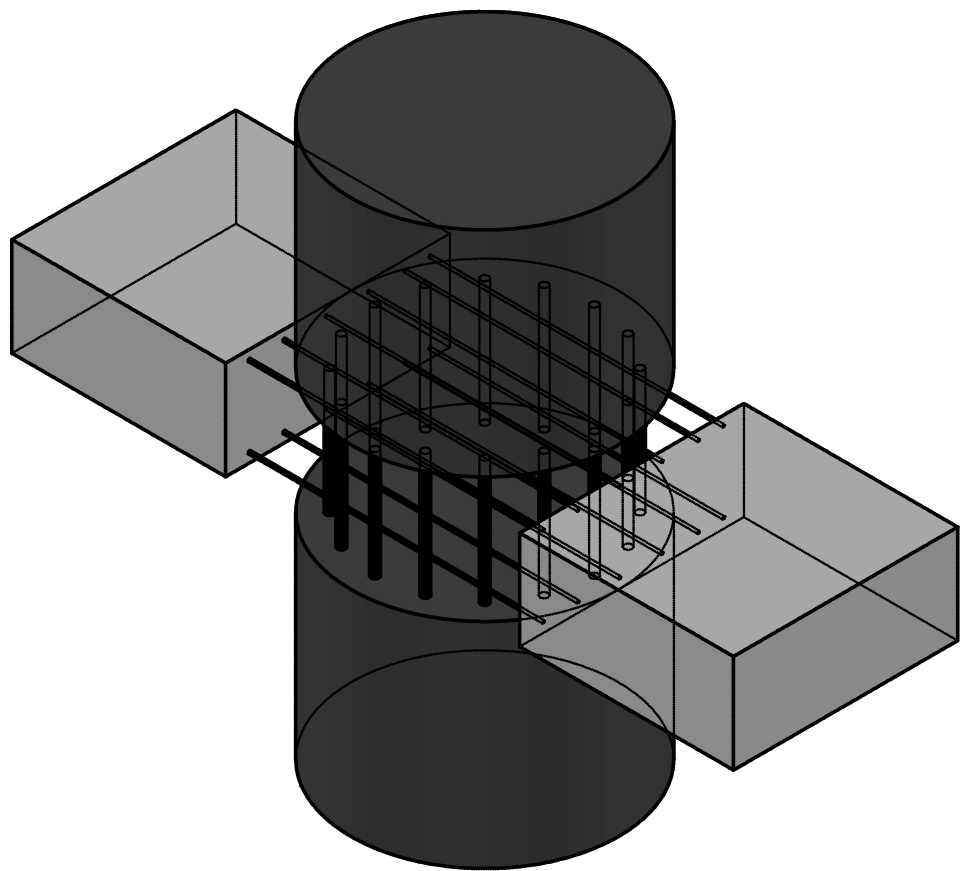
Elkin Gerardo Avila Castro

### OBSERVACIONES

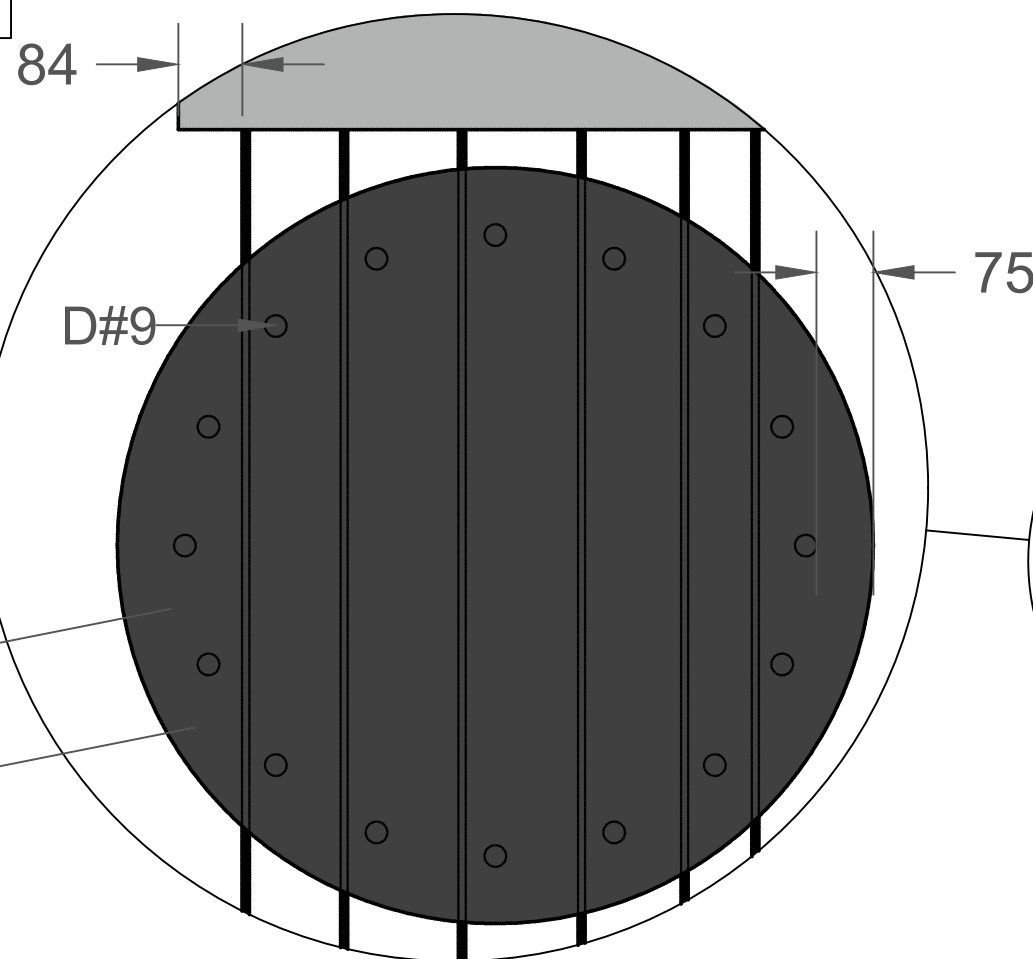
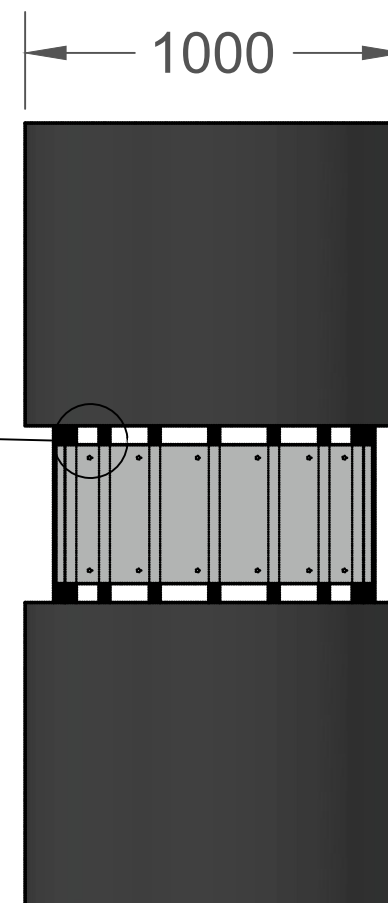
El plano contiene la vista del  
isométrico, vista de perfil y vista de  
planta de la conexión usando 10  
barras numero 10 para el refuerzo  
longitudinal de la viga y 14 barras  
numero 9 para el refuerzo  
longitudinal de la columna, se  
garantiza que cumpla el  
espaciamiento entre barras con una  
distancia mínima de 25 milímetros,  
con el fin de que las partículas del  
agregado grueso logren pasar entre  
estas.

