

Práctica empresarial en la empresa E&C construcciones como auxiliar en el área de diseño
estructural de ingeniería

David Esteban Barbosa Rodríguez

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil

Director

Ph.D Gustavo Chio Cho

Doctor en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2017

Este logro es dedicado a mis padres Gilberto Barbosa y María Rosa Inés Rodríguez,
por todo su esfuerzo, apoyo y amor constante en todo el transcurso de mi vida,
los cuales me formaron con buenos principios,
valores y disciplina que permitieron que se lograra esta meta,
la de ser un Ingeniero Civil.

Agradezco a la empresa E&C Construcciones S.A.S.
por la oportunidad de participar en la creación de un proyecto,
por el constante apoyo y paciencia que se me otorgo.

Contenido

Introducción.....	11
1 Objetivo General	13
1.1 Objetivos específicos.....	13
2 Planteamiento del cuerpo de desarrollo de los proyectos.	14
3 Diseño de un puente peatonal colgante.....	14
3.1 Diseño arquitectónico y estudio de materiales.....	15
3.2 Análisis estudio de suelos.....	15
3.3 Análisis de cargas Muertas.....	16
3.4 Análisis de cargas vivas.....	16
3.5 Cálculo cargas de diseño.	17
3.6 Diseño de Tablero.....	17
3.7 Diseño viga de madera.	17
3.7.1 Cálculo de deflexión.....	18
3.7.2 Cálculo por momento resistente.	18
3.7.3 Cálculo por cortante.....	18
3.7.4 Cálculo por aplastamiento (Falla de la conexión).	18
3.8 Cálculo ángulo de soporte.	18
3.9 Cálculo Péndolas.	19
3.10 Cálculo cable Principal.....	19

3.11	Cálculo cable de arriostamiento.	19
3.12	Diseño bloque de anclaje.	19
3.13	Cálculos Columnas.	21
3.14	Cálculo cargas sísmicas.	21
3.15	Diseño cimentación.	22
4	Diseño de una vivienda multifamiliar de 3 pisos y terraza.	23
4.1	Estudio del diseño arquitectónico y definición de los materiales.	23
4.2	Análisis estudio de suelos.	24
4.3	Diseño de la Placa aligerada.	24
4.4	Cálculo Cargas Muertas	25
4.5	Análisis sismo resistente.	25
4.6	Análisis cargas Vivas.	26
4.7	Análisis cargas de diseño.	27
4.8	Diseño de viguetas.	27
4.9	Diseño de columnas.	29
4.10	Diseño de Cimentaciones.	31
5	Resultados.	33
6	Conclusiones.	34
	Referencias Bibliográficas	35

Lista de Tablas

Tabla 1 .Propiedades mecánicas de los materiales.....	15
Tabla 2. Propiedades mecánicas de los materiales.....	23
Tabla 3. Momentos máximos en las viguetas.	27

Lista de figuras

Figura 1. Unidad de entablado	17
Figura 2 . Viga de Madera, apoyos y posición fuerzas actuantes.	17
Figura 3. Bloque de anclaje.....	20
Figura 4. Diagrama iteración columna.....	21
Figura 5. Espectro de diseño	22
Figura 6. Planta estructural general.....	24
Figura 7. Sección transversal placa nervada.	25
Figura 8. Espectro de diseño.	26
Figura 9. Derivas Máximas centros de masa.	26
Figura 10. Diagrama de iteración columna 45x45cm con 16 barras longitudinales #5.....	30
Figura 11. Diagrama de iteración columna 40x40cm con 16 barras longitudinales #5.....	30
Figura 12. Diagrama de iteración columna 35x35cm con 9 barras longitudinales #5.....	30
Figura 13. Diagrama de iteración columna 30x30cm con 9 barras longitudinales #5.....	31
Figura 14. Diagrama de iteración columna 25x25cm con 9 barras longitudinales #4.....	31
Figura 15. Zapata tipo 1.	32
Figura 16. Planta de cimentaciones.....	32
Figura 17. Análisis flexión zapata.....	33

RESUMEN

TÍTULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA E&C CONSTRUCCIONES COMO AUXILIAR EN EL ÁREA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE INGENIERÍA.

AUTOR: DAVID ESTEBAN BARBOSA RODRÍGUEZ.

PALABRAS CLAVES: DISEÑO ESTRUCTURAL, E&C CONSTRUCCIONES, PRÁCTICA EMPRESARIAL.

DESCRIPCIÓN:

La práctica empresarial en E&C Construcciones brindo la posibilidad de complementar y adquirir conocimientos en el área del diseño estructural integrando al practicante en la participación de varios proyectos guiado y asesorado por personal calificado para desarrollar proyectos de infraestructura civil en general, apoyándose en grupos de talento humano responsables y honestos, para así poder entregarle al cliente un producto construido eficientemente con altos estándares de calidad, aplicados en la planeación de las actividades y cumplimiento de los parámetros establecidos por las normas técnicas que rigen el entorno de la construcción y el diseño. E&C construcciones brindo la posibilidad de que el estudiante integre sus conocimientos con las actividades que se programan en el desarrollo de un proyecto, que entienda las limitaciones que generan los entornos a analizar y brinde soluciones para cada eventualidad que se presente para así ayudar al estudiante a crecer como profesional. En estos proyectos, se le dio la posibilidad de implementar y fomentar su criterio ingenieril a través del libre desarrollo del proyecto, el acompañamiento del tutor y el tiempo necesario de indagación que este requiriera. Tales proyectos abarcan el diseño de un puente peatonal colgante y las fundaciones, pórticos, placas y escaleras de una estructura que se empleara como vivienda.

*Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería Físico Mecánica. Escuela de Ingeniería Civil. Director Ph.D Gustavo Chio Cho, Doctor en Ingeniería Civil.

ABSTRACT

TITLE: BUSINESS PRACTICE IN THE COMPANY E&C CONSTRUCCIONES AS AN AUXILIARY IN THE AREA OF STRUCTURAL ENGINEERING DESIGN

AUTHOR: DAVID ESTEBAN BARBOSA RODRÍGUEZ.

KEYWORDS: BUSINESS PRACTICE, E&C CONSTRUCCIONES, STRUCTURAL DESIGN.

