

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN ALEXIS VEGA INGENIEROS S.A.S. COMO
AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL ÁREA DE DISEÑO ESTRUCTURAL

ANDRÉS RODOLFO AVILA FLOREZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2016

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN ALEXIS VEGA INGENIEROS S.A.S. COMO
AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL ÁREA DE DISEÑO ESTRUCTURAL

ANDRÉS RODOLFO AVILA FLOREZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
INGENIERO CIVIL

Director

ÁLVARO VIVIESCAS JAIMES

Ingeniero Civil, Ph.D

Tutor

ALEXIS VEGA ARGÜELLO

Ingeniero Civil, MS.c

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2016

AGRADECIMIENTOS

A mis padres quienes innegablemente se sacrificaron durante mucho tiempo para hacer que mi sueño de estudiar fuera posible y quienes dejaron de lado una vida cómoda para que yo tuviera oportunidades de tener una mejor calidad de vida. Gracias porque su inmenso amor y paciencia fueron una fuente inagotable de fuerza y energía en todo momento.

A todos y cada uno de mis familiares que siempre estuvieron atentos a que desde el principio de mis estudios de alguna u otra manera siempre yo pudiera contar con los recursos necesarios para hoy en día estar a punto de alcanzar esta importante meta. Gracias por ese apoyo e incondicionalidad.

A todos los ingenieros y colaboradores de Alexis Vega Ingenieros S.A.S. que contribuyeron grandemente en mi proceso de formación y me acogieron como uno más de una familia de la cual me siento orgulloso de pertenecer.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	16
1.1 MISIÓN	16
1.2 VISIÓN	17
1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL Y CALIDAD	17
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 CIMENTACIÓN	19
2.2 CONCRETO Y CONCRETO REFORZADO.....	23
2.3 VIGA.....	23
2.4 VIGUETA.....	24
2.5 COLUMNA	24
2.6 MURO ESTRUCTURAL	25
2.7 ADHERENCIA, ANCLAJE Y LONGITUD DE DESARROLLO.....	25
3. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PROYECTOS	28
3.1 EDIFICIO RESIDENCIAL IMPERIA	28
3.2 FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR HOSPITAL CIUDAD VERDE	30
3.3 HOSPITAL FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR CARTAGENA	32
4. PRINCIPALES ACTIVIDADES REALIZADAS Y METODOLOGÍA.....	35
4.1 DISEÑO Y DESPIECE DE VIGUETAS	35
4.2 CONTROL DE DEFLEXIONES DE VIGUETAS.....	37
4.3 DIBUJO DE PLANTAS ESTRUCTURALES.....	39
4.4 DISEÑO Y DESPIECE DE LOSAS MACIZAS Y ESCALERAS.....	42

4.5	CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA DE CONCRETO	45
4.6	REVISIÓN DE DE REQUISITOS SISMO RESISTENTES	46
4.7	DESPIECE Y DETALLAMIENTO DE ZAPATAS	48
4.8	...ADECUACIÓN Y CONFORMACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES Y MEMORIAS DE CALCULO	49
4.8.1	Conformación de planos estructurales	49
4.8.2	Conformación de memorias de cálculo estructural	51
5.	CONCLUSIONES.....	54
	CITAS	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	56
	ANEXOS	57

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ejemplo de plano estructural	13
Figura 2. Ejemplo de portada de memoria de cálculos	14
Figura 3. Logo Alexis Vega Ingenieros S.A.S.	16
Figura 4. Estructura organizacional de la empresa.....	17
Figura 5. Tipos de sistemas de cimentación	22
Figura 6. Perspectiva del modelo estructural proyecto Imperia.	29
Figura 7. Perspectiva del modelo estructural del proyecto FCVHCV	31
Figura 8. Perspectiva del modelo estructural del proyecto HFCC.....	33
Figura 9. Despiece de viguetas en DC-CAD	37
Figura 10. Ejemplo de planta estructural de cimentación	42
Figura 11. Predimensionamiento inicial de la losa a diseñar	43
Figura 12. Disposición del refuerzo para escalera diseñada.....	44
Figura 13. Observaciones de revisión en despieces.....	48
Figura 14. Ejemplo de campos diligenciados en rótulo del plano estructural.....	51
Figura 15. Ejemplo de reporte para memoria de cálculos.....	53

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Longitudes de desarrollo para barras corrugadas a tracción	27
Tabla 2. Deflexión máxima admisible calculada C.9.5(b).....	39

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Registros de verificación y control de deflexiones en viguetas.....	58
ANEXO B. Tabla de espesores mínimos para vigas o losas reforzadas en una dirección.....	67
ANEXO C. Tabla de dimensiones nominales de las barras de refuerzo.....	68

RESUMEN

TÍTULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL EN ALEXIS VEGA INGENIEROS S.A.S. COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL ÁREA DE DISEÑO ESTRUCTURAL*

AUTOR: Andrés Rodolfo Avila Florez**

PALABRAS CLAVE: Proyecto, concreto armado, diseño, despiece, plano, reporte.

DESCRIPCIÓN

A pesar de la crisis económica que actualmente atraviesa el país, para muchos es bien sabido que desde hace varios años el sector de la construcción experimenta un constante crecimiento^[2]. La empresa Alexis Vega Ingenieros S.A.S. contribuye al desarrollo de este sector trabajando, entre otras actividades, en el diseño estructural de hospitales, industrias e importantes proyectos residenciales en la ciudad de Bucaramanga y en todo el país en general.

Se realizó la práctica empresarial en la empresa Alexis Vega Ingenieros S.A.S. en el área de diseño estructural diseñando y haciendo el despiece de elementos secundarios de concreto armado como viguetas, losas y escaleras. Además de las actividades de diseño, durante la práctica también se realizaron actividades concernientes a la revisión de calidad de los elementos estructurales diseñados por los ingenieros de la empresa con el objetivo de asegurar que estos diseños, además de cumplir con las expectativas y necesidades del cliente, cumpliera con todos los requerimientos de las normativas de diseño estructural sismo resistente actualmente vigentes en nuestro país. Para finalizar su participación en cada proyecto, el practicante contribuyó también en el desarrollo de detalles y cortes, y fue el encargado de la conformación de los planos estructurales en los cuales organizó en cada caso todos los diseños realizados por el equipo de trabajo de la empresa, además de que colaboró en la generación de reportes y tablas para la conformación de las memorias de calculo que deben entregarse junto con los diseños.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: PhD. Álvaro Viviescas Jaimes.

ABSTRACT

TITLE: BUSINESS PRACTICE IN ALEXIS VEGA INGENIEROS S.A.S. AS ENGINEERING ASSISTANT IN THE STRUCTURAL DESIGN AREA*

AUTHOR: Andrés Rodolfo Avila Florez**

KEYWORDS: Project, reinforced concrete, design, exploded, plan, report.

DESCRIPTION

In spite of the economic crisis that currently the country overpass, for a lot of people is well known that since several years the country was experiencing an increase in the design and execution of civil works in all kinds of fields. The company Alexis Vega Ingenieros S.A.S. contributes to development of this increase working hardly, among other activities, in the structural design of hospitals, industries and importants residentials projects in Bucaramanga and all country in general.

Business practice was performed in the Company Alexis Vega Ingenieros S.A.S. in the structural design area, designing and doing the detailing of secondary reinforced concrete elements such as joists, slabs and stairs. In addition to the design activities, during the practice also was performed activities concerning to quality review of the structural elements designed by the company engineers; this with the objective of ensure these designs, in aditon to comply with the needs and expectations of the client, to comply with all requeriments of the seismic structural design normatives actually valid in our country. To finish his participation in each project developed by the company, the practitioner contributed also in the development of details and section cuts, and was the attendant of the conformation of the structural plans in wich organized all the designs performed, additionally the practitioner collaborated in the generation of reports ans tables for the conformation of the calculation reports wich must be given with the designs.

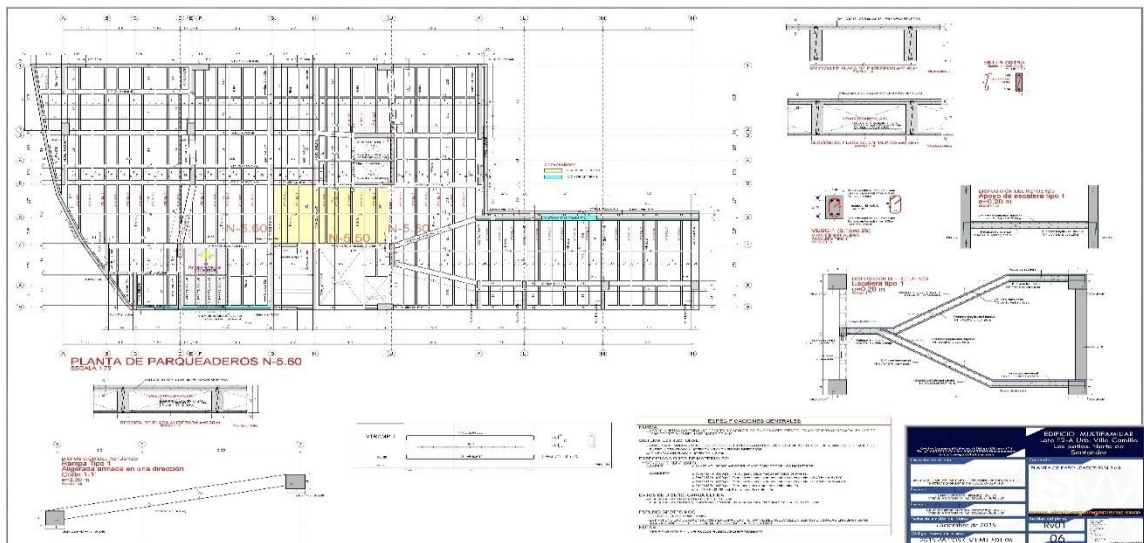
*Degree Project

**Physics-Mechanical Engineering Faculty. Civil Engineering School. Director: PhD. Álvaro Viviescas Jaimes.

INTRODUCCIÓN

La finalidad de un diseño estructural sismo resistente es determinar las características físicas de los materiales que se deben usar, las dimensiones requeridas de los elementos, las cantidades de acero requerido y la localización apropiada de dicho refuerzo de tal manera que se permita garantizar la adecuada absorción de las cargas a las que la estructura va a estar sujeta en las diferentes etapas de su vida útil, sin sufrir daños significativos, es decir, garantizando el funcionamiento adecuado de la estructura en condiciones de servicio.

Figura 1. Ejemplo de plano estructural



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

Unos de los principales entregables del diseño estructural, por no decir que los más importantes, son los planos de diseño que se generan luego de haber realizado numerosos cálculos, verificaciones y chequeos. Estos planos son tan importantes porque representan un insumo fundamental para que en la fase de ejecución del

proyecto el constructor pueda materializar lo que teóricamente ya había sido calculado para la obra civil en cuestión, es decir, estos planos son una especie de instrucciones que el diseñador proporciona al constructor, y ahí radica su importancia, pues dado que son instrucciones éstas deben ser dadas de la forma más clara posible para así garantizar que los objetivos del diseño estructural sean alcanzados. Pero además de los planos estructurales, los cálculos hechos por el ingeniero proyectista deben ser sustentados y plasmados en las llamadas memorias de cálculo, para en el futuro en caso de duda o de cualquier otra situación que requiera saber de dichos cálculos el interesado pueda tener toda la información necesaria para entender cómo fue que el proyectista determinó todas las cantidades, localización y dimensiones de los elementos que figuran en los planos estructurales. Además de todo lo anteriormente mencionado, es necesario que se realice un proceso de revisión de las actividades realizadas y así garantizar la calidad de dichos entregables.