### PLANO

12/18



DETALLE Y  
ESCALA 1:2



DETALLE Z  
ESCALA 1:10

### CUADRO DE MATERIALES

| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 12                                       | #3                      |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 16                                       | #9                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

### PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

### CONTENIDO:

Conexión D 100 cm- 16 barras N°9

### ESCALA:

1:20

### UNIDAD:

mm

### FECHA:

19-jun-19

### INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

### ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

### DIRECTOR DEL PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

### PAR ACADEMICO

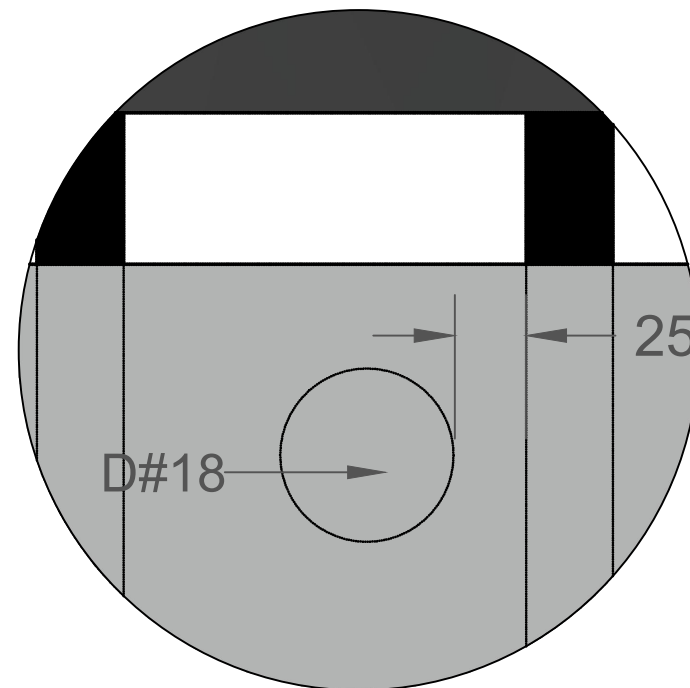
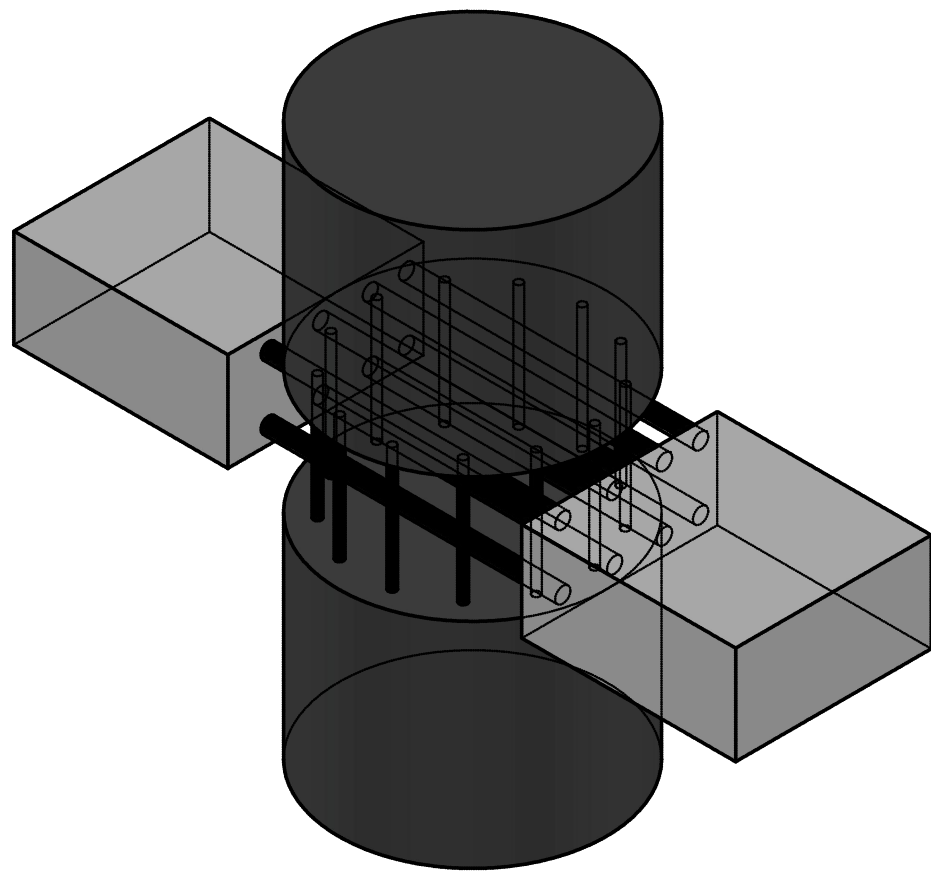
Elkin Gerardo Avila Castro

### OBSERVACIONES

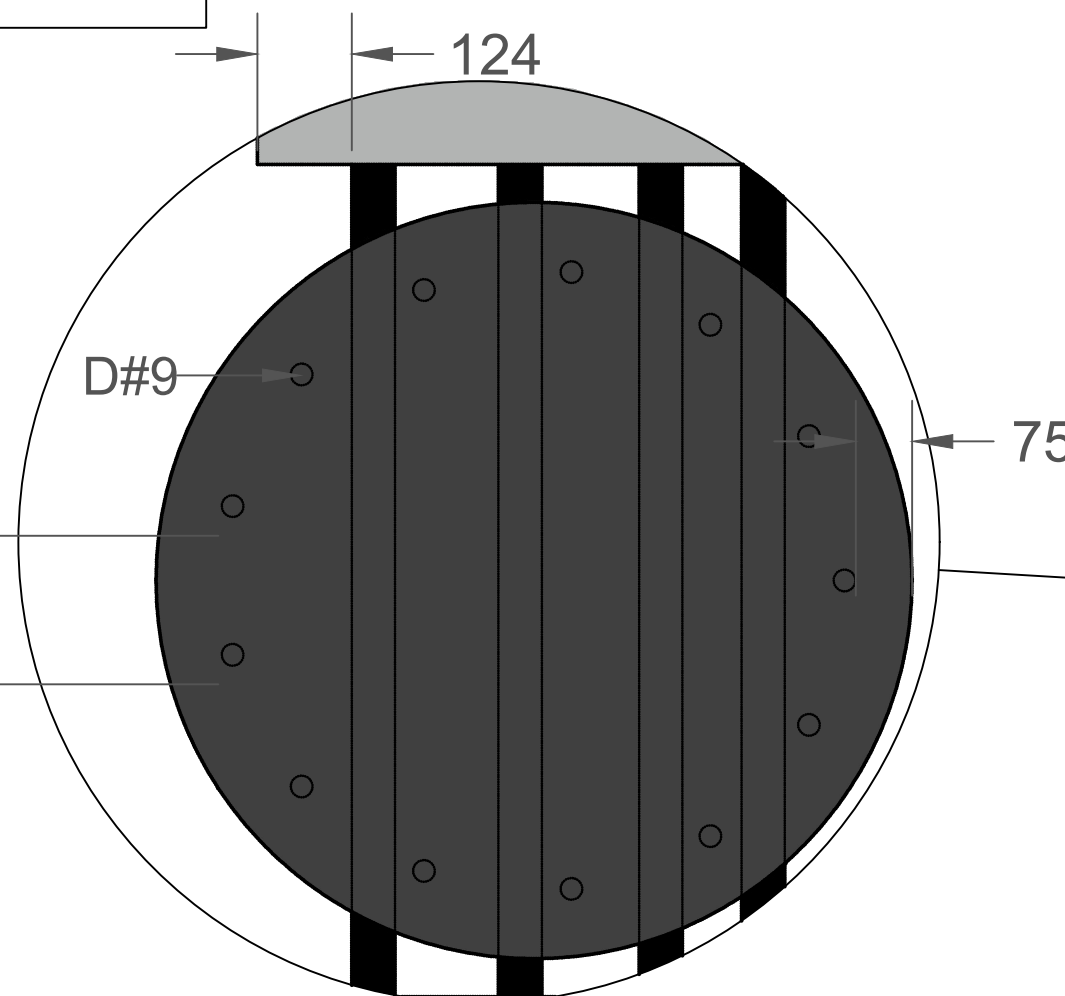
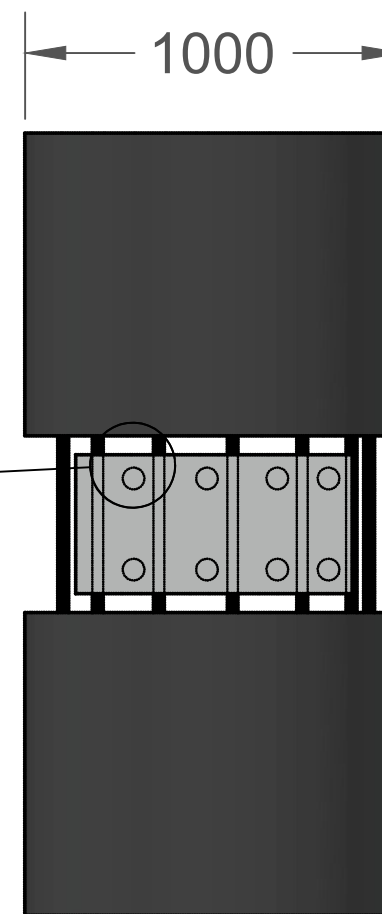
El plano contiene la vista del isométrico, vista de perfil y vista de planta de la conexión usando 12 barras numero 3 para el refuerzo longitudinal de la viga y 16 barras numero 9 para el refuerzo longitudinal de la columna, se garantiza que cumpla el espaciamiento entre barras con una distancia mínima de 25 milímetros, con el fin de que las partículas del agregado grueso logren pasar entre estas.