DESCRIPTION:

The business practice at E & C Construcciones offers the possibility of complementing and acquiring knowledge in the area of structural design integrating the practitioner in the participation of several guided projects and advised by qualified personnel to develop civil infrastructure projects in general, supporting in groups of accountable and honest human talent, in order to be able to offer customers a product efficiently built with high quality standards, applied in the planning of activities and compliance with the parameters established by the technical standards that surround the construction environment and the design. E & C constructions allows the student to integrate their knowledge about the activities that are programmed in the development of a project, which understands the limitations generated by the environments of analyzing and jumping solutions for every eventuality that is presented to help students grow as a professional In these projects, it was possible to implement and promote their engineering criteria through the free development of the project, the accompaniment of the tutor and the necessary time of the Indian that required. Such projects include the design of a hanging pedestrian bridge and the foundations, porticos, plates and stairs of a structure to be used as housing.

*Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería Físico Mecánica. Escuela de Ingeniería Civil. Director Ph.D Gustavo Chio Cho, Doctor en Ingeniería Civil.

Introducción.

El área de diseño estructural es en el cual el estudiante UIS sale más fortalecido, aunque algunas de las estructuras que se diseñan se complican en el trabajo que se hace en obra. Por tal razón, es importante adquirir conocimiento respecto a cómo se realizan las diferentes actividades en obra mientras se está vinculado a la academia, ya que las múltiples dudas que surgen pueden ser aclaradas con documentación o ayuda de los docentes y de esta forma mejorar los conocimientos adquiridos y ser más eficiente y eficaz en nuestra profesión.

La empresa E&C construcciones diseña, asesora y construye proyectos de infraestructura civil en general, apoyándose en grupos de talento humano responsables y honestos. Respecto a lo anterior, E&C construcciones brinda la posibilidad de que el estudiante integre sus conocimientos con las actividades que se programan en el desarrollo de un proyecto, que entienda las limitaciones que generan los entornos a analizar y brinde soluciones para cada eventualidad que se presente, que al generarse dudas indague y supla esos vacíos de conocimiento para así ayudar al estudiante a crecer como profesional.

Para este fin, se entregaron como actividades principales al practicante las siguientes:

- Diseño de un puente peatonal colgante.
- Diseño de una estructura de tres pisos, una terraza y sus fundaciones.

Estas actividades son desarrolladas en todo el transcurso de su práctica, teniendo en cuenta que como producto final debe entregar y ser aceptados por el tutor e ingeniero encargado de los proyectos los planos de detalle y memorias de cálculo. No obstante, el practicante no está exento de realizar actividades secundarias en las cuales se necesite su apoyo tales como labores de oficina.

Por último, estos productos son propiedad de la empresa y su divulgación o reproducción solo se hará con consentimiento de la empresa.

1 Objetivo General

Apoyar en el área de diseño estructural las actividades programadas en la empresa E&C construcciones.

1.1 Objetivos específicos

- Identificar los procesos que se desarrollan y adelantan en la formulación de un proyecto de construcción de obras civiles.
- Apoyar en la generación de productos de diseño estructural que cumplan con los estándares exigidos por la empresa y la norma sismo resistente colombiana NSR-10.

2 Planteamiento del cuerpo de desarrollo de los proyectos.

Para el desarrollo de cada uno de los proyectos designados, se estipulo una serie de pasos generales, los cuales se segregan en diferentes actividades que dependen de las necesidades del proyecto y como estos fueron abordados. Como resultado se obtuvo el siguiente cuerpo de desarrollo.

- Estudio del diseño arquitectónico y definición de los materiales.
- Análisis estudio de suelos.
- Análisis de cargas.
- Diseño.
- Creación de productos (Planos de detalle y Memorias de cálculo).
- Primera revisión de productos (Entrega de Observaciones y correcciones).
- Modificación de productos (Desarrollo de Observaciones y correcciones).
- Segunda revisión de productos (Observaciones y correcciones si son necesarias).
- Aprobación.

3 Diseño de un puente peatonal colgante.

Este fue el primer proyecto que se abordó con el cual se dio inicio a las labores en la empresa. El proyecto estructural comprendió el diseño de un puente peatonal colgante con una longitud proyectada de 35m y un ancho de 1.5m, conceptualizado bajo la teoría elástica y el análisis no lineal. El puente se encuentra compuesto por la disposición de dos ejes principales de 2 columnas de concreto sobre la cuales se apoya un cable con alma de acero en el cual se conectan 34 péndolas que soportan las vigas de madera y la estructura que compone el tablero.

3.1 Diseño arquitectónico y estudio de materiales.

Para el desarrollo de esta actividad se acudió a la ayuda del software AutoCAD. Con este y las características topográficas del terreno, se planteó un modelo arquitectónico del puente teniendo en cuenta un pre dimensionamiento de la estructura.

Los materiales tomados para su construcción se decidieron dependiendo de la ubicación del proyecto y la posibilidad de que la zona proporcionara gran parte de los materiales para así contribuir con el progreso de la región, sin dejar de lado las características adecuadas que deben tener las propiedades mecánicas de cada material para el óptimo comportamiento de la estructura.

Tabla 1 .*Propiedades mecánicas de los materiales.*

Material	Propiedad	Valor	Unidad
Concreto	f'c	3000	Psi
Acero de refuerzo	Fy	420	MPa
Acero Liso	Fy	2530	Kg/cm ²
Acero A-36	Fy	250	MPa
Cable Principal de seis torones con alma de acero A416Gr270	Fy	18000	Kg/cm ²
	E	22100	MPa
Madera Sapan o Guayacán polvillo	Fv	2.2	MPa
	Fb	29.6	MPa
	Fp	4.5	MPa

3.2 Análisis estudio de suelos.

Los estudios de suelos son realizados por una empresa subcontratada para entregar el informe correspondiente al tipo de suelo de la zona donde se realizará el proyecto. De este informe se

extrajo la información necesaria para el desarrollo del proyecto, como lo es el perfil estratigráfico, el tipo de cimentación propuesta, asentamientos esperados y el esfuerzo admisible del suelo.

3.3 Análisis de cargas Muertas.

Para el análisis de cargas Muertas se tomaron los valores expresados por el proveedor de cada uno de los materiales siendo estos: (Emcocables, 2017) Emcocable, (steckerlacers, 2017) StecKerlacers, (Argos, 2017) Argos. Y para las maderas se acudió a la (AIS, apéndice G-B, 2010) NSR-10 título G.