Figura 2. Ejemplo de portada de memoria de cálculos



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

Esta práctica empresarial se orientó a apoyar en cada uno de los procesos y actividades mencionados con anterioridad, participando activamente en cada una de las tareas de diseño en las cuales el practicante estaba capacitado y facultado para ejecutar y colaborando en las etapas de revisión de calidad y de conformación y adecuación de la presentación de los planos estructurales y memorias de cálculo. Siempre siguiendo la ruta planificación-diseño-revisión de calidad-conformación de entregables y bajo la estricta supervisión del ingeniero proyectista quien al final de cada actividad desarrollada realizaba la correspondiente revisión al trabajo hecho por el practicante.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La empresa Alexis Vega Ingenieros fue creada el 01 de octubre de 2003 con el fin de brindar servicios en el área de la ingeniería civil. Estos servicios de manera muy general comprenden el desarrollo de diseños estructurales, estudios de vulnerabilidad y supervisión técnica de obras civiles.

La empresa cuenta con la certificación ISO 9001:2008 la cual respalda la calidad de todos sus trabajos y evidencia el afán de mejoramiento continuo que la caracteriza.

Figura 3. Logo Alexis Vega Ingenieros S.A.S.



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

1.1 MISIÓN

Brindar soluciones a las necesidades del sector civil en materia de diseños estructurales, estudios de vulnerabilidad y supervisión técnica de obra, ofreciendo productos que satisfagan los requerimientos de sus clientes y que permitan prosperar como negocio y contribuir al progreso del país.

1.2 VISIÓN

Alexis Vega Ingenieros S.A.S. será reconocida en el año 2020 por ser una empresa que se reconozca por los productos ofrecidos cumpliendo con los más altos estándares de calidad de manera tal que le permitan ganar mayores espacios para no solo estar presente en el ámbito regional sino extenderse a nivel nacional y establecerse como una organización líder en la ejecución de trabajo especializado en el campo de la ingeniería civil.

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL Y CALIDAD

La estructura organizacional de la empresa está compuesta por tres grandes áreas, cada una con una función de vital importancia para el cumplimiento de la misión y la visión de la empresa, además cada una de ellas estar en constante revisión de ánimo de detectar posibles inconsistencias y asegurar siempre un trabajo que cumpla con los más altos índices de calidad planteados por la empresa. La estructura organizacional de la empresa se puede observar en la siguiente imagen.

Figura 4. Estructura organizacional de la empresa



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S. Manual de calidad.

La gerencia de la empresa es realizada por el ingeniero Alexis Vega Arguello el cual dirige y toma las decisiones finales de cada una de las demás áreas que constituyen la empresa.

El área técnica es la encargada de realizar los trabajos de diseño y supervisión, y por tanto está compuesta de dos subáreas, una de supervisión técnica y otra de diseño estructural.

El área de mejoramiento continuo se encarga de vigilar todas las actividades realizadas con el fin de asegurar trabajos de calidad y la satisfacción del cliente. Las labores correspondientes a esta área las desempeñan el gerente y la representante del área administrativa.

2. MARCO TEÓRICO

El presente trabajo hace referencia a las actividades realizadas por un estudiante de ingeniería civil de último nivel durante su estancia como practicante en el departamento de diseño estructural de una empresa dedicada a la elaboración de diseños en concreto y acero para edificaciones de todo tipo de uso.

Debido a que la función del practicante durante su estancia en la empresa era la aplicación de conocimientos a la resolución de diseños y problemas de ingeniería, era necesario echar mano de todos los conocimientos adquiridos durante el paso de sus diez semestres en la universidad; por esta razón se hace evidentemente muy difícil incluir dentro del presente marco toda la teoría aplicada para el desarrollo de las actividades descritas más adelante; sin embargo se enunciará y describirá a continuación de manera muy general los conceptos y términos usados con el fin de que el lector se familiarice un poco con el contenido del resto de la obra. El lector deberá entonces profundizar en el estudio de dichos enunciados con el fin de entender a fondo las cuestiones que se tocan en el desarrollo de cada actividad planteada.

2.1 CIMENTACIÓN

Realmente cuando se habla del diseño estructural de la cimentación de una edificación se está haciendo mención a la frontera y unión existente entre dos ramas muy importantes de la ingeniería civil, la geotecnia y la ingeniería estructural. Debido a esta interacción tan grande se hace necesario un conocimiento dual de la mecánica de suelos y el diseño estructural por parte del proyectista con el fin de orientarse que los modelos y suposiciones empleadas sean congruentes con los pilares de cada una de estas dos disciplinas que, por cierto, no siempre coinciden.

La cimentación es concebida como la parte de la estructura que está en contacto permanente con el suelo y que es responsable de recibir las cargas del resto de elementos estructurales para entonces transmitirla adecuadamente al suelo sin sobrepasar el límite de capacidad de soporte que dicho suelo es capaz de admitir sin presentar asentamientos que lleguen a afectar la vida y correcto uso de la estructura. Dicha capacidad del suelo es llamada comúnmente como capacidad portante del suelo.

Si se tiene en cuenta que las características mecánicas del suelo varían de acuerdo a la localización de la futura edificación, entonces se entenderá que cada proyecto de edificación enfrenta un reto diferente en cuanto a la selección y diseño del sistema de cimentación que será apropiado de acuerdo al tipo de suelo y a la magnitud de las cargas que lo solicitarán; así pues, se tienen diferentes tipos de cimentación dependiendo del tipo de suelo sobre el cual se cimenta una estructura y de las solicitaciones de carga a este suelo.

De acuerdo a los conceptos enunciados anteriormente se puede decir entonces que los sistemas de cimentación se pueden clasificar en dos grandes grupos: cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas.

Las cimentaciones superficiales son aquellas en las cuales los elementos que las componen poseen una sección transversal que es considerablemente mayor en tamaño si se le compara con la altura de dichos elementos y cuya función es transmitir las cargas producto de las solicitaciones a la edificación a profundidades relativamente pequeñas, que en general es comúnmente aceptado como límite para cimentaciones superficiales aquellas que no sobrepasan los 4 metros de profundidad. Este tipo de cimentaciones las componen los diferentes tipos de zapatas y las losas de cimentación.

Los sistemas de zapatas generalmente funcionan de manera muy efectiva en suelos duros de poca compresibilidad y para estructuras con cargas moderadas. En el caso de dichos sistemas se plantean las vigas de amarre como vigas encargadas de interconectar las zapatas y dar de esta forma una mayor rigidez lateral al sistema de cimentación.

En el caso que se cuente con un suelo duro pero que debido a las solicitaciones de grandes cargas provenientes de la superestructura la capacidad portante del suelo no resulta suficiente, se plantea entonces una losa aligerada continúa compuesta por vigas y viguetas de cimentación que transmitan de esta forma las cargas a una mayor área de contacto con el fin de no exceder la capacidad de soporte del suelo.

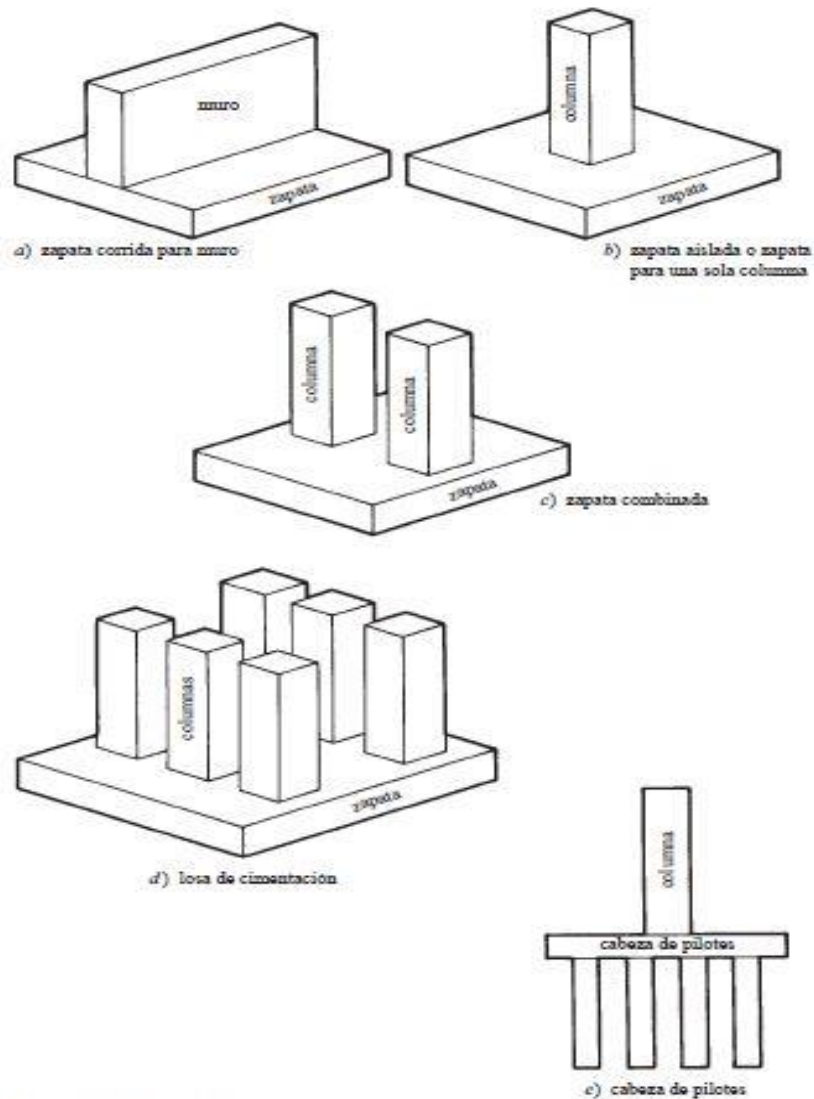
Ya en el caso de que se cuente con suelos de poca capacidad de soporte y que se requiera entonces transmitir las a profundidades grandes donde se pueda encontrar un suelo de mayor capacidad se recomienda entonces el uso de un sistema de cimentación profunda.

De manera muy general los sistemas de cimentación profunda son aquellos en los cuales las dimensiones de la sección transversal de los elementos que componen el sistema son considerablemente menores a la altura de dichos elementos. Estos sistemas son compuestos por los sistemas de pilotes y pilas.

Los pilotes son elementos que por su geometría poseen un diámetro de aproximadamente 0.80 metros que condiciona a dichos elementos a ser más flexibles que sus parientes las pilas, las cuales poseen diámetros mayores a 0.80 metros y los cuales las hacen mucho más rígidas y les otorgan una capacidad de carga mayor.