### PLANO

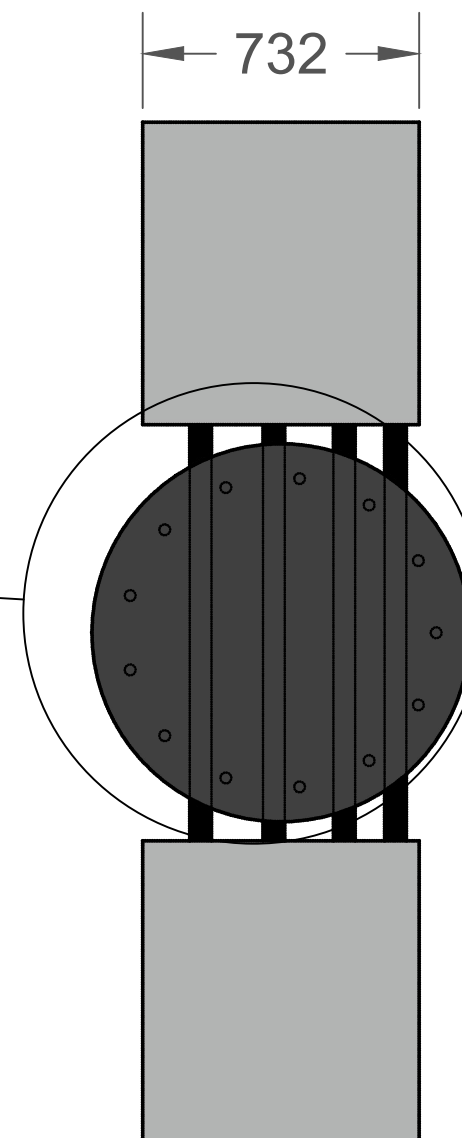
13/18



DETALLE AA  
ESCALA 1:2



DETALLE AB  
ESCALA 1:10



### CUADRO DE MATERIALES

| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 8                                        | #18                     |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 13                                       | #9                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

196

### PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

### CONTENIDO:

Conexión D 100 cm- 13 barras N°9

### ESCALA:

1:20

### UNIDAD:

mm

### FECHA:

19-jun-19

### INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

### ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

### DIRECTOR DEL PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

### PAR ACADEMICO

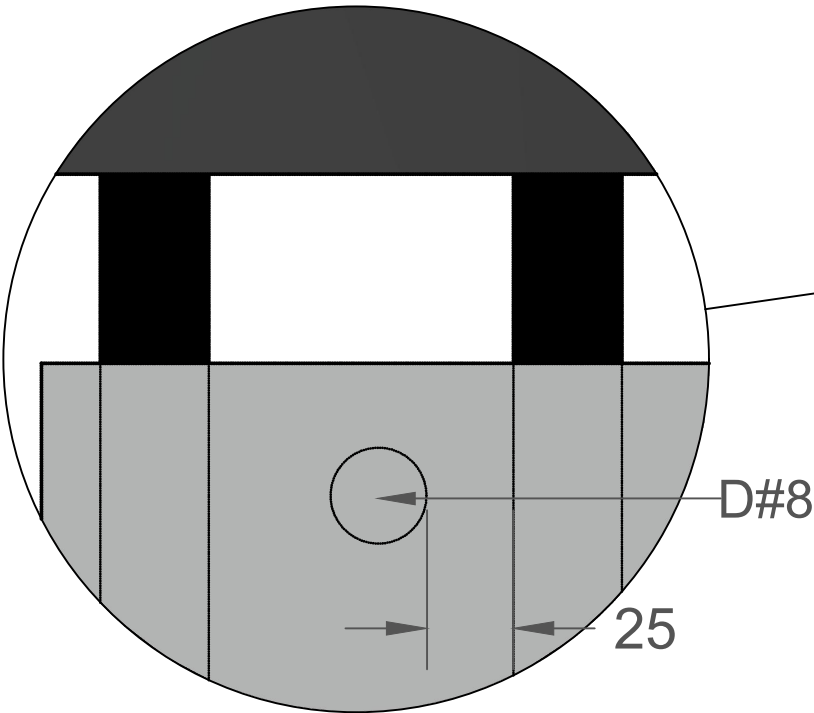
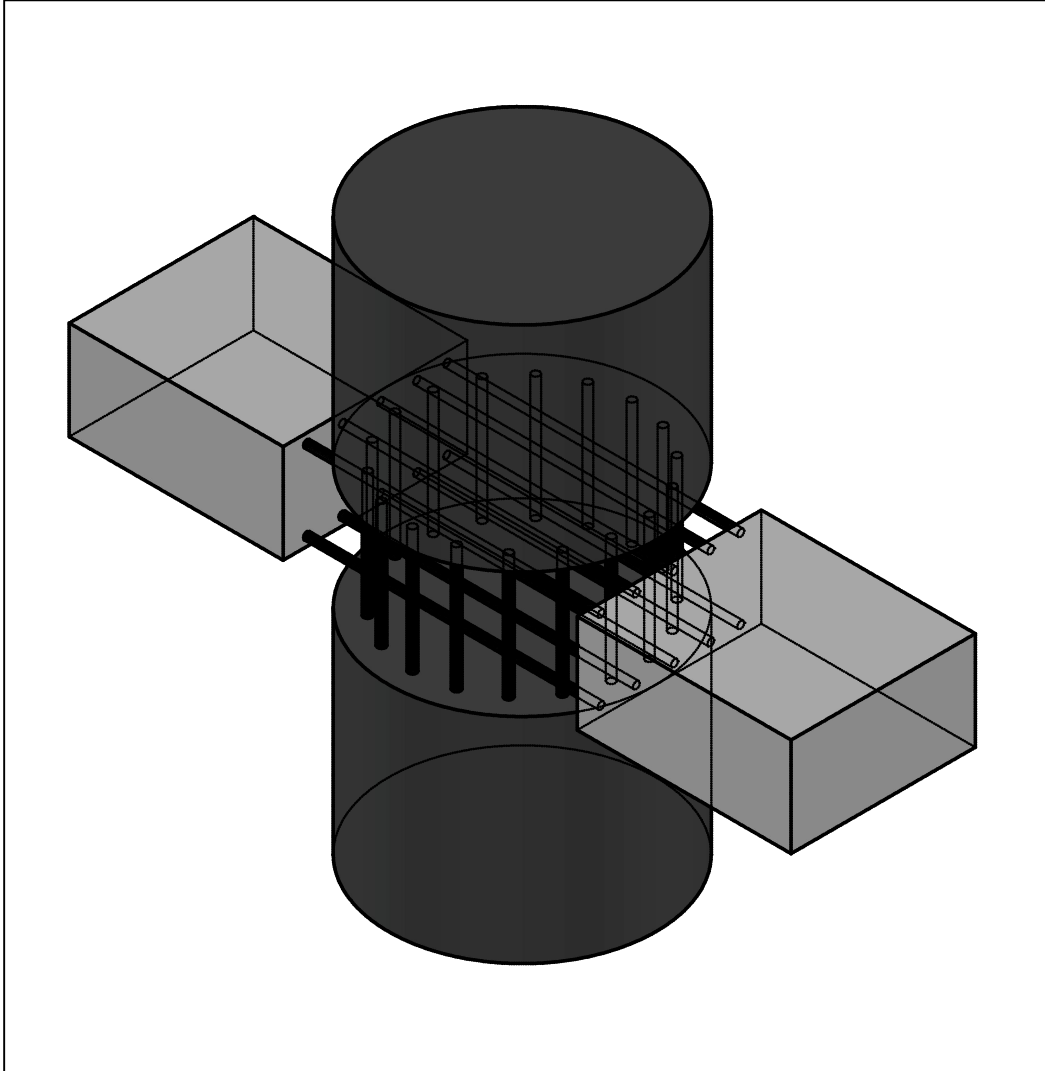
Elkin Gerardo Avila Castro