La evaluación de las cargas se realiza distribuyendo el peso de cada uno de los elementos por longitudes aferentes y concentrándolo en las péndolas. Se debe de tener en cuenta que cada péndola esta espaciada una de la otra cada metro. Luego se procede a realizar la suma sin tener en cuenta el peso propio de la péndola y el que aporta el cable.

3.4 Análisis de cargas vivas.

Para la evaluación de las cargas vivas se tiene en cuenta la demanda a la cual estará sometida la estructura, esta al no poseer un tránsito peatonal moderado por la condición de su ubicación y al ser el medio de transporte más común en la región la motocicleta, se sugiere asumir el peso que llegaría a tener una motocicleta de bajo cilindraje con su conductor lo cual propone 200 Kg/m² equivalente al peso aproximado de dos o tres personas por metro cuadrado del tablero que compone la estructura. Se debe de tener en cuenta que la estructura no ha sido diseñada para soporta el paso de ganado y animales de carga, por tal motivo se debe especificar su uso y capacidad con un aviso al ingreso de la estructura.

3.5 Cálculo cargas de diseño.

Para la carga de diseño se tiene en cuenta un factor de seguridad de 1.5.

$$W_{Diseño} = 1.5 * \left(W_D + W_L * \frac{L_{Tablero}}{2} \right) \quad (1)$$

3.6 Diseño de Tablero.

El diseño del tablero se plantea según los criterios de la (AIS, Título G, 2010) NSR-10.

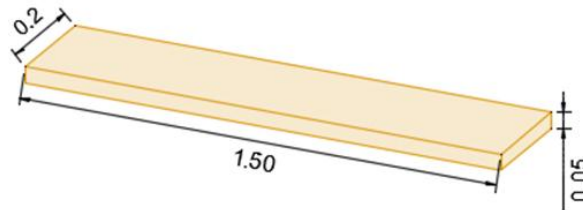


Figura 1. Unidad de entablado

3.7 Diseño viga de madera.

El cálculo de la deflexión existente se realiza por medio de la teoría de Teoría elástica. La deflexión admisible es descrita por la (AIS, Título G, 2010) NSR-10 Título G.

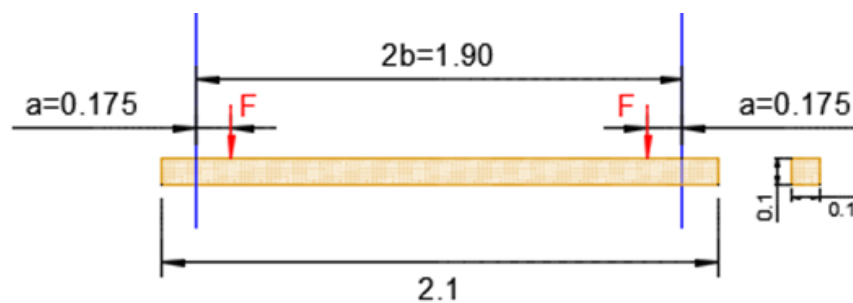


Figura 2. Viga de Madera, apoyos y posición fuerzas actuantes.

3.7.1 Cálculo de deflexión.

$$\Delta_{existente} = \frac{a * (a^2 + 3 * a * b + 1.5 * b^2) * F}{3 * E' * I} \quad (2)$$

$$\Delta_{admitido} = \frac{L}{360} \quad (3)$$

3.7.2 Cálculo por momento resistente.

$$Mn_{resistente} = F'_b * \frac{b * d^2}{6} \quad (4)$$

3.7.3 Cálculo por cortante.

$$\sigma_{existente} = \frac{3}{2} * \frac{P}{A_{trans}} \quad (5)$$

$$\sigma_{admitido} = F_v * \phi_{cortante} \quad (6)$$

3.7.4 Cálculo por aplastamiento (Falla de la conexión).

$$Radio_{apoyo} = \sqrt{\frac{P}{F_p * \phi_{cort} * \pi}} + R_{perforacion} \quad (7)$$

3.8 Cálculo ángulo de soporte.

Se halla el valor del módulo de sección (Sx) que requiere un ángulo americano de lados iguales para soportar el momento al cual esta solicitado, seguido de esto se compara con el valor que entrega el proveedor.

$$Mn_{existente} = P * \left(\frac{L_{tablero}}{2} \right) * \left(\frac{L_{aferente}}{2 * \phi_{flexion}} \right) \quad (8)$$

$$S_x = \left(\frac{Mn}{E} \right) \quad (9)$$

3.9 Cálculo Péndolas.

Se halla el valor del esfuerzo actuante sobre la péndola y se compara con el admisible.

3.10 Cálculo cable Principal.

El diseño del cable se estableció respecto al desarrollo de la teoría de cables (HIBBELER, 2012).

$$T_{cable} = W_{diseño\ cable} * \frac{\sqrt{4 * h^2 * x^2 + L^4}}{2 * h} \quad (10)$$

$$T_{max} = W_{diseño\ cable} * \frac{\sqrt{4 * h^2 * L^2 + L^4}}{2 * h} \quad (11)$$

$$T_{Horizontal} = W_{diseño\ cable} * \frac{L^2}{2 * h} \quad (12)$$

$$T_{anclaje} = \frac{T_{horizontal}}{\cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{Altura\ Columna}{L.\ columna - bloque}\right)\right)} \quad (13)$$

3.11 Cálculo cable de arriostramiento.

Las cargas para este diseño son las producidas por el viento (AASHTO, 2012) y consta de un análisis no lineal realizado por el tutor.

3.12 Diseño bloque de anclaje.

Para el diseño del bloque de anclaje se tuvieron en cuenta la presión pasiva del suelo, el esfuerzo admisible y la tensión que genera el cable anclado.

El análisis consiste en que las fuerzas pasivas tienen que superar el valor del vector horizontal de la tensión del anclaje, teniendo en cuenta que la suma de momento en el centroide del bloque debe ser equivalente a cero para no producir un volcamiento. También el peso del bloque debe superar el valor del vector vertical de la tensión del anclaje para que este no pueda ser levantado.

