

**Práctica empresarial: Apoyo en diseño estructural como auxiliar de ingeniería civil en proyectos de construcción en la empresa Alexis Vega Ingenieros S.A.S**

**Adriana Archila Méndez**

**Proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Civil**

**Director:**

**Alvaro Viviescas Jaimes**

**Ingeniero Civil, Ph,D**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas**

**Escuela de Ingeniería Civil**

**Bucaramanga**

**2022**

### **Dedicatoria**

Llena de gozo y alegría dedico este proyecto de grado primeramente a Dios por ser mi guía, mi roca y mi refugio en toda mi formación académica profesional.

A toda mi familia por ser mi pilar para salir adelante, a mis padres por su apoyo incondicional,

A mis hermanas por ser la razón en sentir orgullo de ser una ingeniera.

A nuestro ángel que estaría orgullosa de este logro que significa mucho para mis padres y para mí.

A la Empresa Alexis Vega Ingenieros por contribuir en el complemento de mi formación académica.

A la universidad Industrial de Santander por brindarme la oportunidad de hacer parte de esta gran alma mater y conocer excelentes seres humanos que me acompañaron en mi formación.

Finalmente, a la selección futsala femenina UIS por concederme todas las experiencias de compañerismo, competitividad y resiliencia.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	9
1. Marco de Referencia .....	10
1.1 Diseño estructural .....	11
1.1.1 Vigas .....	11
1.1.2 Columnas .....	11
1.1.3 Muros estructurales .....	11
1.1.4 losas nervadas y macizas .....	12
1.1.5 Escaleras .....	14
1.1.6 Cimentación .....	14
1.1.7 Muros de contención .....	15
1.2 Planos estructurales .....	15
1.3 Memorias de cálculo estructural .....	17
2. Integración marco referencial con la practica empresarial .....	18
2.1 Proyecto vivienda multifamiliar vis .....	19
2.1.1 Descripción del Proyecto .....	19
2.1.2 Diseño de losas macizas: .....	20
2.1.3 Diseño de escaleras .....	26
2.1.4 Entregables: .....	30

---

2.2 Proyecto centro educativo.....	33
2.2.1 Descripción del Proyecto .....	33
2.2.2 Memorias estructurales .....	33
2.3 Proyecto de vivienda familiar .....	37
2.3.1 Descripción del Proyecto .....	37
2.2.2 Apoyo de dibujo en plantas estructurales: .....	37
3. Conclusiones .....	39
Referencias Bibliográficas .....	40

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Demostración de Elementos verticales: Columnas. ....	11
Figura 2. Losa apoyada en sus extremos.....	12
Figura 3. Losa maciza unidireccional. ....	13
Figura 4. Sección típica de losa aligerada.....	14
Figura 5. Escalera de 3 tramos. ....	14
Figura 6. Tipos de formatos. ....	15
Figura 7. Plumillas estándar de AutoCAD.....	17
Figura 8. Modelo estructural utilizado.....	19
Figura 9. Diagrama de flujo para diseño de losa maciza. ....	20
Figura 10. NSR-10 C.9.5 Tabla de Alturas o espesores mínimos. ....	21
Figura 11. Evaluación de cargas de entrepiso para piso tipo. ....	21
Figura 12. Modelamiento de corte A-A de losa maciza.....	22
Figura 13. NSR-10 C.9.5.(b). Deflexión máxima admisible calculada. ....	22
Figura 14. Chequeo de Deflexiones admisibles. Fuente Alexis Vega ingenieros ....	23
Figura 15. Resistencia nominal con refuerzo adicional. ....	24
Figura 16. Vista en planta de Refuerzo superior y refuerzo superior adicional.....	25
Figura 17. Vista en planta de Refuerzo inferior y refuerzo inferior adicional.....	25
Figura 18. Corte frontal de placa maciza con disposición del refuerzo. ....	25
Figura 19. Diagrama de flujo de diseño de escaleras.....	26

Figura 20. Modelamiento de escaleras, asignación de carga muerta y viva. ....	27
Figura 21. Programación de diseño a flexión y cortante de escaleras. ....	28
Figura 22. Disposición de refuerzo de escalera. ....	29
Figura 23. Disposición de refuerzo de escalera. ....	29
Figura 24. Disposición de refuerzo en el descanso en 3D. ....	29
Figura 25. Carpetas de entregables para cliente.....	30
Figura 26. Diagramas de interacción, análisis de flexo compresión de muros estructurales.....	31
Figura 27 Chequeo por cortante de muros estructurales.....	32
Figura 28. Plano demostrativo de Alexis Vega Ingenieros S.A.S .....	32
Figura 29. Modelamiento de Centro infantil.....	33
Figura 30. Portada. ....	34
Figura 31. Tabla de contenido del proyecto.....	35
Figura 32. Espectro de umbral de daño.....	35
Figura 33. Derivas máximas de umbral de daño Tabla A.12.5-1 .....	36
Figura 34. Chequeo de derivas máximas de umbral de daño.....	36
Figura 35. Modelamiento del proyecto familiar. ....	37
Figura 36. Bosquejo de cimentación estructural y arquitectura sobrepuesta. ....	38

## Resumen

**Título:** Práctica empresarial: Apoyo en diseño estructural como auxiliar de ingeniería civil en proyectos de construcción en la empresa Alexis Vega Ingenieros S.A.S \*.

**Autor:** Adriana Archila Méndez \*\*

**Palabras Clave:** Diseño estructural, control, calidad, estabilidad, análisis.

### Descripción.

En el procedimiento de un diseño estructural se debe garantizar la estabilidad, seguridad del proyecto de construcción en respuesta de las necesidades del cliente. El objetivo principal del ingeniero civil es analizar y proponer el diseño de las estructuras, que sea óptimo y así mismo cumpla con la normativa NSR-10 (Ley 400 de 1997/Decreto 926 de 2010) (Norma Sismorresistente de Colombia). En este orden de ideas, se expone la realización del presente documento, resultado del apoyo realizado como auxiliar practicante en las diversas actividades en el área de diseño con el acompañamiento de la experticia y control de calidad de los profesionales de la empresa Alexis Vega ingenieros S.A.S.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director

### **Abstract**

**Title:** Business practice: support in structural design as a civil engineering assistant in construction projects in the company Alexis Vega Ingenieros S.A.S\*.

**Author:** Adriana Archila Méndez \*\*

**Keywords:** Structural design, control, quality, stability, analysis

#### **Description.**

The structural design procedure must guarantee the stability and safety of the construction project in response to the customer's needs. The main objective of the civil engineer is to analyze and propose an optimal design of the structures that complies with the NSR-10 (Law 400 of 1997 / Decree 926 of 2010) (Colombian Seismic Resistant Standard). In this sense, this document presents the result of the assistance performed as an auxiliary practitioner in the diverse tasks in the design area with the guidance of the expertise and quality control from the professionals at the company Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director

## Introducción

El sector de la construcción es una de las industrias que aporta de manera significativa a la economía local. Puesto que este sector demanda actividades varias, que se ajustan a la necesidad de inversión y ejecución de un proyecto de obra civil, ejemplo aplicable a la construcción de centro comerciales, edificios, fabricas, oficinas o de carácter residencial que marca de forma significativa la activación de varios sectores económicos y sociales.

Por tanto, esta industria contiene gran demanda laboral, las empresas de construcción se disponen a ser un servicio ya sea de estudios o de diseño para satisfacer las necesidades del cliente cumpliendo requerimientos y normativas de diseño, así mismo es de suma importancia la vinculación de personal para cumplir sus contrataciones, ya que son un apoyo importante para la ejecución de tareas explícitas, si y solo sí la empresa desea ser parte de la formación de ingenieros profesionales con habilidades interrelacionadas, organizadas y supervisadas. Llevando a cabo la contratación de practicantes que apliquen a las competencias exigidas por la compañía, con el fin de desarrollar las habilidades técnicas y aplicar los conocimientos obtenidos en el lapso de su formación académica profesional y desenvolverse con seguridad y experiencia en el área profesional, de ello depende su eficiencia y resultado (Agudelo Lopez & Kurmen Figuero, 2012). La oportunidad de formación profesional es transcendental para un estudiante universitario ya que le permite tener bases sólidas de conocimiento debido a que en el centro educativo se brindan conocimientos teóricos para la aplicabilidad en el mundo real, en conclusión la realización de la práctica profesional empresarial, desarrolla habilidades, destrezas y técnicas con herramientas tecnológicas para aplicar e interpretar la información adecuadamente (Valenzuela, 2019).