### OBSERVACIONES

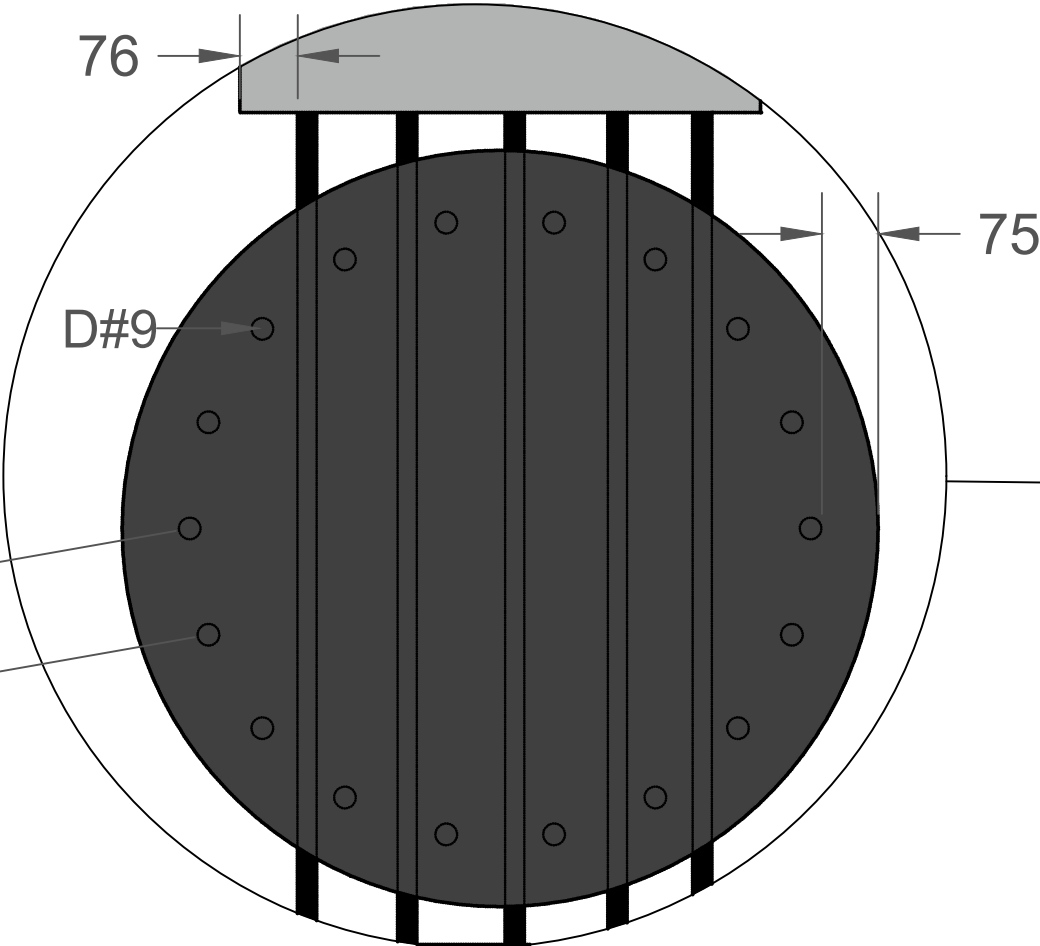
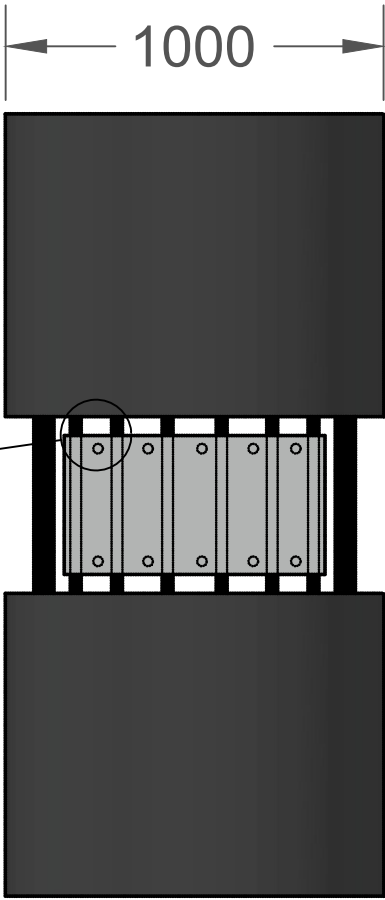
El plano contiene la vista del  
isométrico, vista de perfil y vista de  
planta de la conexión usando 8 barras  
numero 18 para el refuerzo  
longitudinal de la viga y 13 barras  
numero 9 para el refuerzo  
longitudinal de la columna, se  
garantiza que cumpla el  
espaciamiento entre barras con una  
distancia mínima de 25 milímetros,  
con el fin de que las partículas del  
agregado grueso logren pasar entre  
estas.

### PLANO

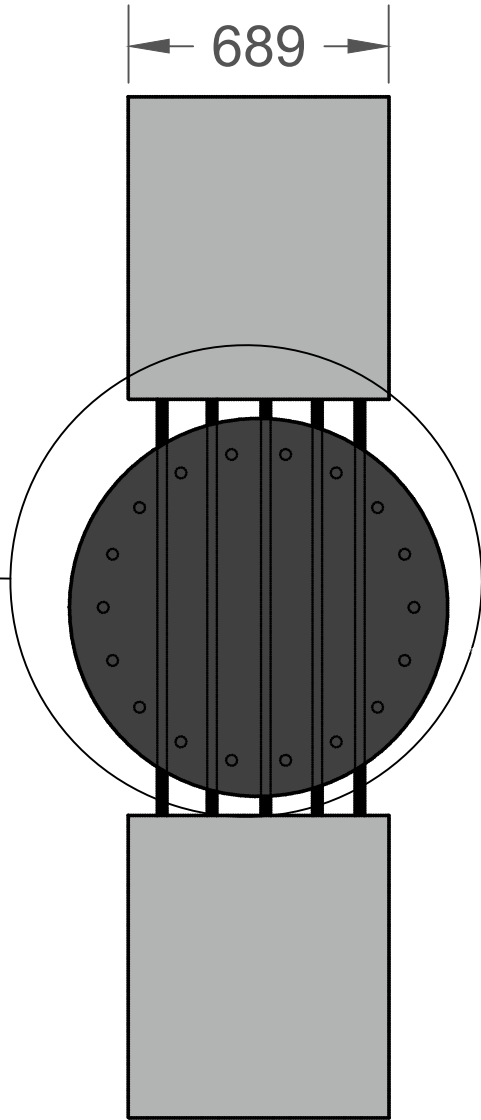
14/18



DETALLE AC  
ESCALA 1:2



DETALLE AD  
ESCALA 1:10



| CUADRO DE MATERIALES                     |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 10                                       | #8                      |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 18                                       | #9                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

CONTENIDO:

Conexión D 100 cm- 18 barras N°9

ESCALA:

1:20

UNIDAD:

mm

FECHA:

19-jun-19

INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

DIRECTOR DEL  
PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

PAR ACADEMICO

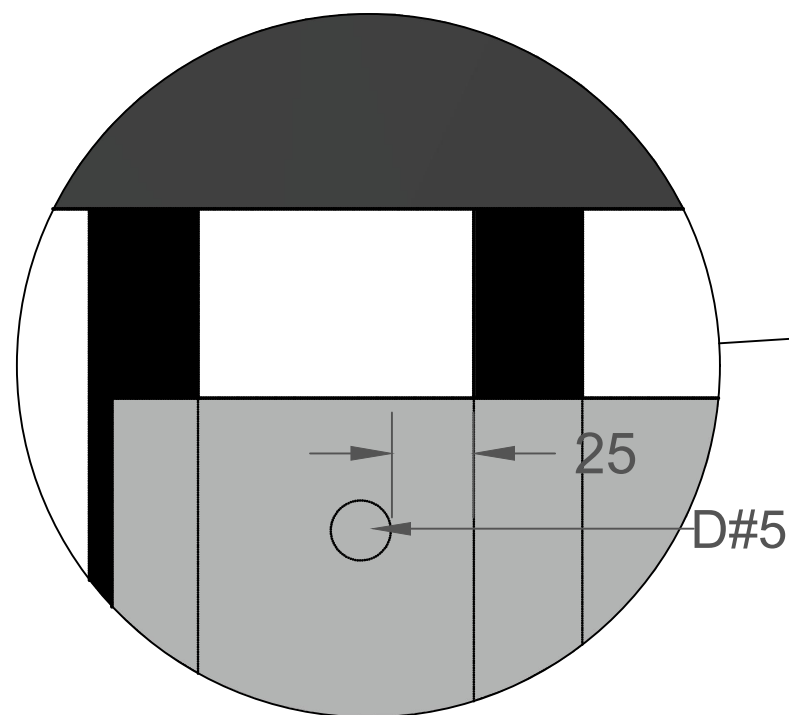
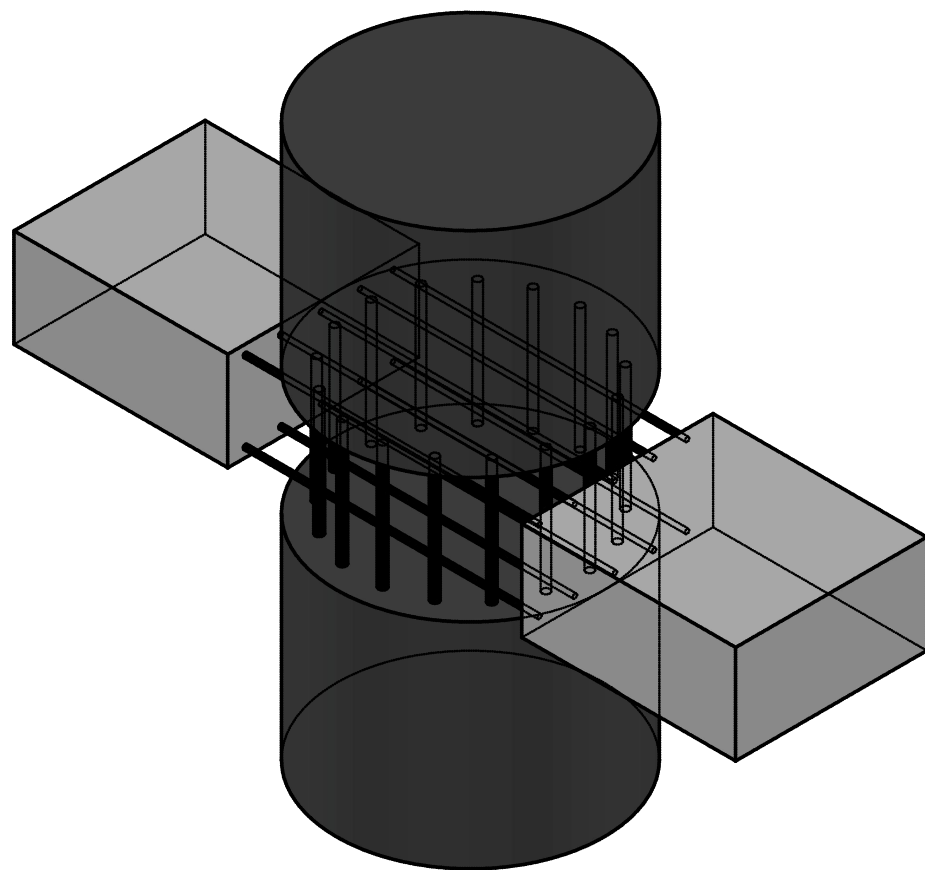
Elkin Gerardo Avila Castro