Generalmente, debido a las limitaciones de carga de los pilotes, se hace necesario unir grupos de pilotes con un elemento ubicado en la parte superior del conjunto de forma que se repartan las cargas de manera más uniforme. Dicho elemento de unión de pilotes es denominado comúnmente como cabezal de cimentación. [1]

Figura 5. Tipos de sistemas de cimentación



Fuente: McCormac, Jack. Diseño de concreto reforzado. Octava edición

2.2 CONCRETO Y CONCRETO REFORZADO

El concreto representa una mezcla de diferentes elementos, a saber, áridos como la arena y grava, agua y en algunas ocasiones rocas unidas por medio de un material conglomerante llamado cemento que forma una pasta que endurece con el pasar del tiempo. En ocasiones se incluye dentro de la mezcla de concreto ciertos aditivos con el fin de mejorar determinada característica del concreto que favorezca el cumplimiento de un fin especial dependiendo de la situación, como es el caso en el que la colocación del concreto debido a la ubicación sea de difícil acceso, en cuyo caso se utiliza un aditivo retardante del fraguado del concreto.

Debido a que las propiedades mecánicas del concreto lo hacen útil solamente bajo solicitaciones de compresión, el concreto es comúnmente utilizado en combinación con acero, combinación denominada concreto reforzado, con el fin de que el acero, por ser un material dúctil, ofrezca la resistencia requerida para las cargas que soliciten a tracción un elemento estructural determinado por cuanto el concreto ofrece la resistencia requerida a compresión. En algunas ocasiones, muy poco comunes, el acero en barras es reemplazado por fibras metálicas que cumplan la misma función de las barras de acero. [2]

2.3 VIGA

Las vigas son elementos estructurales en los cuales las dimensiones de su sección transversal son considerablemente menores si se comparan con la longitud de dicho elemento. Las vigas por lo general se encuentran ubicadas de forma predominantemente horizontal dentro de la estructura y en ellas el efecto que gobierna su diseño y comportamiento es principalmente la flexión, presentándose también efectos de cortantes carga axial y torsión solo que en menor magnitud. Su

función más común es la de recibir las cargas provenientes de los entresijos para luego transmitir las a las columnas por medio de un elemento de unión entre viga y columna llamado nudo y en el cual pueden converger varias columnas y varias vigas. [3]

2.4 VIGUETA

Las viguetas son elementos semejantes a las vigas pero que poseen unas dimensiones de sección transversal menores a las de las vigas y sobre las cuales gobierna el mismo tipo de efecto principal que en las vigas, es decir, la flexión. Las viguetas hacen parte de las losas nervadas de entresijo. [3]

2.5 COLUMNA

Las columnas son elementos estructurales predominantemente verticales en los cuales las dimensiones de su sección transversal son considerablemente menores a su longitud y en los cuales la mayor dimensión de la sección transversal no excede a la menor en un factor de 3. El diseño y comportamiento de estos elementos son principalmente gobernados por efectos combinados de grandes cargas axiales y momentos flectores moderados, aunque generalmente están sometidos a efectos de corte solo que de menor magnitud. Estos elementos son los responsables de recibir las cargas de los demás elementos estructurales y transmitir dichas cargas a la cimentación. [3]

2.6 MURO ESTRUCTURAL

Los muros estructurales son elementos en los cuales, de acuerdo a la relación ancho/alto pueden diseñarse para trabajar con el fin de absorber principalmente efectos de flexión o cortante, acompañados de una carga axial o la combinación de los tres. En este tipo de elementos una de las dimensiones de la sección transversal es considerablemente mayor a la otra superándola por más de un factor de 3, condición que representa el límite entre las columnas y los muros estructurales. Debido a la gran inercia que ofrece una de sus direcciones principales los muros estructurales son comúnmente usados para rigidizar una estructura que no cumple con los requerimientos de rigidez para cargas laterales, como por ejemplo las que se presentan durante un sismo. [3]

2.7 ADHERENCIA, ANCLAJE Y LONGITUD DE DESARROLLO

Se había mencionado anteriormente que el concreto reforzado representa una combinación de concreto y acero que actúan simultáneamente para resistir y absorber los efectos de compresión y tracción. Durante el diseño de los elementos estructurales ya enunciados es común encontrar la suposición de diseño de que el acero fluye, es decir, llega al límite de esfuerzo donde se deforma excesivamente para incrementos muy pequeños de esfuerzo. El cumplimiento de esta suposición de diseño debe ser garantizado para que los resultados de los cálculos sean de esta forma congruentes con lo que en realidad sucederá en los elementos luego de cargada la estructura.

Se conoce como adherencia a la fuerza de interacción entre el acero de refuerzo y el concreto que lo recubre y que evita el deslizamiento entre los dos materiales. Con el objetivo de cumplir con la suposición de diseño de que el acero fluirá, se hace

necesario que se provea una suficiente longitud de interacción entre las barras de acero de refuerzo y el concreto de manera que se alcance a desarrollar la fuerza de agarre necesaria para que no se produzca el deslizamiento relativo entre el concreto y el acero antes de que se produzca la fluencia del acero. Por tanto, debido a que se trata de una longitud necesaria para que se desarrolle la fluencia, se le acostumbra a denominar bajo este concepto a la muy conocida longitud de desarrollo.

Aunque no existe de forma exacta la manera de determinar la fuerza de interacción entre el concreto y el acero, existen fórmulas aproximadas en función del diámetro de la barra y del tipo de concreto que se utiliza para determinar la longitud mínima necesaria que se debe garantizar para asegurar el desarrollo de la fluencia. Aunque generalmente a primera impresión las expresiones contenidas en dichas fórmulas parecen complejas, se puede realizar simplificaciones muy prácticas a dichas fórmulas si se garantiza el cumplimiento de ciertas condiciones entre las cuales se encuentra el no uso de recubrimientos epóxicos, el suficiente espaciamiento entre barras adyacentes que garantice una adecuada circulación del concreto y el no uso de grandes diámetros superiores a los correspondientes los de la barra de una pulgada de diámetro. En la tabla presentada a continuación es posible observar un resumen de dichas longitudes en función del diámetro de la barra de refuerzo.

Ya el anclaje hace referencia a la capacidad de unión entre dos elementos estructurales por medio de un nudo que se supone rígido y en el cual converge el refuerzo de diferentes elementos de forma apropiada para garantizar el apoyo de unos elementos en otro que generalmente termina siendo un elemento vertical como un muro o una columna. Esta correcta unión se desarrolla gracias al acero de refuerzo que llega al nudo y garantiza un comportamiento apropiado para efectos de tracción en la cara de dicho nudo. [4]

Tabla 1. Longitudes de desarrollo para barras corrugadas a tracción

Espaciamiento y recubrimiento	Barras No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) o menores y alambres corrugados	Barras No. 7 (7/8") ó 22M (22 mm) y mayores
Espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo empalmados o desarrolladas no menor que d_b , recubrimiento libre no menor que d_b , y estribos a lo largo de ℓ_d no menos que el mínimo del Título C del Reglamento NSR-10 o espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrolladas o empalmadas no menor a $2d_b$ y recubrimiento libre no menor a d_b	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1.7\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Otros casos	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1.4\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{1.1\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10

3. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PROYECTOS

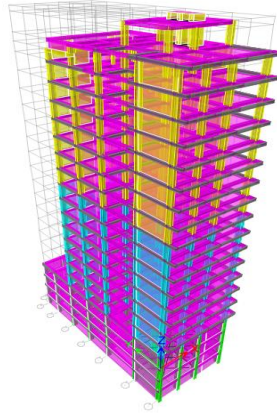
Las labores del practicante no se limitaron a un solo proyecto, sino que, por el contrario, el practicante participó en las fases de diseño, calidad y conformación de los entregables de todos los proyectos en los cuales la empresa trabajó durante las 16 semanas correspondientes al periodo de práctica. A continuación, se da una breve descripción de las características de cada uno de los proyectos en los cuales el practicante participó.

3.1 EDIFICIO RESIDENCIAL IMPERIA

El proyecto IMPERIA es un edificio residencial que estará ubicado en el barrio los Cedros de Bucaramanga y que contará con 3 sótanos de parqueaderos y 18 pisos adicionales, siendo los dos primeros pisos para parqueaderos y los restantes 16 de apartamentos. El edificio dispondrá también de un foso monta coches que permite a los autos desplazarse de un nivel de parqueaderos a otro, además de dos ascensores para el uso de los futuros habitantes del edificio y una piscina en el último piso.

El sistema estructural seleccionado para el proyecto consiste en un sistema de pórticos acoplados con muros estructurales tipo sistema combinado donde los muros son los responsables de absorber los efectos de la gran parte del cortante sísmico en la base producto de las cargas horizontales mientras que los pórticos son responsables de soportar los efectos de las cargas verticales en su totalidad.

Figura 6. Perspectiva del modelo estructural proyecto Imperia.



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S. Memorias de cálculo del proyecto

La cimentación consiste en una losa aligerada de 1.20 m. de espesor total acoplada a un sistema de zapatas unidas con vigas de amarre para un perfil de suelo tipo D con una capacidad admisible $Q_a = 44 \text{ Ton/m}^2$

El sistema de entrepiso está conformado por una losa aligerada de 0.40 m. de espesor y viguetas de 0.10 m. de ancho espaciadas aproximadamente cada 0.70 metros.

Los materiales empleados en el diseño fueron:

- Concreto con resistencia última a la compresión $f'_c = 35 \text{ MPa}$ para la placa de cimentación.

- Concreto con resistencia última a la compresión $f'c= 35$ MPa para columnas y muros estructurales desde la base hasta el nivel N+27.54
- Concreto con resistencia última a la compresión $f'c= 28$ MPa para columnas y muros estructurales del nivel N+27.54 en adelante.
- Concreto con resistencia última a la compresión $f'c= 21$ MPa para vigas de amarre, vigas de entrepiso, losa aligerada y demás elementos.
- Acero corrugado para todos los diámetros grado A-60 $F_y= 420$ MPa.

3.2 FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR HOSPITAL CIUDAD VERDE

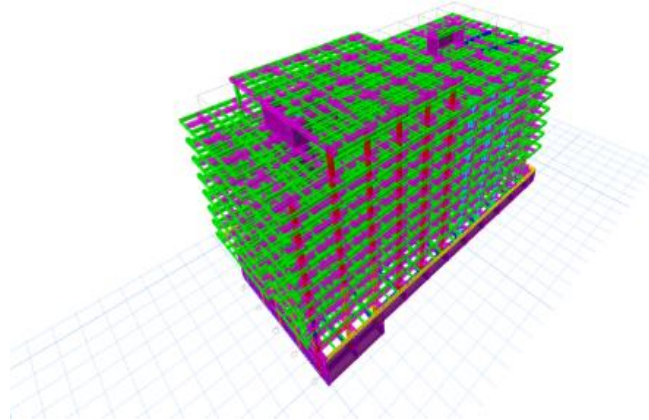
El hospital Fundación Cardiovascular Ciudad Verde será un moderno hospital que estará ubicado en la ciudad de Cundinamarca. Contará con 11 pisos, siendo los primeros 10 pisos para fines quirúrgicos, de hemodinámica, gammagrafía, radiología, además de otros servicios de avanzada tecnología. El último nivel fue proyectado para un helipuerto.