Como ejemplo de lo anterior se encuentra la empresa ALEXIS VEGA INGENIEROS S.A.S en la contratación de practicantes cuyas actividades asignadas son supervisadas con el fin de garantizar la entrega de diseños estables, seguros y óptimos, aparte del enriquecimiento del practicante de habilidades analíticas y técnicas en el uso de software de dibujo y modelamiento estructural y obras civiles cumpliendo las exigencias del cliente.

### **1. Marco de Referencia**

En el diseño de una estructura en el sistema estructural requerido en concreto reforzado, se deben presentar como fin el procedimiento de diseño en el cual se implantan en planos estructurales firmado por un ingeniero civil facultado, y justificado con memorias de cálculo donde se garantiza el diseño óptimo de la estructura tanto para el cliente cumpliendo sus necesidades y para la entidad reguladora de construcción cumpliendo el análisis y desempeño estructural. Con el fin de entender lo que conlleva la entrega de un diseño estructural de una obra civil se presenta un marco teórico donde se describirá algunos términos para entender el desarrollo de este artículo.

## 1.1 Diseño estructural

### 1.1.1 Vigas

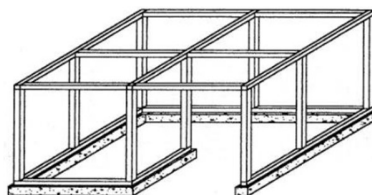
Son los elementos estructurales diseñados para resistir cargas de compresión, fuerzas de flexión, esfuerzos de cortante y torsión.

### 1.1.2 Columnas

Son los elementos estructurales encargados de transmitir el peso de la estructura al suelo de fundación. Además, cuya sollicitación principal es la carga axial de compresión, acompañada o no de momentos flectores a torsión o tensiones cortantes.

#### Figura 1.

*Demostración de Elementos verticales: Columnas.*



### 1.1.3 Muros estructurales

El objetivo principal de un muro es dar rigidez a la estructura ante cargas laterales, restringiendo el daño ante sismos menores, limitando las deformaciones laterales. Por lo general

un muro es semejante a una columna trabajando a compresión con una carga axial muy baja e inferior a su carga axial en condiciones balanceadas.

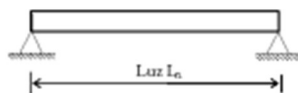
#### ***1.1.4 losas nervadas y macizas***

Las losas o placas de hormigón reforzado tienen como finalidad proveer una superficie plana, usualmente horizontal, en edificios, parqueaderos, etc.; las losas se apoyan sobre muros cargueros o sobre vigas de hormigón fundidas monolíticamente con la losa, su función dentro de la estructura se limita solamente a la transmisión de cargas gravitacionales. Se clasifica según la orientación de los planos de flexión:

a) Si una losa se apoya solamente en dos lados opuestos, la flexión se presenta perpendicular a ellos. Este tipo de losa se conoce como unidireccional.

#### **Figura 2.**

*Losa apoyada en sus extremos.*



b) Si la losa se apoya sobre cuatro costados y si la relación entre lado mayor y el lado menor es mayor igual a 2 y la carga se trasmite en una sola dirección, en la más corta para efectos de diseño se considera losa unidireccional.

c) Si la losa se apoya sobre cuatro costados y la relación entre lado mayor y el lado menor es inferior a 2 la losa se deforma presentando curvatura en las dos direcciones. En este caso la

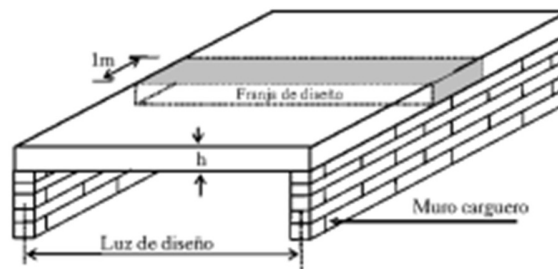
carga se trasmite a los cuatro apoyos; para efectos de diseño se considera como losa bidireccional (NSR-10 C.13.6)

Según el sistema constructivo las losas se clasifican como:

a) Losas macizas: Son aquellas que no tienen vacíos en su interior por ejemplo las losas de escaleras. Es el sistema más convencional en la construcción de losas, consiste en una losa de hormigón con refuerzo interno sin ningún tipo de aligeramiento.

### Figura 3.

*Losa maciza unidireccional.*

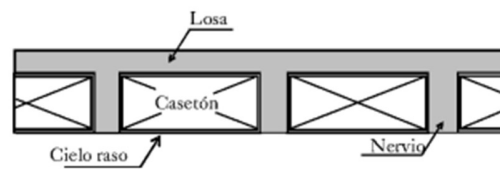


b) Losas aligeradas o losas nervadas:

Consiste usualmente en una losa maciza de hormigón, de 5 o 10 cm de espesor, apoyada en nervios o viguetas, uniformemente espaciados a distancias que oscilan entre 40 y 100 cm. Se emplea el vocablo “torta” para referirse a la zona superior o inferior de las losas aligeradas. Aun cuando el diseño estructural está regido por el proyecto arquitectónico, ambos deben ajustarse al concepto de seguridad y control de daños. La selección del tipo de losa no sólo debe hacerse desde el punto de vista económico, sino que debe ser el apropiado a los criterios estructurales del conjunto.

**Figura 4.**

*Sección típica de losa aligerada.*

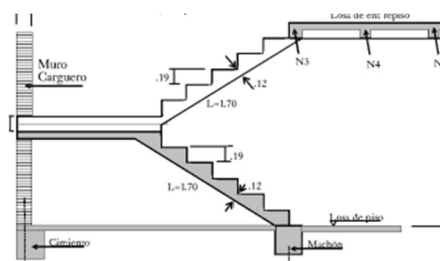


### 1.1.5 Escaleras

Es una estructura con la función de unir dos espacios de diferentes niveles, Conformada por peldaños y descansos, cumpliendo la normativa NSR-10 título K según su ocupación, geometría.

**Figura 5.**

*Escalera de 3 tramos.*



### 1.1.6 Cimentación

Es un grupo de elementos estructurales cuya función es transmitir las cargas de la estructura al suelo de manera uniforme de forma que no supere su presión admisible del suelo mitigando los asentamientos diferenciales.

### 1.1.7 Muros de contención

Muro diseñado y construido para mantener en forma permanente una diferencia en los niveles del suelo que se encuentran a uno y otro lado de él, con margen de seguridad en cuanto a estabilidad, resistencia y durabilidad que tiene en cuenta los aspectos económicos y estéticos (Rochel A, 2007).

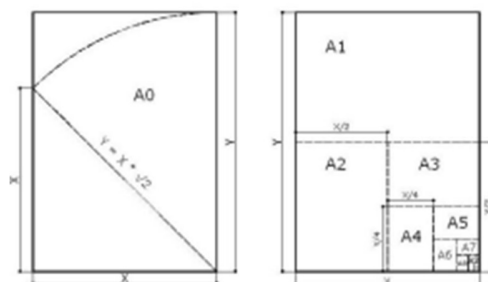
## 1.2 Planos estructurales

Los planos son la representación gráfica de todos los diseños que se plantea en un proyecto estructural. En este se debe incluir toda la información concisa para ejecutar el proyecto, ya que este tiene carácter vinculante para reclamaciones jurídicas, con un error o defecto en un plano puede generar efectos de gran repercusión sobre el proyecto.

