



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**GRÁFICAS Y NOMOGRAMAS PARA EL DISEÑO DE LOSAS
NERVADAS DE CONCRETO UNIDIRECCIONALES
CONFORME A LA NORMA ACI 318-19**

Autor: Muñoz, Carlos, C.I: 24.860.741

Correo: cjohanmyt@gmail.com

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**GRÁFICAS Y NOMOGRAMAS PARA EL DISEÑO DE LOSAS
NERVADAS DE CONCRETO UNIDIRECCIONALES
CONFORME A LA NORMA ACI 318-19**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO CIVIL

Autor: Muñoz, Carlos, C.I: 24.860.741

Tutor: Ing. Luis Francisco Rodríguez

San Diego, 2020



FI-L-013-2020-2CR (TG)

Valencia, 16 de octubre de 2020

Ciudadano:
Muñoz R., Carlos J
24.860.741
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° **05-2020** de fecha **27-07-2020** aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **GRÁFICAS Y NOMOGRAMAS PARA EL DISEÑO DE LOSAS NERVADAS DE CONCRETO UNIDIRECCIONALES CONFORME A LA NORMA ACI 318-19"** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación de la Ing. Luis Rodríguez C.I: 15.148.806 como Tutor Académico que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,


Dr. Francisco Gelanzé

Decano (E) de la Facultad de Ingeniería.

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

Zo/a.a.

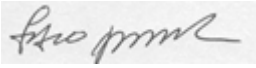
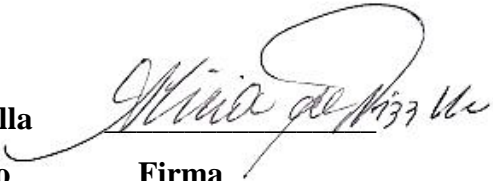


**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

San Diego, 02 de diciembre de 2020

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **GRÁFICAS Y NOMOGRAMAS PARA EL DISEÑO DE LOSAS NERVADAS DE CONCRETO UNIDIRECCIONALES CONFORME A LA NORMA ACI 318-19**. Ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Luis Rodríguez		<u>02-12-20</u>
Tutor Académico	Firma	Fecha
Ing. Alicia de Pizzella		<u>16-6-20</u>
Tutor Metodológico	Firma	Fecha



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, profesor, Luis Francisco Rodríguez, portador de la cédula de identidad N° V-15.148.806, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano: **Carlos Muñoz**, titular de la cédula de identidad número **V-24.860.741**, titulado **GRÁFICAS Y NOMOGRAMAS PARA EL DISEÑO DE LOSAS NERVADAS DE CONCRETO UNIDIRECCIONALES CONFORME A LA NORMA ACI 318-19**, presentado como requisito parcial para optar por el título de **INGENIERO CIVIL**, acepto la tutoría del mencionado proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación, según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes reglamentos.

En San Diego, a los 02 días del mes de Diciembre del año 2020.

Ing. Luis Francisco Rodríguez
C.I. V-15.148.806

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Primero que nada debo agradecerle y dedicarle este trabajo a Dios, por darme la vida, la salud y la oportunidad de poder estar sano y presente en este momento clave de mi vida. A mis Padres por siempre ser una fuente de eternos conocimientos y mis guías a lo largo de todo este trayecto tan bonito, junto a mis padres, mi Hermano por el apoyo incondicional y siempre creer en mí. A mis Profesores, que han sido los verdaderos héroes al guiarme y enseñarme a como debe ser un Ingeniero, tanto en ética, como en criterio, conocimiento y comportamiento. Y por último a mis Amigos, una fuente de risas y apoyo, siempre un grupo unido y dispuesto a ayudar a cada quien cuando fuera necesario.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN INFORMATIVO.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULOS.....	3
I EL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Formulación del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación del Problema	5
1.5 Alcance.....	5
II MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	6
2.2 Bases Teóricas.....	7
2.2.1 Concreto.....	7
2.2.2 Acero de Refuerzo	10
2.2.3 Concreto Armado.....	12
2.2.4 Losas	12
2.2.5 Diseño Estructural.....	15
2.2.6 Enfoque de diseño.....	16