Una de las particularidades de este proyecto es las grandes cargas muertas a las cuales estará sujeta la estructura producto del peso de máquinas y equipos de grandes dimensiones y considerable peso además de que las cargas vivas mínimas de diseño prescritas en el título B de la norma NSR-10 son considerablemente mayores comparadas con las cargas de una edificación para uso residencial. Estas grandes sollicitaciones demandan secciones más grandes para los elementos

estructurales que lo comúnmente utilizadas en otros proyectos, por ejemplo, de uso residencial.

El sistema estructural seleccionado para este proyecto fue un sistema de pórticos acoplados a muros estructurales tipo combinado con capacidad moderada de disipación de energía DMO en el cual los muros se proyectaron para ser los responsables de absorber más del 75% de los efectos producidos por las cargas horizontales de sismo que producen como efecto el cortante sísmico basal que mediante aproximaciones es distribuido en altura en cada uno de los entrepisos presentes en la estructura.

Figura 7. Perspectiva del modelo estructural del proyecto FCVHCV



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S. Memorias de cálculo.

La cimentación, debido a que la estructura se encuentra ubicada en una zona con suelos de muy baja capacidad de soporte, consiste en un sistema de cabezales de pilotes y vigas de enlace para un perfil de suelo tipo E.

Con el fin de distribuir más uniformemente las cargas los entrepisos están armados en dos direcciones y están conformados por losas aligeradas de 0,70 m. de espesor total con viguetas de ancho 0,20 m. espaciadas aproximadamente cada 2,4 m.

El proyecto cuenta con dos puntos fijos de ascensores y escaleras en U, y debido a su geometría bastante favorable no presenta ningún tipo de irregularidad en planta, altura o falta de redundancia.

Los materiales empleados en el diseño fueron:

- Concreto con resistencia última a la compresión $f'c=35$ MPa para columnas y muros estructurales desde la cimentación hasta la cubierta.
- Concreto con resistencia última a la compresión $f'c=35$ MPa para cimentación
- Concreto con resistencia última a la compresión $f'c= 28$ MPa para vigas, entrepisos y demás elementos.
- Acero corrugado para todos los diámetros grado A-60 $F_y= 420$ MPa.

3.3 HOSPITAL FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR CARTAGENA

El hospital Fundación Cardiovascular Cartagena es un moderno hospital con equipos de última tecnología que estará ubicado en la ciudad de Cartagena en el departamento de Bolívar.

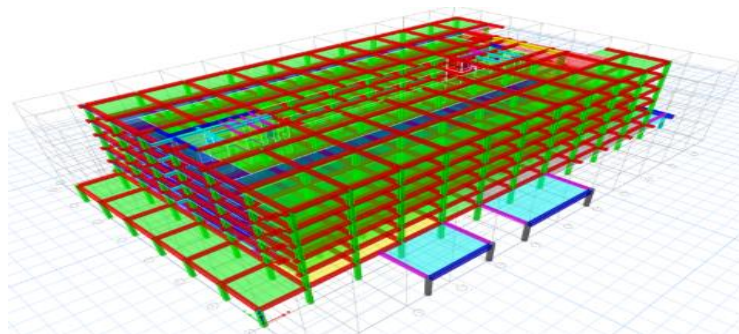
Contará con 5 pisos que serán utilizados, entre otros, para localización de las salas de descanso de pacientes, radiología, salas de hemodinamia, salas quirúrgicas, gammagrafía, etc.

Al igual que el hospital Ciudad Verde, el hospital Cartagena cuenta con la particularidad de que los equipos que allí se alojarán representan una considerable carga muerta que demanda de esta manera que se asignen grandes secciones para los elementos estructurales.

El sistema estructural seleccionado para el proyecto fue un sistema combinado consistente en pórticos acoplados a muros estructurales encargados de absorber la gran parte de los efectos de las cargas horizontales.

Con el fin de distribuir más uniformemente las grandes sollicitaciones que presenta la estructura las placas de entrepiso fueron proyectadas como losas aligeradas armadas en dos direcciones de 0,60 m. de espesor total con viguetas de 0,20 m. de ancho y separación promedio 2,4 m.

Figura 8. Perspectiva del modelo estructural del proyecto HFCC



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S. Memorias de cálculo

La cimentación está conformada por una losa de cimentación aligerada de espesor total 1,30 m. y viguetas de cimentación de 0,25 m. separadas aproximadamente cada 1,00 m para un perfil de suelo tipo C con una capacidad admisible $Q_a=44$ Ton/m²

La estructura contará con una geometría bastante favorable sin retrocesos ni discontinuidades, la cual hace que no se presente ningún tipo de irregularidad en planta, altura ni por falta de redundancia.

Los materiales empleados en el diseño fueron:

- Concreto con resistencia última a la compresión $f'_c=35$ MPa para columnas y muros estructurales desde la cimentación hasta la cubierta.
- Concreto con resistencia última a la compresión $f'_c= 35$ MPa para la cabezales, pilotes y vigas de enlace.
- Concreto con resistencia última a la compresión $f'_c= 28$ MPa para vigas, entrepisos y demás elementos.
- Acero corrugado para todos los diámetros grado A-60 $F_y= 420$ MPa.

4. PRINCIPALES ACTIVIDADES REALIZADAS Y METODOLOGÍA

Se desempeñó tareas de apoyo en diseño, revisión de calidad y finalmente de conformación y presentación de entregables como los son Informes, planos estructurales y memorias de cálculo. A continuación, se mencionan las principales actividades que realizó el practicante y se describe brevemente la metodología empleada para la realización de cada una de las tareas que componen dichas actividades.

4.1 DISEÑO Y DESPIECE DE VIGUETAS

Esta actividad correspondió a las viguetas de los proyectos descritos en el capítulo 2. Tanto en el caso de las viguetas del proyecto Imperia como en el caso del hospital Cartagena, se usó el método de las cargas por áreas aferentes para cargar las viguetas previamente dibujadas en el software de diseño y despiece DC-CAD. A continuación, se describe brevemente la metodología para el diseño y despiece de las viguetas con cargas aferentes.

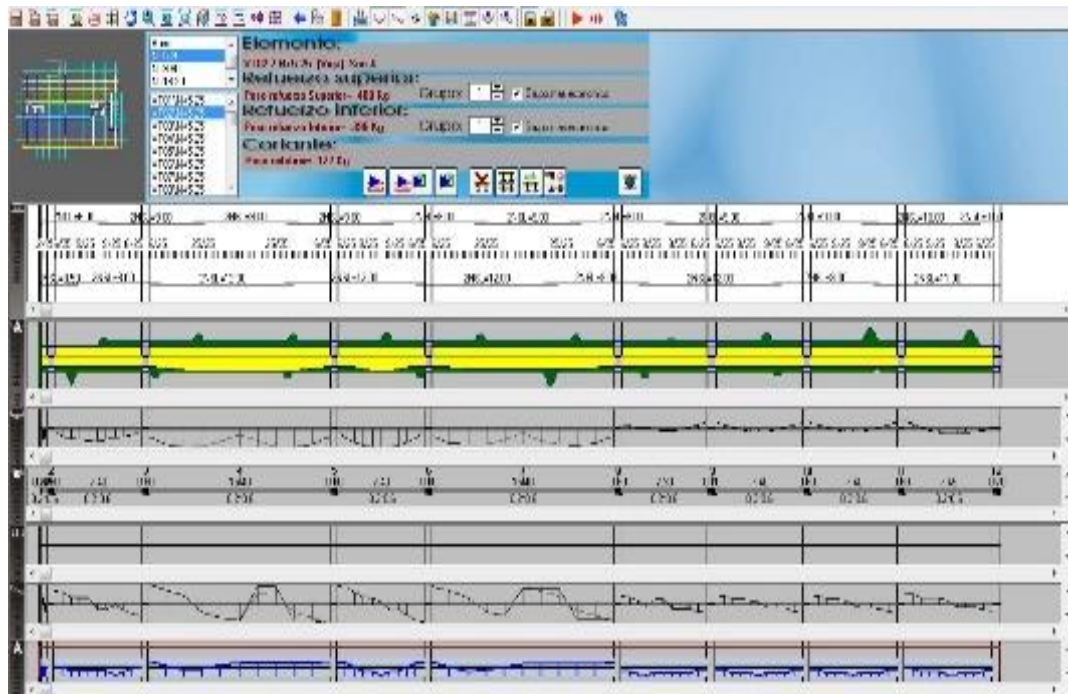
- Se definió en el software las variables que se iban a utilizar en el diseño, tales como diámetros a utilizar, longitud total de los ganchos dependiendo del diámetro de la barra, las propiedades mecánicas del concreto y acero a utilizar, longitud de los traslajos dependiendo del diámetro, diámetro de los estribos y otras variables más.
- Se dibujó la geometría de cada viga definiendo así el número de vanos, la longitud de los vanos, tipos de apoyo y geometría de los apoyos.

- Se determinó el área aferente de cada vigueta utilizando para esto las plantas estructurales que previamente debieron ser dibujadas en el software AutoCAD. Sabiendo el área aferente fue posible determinar las cargas aferentes a cada viga definiendo previamente valores de carga muerta, sobrepuesta y viva por metro cuadrado en planta.
- Una vez definidas las cargas para cada vigueta se procedió a cargar las viguetas en el software DC-CAD.
- Tan pronto como las viguetas fueron cargadas el software realizó un análisis y generó los diagramas de momentos, cortantes, acero longitudinal y acero transversal para cada vigueta. Estos diagramas fueron empleados para que el practicante seleccionara las barras que utilizaría para cumplir con las solicitudes de los diagramas atendiendo por supuesto todos los requerimientos de las normas de diseño sismo resistente NSR-10 para los traslapes, longitudes de desarrollo, espaciamientos, cuantías mínimas y máximas etc.
- Ya definido el refuerzo de cada vigueta, es decir, generados los despieces de las viguetas, como paso final exportó estos despieces al software de dibujo AutoCAD donde posteriormente fueron utilizados para la adecuación y conformación de los planos de despieces estructurales.

En el caso del Hospital Ciudad Verde, el practicante modeló las viguetas tomando como base el modelo hecho por el jefe de diseño y basándose en la geometría previamente dibujada en las plantas estructurales hechas en AutoCAD. La idea con este procedimiento fue, a diferencia del método de las cargas aferentes, definir la geometría de las viguetas y sus cargas directamente desde el software de análisis para luego exportar esta información al software de despiece DC-CAD. Una vez fue exportadas las viguetas al software de despiece, los diagramas de cortante,

momentos y acero requerido fueron generados y el practicante procedió a seleccionar el refuerzo tal y como se describió en el método de las cargas aferentes.

Figura 9. Despiece de viguetas en DC-CAD



4.2 CONTROL DE DEFLEXIONES DE VIGUETAS

Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la estructura diseñada para así obtener un nivel de seguridad apropiado a la hora de poner en uso la edificación se hace necesario verificar que las deformaciones que los elementos estructurales sufrirán bajo la acción de la imposición de las cargas de diseño no sobrepasan los valores límite contemplados por la normatividad sismo resistente vigente NSR-10 en su tabla C.9.5(b)

Para dar cumplimiento a esta actividad se realizó el control de deflexiones de las viguetas diseñadas en los proyectos mencionados con anterioridad en el capítulo 2

de la presente obra. Debido al gran volumen de los resultados de cálculo obtenidos, en esta parte solo se enunciará el procedimiento explicativo de control de deflexiones y como anexo será incluidos los cálculos y resultados para el control de deflexiones de las viguetas del proyecto Fundación Cardiovascular Hospital Ciudad Verde. A continuación, se describe dicho procedimiento.