Tipos de formato y rótulo: La entrega de un plano se consideran varios estándares de tamaño de presentación propuestos por ISO, UNE, DIN, INN y recomendaciones de la universidad EAFIT

### Figura 6.

*Tipos de formatos.*



El formato de rotulo de presentación debe tener la información necesaria que el personal requiera, esta información debe ser por lo menos la siguiente:

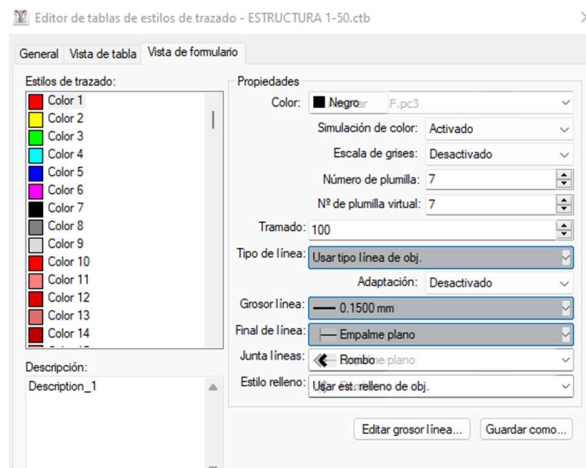
- Nombre de la empresa que desarrolla el proyecto junto con su logotipo
- Información del ingeniero proyectista, nombre del ingeniero diseñador, nombre del dibujante,
- Fecha y nombre del proyecto
- Contenido, versión del proyecto
- Enumeración secuencial de los planos.

En el contenido del plano es importante el orden y la información dada del proyecto para que sea claro y conciso para quienes tengan acceso a ello, uno de los ítems relevantes es el contenido de especificaciones que consiste en: ubicación del proyecto, sistema estructural, información de cargas de diseño, norma utilizada de diseño, grupo de uso, información del estudio de suelos (capacidad portante del suelo y profundidad de cimentación), materiales de construcción con el tipo de concreto y su resistencia  $f_c$  respectiva para los diferentes elementos (zapatas, vigas, columnas, muros estructurales) y tipo de acero (liso o corrugado y su respectiva resistencia  $f_y$ ) (Cáceres Suarez & Jaimes Torres, 2007).

Además de mostrar los dibujos visibles para quien interprete el diseño a escalas comerciales, textos y acotaciones según la estandarización que la empresa lleve, las nomenclaturas, las plumillas de dibujo para que las líneas sean visible adecuadamente según lo requiera y el orden secuencial de los planos según el proceso constructivo del proyecto.

**Figura 7.**

*Plumillas estándar de AutoCAD.*



### 1.3 Memorias de cálculo estructural

Una memoria estructural es un documento descriptivo con el objetivo principal de justificar los procedimientos aplicados en el análisis de cada uno de los diseños, en el momento que intervengan en el procedimiento de ejecución del proyecto, donde el cliente y los entes reguladores puedan verificar la información y cálculos utilizados en el diseño de la estructura.

Según el requerimiento en el *A.1.5.3-MEMORIAS* los planos deben ir acompañados por memorias de diseño y cálculo en las cuales describa los procedimientos por medio de los cuales se realizaron los diseños; Presentando así memorias estructurales, memorias de otros diseños como: elementos no estructurales, diseños hidráulicos, entre otros.

*En el momento de presentación de planos estructurales deben ir acompañados por la memoria justificativa de cálculos, en esta memoria debe incluirse una descripción del sistema estructural usado, y además debe anotarse las cargas usadas, el grado de disipación de energía*

*del sistema de resistencia sísmica; Además información automática bajo que principios se realiza el modelo digital y su análisis estructural.*

En lo que conlleva tener la información suficiente plasmada en el documento en donde se especifique cada procedimiento empleado en los diferentes diseños y los softwares utilizados para el modelamiento estructural, análisis de resultados y manipulación de datos. En este orden de ideas se presenta la información legal de la empresa que certifique su calidad de diseño y del ingeniero proyectista, seguidamente el contenido, especificaciones generales del proyecto según lo requiera, análisis de carga, modelamiento estructural según la información enviada del cliente y la propuesta estructural, análisis sísmicos, análisis de resultados, análisis de desplazamientos relativos, el sistema estructural, ejemplo sistema aporticado, diseño de elementos estructurales vigas y columnas, análisis de columna fuerte viga débil, o sistema de muros y su análisis de flexo compresión en muros estructurales y diseño de cimentación, verificación de deflexiones.

## **2. Integración marco referencial con la practica empresarial**

Durante el desarrollo de la práctica empresarial en ALEXIS VEGA INGENIEROS S.A.S en el departamento de diseño, se cumplió los objetivos asignados en las diferentes fases de participación en el diseño estructural y control de calidad de los diferentes proyectos que se llevaron a cabo en la empresa. En este orden de ideas se presentará algunos proyectos en donde se logró mayor apoyo de participación en la práctica empresarial.

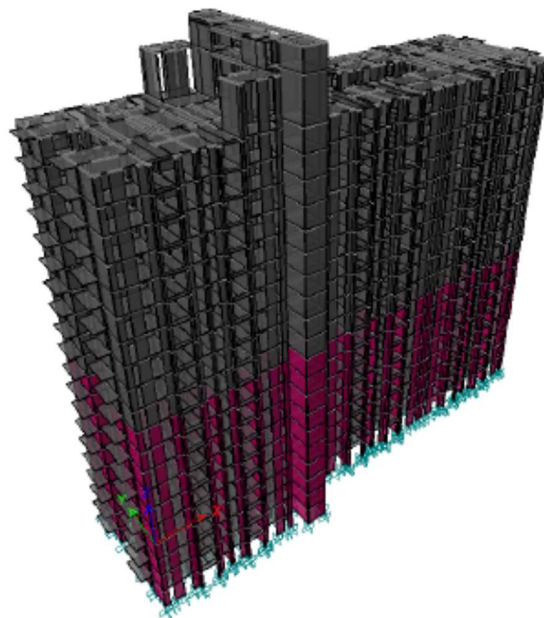
## 2.1 Proyecto vivienda multifamiliar vis

### 2.1.1 Descripción del Proyecto

Proyecto localizado en el municipio de Socorro- Santander conformado por dos torres de (24) niveles incluyendo sótanos, piso tipo y cubiertas, con un sistema estructural de Muros reforzados resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO); Losa Maciza de entrepiso; Cimentación en losa de cimentación armada en dos direcciones; Normas de diseño y Construcción: NSR-10 (Ley 400 de 1997/Decreto 926 de 2010).

#### Figura 8.

*Modelo estructural utilizado.*

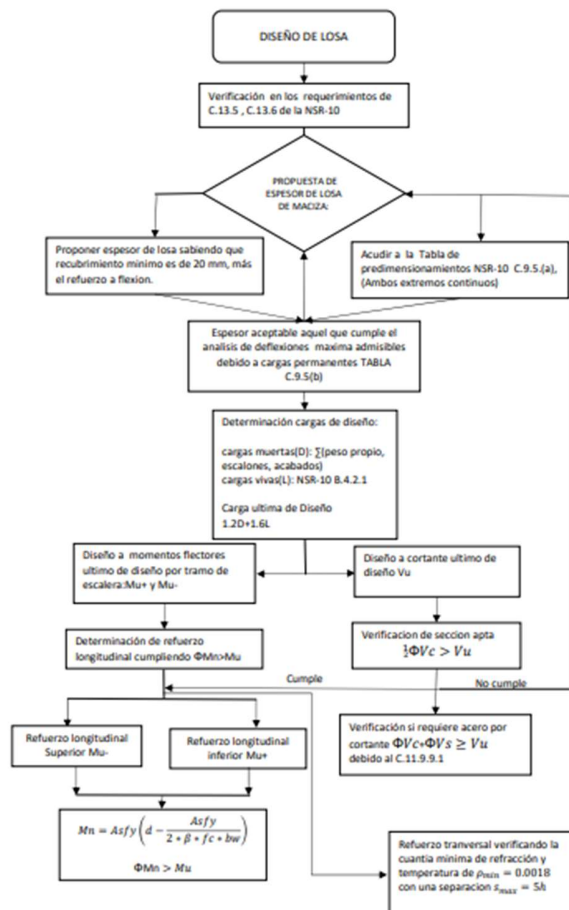


2.1.2 Diseño de losas macizas:

Para el diseño se recurre al diagrama de flujo donde se describe el paso a paso que requiere el diseño aceptable de losas macizas.

Figura 9.

Diagrama de flujo para diseño de losa maciza.