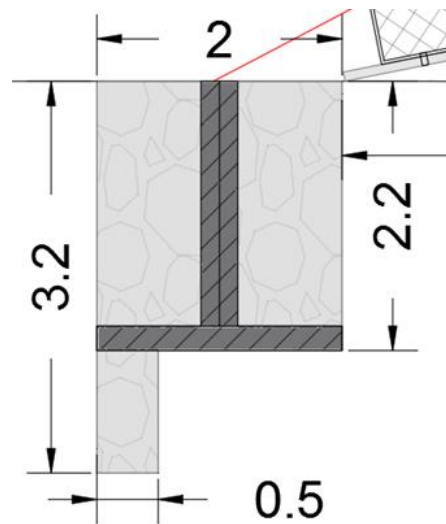


Figura 3. Bloque de anclaje.

$$E_p = \sum \frac{1}{2} * \varphi_{suelo} * \left(\frac{h}{2}\right)^2 * \left(\text{Tan}\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)\right)^2 * L_{cubo} \quad (14)$$

$$\text{Peso} = \varphi_{concreto} * V_{cubo} \quad (15)$$

3.13 Cálculos Columnas.

$$C = T_{Horizontal} * \left(\frac{Altura\ columna}{L.\ columna - anclaje} \right) + \sqrt{T_{maxima}^2 - T_{Horizontal}^2} \quad (26)$$

+ peso propio columna

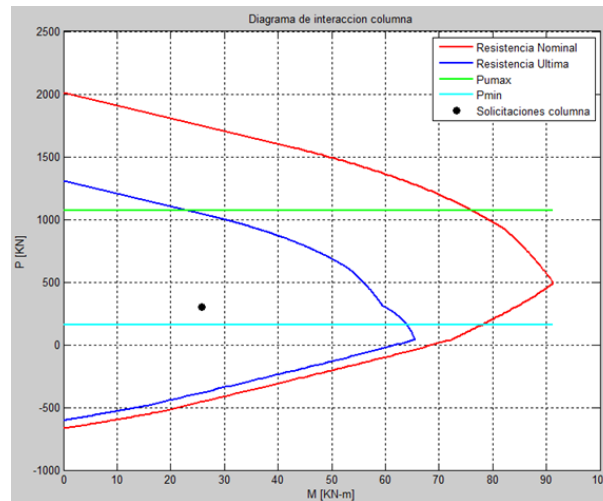


Figura 4. Diagrama iteración columna

3.14 Cálculo cargas sísmicas.

Para la evaluación de las cargas de sismo se acude a la (AIS, Título A, 2010) NSR-10 título A, del cual se evalúan y obtienen los valores de los coeficientes de diseño A_a , A_v , F_a y F_v para ajustar el espectro y obtener el valor de la aceleración de diseño S_a con la cual se evalúa el cortante basal. Anterior a esto se realiza el análisis dinámico de la estructura como un oscilador simple para calcular el valor de su periodo en las direcciones “X (Longitudinal al flujo peatonal)” y “Y (Transversal al flujo peatonal)”.

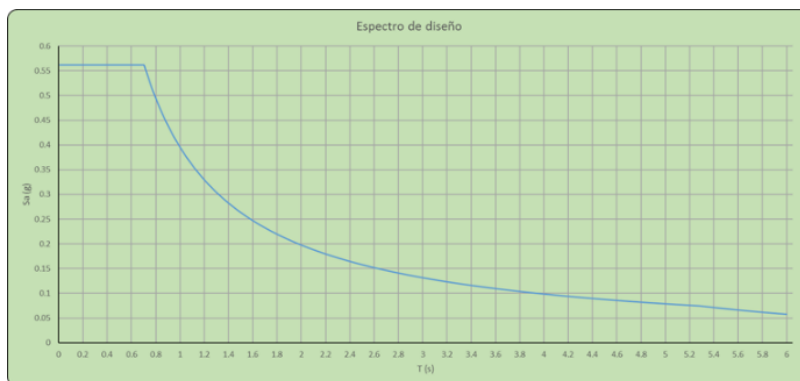


Figura 5. Espectro de diseño

Las siguientes ecuaciones describe el comportamiento del pórtico al recibir el seno en dirección

X.

$$E = 3900 * \sqrt{f'c} \quad (17)$$

$$K = 2 * \frac{3 * E * I}{L^3} \quad (18)$$

$$Masa_{Total} = M_{Tablero} + M_{portico} \quad (19)$$

$$w = \sqrt{\frac{K}{M_{Total}}} \quad (20)$$

$$T = \frac{2 * \pi}{w} \quad (21)$$

$$V_{Basal} = S_a * g * M_{total} \quad (22)$$

$$V_C = \phi_{cortante} * 0.17 * \sqrt{f'c} * B * d \quad (23)$$

3.15 Diseño cimentación.

La cimentación consto de un grupo de 4 pilotes unidos por una zapata combinada. Este diseño fue realizado por el tutor debido a la complejidad y la poca información que el practicante poseía sobre el tema.

4 Diseño de una vivienda multifamiliar de 3 pisos y terraza.

El proyecto estructural comprende el diseño de una vivienda de tres plantas, conceptualizado bajo el método de resistencia sísmica. La estructura se encuentra compuesta por la disposición de 9 ejes principales (4 ejes en una dirección y 5 ejes en la otra dirección), los cuales están definidos por pórticos en concreto reforzado resistente a momentos y sobre estos se apoyan las plantas. Las columnas se cimientan sobre zapatas céntricas y excéntricas.

4.1 Estudio del diseño arquitectónico y definición de los materiales.

Para realizar una distribución adecuada de las columnas se debe de tener en cuenta donde estan posicionados todos los elemento no estructurales como lo son los muros divisorios, y/o que uso se le dara a cada espacio designado en el proyecto, para así no crear interferencia en el diseño arquitectonico. Con esto se puede bosquejar una planta estructural con un predimensionamiento y realizar el análisis sismico y calcular las dimensiones presisas para cumplir la norma sismo resistente colombiana NSR-10 realizando un apropado cálculo de derivas.

La definición de los materiales se realizo a través del análisis de los requerimientos del proyecto y la facilidad de adquirirlos.

Tabla 2. Propiedades mecánicas de los materiales.