- De forma inicial se debió calcular previamente con ayuda del software de análisis empleado la deflexión máxima que sufre cada vigueta bajo la acción de las cargas de diseño.
- La idea es comparar la deflexión según análisis estructural con la deflexión máxima permisible. Para esto se tomó como valor crítico la máxima deflexión permisible calculada con base a la luz crítica de las viguetas, a saber, igual a 7 metros en el vano de mayor luz libre.
- Se calculó la máxima deflexión permisible como fracción de la máxima luz crítica de las viguetas y se calculó este valor con todos y cada uno de los valores de deflexiones arrojados por el software luego del análisis estructural.
- El objetivo fue verificar que ninguna deflexión sobrepasara la deflexión crítica calculada, a saber, 14,6 milímetros para una luz de 7 metros. Así se aseguró el cumplimiento del control de deflexión para las viguetas diseñadas.

Tabla 2. Deflexión máxima admisible calculada C.9.5(b)

Tipo de elemento	Deflexión considerada	Límite de deflexión
Cubiertas planas que no soporten ni estén ligadas a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	$l/180^a$
Entrepisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	$l/360$
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional) ^b	$l/480^b$
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		$l/240^b$

^a Este límite no tiene por objeto constituirse en un requisito antes del amarramiento de barras. Este límite se debe verificar mediante análisis de deflexiones adecuadas.

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10

4.3 DIBUJO DE PLANTAS ESTRUCTURALES

Las plantas estructurales son los esquemas consignados en algunos de los planos estructurales que contienen información en planta de la localización de los elementos estructurales tales como vigas, columnas, muros, zapatas, cabezales, pilotes etc. Además de servir para ubicar espacialmente los elementos estructurales, las plantas estructurales también brindan información acerca de las aberturas en los diafragmas y las dimensiones de dichas aberturas. Brindan información acerca de las separaciones entre elementos estructurales y las dimensiones y niveles de los mismos.

Los pasos y metodología para el desarrollo del dibujo y conformación de las plantas estructurales se describen de manera muy resumida a continuación.

- Como paso inicial fue necesario contar con la geometría de la edificación contenida en los archivos suministrados por la arquitectura. fue necesario

hacer uso de los archivos CAD disponibles en planta, en alzado y cortes longitudinales y transversales para tomando como base estos archivos comenzar a realizar una interpretación de la geometría de la futura edificación. El fin de esta interpretación e inspección inicial fue que aquel que realizará la conformación de las plantas estructurales y en general todo aquel que intervenga en un futuro en el proyecto logre familiarizarse con la ubicación y utilización de cada uno de los espacios que se le dará a edificación en un futuro. Se buscó tener una idea clara de la localización y dimensiones propuestas inicialmente para los elementos estructurales que harán posible la configuración arquitectónica que se ha planteado y el uso adecuado de la misma.

- Luego de estar familiarizado con la arquitectura y tener una idea clara de la misma se procedió a conformar una plantilla base para la localización de los elementos estructurales. Esta plantilla base fue la misma arquitectura, pero esta vez utilizada como fondo de los elementos que de ahí en adelante se dibujaron, a esto se le llama bloque de fondo.
- Es necesario de forma inicial trazar las líneas que representarán los ejes de vigas y columnas de acuerdo con el alineamiento de dichos elementos consignados en la información arquitectónica.
- Una vez se tiene el bloque de fondo y los ejes, se dibujan los elementos estructurales sobre el bloque de fondo de acuerdo a las dimensiones de sección, longitudes y localización inicialmente propuesta en la arquitectura.
- Si durante la fase de dibujo de los elementos estructurales se detectó la necesidad de incluir un elemento que no estaba contemplado inicialmente en la arquitectura, se hacía entonces de manera concertada los arreglos

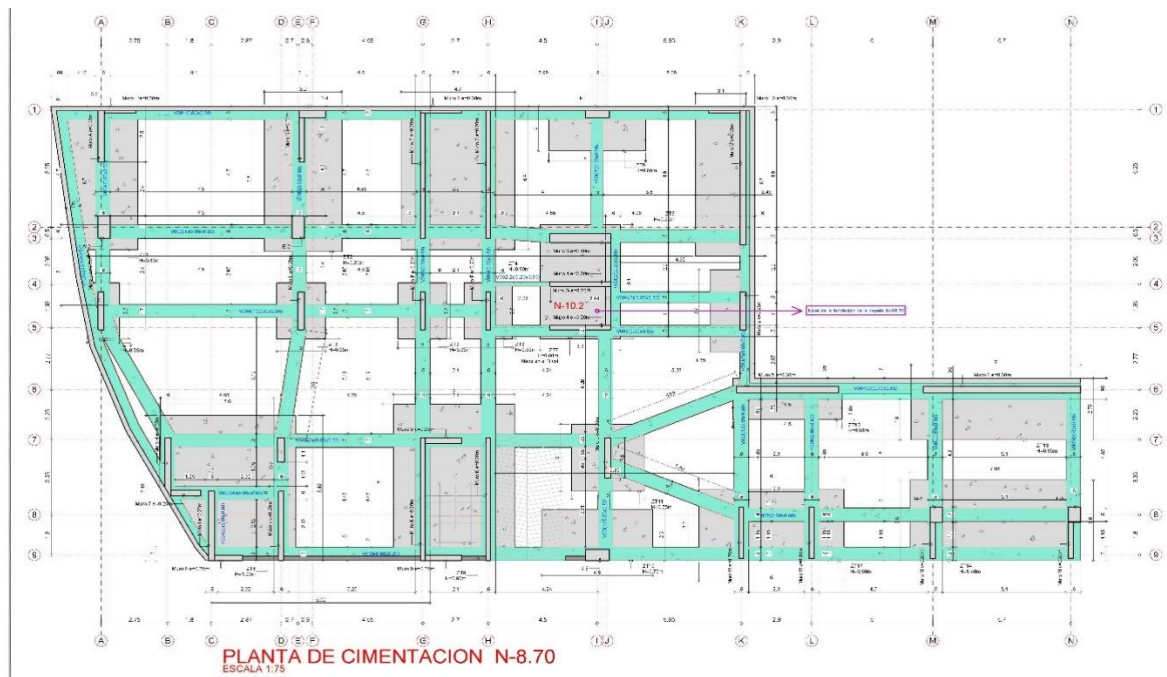
pertinentes para incluir dicho elemento faltante. Estos arreglos se hacían con el consentimiento y previo acuerdo entre el arquitecto del proyecto y el ingeniero proyectista.

- Una vez finalizado el dibujo y ubicación de los elementos estructurales sobre el bloque base se procedió a dar nomenclatura a todos los elementos dibujados, es decir, dar un nombre a cada elemento dependiendo de la localización de dicho elemento dentro de la planta estructural y tomando como guía los ejes definidos para dicha planta con anterioridad. Estos nombres se asignan con un color diferente dependiendo del tipo de elemento con el fin de dar una distinción visual rápida entre ellos y ayudar a una ubicación de un determinado elemento para quien eventualmente así lo requiera.

- Además de un nombre que dé información de la geometría del elemento y de la localización de dicho elemento es necesario tener información acerca del distanciamiento del elemento en cuestión al elemento más próximo en cada dirección; esto se logra por medio de la utilización de las cotas, que no son más que flechas que indican distancias entre dos objetos. A la planta estructural en este nivel de avance debió realizarse un acotado completo que permitiera entre otras cosas, tener una información sin falta de ninguna distancia ni dimensión que se pueda solicitar en un futuro por el proyectista o por el constructor en última instancia.

- Como paso final se incluyó en la planta dibujada información acerca de los niveles en los cuales se encuentran dibujados dichos elementos, así como las características mecánicas de los materiales empleados en el diseño y las presunciones de diseño adoptadas.

Figura 10. Ejemplo de planta estructural de cimentación



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

4.4 DISEÑO Y DESPIECE DE LOSAS MACIZAS Y ESCALERAS

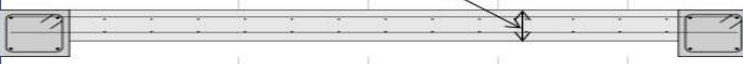
Esta actividad consistió en diseñar y despiezar varias de las losas macizas del proyecto IMPERIA, entre estas losas, la losa del fondo de un tanque de almacenamiento de agua, la losa de la playa de la piscina que se encuentra ubicada en el último nivel de la edificación y la de una escalera.

En cada caso las cargas fueron proporcionadas al practicante por el ingeniero jefe de diseño según su criterio y atendiendo a las recomendaciones del título B de la norma NSR-10 para cada situación dependiendo del uso que se le iba a dar al elemento estructural de la edificación.

De manera breve, a continuación, se describe el conjunto de tareas que el practicante efectuó para cumplir con la actividad asignada.

- El practicante realizó un predimensionamiento para cada una de las losas diseñadas atendiendo las recomendaciones de la NSR-10 en su tabla CR.9.5(a) la cual se incluye como un anexo, y en la que se limita el peralte mínimo para vigas y losas macizas dependiendo de la mayor luz de la losa y de las condiciones de apoyo que, para el caso de las losas diseñadas, se pudieron suponer como simplemente apoyadas y con transmisión de cargas en solo una dirección.