Así pues, se realiza la propuesta de espesor de losa de 12 cm donde se verifica que la sección propuesta sea apta por medio de chequeos de cortantes, flexión y deflexiones admisibles de servicio, sino hasta llegar a un espesor óptimo que cumpla con todos los requerimientos.

### Figura 10.

NSR-10 C.9.5 Tabla de Alturas o espesores mínimos.

**TABLA C.9.5(a) — Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones**

	Espesor mínimo, $h$			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que <b>NO</b> soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Seguidamente se realiza el modelamiento de ésta, teniendo en cuenta la longitud máxima libre y su franja de corte de diseño de un (1) metro lineal de ancho, consideramos la evaluación de cargas últimas de servicio D (Carga muerta) y L (Carga viva), utilizando las cargas mayoradas últimas de servicio  $1.2D+1.6L$ .

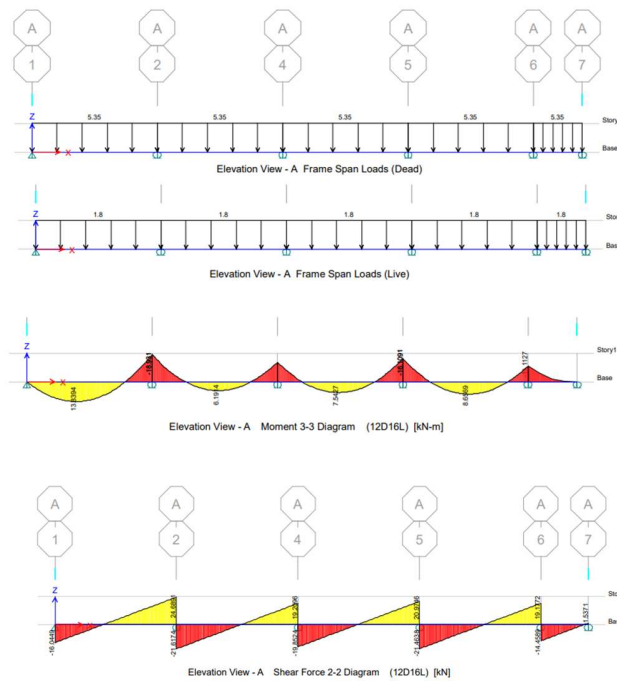
### Figura 11.

Evaluación de cargas de entrepiso para piso tipo.

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS APTO					
CARGAS MUERTAS			CARGA VIVA		
			$W_L$	1.8	$KN/m^2$
Placa superior	2.88	$KN/m^2$	<b><math>W_{sobre\ impuesta}</math></b>	2.43	
Acabados	1.60	$KN/m^2$	<b>FC</b>	1.30	
Muros divisorios	0.83	$KN/m^2$	CARGA ULTIMA		
			$KN/m^2$		$T/m^2$
$W_d$	5.31	$KN/m^2$	9.25 $KN/m^2$		0.93 $T/m^2$

**Figura 12.**

*Modelamiento de corte A-A de losa maciza.*



En el capítulo C.9.5.3 nos dirige al cumplimiento de C.13.6.2.1 en elementos reforzados en dos direcciones. Así mismo el cumplimiento de deflexiones admisibles en cargas permanente de servicio donde se considera efectos de fisuración y esfuerzo de rigidez de elemento.

**Figura 13.**

*NSR-10 C.9.5.(b). Deflexión máxima admisible calculada.*

**TABLA C.9.5(b) — Deflexión máxima admisible calculada**

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, <b>L</b> .	$l/180$
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, <b>L</b> .	$l/360$
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) <sup>1</sup>	$l/480$
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		$l/240$

En los cálculos de deflexiones se debe considerar la inercia de la sección fisurada, con la estimación de deformación a largo plazo de las cargas aplicadas permanentes, encontrando así la deflexión instantánea debido a la carga viva, con su propia inercia de sección fisurada. Con esta información se realiza los chequeos del estado límite de servicio, dando como resultado el cumpliendo en una losa de 12 cm de espesor.

Figura 14.

Chequeo de Deflexiones admisibles. Fuente Alexis Vega ingenieros

Análisis de deflexiones		Losa 1x0.12		LT1 eje 1-2	
Ancho	1000 mm	rec	20 mm		
Alto	120 mm	estribo N	N		
f'c	21 MPa	Ec	21538 MPa		
fy	420 MPa	Es	200000 MPa		
Deflexión máxima admisible calculada					
L/180	23.8	>	2.6	Cumple	Cubiertas planas que no soportan elementos no estructurales susceptibles de dañarse por grandes deformaciones
L/360	11.9	>	2.6	Cumple	Pisos que no soportan elementos no estructurales susceptibles de dañarse por grandes deformaciones
L/480	8.9	>	8.7	Cumple	Pisos o cubiertas que soportan elementos no estructurales susceptibles de dañarse por grandes deformaciones
L/240	17.8	>	8.7	Cumple	Pisos o cubiertas que soportan elementos no estructurales no susceptibles de dañarse por grandes deformaciones
Refuerzo a compresión N2					
Refuerzo a tensión	8.6 N2	As'	0 mm <sup>2</sup>	d'	23.2 mm
D	5.3 kN/m <sup>2</sup>	As	272 mm <sup>2</sup>	d	96.8 mm
L	1.8 kN/m <sup>2</sup>	Longitud	4.3 m	WD	5.3 kN/m
%L?	0.25	Aferencia	1.0 m	WL	1.8 kN/m
Condición de apoyos					
Ig	144000000 mm <sup>4</sup>	0 Ambos extremos simples		MCL... "wL"	Delta... "wL"/[E]I
yt	60 mm <sup>4</sup>	1 Un extremo simple, otro continuo		1/12	- 1/128
fr	2.841 MPa	0 Ambos extremos continuos		1/16	- 1/192
Mcr	7 kNm	0 Voladizo		1/24	- 1/384
n	9.3			1/2	- 1/8
				1/16	- 1/192
No fisurada		Fisurada		20 kd prueba	
(n-1)As'	0	(n-1)As'	0	0 kd-d'?	
(n-1)As	2257	nAs	2529		
ycent	60.7 mm	kd	19.7 mm		
Iut	147003778 mm <sup>4</sup>	Icr	17591903 mm <sup>4</sup>		
Carga muerta		Carga		Deformación	
Ma CL	6 kNm	Carga muerta	2.9 mm		
Ie	147003778 mm <sup>4</sup>	Carga viva	2.6 mm		
deff	-2.9 mm	25% viva	0.2 mm		
Carga muerta y viva		Deformación adicional a largo plazo		ξ perman.	
Ma CL	8 kNm	Carga permanente	2.9 mm	λΔ	
Ie	104287749 mm <sup>4</sup>	Deformación total		2 (≥ años o más)	
deff	-5.5 mm	Carga permanente	5.8 mm	2.0	
Carga muerta y 25% viva		Deformación instantánea L			
Ma CL	6 kNm	Carga viva	2.6 mm		
Ie	147003778 mm <sup>4</sup>	Deformación adicional a largo plazo %L			
deff	-3.2 mm	25% viva	0.2 mm		

Partiendo del cumplimiento del espesor de losa y los diagramas de cortante y momentos flectores últimos se procede al cálculo del refuerzo requerido se toma en cuenta el numeral C.7.7.1(c) de la NSR-10, en el cual trata sobre el recubrimiento para losas, viguetas y muros en

elementos de concreto que no estén expuestos a la intemperie ni en contacto con el suelo no debe ser menor de 20 mm (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial , 2010).

Teniendo en cuenta la implementación de mallas electrosoldadas comercial de medidas estándares de 2.35x6.00 m, en el proyecto de viviendas multifamiliar se utilizó la malla M-188 ( $\phi 6.0\text{mm} / c0.15\text{ m}$ ) para refuerzo superior e inferior de la losa con un momento resistente nominal  $\phi iMn$  (kN-m) de 6.754.