OBSERVACIONES

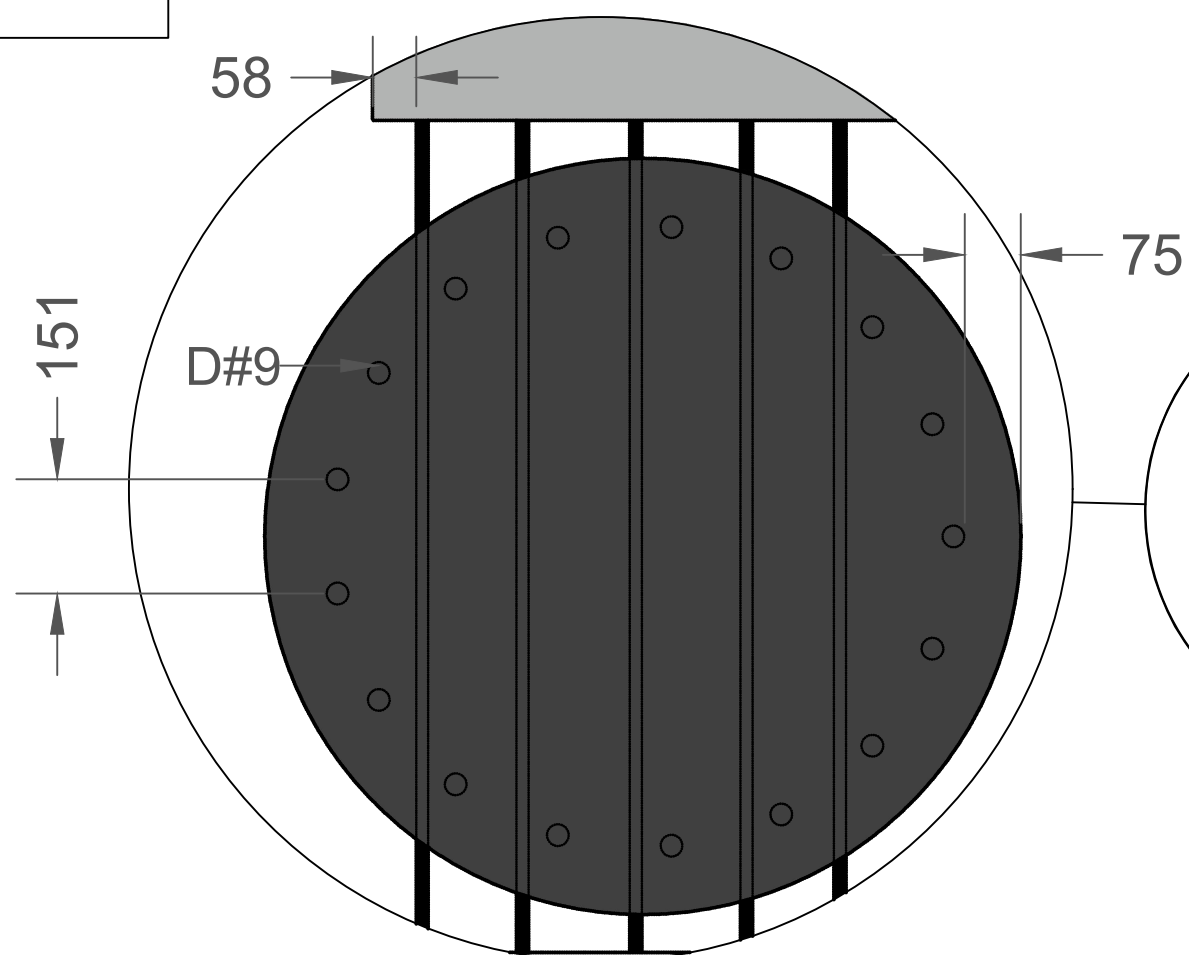
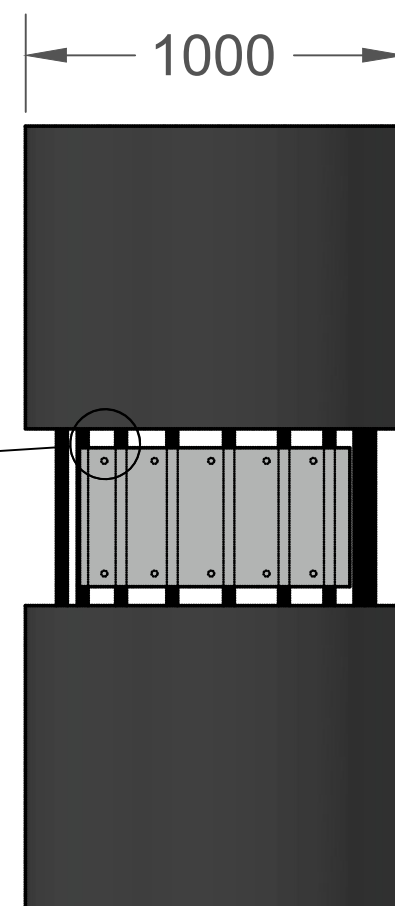
El plano contiene la vista del  
isométrico, vista de perfil y vista de  
planta de la conexión usando 10 barras  
numero 8 para el refuerzo  
longitudinal de la viga y 18 barras  
numero 9 para el refuerzo  
longitudinal de la columna, se  
garantiza que cumpla el  
espaciamiento entre barras con una  
distancia mínima de 25 milímetros,  
con el fin de que las partículas del  
agregado grueso logren pasar entre  
estas.

PLANO

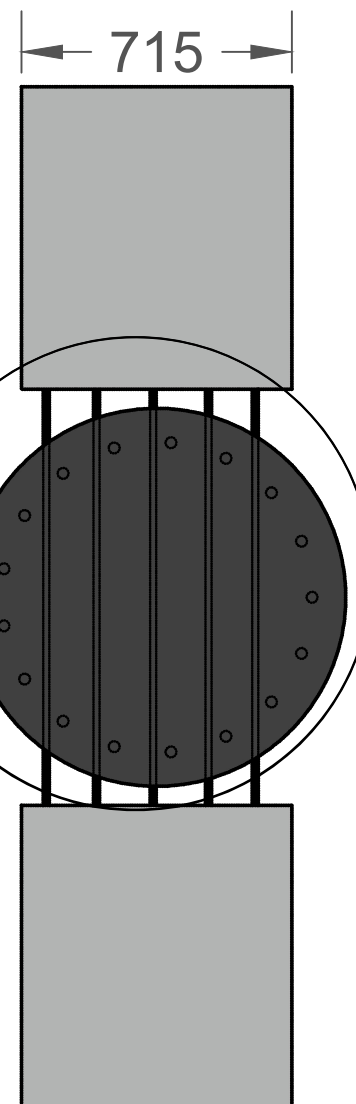
15/18



DETALLE AE  
ESCALA 1:2



DETALLE AF  
ESCALA 1:10



### CUADRO DE MATERIALES

#### Refuerzo longitudinal de la viga

| numero de barras | Designación de la barra |
|------------------|-------------------------|
| 10               | #5                      |