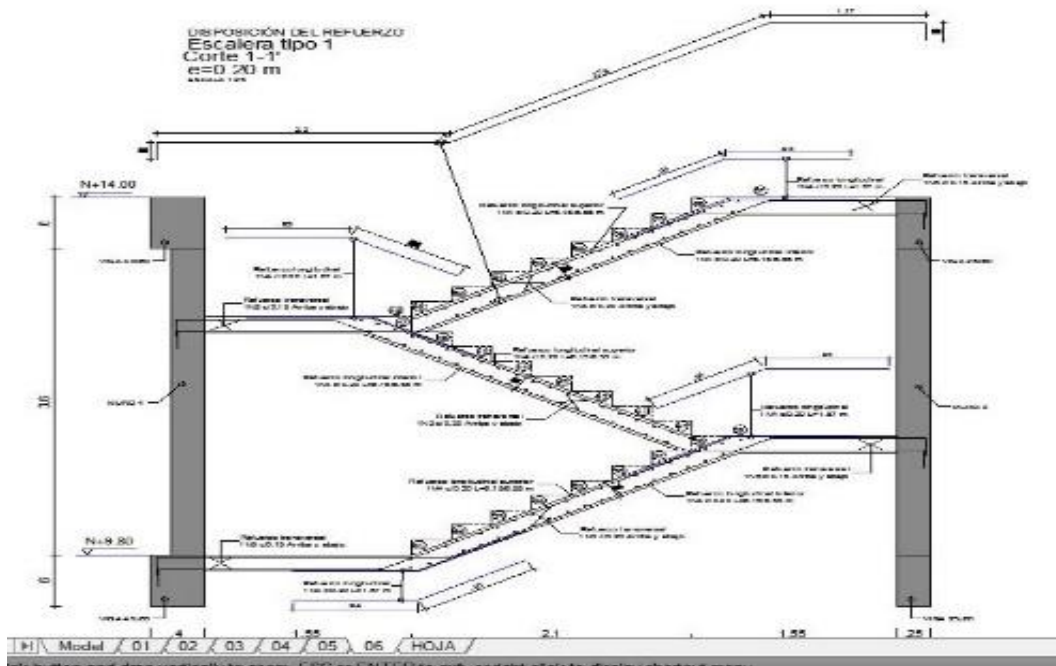
Figura 11. Predimensionamiento inicial de la losa a diseñar

4			
5	DISEÑO ESTRUCTURAL LOSA MACIZA DE ESCALERA $e=0.20$		
6	ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES :		
7			
8	CONCRETO:	$f'c=21$ Mpa a los 28 días	
9		$E=2E7$ KN/m ²	
10	ACERO:	$f_y= 420$ Mpa Diámetro $\geq 3/8"$ corrugado	
11		$f_y= 420$ Mpa Diámetro $1/4"$ solo para estribos de viguetas	
12			
13	ALTURA O ESPESOR MÍNIMO DE LOSAS REFORZADAS EN UNA DIRECCION		
14			
15	Luz mayor [m]	5.20	$H=L/24$
16	H	0.22	m
17	Espesor real H	0.20	m
18	B[m]=Ancho de diseño	1.00	m
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25	CARGAS MUERTAS		
27	Placa	4.8000	KN/m ²
30	Acabados	1.8000	KN/m ²
31	Muros divisorios	3.0000	KN/m ²
			4.8000
piscina tipo cuartos de maquina Hoja1			

- Una vez seleccionado un peralte inicial para la losa, se procedió a modelar franjas de 1 metro de ancho en el software de análisis definiéndose previamente las propiedades de los materiales a utilizar y demás variables necesarias.

- Luego de haber obtenido el acero requerido por metro de ancho, el practicante seleccionó la distribución más apropiada tomando para ello las barras comúnmente usadas y atendiendo a las separaciones máximas para acero de refuerzo en losas consignadas en el numeral C.7.6.5 de la NSR-10 para el caso del acero longitudinal principal. Ya en el caso del acero transversal de retracción se seleccionó el refuerzo atendiendo a la cuantía mínima requerida por el numeral C.7.12.2 de la NSR-10.
- Luego de que el practicante realizó el despiece de cada una de las losas, concluyó su trabajo dibujando un detalle de la disposición del refuerzo seleccionada para posteriormente ser incluida en el procedimiento de conformación de los planos estructurales, actividad que también fue realizada por el practicante.

Figura 12. Disposición del refuerzo para escalera diseñada



4.5 CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA DE CONCRETO

En esta actividad lo que se buscó fue realizar una estimación del volumen de concreto que iba a ser requerido para la construcción del proyecto Hospital Fundación Cardiovascular Cartagena, esto con fines de servir como ayuda para la futura fase de programación de pedidos de materiales, labor que tiene que ser realizada por el constructor y para la cual se apoya en los cálculos hechos por el ingeniero proyectista en la finalización de la fase de diseño estructural.

El procedimiento que se siguió para dar cumplimiento a esta actividad es descrito de manera rápida a continuación.

- Inicialmente se seleccionó un tipo de elemento estructural (por ejemplo, solo las columnas) para ser calculado el volumen de concreto requerido para su construcción de un tipo de elemento a la vez
- Se tomó el modelo estructural hecho por el ingeniero proyectista en el software de análisis y se aisló visualmente de forma temporal el elemento estructural seleccionado sobre el cual se calculaba el volumen de concreto.
- Se ingresó al menú definir propiedades de los elementos y se definió como material sin peso a los materiales de todos los elementos menos aquellos del mismo tipo del cual se estaba calculando el volumen.
- Luego se dio inicio al análisis estructural del modelo de la edificación para finalmente solicitar al software mostrar la tabla de reacciones en la base para solo las cargas muertas aplicadas.

- Disponiendo de los valores de las reacciones en la base y sabiendo que estos valores solo corresponden a la carga muerta de los elementos aislados, fue posible sumar estas reacciones las cuales en resumen correspondían al peso propio de los elementos a los cuales no se les asignó un tipo de material sin peso. Dicho peso total fue dividido en el valor del peso específico del concreto para obtener así el volumen de concreto buscado.
- El procedimiento descrito anteriormente debió ser realizado para cada tipo de elemento estructural con el fin de obtener de forma detallada un informe de volumen de concreto requerido para cada tipo de elemento por separado, es decir, vigas, columnas, muros, losas, cimentación y viguetas.

4.6 REVISIÓN DE CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS SISMO RESISTENTES

Esta actividad consistió en realizar una revisión a las vigas y columnas diseñadas por el ingeniero jefe en cada proyecto descrito anteriormente con el fin de ayudar a dar certeza de que dichos elementos cumplen satisfactoriamente todos los requerimientos de la NSR-10 como aquellos que tienen que ver con los valores mínimos y máximos para las dimensiones de los elementos, espaciamientos, cuantías máximas y mínimas de refuerzo, acero requerido Vs acero suministrado, traslapes, longitudes de desarrollo y ganchos de barras de acero longitudinal de refuerzo para flexión y cortante dependiendo del diámetro de la barra, distancias mínimas y máximas de separación entre barras de refuerzo así como distancias mínimas y máximas de separación entre el refuerzo suministrado y los apoyos y bordes de los elementos estructurales.

En cada caso el practicante determinó si las secciones serían controladas por tracción para la disposición de refuerzo suministrado, como debería ser en el caso

de vigas, así como también calculaba el momento resistente y lo comparaba con el momento de diseño que arrojaba el programa de análisis.

La metodología seguida para realizar esta actividad en cualquier caso fue sencilla y se describe a continuación.

- Tomar un requisito para su revisión, como, por ejemplo, acero requerido por el software de análisis Vs acero suministrado en el despiece.

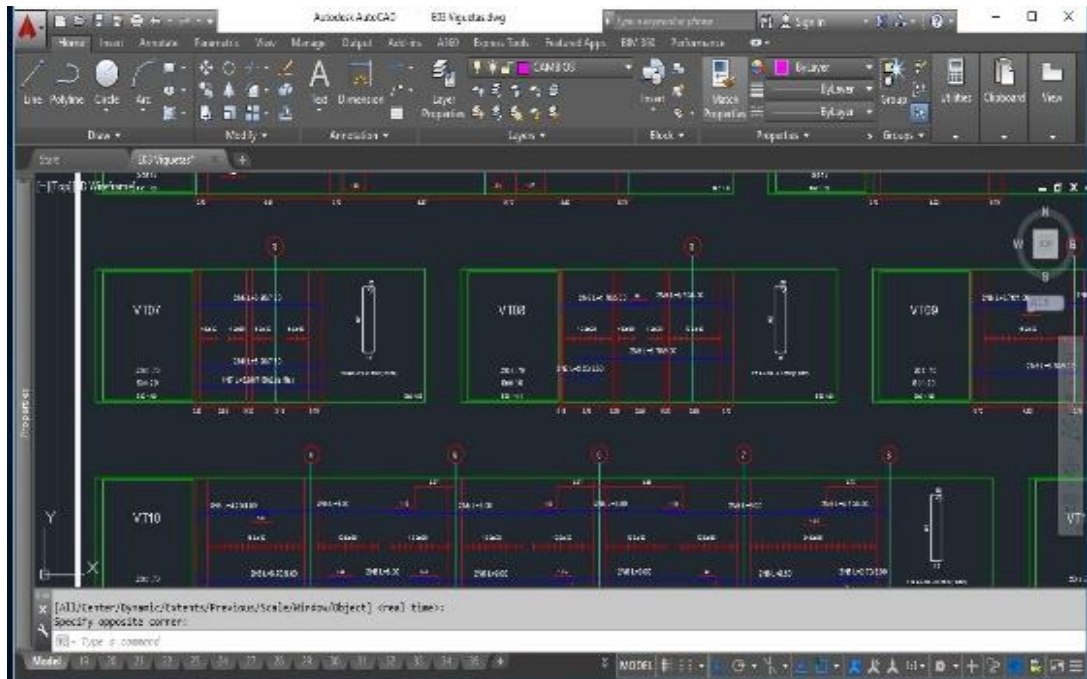
- Calcular el área de acero suministrado tomando como base el área que provee cada tipo de barra según la NSR-10 en su tabla C.3.5.3

- Tomar el modelo del software de análisis y determinar los requerimientos de acero para el elemento seleccionado.

- Verificar si el acero suministrado por lo menos es igual al requerido determinando además que esta área de refuerzo cumpla con las cuantías mínimas y máximas limitadas por la NSR-10

- Verificar si las barras dispuestas en el despiece realmente caben dentro de la sección del elemento cumpliendo con las limitaciones de espaciamientos y recubrimientos.

Figura 13. Observaciones de revisión en despieces



4.7 DESPIECE Y DETALLAMIENTO DE ZAPATAS

Esta actividad consistió en realizar la selección del acero de refuerzo a utilizar en las zapatas del proyecto Hospital Cartagena tomando como base los cálculos hechos por el ingeniero proyectista para la determinación de la cuantía de dicho refuerzo. Además de la selección del acero de refuerzo se realizó un esquema básico que permitiera rápidamente a cualquier persona interpretar como es que había sido dispuesto el acero de refuerzo para una zapata en cualquiera además de las dimensiones, recubrimientos y demás datos que son necesarios a la hora de materializar el diseño, es decir, realizar la construcción.

El procedimiento seguido para el cumplimiento de esta actividad se describe brevemente a continuación.

- Se tomó como base la cuantía de acero por unidad de ancho para la zapata a diseñar para con la ayuda de programación hecha en una hoja de cálculo de Excel determinar qué tipo de barra es la más apropiada para cumplir con los requerimientos de acero solicitados.
- Una vez se determinó el número y diámetro de las barras a utilizar se procedió a calcular entonces las separaciones necesarias para cumplir con la cuantía requerida prestando atención a las separaciones máximas y recubrimientos permitidos por la NSR-10.
- Ya definidos diámetros y separaciones se procedió realizar un dibujo en AutoCAD con el fin de servir de esquema básico para de allí extraer información acerca de la disposición del acero seleccionado y de las dimensiones y recubrimientos requeridos en la zapata.
- Finalmente se incluyó en dicho detalle estructural información correspondiente a la nomenclatura asignada a la zapata y niveles de cimentación y de placa de contrapiso.

4.8 ADECUACIÓN Y CONFORMACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES Y MEMORIAS DE CALCULO

4.8.1 Conformación de planos estructurales. Esta actividad consistió en adecuar todos los despieces, plantas estructurales, detalles de elementos diseñados, cortes y demás diseños del ingeniero jefe con el fin de armar los planos estructurales que posteriormente serían entregados como resultado de todo el trabajo realizado. Además, el practicante también realizó labores con el fin de generar y conformar las memorias de cálculo del proyecto.

En el caso de la conformación de los planos estructurales la metodología seguida por el practicante se describe a continuación.