### Figura 15.

*Resistencia nominal con refuerzo adicional.*

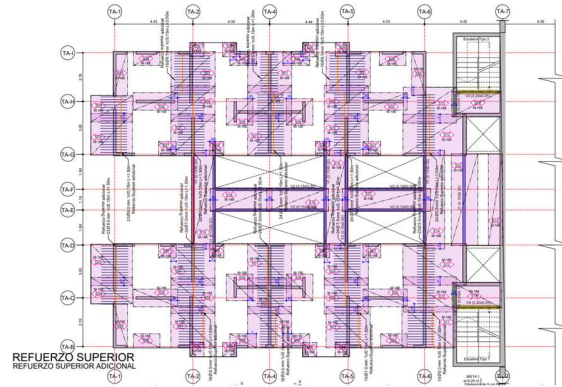
M-188	$\phi$ (mm)	d(mm)	#barras	As(mm <sup>2</sup> )	a(mm)	Mn(kN-n)	$\phi iMn$ (kN-m)
6.0M	6	97	6.67	28.2743339	4.435	7.504	6.754

		$\phi iMn$ (kN-m)
Malla M-188 +	3.0M	8.285
Malla M-188 +	3.5M	8.827
Malla M-188 +	4.0M	9.446
Malla M-188 +	4.5M	10.141
Malla M-188 +	5.0M	10.908
Malla M-188 +	5.5M	11.746
Malla M-188 +	6.0M	12.652
Malla M-188 +	6.5M	13.623
Malla M-188 +	7.0M	14.656
Malla M-188 +	7.5M	15.748
Malla M-188 +	8.0M	16.895
Malla M-188 +	8.5M	18.094
Malla M-188 +	N3	20.697
Malla M-188 +	N4	29.648
Malla M-188 +	N5	38.946

En la interpretación de los diagramas de momentos del corte A-A se hace presencia de momentos negativos en los apoyos, en el que superan el momento resistente nominal  $\phi iMn$  de la malla M-188 como solución de esta se colocará un refuerzo adicional superior que satisfaga el momento negativo ultimo medido desde la cara de apoyo hasta el valor d; Así mismo se realiza el análisis para los momentos positivos, pero ahora a los momentos solicitantes presentes en el centro de luz.

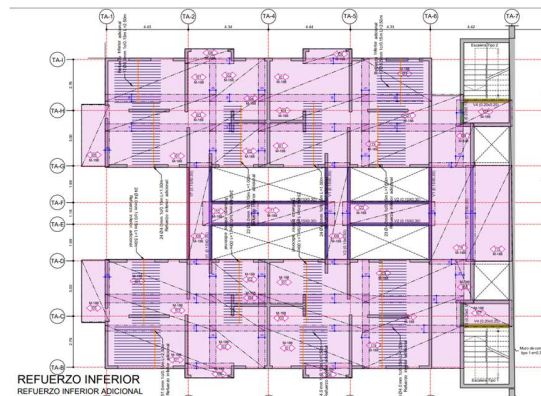
**Figura 16.**

*Vista en planta de Refuerzo superior y refuerzo superior adicional.*



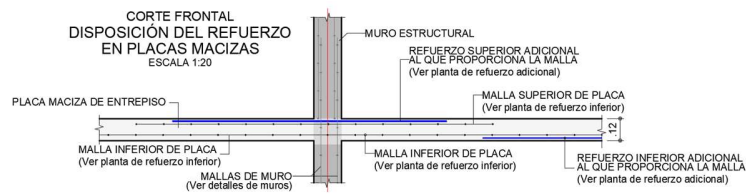
**Figura 17.**

*Vista en planta de Refuerzo inferior y refuerzo inferior adicional.*



**Figura 18.**

*Corte frontal de placa maciza con disposición del refuerzo.*

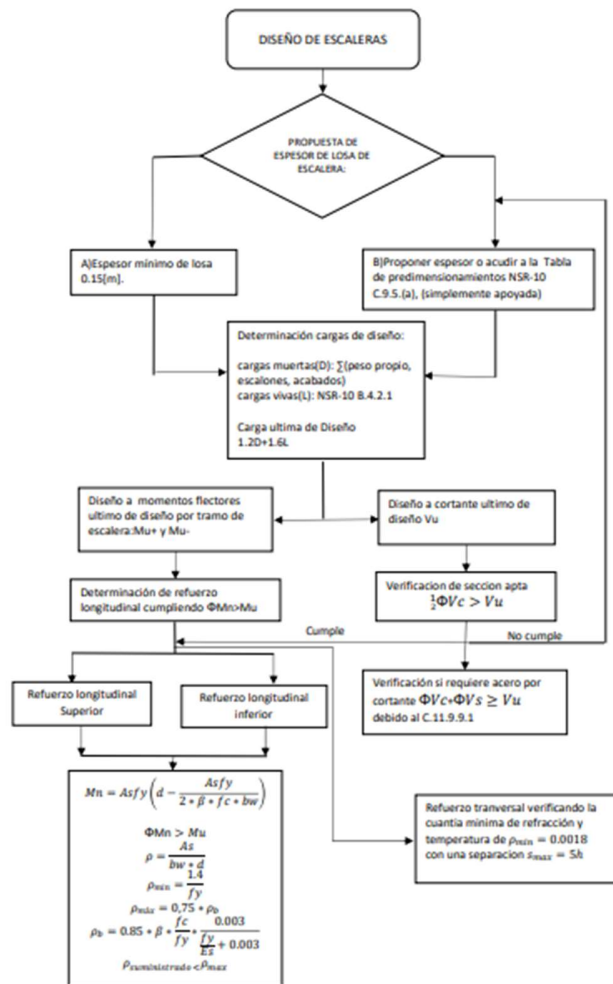


2.1.3 Diseño de escaleras

Para la realización de diseño de una escalera de 3 tramos, se realiza un diagrama de flujo donde se describe el paso a paso que se requiere el diseño óptimo de esta.

Figura 19.

Diagrama de flujo de diseño de escaleras.

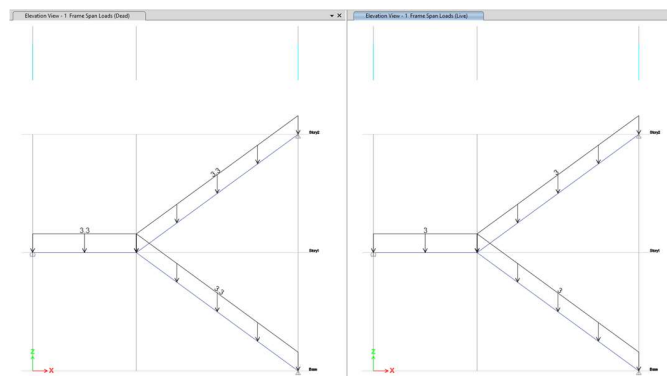


Primero, se propone un espesor de losa de la escalera ya sea por espesor mínimo o cálculo con la tabla c.9.5.(a); Seguidamente se realiza el cálculo de cargas: en cargas muertas se considera (peso propio, acabado, escalones) y en cargas vivas se dirige a la norma título B.4.2.1 de escaleras uso residencial.

continuamos con las cargas mayoradas de servicio  $1.2D+1.6L$  en el cual nos ayuda para el diseño pertinente de la escalera.

### Figura 20.

*Modelamiento de escaleras, asignación de carga muerta y viva.*



Obteniendo valores de diagramas de momentos y cortantes, procedimos a la verificación de cortante de la sección de la losa cumpliendo así  $0.5\Phi V_c > V_u$ ; Para el diseño a Flexión se considera que los momentos negativos  $M_u-$  nos ayuda a calcular el refuerzo superior de la losa ya sea por el método de cuantía ( $\rho$ ) ya que la sección de la losa de escalera es rectangular, donde se deberá verificarse posteriormente que no se haya sobrepasado de la fracción de cuantía del 75%  $\rho_{balanceada}$  ni ser menor de la cuantía mínima. El mismo procedimiento se realiza para el cálculo de acero inferior de la losa con momentos  $M_u+$

A continuación, se muestra formulas utilizadas para el chequeo a flexión:

$$Mn = Asfy \left( d - \frac{Asfy}{2 * \beta * fc * bw} \right)$$

$$\Phi Mn > Mu$$

$$\rho = \frac{As}{bw * d}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{fy}$$

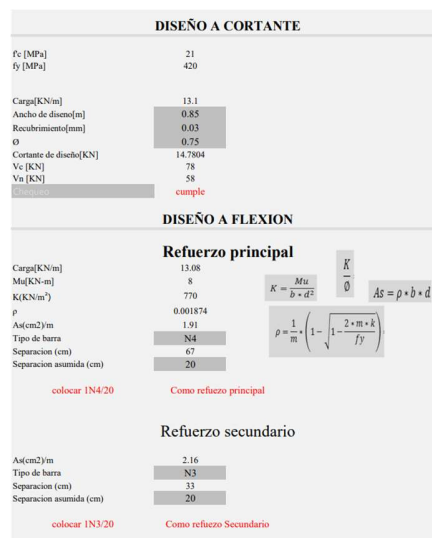
$$\rho_{m\acute{a}x} = 0,75 * \rho_b$$

$$\rho_b = 0.85 * \beta * \frac{fc}{fy} * \frac{0.003}{\frac{fy}{Es} + 0.003}$$

$$\rho_{suministrado} < \rho_{max}$$

Figura 21.