2.2.7 Criterio de armado para losas armadas en una dirección.....	18
2.2.8 Cargas	20
2.2.9. Diseño por Flexión para Losas Nervadas de 1 Dirección.....	28
2.2.10 Factores de seguridad.....	29
2.2.11 Adherencia y Anclaje.....	31
2.2.12 Grafica.....	32
2.2.13 Nomografía	32
2.2.14 Normativas de Diseño de Elementos de Concreto Armado.....	34
2.3 Definición de términos básicos	35
III MARCO METODOLÓGICO	38
3.1 Tipo de Investigación.....	38
3.2 Diseño de la Investigación.....	38
3.3 Nivel de la investigación.....	39
3.4 Población y Muestra.....	40
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	40
3.6 Fases metodológicas.....	41
IV RESULTADOS	43
4.1 Fase I: Diagnosticar la situación actual de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19.	43
4.2 Fase II: Especificar los lineamientos técnicos de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19	52
4.3 Fase III. Construir gráficas y nomogramas para el diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19.	63
4.4 Fase IV. Comprobar el diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales en ejercicios prácticos aplicando las gráficas y nomogramas desarrollados conforme a la norma ACI 318-19.	68

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXOS.....	84
A. Datos Nomograma de $f'c$ 210 kg/cm ² h de losa 25 cm	84
B. Datos Nomograma de $f'c$ 210 kg/cm ² h de losa 30 cm	85
C. Datos Nomograma de $f'c$ 210 kg/cm ² h de losa 35 cm	86
D. Datos Nomograma de $f'c$ 250 kg/cm ² h de losa 25 cm	87
E. Datos Nomograma de $f'c$ 250 kg/cm ² h de losa 30 cm.....	88
F. Datos Nomograma de $f'c$ 250 kg/cm ² h de losa 35 cm.....	89
G. Datos Nomograma de $f'c$ 280 kg/cm ² h de losa 25 cm	90
H. Datos Nomograma de $f'c$ 280 kg/cm ² h de losa 30 cm	91
I. Datos Nomograma de $f'c$ 280 kg/cm ² h de losa 35 cm.....	92
J. Datos Nomograma de $f'c$ 300 kg/cm ² h de losa 25 cm.....	93
K. Datos Nomograma de $f'c$ 300 kg/cm ² h de losa 30 cm	94
L. Datos Nomograma de $f'c$ 300 kg/cm ² h de losa 35 cm.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Pág.
1	Características de las calidades del acero.....	11
2	Peso propio de losas nervadas en una dirección	21
3	Sobrecargas en tabiques y paredes de mampostería	21
4	Mínimas cargas distribuidas variables sobre entresijos (Kgf/m ²)	22
5	Espesores mínimos de losas y vigas para el control de flechas.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Curva Esfuerzo vs Deformación del concreto simple.....	7
2	Deformación Plástica o Creep.....	9
3	Comportamiento del acero para el diseño según la ACI.....	10
4	Ejemplo de Losa Nervada.	14
5	Ejemplo de Losa Maciza.....	14
6	Sentido de flexión en losas apoyadas en dos extremos paralelos.	19
7	Relación de luces y deflexiones en losas.	19
8	Método aproximado para el cálculo de solicitaciones	23
9	Losa Nervada en una dirección.....	25
10	Ejemplo de macizado y sus dimensiones.....	28
11	Combinaciones de solicitaciones estado límite de agotamiento	29
12	Factores de minoración de la resistencia teórica	