Material	Propiedad	Valor	Unidad
Concreto	f'_c	3000	Psi
Acero de refuerzo	F_y	420	MPa

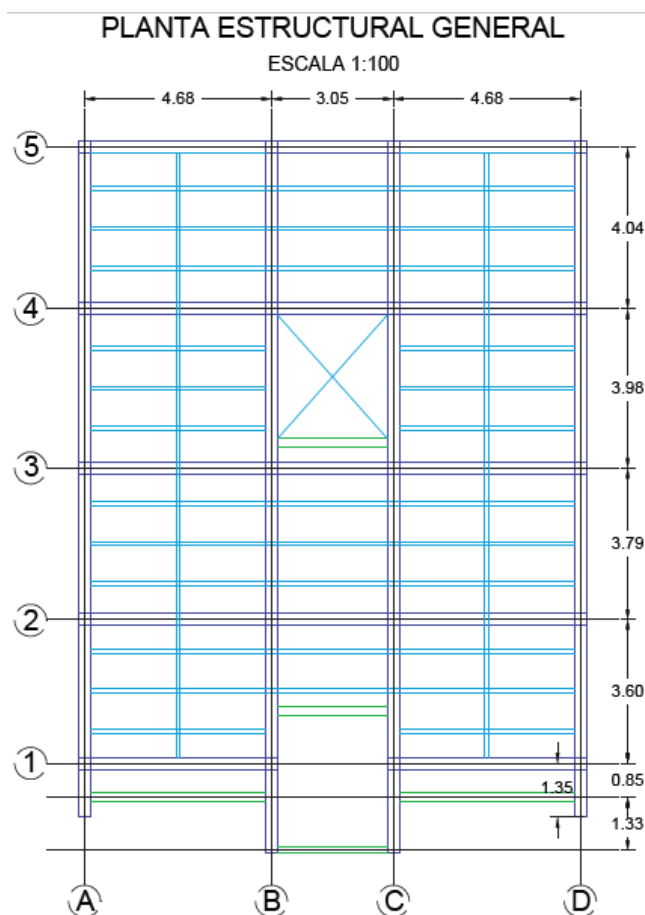


Figura 6. Planta estructural general.

4.2 Análisis estudio de suelos.

Los estudios de suelos son realizados por una empresa subcontratada para entregar el informe correspondiente al tipo de suelo de la zona donde se realizará el proyecto. De este informe se extrajo la información necesaria para el desarrollo del proyecto, como lo es el perfil estratigráfico, el tipo de cimentación propuesta, asentamientos esperados y el esfuerzo admisible del suelo.

4.3 Diseño de la Placa aligerada.

Se abordo desde el trazado de la planta estructural general, con esta, se calcula el espesor de la placa (AIS, Titulo C, 2010) y separación de los nervios (AIS, Titulo C, 2010).

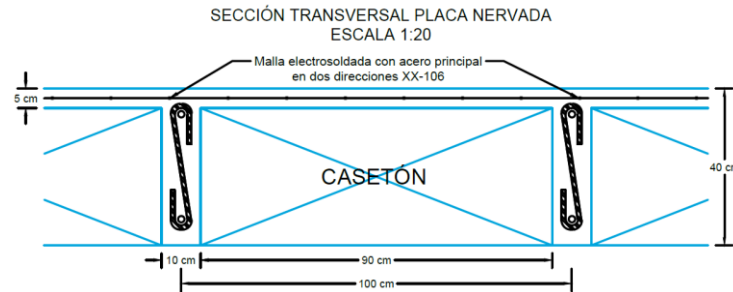


Figura 7. Sección transversal placa nervada.

4.4 Cálculo Cargas Muertas

El análisis de cargas se efectuó con el cálculo de las dimensiones de todos los elementos estructurales y no estructurales (AIS, Título B, 2010), teniendo en cuenta el valor de la densidad del concreto reforzado 24 KN/m^2 .

4.5 Análisis sismo resistente

Se realiza por el método de fuerza horizontal equivalente (AIS, Título A, 2010), con el cual se hallan los valores del cortante basal y cortante por piso producto del sismo de diseño y aplicados en el centroide de la placa de entrepiso. El valor que asume el cortante basal depende de las características de la zona, el suelo y tipo de uso de la estructura, mientras que el valor del cortante que asume cada piso depende del porcentaje de masa, su altura, geometría y rigidez.

Se calculan las derivas y estas deben estar en un valor menor al uno por ciento de la altura de cada piso (AIS, Título A, 2010), si esto no es así, se ajustan las dimensiones de las vigas o columnas para lograr cumplir el requerimiento.

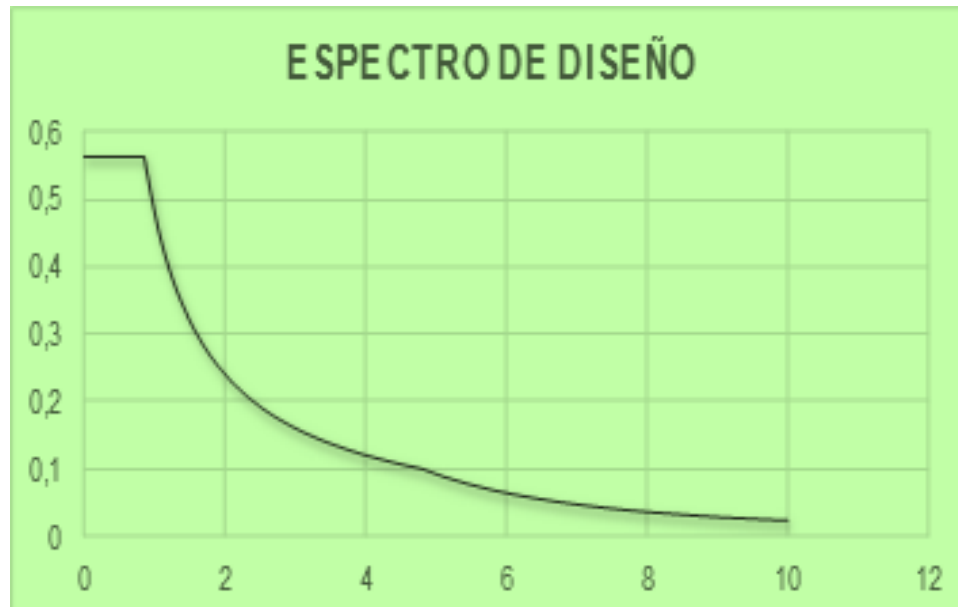


Figura 8. Espectro de diseño.