- Como paso inicial en cualquier caso fue necesario realizar una revisión de los elementos que irían a incluirse en los planos para verificar que no existieran textos con tamaños exagerados, textos sobrepuestos, que los colores de los elementos fueran de acuerdo a la importancia dentro del dibujo y que cada detalle tuviera su título y descripción.
- En cada proyecto el practicante tomaba los despieces, plantas estructurales y demás elementos y los acomodaba en las presentaciones (Layout) del software de dibujo, organizándolos y agrupándolos de manera que en cada presentación quedaran elementos con características en común, como, por ejemplo, si la presentación era una planta de cimentación, entonces los detalles y cortes de los elementos de cimentación debían incluirse en esta presentación.
- Luego de determinar qué elementos irían en cada presentación, se ajustó a una escala apropiada cada despiece, detalle, planta o corte, según correspondiera de acuerdo al tamaño del elemento.
- Una vez listo el contenido de cada presentación, el practicante debía diligenciar todos los datos correspondientes a la información del proyecto, información del diseñador, consecutivo y código de plano, fechas y escalas de las presentaciones.

Figura 14. Ejemplo de campos diligenciados en rótulo del plano estructural

IMPERIA Bucaramanga - Santander CONSTRUCTORA URBATEQ	
Centro Comercial Cabecera III Etapa Oficina 318 Tel: (7)6435712 Celular: 3006038599 Bucaramanga e-mail: avegax@hotmail.com	
Dirección de diseño: Alexis Vega Arguello Ing. Civil UIS Especialista en Estructuras UIS Matrícula profesional No. 68202-74324 STD	Contenido: Ingrese la lista de contenidos del plano
Diseño: Jeison Armando Falpa . Ing. Civil UIS Matrícula profesional No. 68202-173848 STD	www.alexisvegaingenieros.com
Control de calidad: Claudia Marcela Martínez Paredes Ing. Civil UIS Matrícula profesional No. 68202-290858 STD	
Fecha de emisión del plano: SEPTIEMBRE 2015	Revisión del plano: Rv01
Código interno del plano: 2015-IMPERFC-V0-M1-E01-01	01 /
	<small>Alexis Vega Arguello Ingeniero Civil UIS Especialista en Estructuras UIS Matrícula profesional No. 68202-74324 STD Certificado C0083171</small>

Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S. Planos de diseño estructural

- Finalmente, el practicante imprimía en PDF los planos generados y les cambiaba el nombre teniendo en cuenta las reglas que tiene la empresa para nombrar cada plano estructural.

4.8.2 Conformación de memorias de cálculo estructural. En el caso de las memorias de cálculo estructural lo que se busca es realizar una compilación de todas las tablas y gráficas generadas para sustentar los cálculos hechos en la fase de determinación del acero de refuerzo, distribución del refuerzo y dimensionamiento y chequeos pertinentes hechos a todos los elementos estructurales.

La importancia de las memorias de cálculo estructural radica en la posible necesidad de que en un futuro debido a una reforma sea necesario tener información acerca de cuáles fueron los datos que se tomaron como base para el diseño estructural,

datos que serían necesarios para que los diseños de los nuevos elementos estructurales debido a la reforma concuerden con las cargas asumidas en el diseño inicial, así como la concordancia que debería existir entre la capacidad de soporte del suelo para el diseño inicial y la capacidad de soporte del suelo para el diseño de los nuevos módulos de la edificación que podrían estar adjuntos a la edificación ya existente.

Es importante aclarar que una reforma no sería la única razón que podría demandar tener disponible la información contenida en las memorias de cálculo estructural, existen otras razones como un eventual deterioro de la capacidad de servicio de la estructura que lleve a un estudio de patología estructural para determinar las causas y si es o no viable la continuación del uso de la estructura existente.

El procedimiento seguido para desarrollar esta actividad, y no menos importante por ser la fase final de los cálculos, se describe a continuación.

- Construir una portada para el proyecto que se estuviera trabajando y una lista del contenido que debía tener la memoria de cálculo a desarrollar, teniendo en cuenta que en cada proyecto las memorias de cálculo llevan unos ítems fijos como lo son los cuadros de licencias de software, análisis sísmico, tablas de especificaciones generales, imágenes de nomenclaturas, solicitudes, resultados de análisis y demás; pero dependiendo del proyecto debía incluirse reportes adicionales, como lo es en el caso del Hospital Ciudad Verde, el cual contaba con un tipo de cimentación diferente a los otros dos proyectos, una cimentación sobre pilotes que requería cálculos diferentes y reportes adicionales.
- Luego de definir el contenido completo dependiendo del tipo de sistema estructural, elementos secundarios y características especiales del proyecto

el practicante generaba por medio del software de análisis estructural los reportes de asignaciones de cargas, geometría de los elementos modelados, propiedades de los materiales, reportes de resultados de análisis y de diseño para cada elemento.

- Finalmente, luego de generar los reportes necesarios e imágenes requeridas, así como hojas de cálculo, es decir, toda la información necesaria, se organizaba de acuerdo al orden establecido inicialmente en la tabla de contenido y se procedía organizar, dar márgenes, encabezados con el logo de la empresa, numeración de página y dar todos los demás detalles para una adecuada presentación de las memorias de cálculo.

Figura 15. Ejemplo de reporte para memoria de cálculos

RESUMEN DE RESULTADOS PARA ANÁLISIS DE COMBINACIÓN ESPECTRAL

1 Analysis Results
This chapter provides analysis results.

1.1 Structure Results

Table 1.1 - Base Reactions

Load Case/Combo	FX KN	FY KN	FZ KN	MX KN-m	MY KN-m	MZ KN-m	X m	Y m	Z m
fas Max	232596.2925	32530.9E13	0.2000	1.23000	8245927	4941718	0	0	6.47
fy Max	37174.1787	292843.4139	0.0001	9.8547	1273409	122826	0	0	-6.17
Umaraba Max	44704.0730	8638.8368	0.5001	280607.2061	1568917	1362831	0	0	-6.47
Umaratys Max	10348.3071	41201.6802	2.6498-08	1594620	347720.3535	1483085	0	0	-6.47

Table 1.2 - Diaphragm Accelerations

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX mm/sec²	UY mm/sec²	UZ mm/sec²	RX rad/sec²	RY rad/sec²	RZ rad/sec²
Story11	D1	fas Max	18113.82	5365.83	6165.67	1.375	0.282	0.128
Story11	D1	fy Max	8819.62	21232.95	5594.07	2.595	0.980	0.454
Story11	D1	Umaraba Max	2974.91	1791.00	867.58	0.202	0.183	0.104
Story11	D1	Umaratys Max	1233.65	2974.28	354.71	0.317	0.181	0.079
Story10	D1	fas Max	12387.67	2573.92	4714.82	0.617	0.322	0.039
Story10	D1	fy Max	5886.33	17949.70	4929.32	1.605	0.24	0.235
Story10	D1	Umaraba Max	2348.28	960.81	816.47	0.153	0.143	0.073
Story10	D1	Umaratys Max	1464.39	3084.08	341.89	0.214	0.166	0.06
Story09	D1	fas Max	12628.53	2016.88	4553.75	0.606	0.348	0.028
Story09	D1	fy Max	7507.96	15227.15	4289.67	1.575	0.0	0.187
Story09	D1	Umaraba Max	2015.4	636.01	753.01	0.145	0.14	0.04
Story09	D1	Umaratys Max	1227.72	3293.88	799.47	0.208	0.184	0.06
Story08	D1	fas Max	8436.4	1913.99	4059.97	0.839	0.705	0.027
Story08	D1	fy Max	4281.82	13385.65	3681.02	1.755	0.782	0.173
Story08	D1	Umaraba Max	1798.32	658.49	722.89	0.125	0.124	0.058
Story08	D1	Umaratys Max	1059.75	2483.08	714.85	0.186	0.137	0.043
Story07	D1	fas Max	3819.31	1802.9	3599.78	0.843	0.706	0.026
Story07	D1	fy Max	4084.3	12268.37	3312.9	1.606	0.75	0.157
Story07	D1	Umaraba Max	1876.96	555.96	614.01	0.105	0.112	0.028
Story07	D1	Umaratys Max	866.06	2262.84	628.63	0.174	0.127	0.036
Story06	D1	fas Max	8021.7	1942.28	3163.06	0.84	0.731	0.027
Story06	D1	fy Max	4041.6	11432.35	3264.17	1.696	0.689	0.173
Story06	D1	Umaraba Max	1416.78	537.08	576	0.095	0.101	0.028
Story06	D1	Umaratys Max	883.47	2379.43	544.8	0.116	0.109	0.038
Story05	D1	fas Max	7418.88	2059.82	1166.07	0.808	1.13	0.029
Story05	D1	fy Max	3827.32	10513.84	3343.24	1.775	0.696	0.172
Story05	D1	Umaraba Max	1221.34	657.3	759.57	0.087	0.197	0.029
Story05	D1	Umaratys Max	313.05	2070.61	472.87	0.12	0.1	0.036
Story04	D1	fas Max	6845.98	1787.48	3216.38	0.872	0.844	0.029
Story04	D1	fy Max	3043.38	8049.48	305.7	1.249	0.763	0.189
Story04	D1	Umaraba Max	1167.28	624.73	424.52	0.083	0.202	0.028
Story04	D1	Umaratys Max	373.65	1803.17	411.53	0.174	0.111	0.032
Story03	D1	fas Max	6780.87	1861.58	4045.08	0.85	0.166	0.029

Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S. Memorias de cálculo de proyecto FCVHCV

5. CONCLUSIONES

Se realizó el dimensionamiento y diseño de elementos secundarios de concreto reforzado tales como losas macizas, escaleras y viguetas.

Fue llevado a cabo el despiece de los elementos diseñados utilizando para esto softwares especializados permitiendo con esto no solo la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos por practicante en la universidad sino también la ampliación y adquisición de nuevos conocimientos en lo referente al manejo de los softwares más utilizados para fines de diseño.

Se logró adquirir una vista panorámica de las distintas etapas de los procedimientos que regularmente son seguidos para la realización de un diseño estructural.

La práctica empresarial realizada permitió, entre otras cosas, poder observar mediante los procesos de revisión de calidad aplicados a los despieces la metodología que sigue un ingeniero estructural experimentado para realizar su trabajo cumpliendo con todos los requisitos y requerimientos sismo resistentes de la normativa actual vigente.

Se realizó la conformación y adecuación de las memorias de cálculo de los principales proyectos en los cuales el practicante participó obteniendo así una idea completa de la información que debe entregarse como producto de un diseño estructural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GARZA VÁSQUEZ, Luis. (12, Junio, 2000). Diseño de estructuras de cimentación. [En línea]. p.8-13. Recuperado de:
http://www.medellin.unal.edu.co/~lgarza/cimentaciones/NDEC_SE.pdf
- [2] McCORMAC, Jack. Diseño de concreto reforzado. Traducido por Raúl Arriola Juárez Ciudad de México. Editorial Alfaomega, 2008, Octava Edición. p. 1-2
- [3] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Ley 400. (19, Agosto, 1997). Por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes. Diario oficial de Bogotá D.C., No. 43.113. P. 1-26
- [4] GONZALES CUEVAS, Oscar. Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Traducido por Francisco Robles Fernández Ciudad de México. Editorial Limusa, 2005, Cuarta Edición. p. 261-263

BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. . Ley 400. (19, Agosto, 1997). Por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes. Diario oficial de Bogotá D.C., No. 43.113

COMPUTER AND STRUCTURES INC. SAP 2000. V.10. Integrated Software for structural analysis and design. California, E.U: Computers and Structures Inc, 2009.