Programación de diseño a flexión y cortante de escaleras.



Para absorber los esfuerzos generados en el concreto de la losa a compresión, por concepto de cambios de temperatura y retracción de fraguado, y permitir un control eficiente de la fisuración,

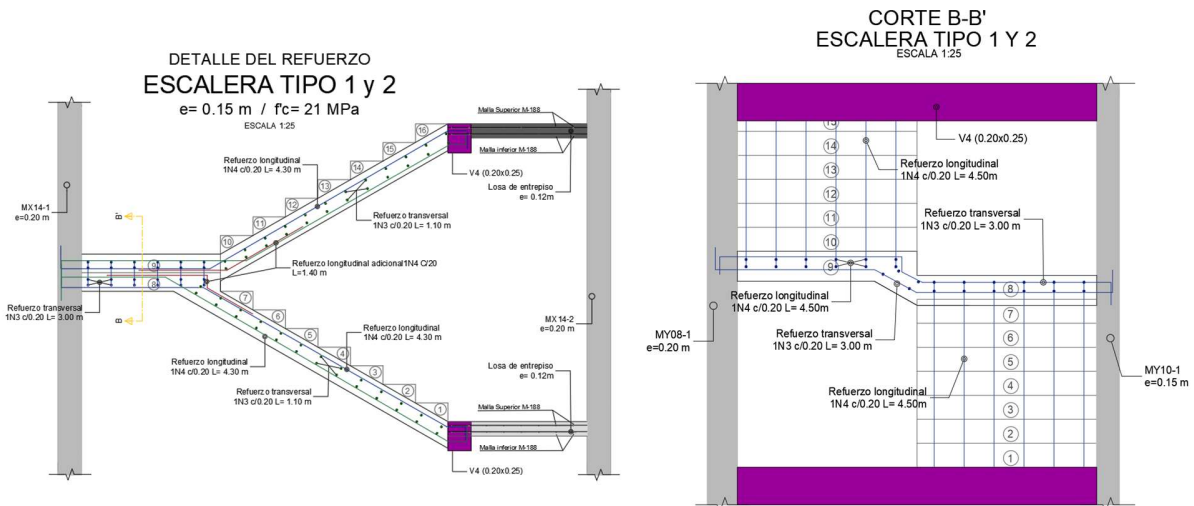
se puede utilizar refuerzo transversal con la cuantía de refuerzo retracción y temperatura según C.7.12.2.1 es de 0.0018.

$$\rho \text{ retracción y temperatura} = 0.0018$$

$$A_s = \rho b w d$$

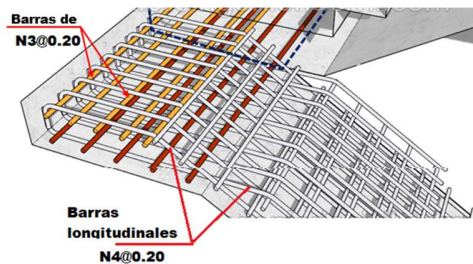
**Figura 22.**

*Disposición de refuerzo de escalera.*



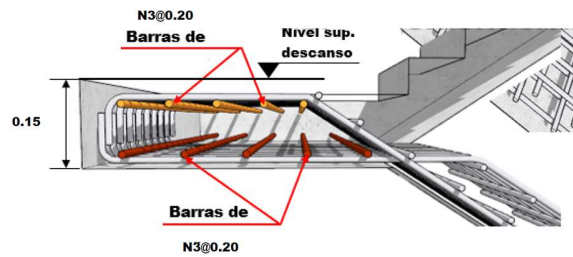
**Figura 23.**

*Disposición de refuerzo de escalera.*



**Figura 24.**

*Disposición de refuerzo en el descanso en 3D.*

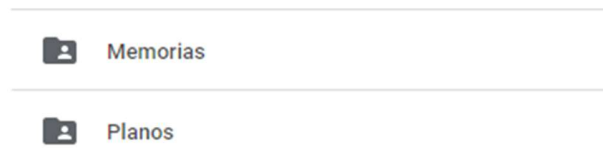


#### 2.1.4 Entregables:

En esta etapa se efectúa la compactación de los resultados de los diferentes diseños realizados en las torres por medio de planos y memorias de cálculo.

#### Figura 25.

*Carpetas de entregables para cliente*



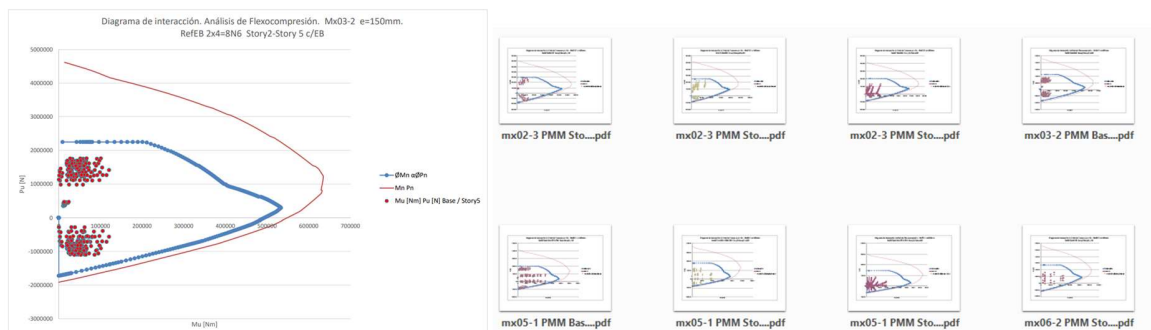
Como se anunció anteriormente en la descripción de este proyecto se presenta un recuadro con el siguiente contenido: descripción de ubicación, sistema estructural empleado, especificaciones de material utilizado, cargas empleadas. en el que tiene un sistema estructural de muros reforzados, se realizó apoyo en las memorias de cálculo en el análisis de flexo compresión y cortante a los muros diseñados.

En el diagrama de interacción, análisis de flexo compresión en donde las ordenadas representan las cargas axiales, en las abscisas los momentos y las curvas ilustradas Roja ( $M_n$ ,  $P_n$ )

“nominal” Azul ( $\phi_{Mn}$ ,  $\phi_{Pn}$ ) “Ultimo”, se grafican los momentos y cargas axiales solicitantes de cada uno de los muros

**Figura 26.**

*Diagramas de interacción, análisis de flexo compresión de muros estructurales.*



En el chequeo de cortante en muros, nos referenciamos de los requerimientos de *C.9.11 “Disposiciones especiales para muros”, C.21.4 “Muros estructurales intermedios con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)”* y *C.21.9 “Muros estructurales especiales y vigas de acople con capacidad especial de disipación de energía (DES)”* del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10.

Se consolida la verificación de cuantías de refuerzo longitudinal y transversal respectivamente ( $f_l$ ,  $f_t$ ) distribuidos en el alma del muro (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Figura 27

Chequeo por cortante de muros estructurales.