#### Refuerzo longitudinal de la columna

| numero de barras | Designación de la barra |
|------------------|-------------------------|
| 17               | #9                      |

Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm

### PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

### CONTENIDO:

Conexión D 100 cm- 17 barras N°9

### ESCALA:

1:20

### UNIDAD:

mm

### FECHA:

19-jun-19

### INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

### ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

### DIRECTOR DEL PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

### PAR ACADEMICO

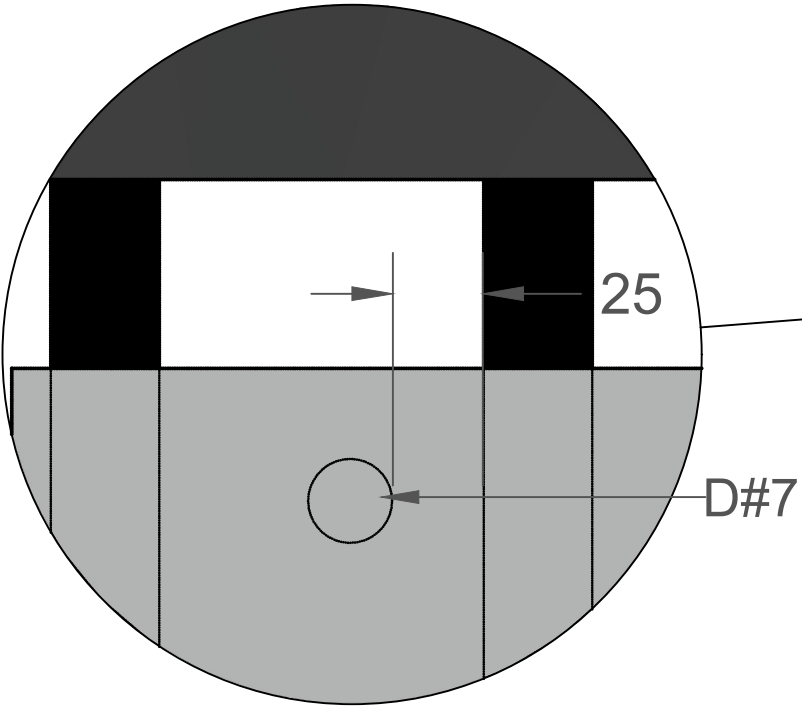
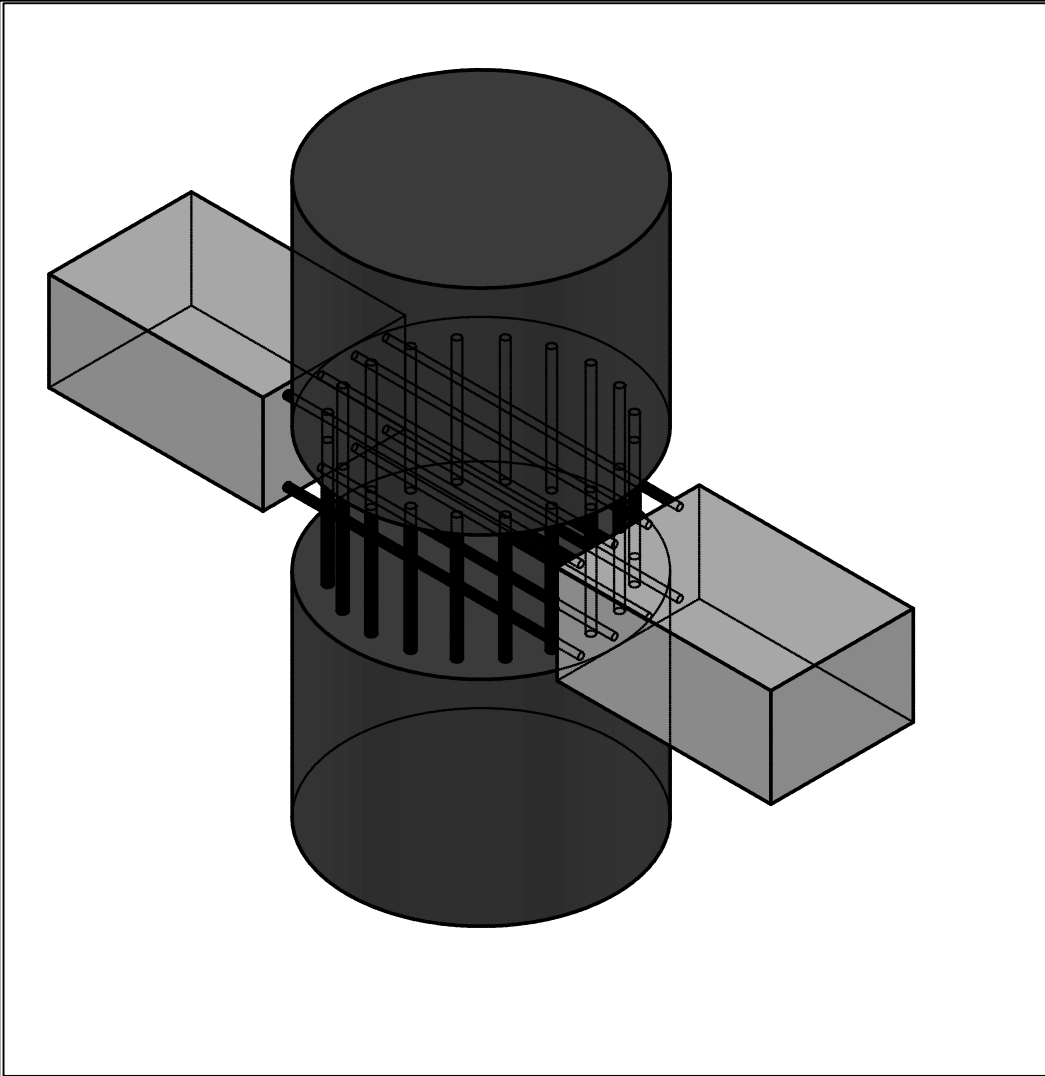
Elkin Gerardo Avila Castro

### OBSERVACIONES

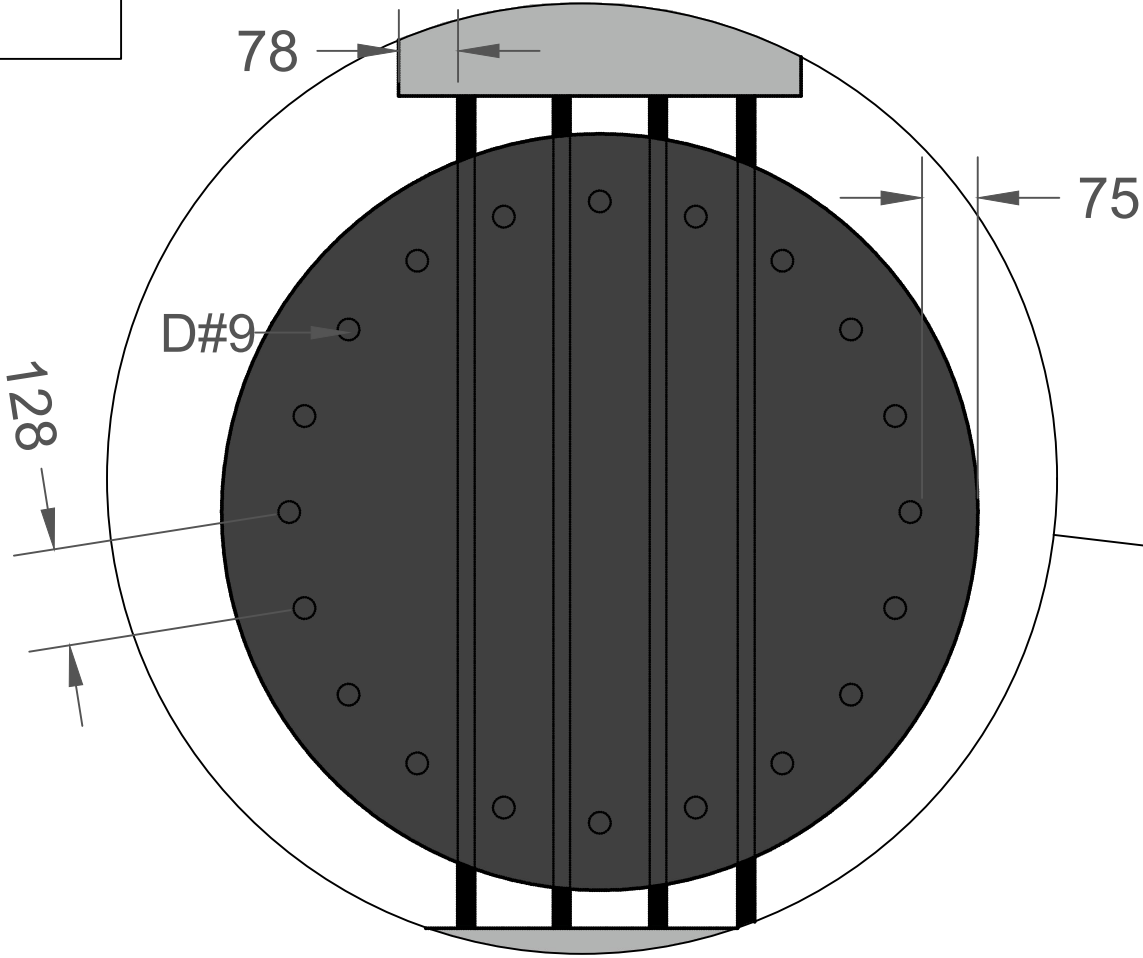
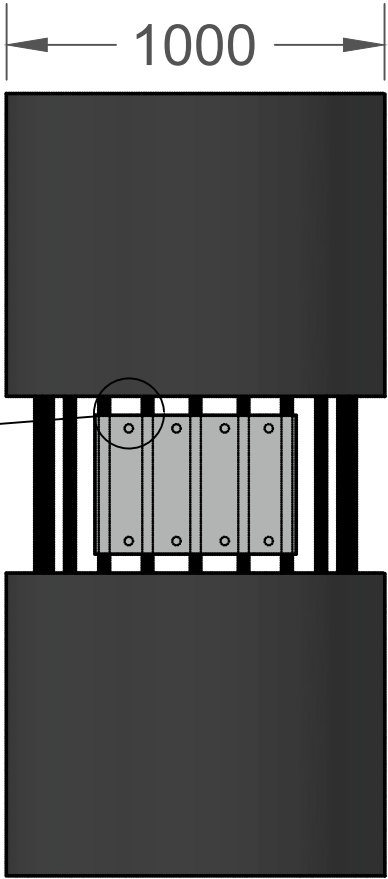
El plano contiene la vista del isométrico, vista de perfil y vista de planta de la conexión usando 10 barras numero 5 para el refuerzo longitudinal de la viga y 17 barras numero 9 para el refuerzo longitudinal de la columna, se garantiza que cumpla el espaciamiento entre barras con una distancia mínima de 25 milímetros, con el fin de que las partículas del agregado grueso logren pasar entre estas.