MÁQUEZ, Ali. La buena hora de la economía de Bucaramanga. En: El tiempo. Bogotá D.C. 26, marzo, 2014.

McCORMAC, Jack. Diseño de concreto reforzado. Octava Edición. [Traducido por Raúl Arrijoa Juarez] México: Editorial Alfaomega, 2008

NILSON, Arthur. Diseño de estructuras de concreto. 12ed. [Traducido por Luis Eduardo Yamin] Bogotá: McGRAW-HILL, 2001

VEGA ARGÜELLO Alexis. Manual de calidad. Documento interno no publicado, Alexis Vega Ingenieros S.A.S., 03 de octubre 2014

VEGA ARGÜELLO Alexis. Manual de procedimientos. Documento interno no publicado, Alexis Vega Ingenieros S.A.S. 11 de febrero, 2015.

ANEXOS

ANEXO A. Registros de verificación y control de deflexiones en viguetas

TABLE: Joint Displacements					
Story	Label	Combo	mm	mm	
			UZ	Deflexión Máxima permisible l/480	
Story11	1438	DL	0	14,6	Cumple
Story11	2704	DL	5,3	14,6	Cumple
Story11	4180	DL	5,7	14,6	Cumple
Story11	4138	DL	6,1	14,6	Cumple
Story11	4142	DL	6,9	14,6	Cumple
Story11	51	DL	7,6	14,6	Cumple
Story11	2706	DL	8	14,6	Cumple
Story11	4076	DL	8	14,6	Cumple
Story11	2691	DL	8,2	14,6	Cumple
Story11	4081	DL	8,3	14,6	Cumple
Story11	644	DL	8,3	14,6	Cumple
Story11	2705	DL	8,4	14,6	Cumple
Story11	91	DL	8,5	14,6	Cumple
Story11	2703	DL	8,6	14,6	Cumple
Story11	4105	DL	8,8	14,6	Cumple
Story11	681	DL	9,2	14,6	Cumple
Story11	4061	DL	9,3	14,6	Cumple
Story11	786	DL	9,3	14,6	Cumple
Story11	4181	DL	9,4	14,6	Cumple
Story11	4106	DL	9,5	14,6	Cumple
Story11	680	DL	10	14,6	Cumple
Story11	2692	DL	10,1	14,6	Cumple
Story11	4062	DL	10,1	14,6	Cumple
Story11	4077	DL	10,1	14,6	Cumple

Story11	4082	DL	10,1	14,6	Cumple
Story11	342	DL	10,5	14,6	Cumple
Story11	2701	DL	10,6	14,6	Cumple
Story11	2702	DL	10,7	14,6	Cumple
Story11	4109	DL	10,9	14,6	Cumple
Story11	727	DL	10,9	14,6	Cumple
Story11	789	DL	11	14,6	Cumple
Story11	713	DL	11,1	14,6	Cumple
Story11	263	DL	11,2	14,6	Cumple
Story11	4071	DL	11,3	14,6	Cumple
Story11	800	DL	11,3	14,6	Cumple
Story11	4088	DL	11,4	14,6	Cumple
Story11	7	DL	11,4	14,6	Cumple
Story11	9	DL	11,4	14,6	Cumple
Story11	259	DL	11,5	14,6	Cumple
Story11	731	DL	11,5	14,6	Cumple
Story11	4113	DL	11,6	14,6	Cumple
Story11	5	DL	11,6	14,6	Cumple
Story11	717	DL	11,6	14,6	Cumple

Story11	703	DL	11,7	14,6	Cumple
Story11	10	DL	11,8	14,6	Cumple
Story11	257	DL	11,8	14,6	Cumple
Story11	741	DL	11,8	14,6	Cumple
Story11	4114	DL	12	14,6	Cumple
Story11	388	DL	12	14,6	Cumple
Story11	4110	DL	12,1	14,6	Cumple
Story11	384	DL	12,1	14,6	Cumple
Story11	831	DL	12,1	14,6	Cumple
Story11	833	DL	12,1	14,6	Cumple
Story11	834	DL	12,1	14,6	Cumple
Story11	836	DL	12,1	14,6	Cumple
Story11	436	DL	12,2	14,6	Cumple

Story11	481	DL	12,2	14,6	Cumple
Story11	181	DL	12,4	14,6	Cumple
Story11	960	DL	12,4	14,6	Cumple
Story11	8	DL	12,5	14,6	Cumple
Story11	571	DL	12,6	14,6	Cumple
Story11	730	DL	12,6	14,6	Cumple
Story11	6	DL	12,7	14,6	Cumple
Story11	343	DL	12,7	14,6	Cumple
Story11	258	DL	12,8	14,6	Cumple
Story11	716	DL	12,8	14,6	Cumple
Story11	180	DL	12,9	14,6	Cumple
Story11	450	DL	12,9	14,6	Cumple
Story11	467	DL	12,9	14,6	Cumple
Story11	835	DL	12,9	14,6	Cumple
Story11	832	DL	13	14,6	Cumple
Story11	179	DL	13,1	14,6	Cumple
Story11	568	DL	13,1	14,6	Cumple
Story11	795	DL	13,1	14,6	Cumple
Story11	947	DL	13,1	14,6	Cumple
Story11	567	DL	13,3	14,6	Cumple
Story11	790	DL	13,3	14,6	Cumple
Story11	821	DL	13,5	14,6	Cumple
Story11	913	DL	13,5	14,6	Cumple
Story11	1	DL	13,6	14,6	Cumple
Story11	2695	DL	13,7	14,6	Cumple
Story11	4095	DL	13,7	14,6	Cumple
Story11	818	DL	13,8	14,6	Cumple
Story11	2686	DL	13,9	14,6	Cumple
Story11	4157	DL	13,9	14,6	Cumple
Story11	2	DL	13,9	14,6	Cumple
Story11	3	DL	13,9	14,6	Cumple
Story11	803	DL	13,9	14,6	Cumple

Story11	45	DL	14	14,6	Cumple
Story11	265	DL	14	14,6	Cumple
Story11	266	DL	14	14,6	Cumple
Story11	849	DL	14	14,6	Cumple
Story11	264	DL	14,1	14,6	Cumple
Story11	319	DL	14,1	14,6	Cumple
Story11	320	DL	14,1	14,6	Cumple
Story11	321	DL	14,1	14,6	Cumple

Story11	728	DL	14,1	14,6	Cumple
Story11	914	DL	14,1	14,6	Cumple
Story11	4	DL	14,2	14,6	Cumple
Story11	289	DL	14,2	14,6	Cumple
Story11	322	DL	14,2	14,6	Cumple
Story11	11	DL	14,3	14,6	Cumple
Story11	261	DL	14,3	14,6	Cumple
Story11	318	DL	14,3	14,6	Cumple
Story11	2658	DL	14,4	14,6	Cumple
Story11	262	DL	14,4	14,6	Cumple
Story11	573	DL	14,4	14,6	Cumple
Story11	742	DL	14,4	14,6	Cumple
Story11	260	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	820	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	704	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	842	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	714	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	46	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	234	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	819	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	847	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	852	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	959	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	570	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	2661	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	4112	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	254	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	255	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	385	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	389	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	572	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	47	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	233	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	251	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	271	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	282	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	288	DL	-12	14,6	Cumple

Story11	732	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	953	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	957	DL	-10	14,6	Cumple

Story11	232	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	253	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	256	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	317	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	718	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	729	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	2662	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	4115	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	283	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	927	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	231	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	285	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	788	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	482	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	853	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	284	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	286	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	287	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	437	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	787	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	846	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	26	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	886	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	705	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	252	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	569	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	733	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	743	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	281	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	468	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	719	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	230	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	235	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	841	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	270	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	273	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	280	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	451	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	715	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	15	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	269	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	278	DL	-13	14,6	Cumple

Story11	279	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	275	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	851	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	912	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	274	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	771	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	848	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	200	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	813	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	873	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	934	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	43	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	345	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	794	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	808	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	948	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	950	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	951	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	344	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	859	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	198	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	346	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	937	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	940	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	197	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	199	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	333	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	347	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	935	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	229	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	334	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	809	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	41	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	335	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	814	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	336	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	566	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	956	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	12	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	16	DL	-13	14,6	Cumple

Story11	315	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	332	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	799	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	938	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	954	DL	-13	14,6	Cumple

Story11	826	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	314	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	872	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	901	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	958	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	348	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	802	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	837	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	858	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	946	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	13	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	27	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	801	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	857	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	830	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	898	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	201	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	944	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	14	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	227	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	687	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	884	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	943	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	843	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	865	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	900	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	926	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	228	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	870	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	906	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	941	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	864	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	899	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	33	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	682	DL	-12	14,6	Cumple

Story11	684	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	31	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	885	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	907	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	871	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	909	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	910	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	952	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	29	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	861	DL	-14	14,6	Cumple

Story11	734	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	32	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	856	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	904	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	18	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	519	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	785	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	887	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	30	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	701	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	739	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	867	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	881	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	895	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	552	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	720	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	696	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	744	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	784	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	949	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	749	DL	-10	14,6	Cumple

Story11	920	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	706	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	24	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	711	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	725	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	726	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	34	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	36	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	936	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	685	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	750	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	825	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	923	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	782	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	781	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	746	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	747	DL	-13	14,6	Cumple
Story11	822	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	840	DL	-11	14,6	Cumple
Story11	679	DL	-14	14,6	Cumple
Story11	779	DL	-10	14,6	Cumple
Story11	764	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	698	DL	-12	14,6	Cumple
Story11	712	DL	-10	14,6	Cumple

ANEXO B. Tabla de espesores mínimos para vigas o losas reforzadas en una dirección

	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.:

ANEXO C. Tabla de dimensiones nominales de las barras de refuerzo

Designación de la barra (véase la nota)	Diámetro de referencia en pulgadas	DIMENSIONES NOMINALES			Masa kg/m
		Diámetro mm	Area mm ²	Perímetro mm	
No. 2	1/4"	6.4	32	20.0	0.250
No. 3	3/8"	9.5	71	30.0	0.560
No. 4	1/2"	12.7	129	40.0	0.994
No. 5	5/8"	15.9	199	50.0	1.552
No. 6	3/4"	19.1	284	60.0	2.235
No. 7	7/8"	22.2	387	70.0	3.042
No. 8	1"	25.4	510	80.0	3.973
No. 9	1-1/8"	28.7	645	90.0	5.060
No. 10	1-1/4"	32.3	819	101.3	6.404
No. 11	1-3/8"	35.8	1006	112.5	7.907
No. 14	1-3/4"	43.0	1452	135.1	11.380
No. 18	2-1/4"	57.3	2581	180.1	20.240

Nota: El No. de la barra indica el número de octavos de pulgada del diámetro de referencia