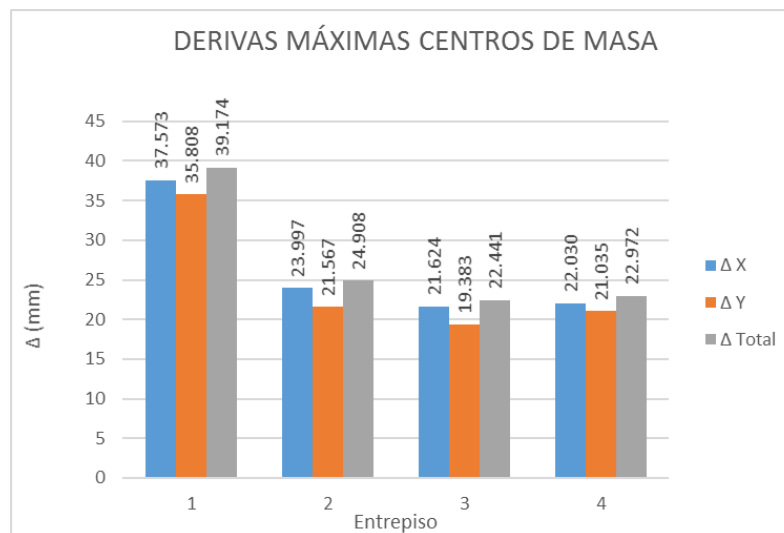


Figura 9. Derivas Máximas centros de masa.

4.6 Análisis cargas Vivas.

Los valores de las cargas vivas han sido previamente estudiados y estipulados (AIS, Título B, 2010). Estos valores dependen del tipo de uso de la estructura y las áreas que la componen como balcones, salas, corredores, etc.

4.7 Análisis cargas de diseño.

Para hallar las cargas axiales, cortantes y momentos de diseño se requiere hacer una mayoración de cargas y combinación de estas. Para ello, la NSR-10 estipula una serie de combinaciones básicas, con las cuales se diseñan las estructuras, y todos sus componentes y cimentaciones deben diseñarse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas (AIS, Título B, 2010).

4.8 Diseño de viguetas.

Para el diseño de las viguetas se toman los valores de momento y cortante mayores de cada una, y se comparan con los valores obtenidos para una barra #4 y #5. Estas barras cumplen la cuantía mínima para una sección de 10x40 cm, la cual debe tener un área de acero mayor a 115 mm². Con el análisis de momentos de estas barras se obtiene que pueden soportar 17 KN*m y 27 KN*m respectivamente dentro de una sección transversal de 10x40cm.

Tabla 3. Momentos máximos en las viguetas.

Vigueta	M+	M-	V	As M+	As M-
Tipo 1	18.31	-15.67	27.32	#5	#4
Tipo 2	20.26	-6.46	24.7	#5	#4
Arriostramiento	10.36	14.55	23.01	#4	#4

Para el diseño a cortante se evalúa si el concreto soporta todo el cortante, y si no se generan estribos espaciados a d/2 hasta donde sea requeridos.

$$V_c = 0.17 * \sqrt{f'c} * B * d \quad (24)$$

Diseño de vigas.

El diseño de vigas se realizó usando un criterio de desarrollo conservador, el cual consiste en identificar los elementos más críticos presentes en los pórticos para los cuales se diseñará y dada la importante cercanía en solicitaciones para las vigas se decidió tipificar su diseño. Además, hay que tener en cuenta que el diseño de las vigas se realiza a través de una hoja de cálculo por Excel, la cual fue programada por el practicante.

Para el diseño a flexión se parte de las condiciones estipuladas por la NSR -10 CR10.3.3. para conocer si requiere refuerzo a compresión. Esto se hace a través de calcular el valor máximo de momento de soporta la viga simplemente reforzada y compararlo con el valor de diseño. Seguido de esto se calcula el acero que requiere la sección para soportar el momento de diseño.

$$A_s = -(-d) \pm \frac{\sqrt{(-d)^2 - 4 * \left(\frac{F_y}{2 * 0.85 * f'c * B}\right) * \left(\frac{Mu}{\phi_{flexión} * F_y}\right)}}{2 * \left(\frac{F_y}{2 * 0.85 * f'c * B}\right)} \quad (25)$$

$$A_{s_{min}} = \frac{1.4}{F_y} * B * d \quad (26)$$

En el diseño a cortante se evalúa si el concreto puede soportar todo el cortante, llegado el caso que esto no sea posible, se generan estribos espaciados a cierta longitud para absorber el cortante que no soporta el concreto. El espaciamiento al cual se colocan los estribos es limitado por la NSR-10 y depende de las características de disipación de energía de la estructura.

$$V_c = 0.17 * \sqrt{f'c} * B * d \quad (27)$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi_{cortante}} - V_c \quad (28)$$

$$L_{Zona\ de\ confinamiento} = 2 * H \quad (29)$$

$$S = \frac{Av * Fy * d}{Vs} \quad (30)$$

$$S = \frac{d}{4} \quad (31)$$

4.9 Diseño de columnas.

Según el análisis de fuerzas sísmicas se obtuvieron cinco tipos de secciones transversales, y se tomaron los valores de momentos flectores y cargas axiales máximos que se presentan en cada uno de los tipos de secciones para ser graficaron en conjunto con el diagrama de interacción.

También, se pueden tipificar las columnas según las características de cada sección que las componen, dando como resultado tres columnas tipo en las cuales su sección transversal va variando respecto a cada piso.

La creación del diagrama de iteración se basa en el análisis de fuerzas de tensión y compresión producidas en los aceros de refuerzo y el concreto por la variación del eje neutro de la sección transversal. Se debe de tener en cuenta, que, dentro de esta variación de momentos y fuerzas axiales se encuentra una zona de transición, descrita por el paso de la sección controlado por compresión a controlada por tensión, produciendo así una variación en el valor ϕ (AIS, Título C, 2010).