### PLANO

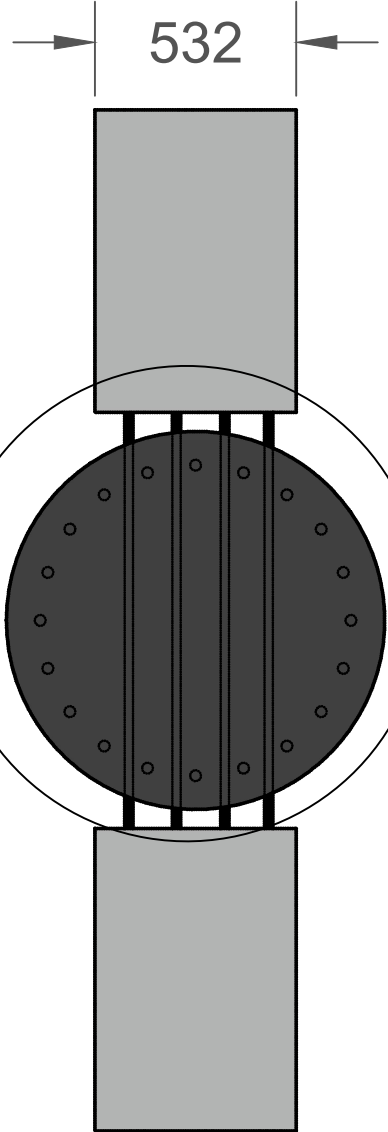
16/18



DETALLE AG  
ESCALA 1:2



DETALLE AH  
ESCALA 1:10



| CUADRO DE MATERIALES                     |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 8                                        | #7                      |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 20                                       | #9                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

CONTENIDO:

Conexión D 100 cm- 20 barras N°9

ESCALA:

1:20

UNIDAD:

mm

FECHA:

19-jun-19

INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

DIRECTOR DEL  
PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

PAR ACADEMICO

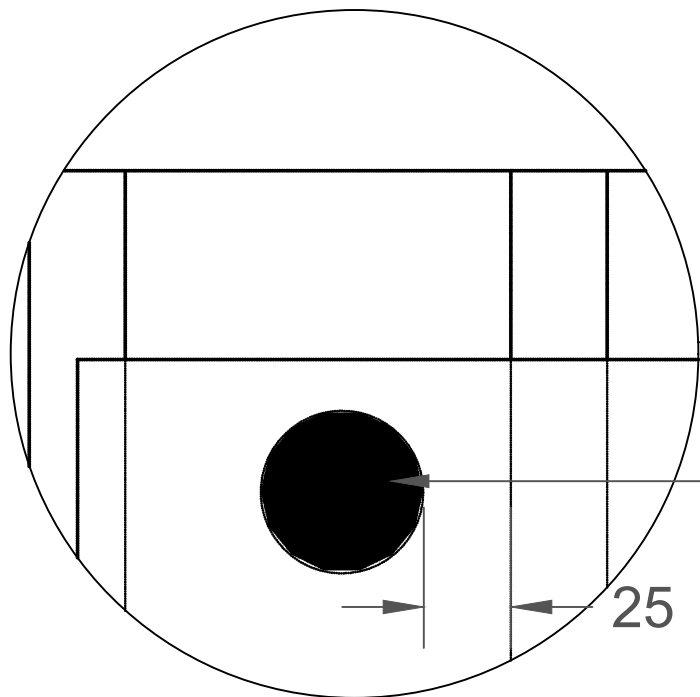
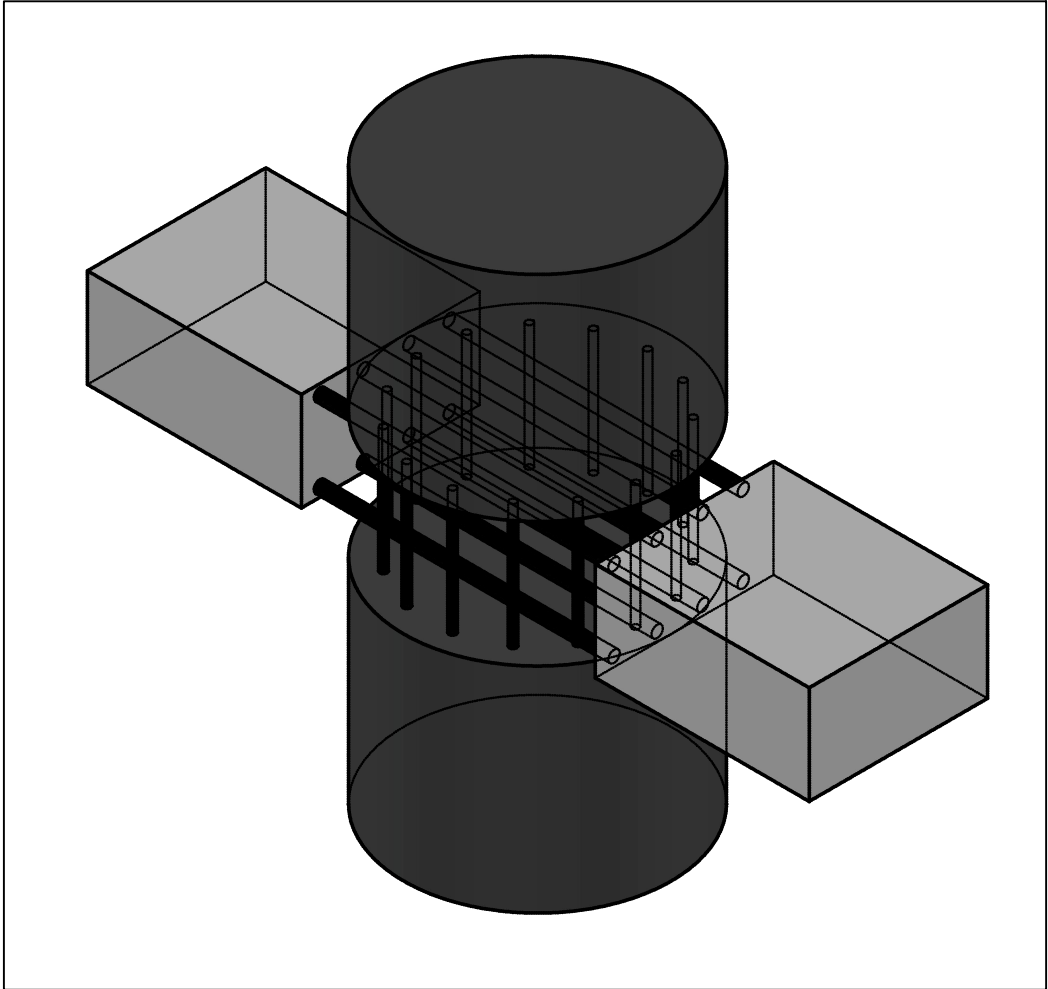
Elkin Gerardo Avila Castro