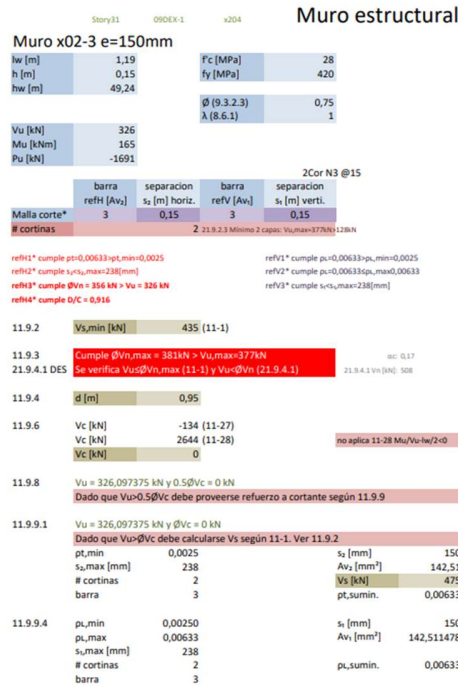
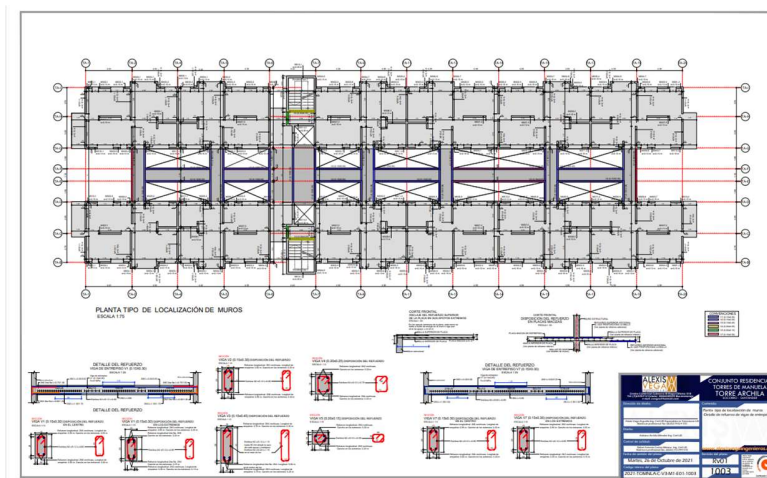


Figura 28.

Plano demostrativo de Alexis Vega Ingenieros S.A.S



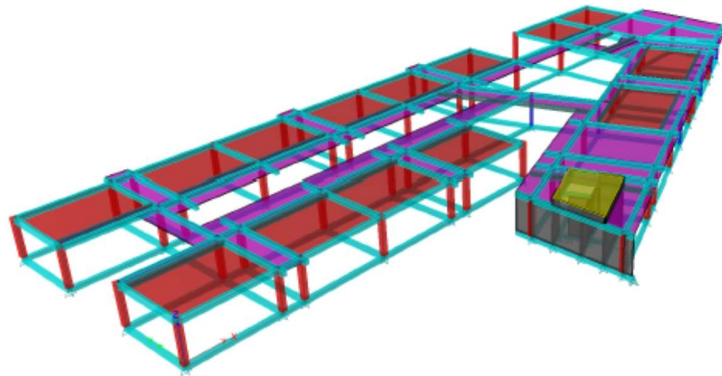
## 2.2 Proyecto centro educativo

### 2.2.1 Descripción del Proyecto

Este Proyecto se clasifica con un Sistema estructural de pórtico resistente a momentos que soporta cargas verticales y horizontales, en concreto reforzado, con capacidad de disipación especial de energía (DES) en el que se localiza en el municipio de Palmira, Valle del cauca. En el cual contiene losa aligerada armada en una dirección, cimentación en zapatas aisladas y cubierta metálica.

#### Figura 29.

*Modelamiento de Centro infantil.*



### 2.2.2 Memorias estructurales

El cliente requería los siguientes estándares en el entregable de memorias de cálculo:

- Descripción del proyecto (incluido la descripción de las teorías y análisis estructurales aplicados, descripción del sistema estructural usado, grado de capacidad de disipación de energía del sistema de resistencia sísmica).
- Referencia de reglamentos utilizados.
- Hipótesis de cargas, evaluación de cargas vivas, muerta, sismo, efectos de temperatura y condiciones especiales ambientales.
- Memorias de softwares empleados.
- Memorias de cálculos manuales.

En el que se apoyó en totalidad y con supervisión de los ingenieros a cargo.

### Figura 30.

*Portada.*



*Nota.* Tomado de: Alexis Vega Ingenieros S.A.S

**Figura 31.**

*Tabla de contenido del proyecto.*

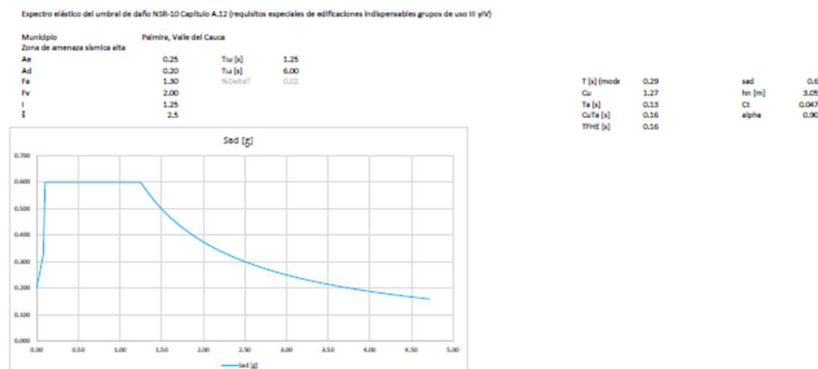
**TABLA DE CONTENIDO**

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	9
2. ESPECIFICACIONES GENERALES	19
3. EVALUACIÓN DE CARGAS PARA LOSA DE ENTREPISO	20
4. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL	21
5. ANÁLISIS FIE Y MODAL ESPECTRAL	46
6. CHEQUEO DE DERIVAS	49
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS	71
8. DIAGRAMAS DE CORTANTES	80
9. DIAGRAMAS DE MOMENTOS	93
10. ACERO REQUERIDO PARA DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	106
11. CHEQUEO DE COLUMNA FUERTE VIGA DÉBIL	113
12. REACCIONES PARA DISEÑO DE CIMENTACIÓN	120
13. DISEÑO DE CIMENTACIÓN	122
14. DISEÑO DE MUROS DE TANQUE	126
15. DISEÑO DE CORREAS DE CUBIERTA METÁLICA	127
16. DISEÑO DE PERGOLA METÁLICA	132
17. DISEÑO DE CONEXIÓN DE VIGA METÁLICA	135
18. CHEQUEO DE DEFLEXIONES	136

Recalcando este tipo de proyecto civil educativo contiene un requisito adicional según la norma título A.12 de la NSR-10, se debe cumplir en el diseño y construcción resistente de las edificaciones de uso de importancia III que hace parte de los esenciales para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia una emergencia, incluyendo sismo, con el fin de garantizar que puedan operar durante y después de la ocurrencia de un temblor.

**Figura 32.**

*Espectro de umbral de daño.*



Además del cálculo de las fuerzas sísmicas con la información del espectro de umbral de daño, se adicionaba el chequeo de derivas máximas para el umbral de daño, según tabla A.12.5-1 título A NSR-10 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Figura 33.**

*Derivas máximas de umbral de daño Tabla A.12.5-1*

**Tabla A.12.5-1**  
Derivas máximas para el umbral de daño como porcentaje de  $h_{pi}$

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.1	0.40% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.0040 h_{pi}$ )
de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.2	0.20% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.0020 h_{pi}$ )