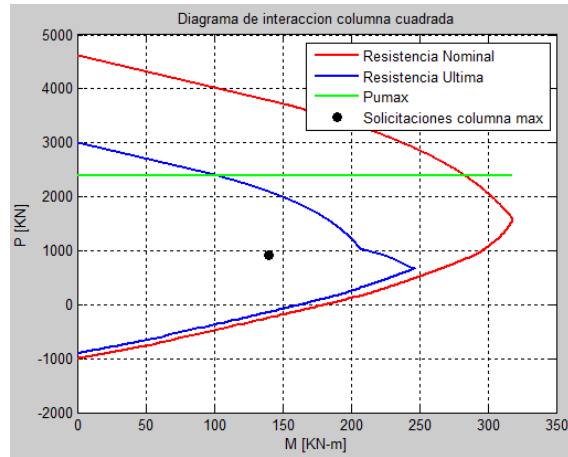


Figura 10. Diagrama de iteración columna 45x45cm con 16 barras longitudinales #5

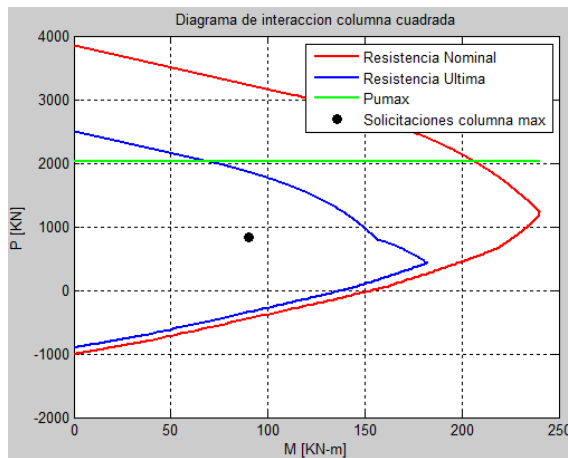


Figura 11. Diagrama de iteración columna 40x40cm con 16 barras longitudinales #5.

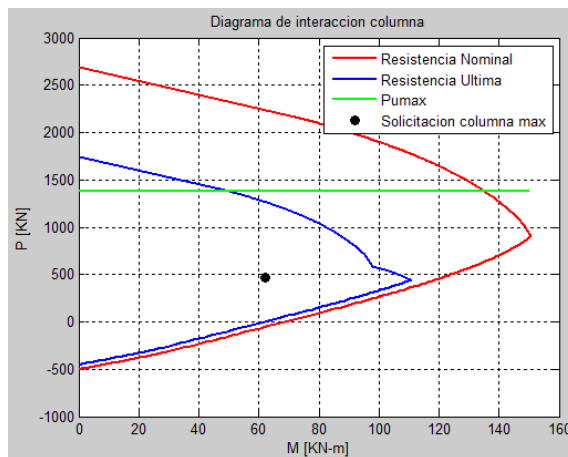


Figura 12. Diagrama de iteración columna 35x35cm con 9 barras longitudinales #5.

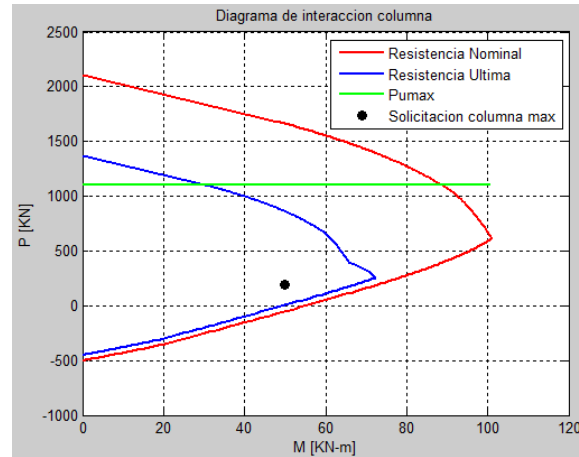


Figura 13. Diagrama de iteración columna 30x30cm con 9 barras longitudinales #5.

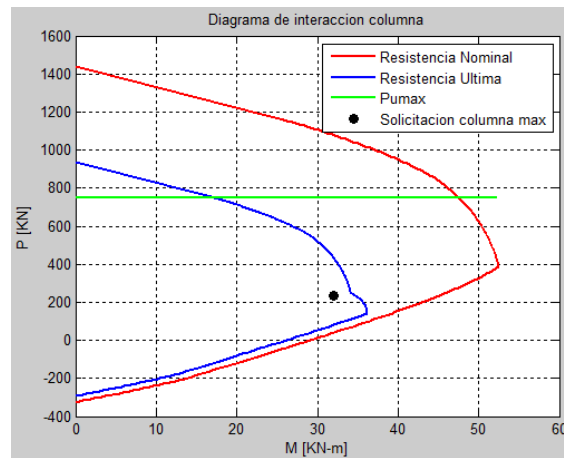


Figura 14. Diagrama de iteración columna 25x25cm con 9 barras longitudinales #4.

4.10 Diseño de Cimentaciones.

Para la construcción de las cimentaciones se deben de seguir las recomendaciones del estudio de suelos, como lo son la profundidad de cimentación y el tipo de cimentación propuesto.

Al partir de un estudio de las cargas actuantes sobre los cimientos que en este caso son zapatas se pudo concluir que estas se pueden agrupar en 4 diferentes tipos de zapata, siendo estos 2 tipos de zapatas céntricas, un tipo de zapata medianera y uno de zapata esquinera. Las vigas de enlace

son tipificadas en dos tipos siendo un tipo para las vigas paralelas al eje X y el otro paralelo al eje Y (Vásquez, 2011).

Para el dimensionamiento de una zapata se realiza un análisis de esfuerzos con las cargas vivas y muertas, pero no mayoradas.

$$Q_e \geq \frac{F}{B * L} + \frac{Mx * \frac{L}{2}}{\frac{B}{12} * L^3} + \frac{My * \frac{B}{2}}{\frac{L}{12} * B^3} \quad (32)$$

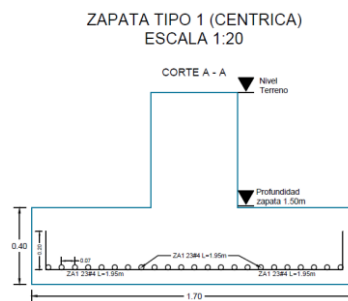


Figura 15. Zapata tipo 1.