OBSERVACIONES

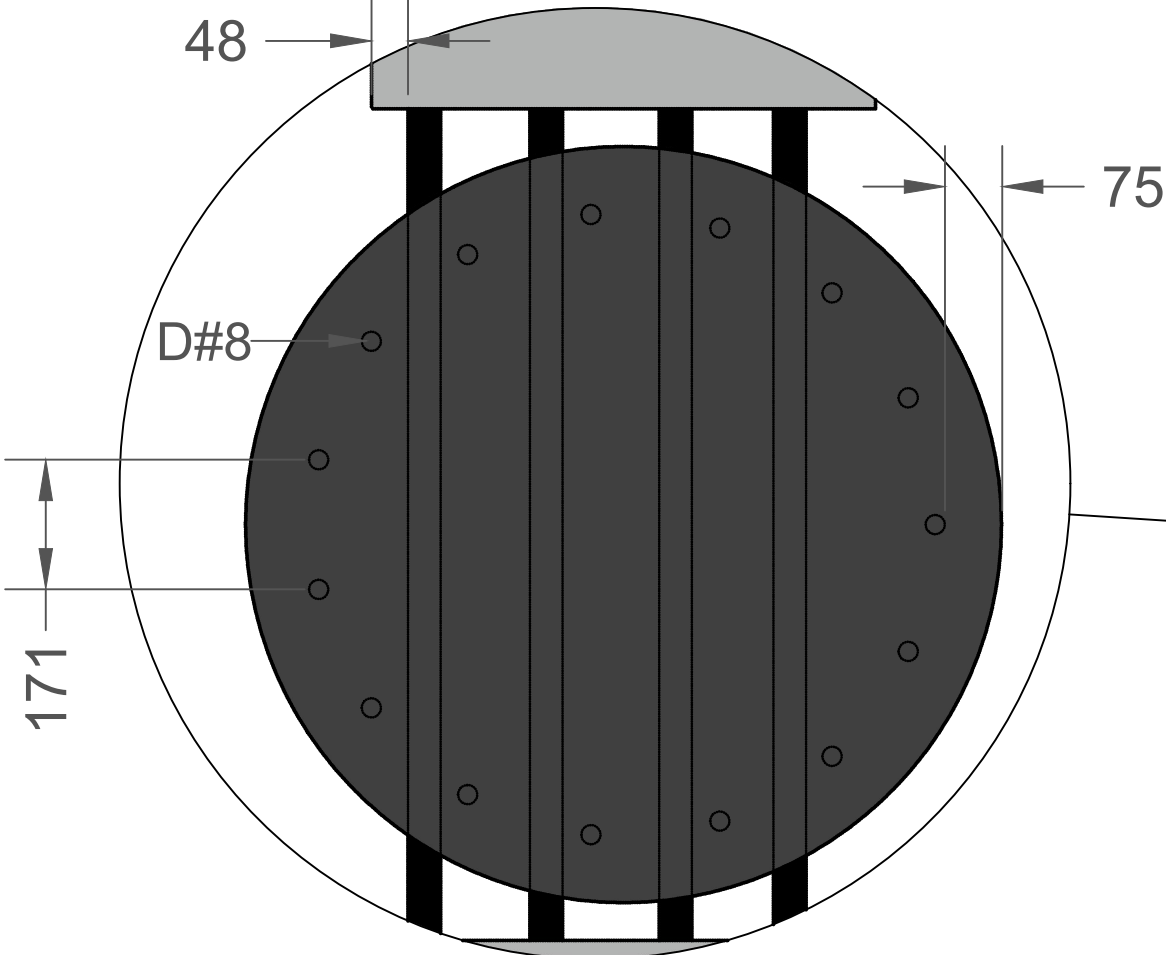
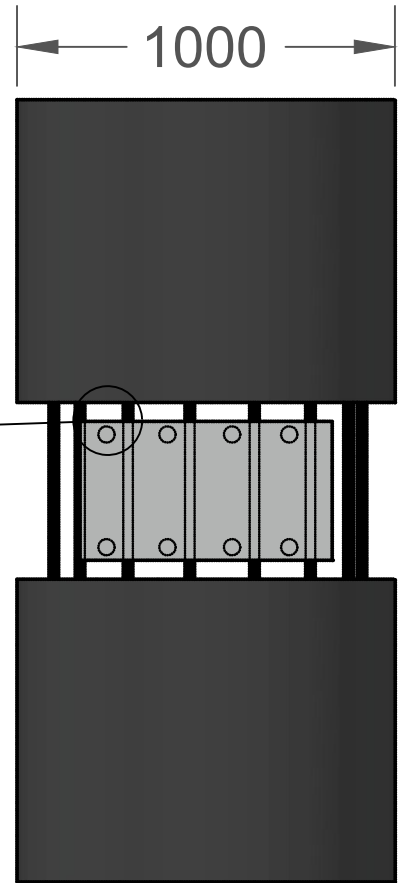
El plano contiene la vista del  
isométrico, vista de perfil y vista de  
planta de la conexión usando 8barras  
numero 7 para el refuerzo  
longitudinal de la viga y 20 barras  
numero 9 para el refuerzo  
longitudinal de la columna, se  
garantiza que cumpla el  
espaciamiento entre barras con una  
distancia mínima de 25 milímetros,  
con el fin de que las partículas del  
agregado grueso logren pasar entre  
estas.

PLANO

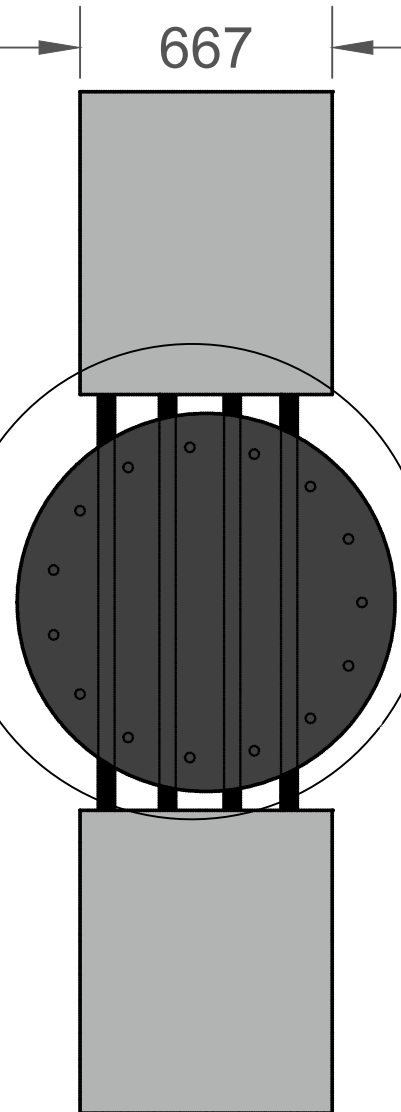
17/19



DETALLE AI  
ESCALA 1:2



DETALLE AJ  
ESCALA 1:10



| CUADRO DE MATERIALES                     |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Refuerzo longitudinal de la viga         |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 8                                        | #14                     |
| Refuerzo longitudinal de la columna      |                         |
| numero de barras                         | Designación de la barra |
| 15                                       | #8                      |
| Concreto 21MPa y agregado maximo de 25mm |                         |

PROYECTO:

Diseño alternativo de conexión  
viga-pilote en la construcción de  
sótanos

CONTENIDO:

Conexión D 100 cm- 15 barras N°8

ESCALA:

1:20

UNIDAD:

mm

FECHA:

19-jun-19

INSTITUCION:

Universidad Santo Tomas

ELABORADO POR:

Jorge Stiveen Bernal Pinzón  
Juan Felipe García Castañeda

DIRECTOR DEL  
PROYECTO

Gabriel Santiago Silva Vega

PAR ACADEMICO

Elkin Gerardo Avila Castro

OBSERVACIONES

El plano contiene la vista del  
isométrico, vista de perfil y vista de  
planta de la conexión usando 8 barras  
numero 14 para el refuerzo  
longitudinal de la viga y 15 barras  
numero 8 para el refuerzo  
longitudinal de la columna, se  
garantiza que cumpla el  
espaciamiento entre barras con una  
distancia mínima de 25 milímetros,  
con el fin de que las partículas del  
agregado grueso logren pasar entre  
estas.

PLANO

18/18