**Figura 34.**

*Chequeo de derivas máximas de umbral de daño.*

<p>Caso combo FXS X 0 Y 0</p> <p><b>DERIVA COLUMNA A-1</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002809091 0.002688364 0.39% Cumple</p>	<p>Caso combo FXS X 32.4 Y 0</p> <p><b>DERIVA COLUMNA A-7</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002822727 0.002531169 0.38% Cumple</p>
<p>Caso combo FXS X 7.2 Y 0</p> <p><b>DERIVA COLUMNA A-2</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002806494 0.002542857 0.38% Cumple</p>	<p>Caso combo FXS X 0 Y 6.54</p> <p><b>DERIVA COLUMNA B-1</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002921429 0.002685714 0.40% Cumple</p>
<p>Caso combo FXS X 9 Y 0</p> <p><b>DERIVA COLUMNA A-3</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002806494 0.002512338 0.38% Cumple</p>	<p>Caso combo FXS X 7.2 Y 6.54</p> <p><b>DERIVA COLUMNA B-2</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002922727 0.002542857 0.39% Cumple</p>
<p>Caso combo FXS X 16.2 Y 0</p> <p><b>DERIVA COLUMNA A-4</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002816883 0.002416883 0.37% Cumple</p>	<p>Caso combo FXS X 9 Y 6.54</p> <p><b>DERIVA COLUMNA B-3</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002924026 0.002511039 0.39% Cumple</p>
<p>Caso combo FXS X 23.4 Y 0</p> <p><b>DERIVA COLUMNA A-5</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002816883 0.002381818 0.37% Cumple</p>	<p>Caso combo FXS X 16.2 Y 6.54</p> <p><b>DERIVA COLUMNA B-4</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002947003 0.002419481 0.38% Cumple</p>
<p>Caso combo FXS X 25.2 Y 0</p> <p><b>DERIVA COLUMNA A-6</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002817532 0.002391558 0.37% Cumple</p>	<p>Caso combo FXS X 23.4 Y 6.54</p> <p><b>DERIVA COLUMNA B-5</b> Carga sísmica en X</p> <p>Etiquetas de fila Deriva en X Deriva en Y Deriva resultan condición Story1 0.002973377 0.002384416 0.38% Cumple</p>

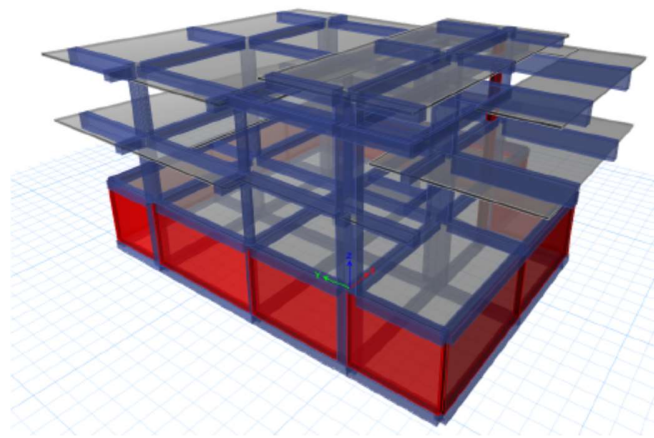
## 2.3 Proyecto de vivienda familiar

### 2.3.1 Descripción del Proyecto

Proyecto privado localizado en Floridablanca-Santander con un Sistema estructural combinado (muros y pórtico en concreto reforzado de  $f'_c=21\text{Mpa}$ ), con capacidad especial de disipación de energía (DES), losa aligerada en una dirección de entrepiso, y su cimentación de zapatas unidas con vigas de enlace.

#### Figura 35.

*Modelamiento del proyecto familiar.*



### 2.2.2 Apoyo de dibujo en plantas estructurales:

Esta es una de las fases iniciales en la realización de diseño del proyecto, que consiste en la visualización con trazado de los ejes y elementos estructurales (columnas, vigas, muros

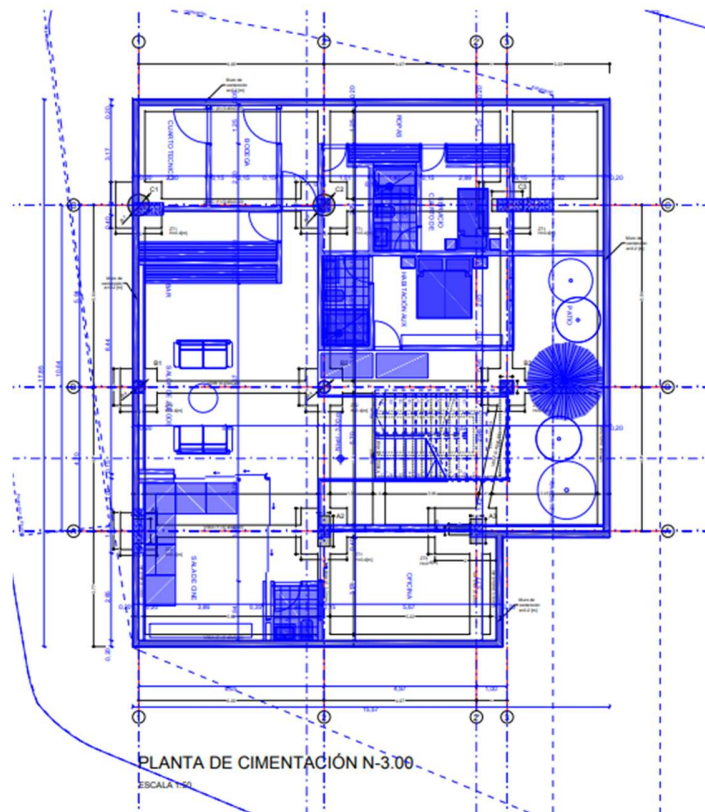
estructurales y de contención) en los planos arquitectónicos suministrados con el uso de archivos CAD.

El trazado consiste en el uso de herramientas CAD como bloques dinámicos que son utilizados para vigas y columnas con las dimensiones propuestas por arquitectura, con los ejes ya posicionados para la facilidad de designación de nomenclatura de estas.

Ya finalizados los bosquejos estructurales se presentan al ingeniero supervisor con la arquitectura sobrepuesta con un color tenue para la identificación de la geometría arquitectónica indicada; Una vez comparada con el modelo de análisis hecho por el ingeniero proyectista se publican las observaciones a corregir.

**Figura 36.**

*Bosquejo de cimentación estructural y arquitectura sobrepuesta.*



### 3. Conclusiones

Las actividades desarrolladas se llevaron a cabo con el fin de cumplir los objetivos y alcances propuestos; Todo esto logrado gracias por el acompañamiento y experticia de los ingenieros encargados. Así que durante la trayectoria de la practica empresarial en la empresa ALEXIS VEGA INGENIEROS S.A.S se logró el cumplimiento de las diversas entregas a los clientes, con el apoyo en el diseño de escaleras, losas de entrepiso, viguetas y entre otros, de igual modo con memorias de cálculos y planos.

Cada proyecto en el que se realizó apoyo en el que se tuvo que enfrentar a proponer diferentes soluciones en el cual eran revisados junto al ingeniero proyectista, en el que procede una reunión entre el ingeniero encargado de diseño y el arquitecto del proyecto con el tema de incorporación de solución.

Se afianzó el manejo de los diferentes softwares como ETABS a propósito del modelamiento y análisis estructural, AutoCAD usado para dibujo de plantas, detalles y despieces de los elementos, Hilti PROFIS Anchor para conexiones empotradas presentes en escaleras, pérgolas y elementos estructurales. Todo esto logrando los conocimientos suficientes para la optimización de diseño y tiempo de entrega, avalando el cumplimiento del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10.

La realización de la practica empresarial en la empresa ALEXIS VEGA INGENIEROS S.A.S fue satisfactorio, ya que se logró integrar conocimientos de diseño estructural y complementar la formación como futura ingeniera civil y cumplir las expectativas de la empresa.

### Referencias Bibliográficas

- Agudelo Lopez, E., & Kurmen Figuero, A. R. (2012). la práctica empresarial como método de enseñanza universitaria. Elemento Clave para la competitividad. *Suma de negocios*, 3 (1), 149-155.
- Cáceres Suarez, J. d., & Jaimes Torres, S. (2007). *Manual de Dibujo para proyectos de ingeniería civil orientado a Estructuras*. Univ Ind. Santander.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial . (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, vol Titulo A*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial . (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, vol Titulo C*.
- Rochel A, R. (2007). *Hormigón Reforzado” Primera Edición*. Medellin: Fondo editorial Universidad EAFIT.
- Valenzuela, M. (2019). *Practica empresarial: Apoyo en la consultoría, diseño estructural y manejo BIM como auxiliar de ingeniería civil en proyectos de construcción en la empresa Alexis Vega ingenieros S.A.S*. Univ.ind.Santander.