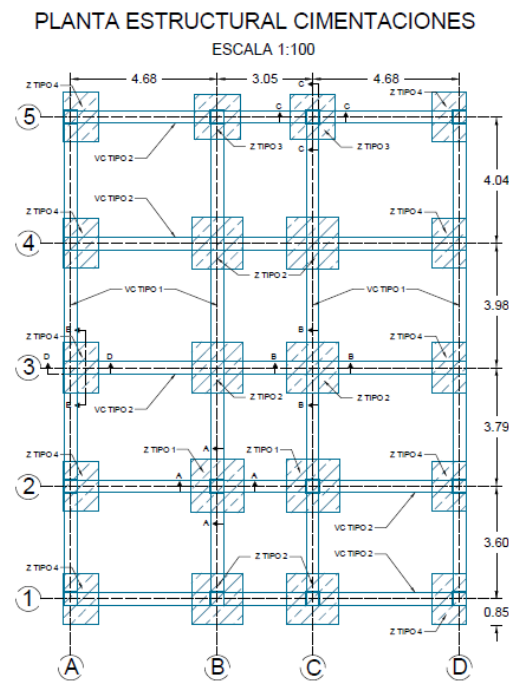


Figura 16. Planta de cimentaciones.

Seguido de esto se calculan los esfuerzos a los que está sometida la zapata con las fuerzas mayoradas y se hallan el valor de punzonamiento que consiste en un bloque de falla de la zapata el cual es producido por un delta de esfuerzo de la columna, que no es contrarrestado por el esfuerzo del suelo en un perímetro dibujado por las dimensiones de la columna más el valor “d” de la zapata. Se debe de tener en cuenta que los esfuerzos admisibles para el punzonamiento están dados en la NSR-10 C.11.11.2.1. Seguido, se hace el cálculo del cortante y se chequea que el espesor de la zapata cumpla para punzonamiento y cortante.

Por último, se calculan los momentos flectores sobre un punto crítico producido por la distribución de esfuerzos y se calculan los momentos flectores.

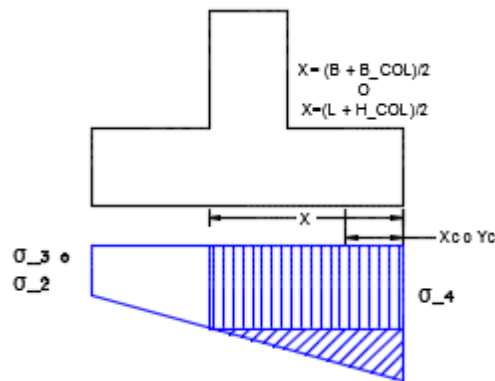


Figura 17. Análisis flexión zapata.

5 Resultados.

En el progreso de la práctica se encontraron diferentes actividades en las cuales el conocimiento del practicante no era suficiente para su desarrollo, no obstante, a través del acompañamiento del tutor y la posibilidad de indagar se logró comprender diferentes términos que ayudaron al trazado correcto de cada proyecto y fomentaron la capacidad del practicante para investigar y buscar soluciones a las eventualidades.

Estos métodos de diseño o concepto que no poseía el practicante son varios, en los cuales y más relevantes que se encuentran está la forma como se analiza un cable, como su geometría afecta los vectores de fuerzas y produce variaciones en estos, dando la posibilidad de aplicar los conceptos de la derivada para la optimización de sus esfuerzos y poder disminuir la tensión en el mismo. Otro de los conceptos que logro adquirir fue el diseño de las zapatas, el cual, a través de la indagación, el apoyo técnico del tutor y las aclaraciones conceptuales de los profesores, se logró comprender la noción de análisis para desarrollar de forma correcta los diseños que se requerían para el proyecto.

Todo esto como producto dejo la creación de hojas de cálculo, memorias de cálculo y planos de detalle para los diferentes diseños de placas, vigas, vigas de enlace, columnas y zapatas. Como último, se conoció como debe ser la entrega y correcta construcción de un proyecto, su información, sus requerimientos y responsabilidades.

6 Conclusiones.

La práctica empresarial dio la posibilidad de afianzar, complementar y adquirir conocimientos en el área del análisis estructural; además, permite que el practicante se integre a el desarrollo de un proyecto y reconozca las fases, condiciones y talento humano necesario para el correcto desempeño del proyecto.

Referencias Bibliográficas

- AASHTO, A. A. (2012). *Specifications guide for pedestrian bridge design AASHTO*. Washington DC.
- AIS, A. c. (2010). apéndice G-B. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (pág. G.140). Bogotá D.C., Colombia.
- AIS, A. c. (2010). Título A. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. A14-A30). Bogotá D.C., Colombia.
- AIS, A. c. (2010). Título A. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. A13-A66). Bogotá D.C., Colombia.
- AIS, A. c. (2010). Título A. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. A76-A78). Bogotá D.C., Colombia.
- AIS, A. c. (2010). Título B. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. B10-B14). Bogotá D.C., Colombia.
- AIS, A. c. (2010). Título B. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. B15-B18). Bogotá D.C., Colombia.
- AIS, A. c. (2010). Título B. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. B6-B7). Bogotá D.C., Colombia.
- AIS, A. c. (2010). Título C. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (pág. C129). Bogotá D.C., Colombia.

AIS, A. c. (2010). Título C. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. C118-C119). Bogotá D.C., Colombia.

AIS, A. c. (2010). Título C. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (pág. C125). Bogotá D.C., Colombia.

AIS, A. c. (2010). Título G. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. (pág. G.25). Bogotá D.C., Colombia.

AIS, A. c. (2010). Título G. En A. c. AIS, *Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. (págs. G.26-G.30). Bogotá D.C., Colombia.

Argos. (2017). *Argos Colombia*. Obtenido de Argos colombia:
<https://www.argos.co/colombia/productos/producto/subproducto?id=733>

Emcocables. (2017). *Encocables*. Obtenido de Encocables:
<http://www.emcocables.com/catalogos/cables.pdf>

HIBBELER, R. (2012). Cables y arcos. En R. HIBBELER, *Análisis Estructural* (págs. 181-203). Ciudad de México: Pearson Educación.

steckerlaceros. (2017). *Steckerl hierros y aceros*. Obtenido de Steckerl hierros y aceros:
<http://steckerlaceros.com/catalogo/index.html>

Vásquez, L. G. (2011). *unalmed.edu.co*. (U. N. Facultad de minas, Ed.) Obtenido de unalmed.edu.co: http://www.unalmed.edu.co/~lgarza/cimentaciones/NDEC_SE.pdf