28	Altura mínima de vigas no preesforzadas	55
29	Recubrimiento especificado de concreto no preesforzadas construidos	56
30	Factores de reducción de resistencia	57
31	Factores de reducción de resistencia para momento	58
32	59
33	Vc para miembros no preesforzadas	59
34	Parámetro experimental del bloque a compresión	63
35	Nomograma de cálculo de Acero 210 Kg/cm ²	64
36	Nomograma de cálculo de Acero 250 Kg/cm ²	65
37	Nomograma de cálculo de Acero 280 Kg/cm ²	66
38	Nomograma de cálculo acero 300 Kg/cm ²	67
39	Parámetro bloque a compresión del concreto resistencias 210 Kg/cm ²	68
40	Acero requerido concreto de resistencias a la compresión 210 Kg/cm ²	70
41	Acero requerido concreto de resistencias a la compresión 210 Kg/cm ²	73
42	Parámetro bloque a compresión del concreto resistencias 280 Kg/cm ²	74
43	Momento último en tramos y apoyos.....	75
44	Corte último	75
45	Acero requerido Momento último de 412.73 Kg/cm ²	77



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

GRÁFICAS Y NOMOGRAMAS PARA EL DISEÑO DE LOSAS
NERVADAS DE CONCRETO UNIDIRECCIONALES
CONFORME A LA NORMA ACI 318-19

Autor: Carlos Muñoz

Tutor: Ing. Luis Francisco Rodríguez

Fecha: Diciembre 2020

RESUMEN INFORMATIVO

El objetivo principal de esta investigación fue desarrollar gráficas y nomogramas en el diseño de losas de concreto nervadas, armadas en una dirección, basándose en la norma ACI 318-19, que permitieron realizar verificaciones de forma rápida. Apoyada metodológicamente en un proyecto factible sustentado en una investigación documental con un nivel descriptivo cuyos aportes más importantes se centra en los referentes a los lineamientos técnicos de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a esta normativa, cuyas especificaciones de diseño se describen en los capítulos 4, 5, 6, 9, 20, 21 y 22 referentes a materiales, cargas permanentes y sobrecargas, análisis estructuras, vigas, refuerzo metálico mínimo, separaciones y disposición, factores de reducción, resistencia de las secciones basadas en las dimensiones mínimas normativas, incluyendo el arriostramiento transversal de la losa y el chequeo por corte. Los nomogramas construidos en este estudio facilitaron los cálculos de la distribución de acero requerido a flexión, proporcionando de esta manera el aprendizaje en los estudiantes de ingeniería civil de la UJAP siguiendo esta normativa.

Palabras clave: Losas nervadas armadas en una dirección, Gráficas, Nomogramas.

INTRODUCCIÓN

El análisis y uso de losas es tan frecuente en la práctica de la construcción por lo que su estudio es de suma importancia, clásicos ejemplos de aplicación se pueden encontrar en edificaciones, cimentaciones, pre-losas, losas de entrepisos, pavimentos de concreto, muros, y otros. Es decir, en estructuras tan simples y frecuentes con las que cualquier ingeniero va a encontrarse muchas veces en el ámbito de su vida profesional y por tanto debe poder conocer su respuesta y diseño estructural sin necesidad de ser un gran especialista en el cálculo estructural.

Las placas o losas son un elemento estructural sumamente necesario ya que es el encargado de aguantar las cargas gravitacionales que se apoyarán en la estructura y así poderlas transmitir eficientemente, es el elemento que va a relacionarse con el medio o entorno. Los diseños de estos elementos son diversos por lo que no hay un solo tipo de losa, sino que son variados y se adaptan a cualquier condición de la estructura, de manera que el diseño sea óptimo y económico.

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar gráficas y nomogramas que puedan utilizarse para el diseño de losas de concreto nervadas, armadas en una dirección, basándose en la norma ACI 318-19, logrando que se facilite la tarea del diseño de las mismas en un futuro cercano.

La normativa para la elaboración de Trabajos de Grado de La Universidad José Antonio Páez es la base fundamental de la realización de la investigación, en ella se expone toda la información necesaria para el correcto desarrollo de la misma. De acuerdo con la normativa anteriormente mencionada, la investigación se divide en cuatro capítulos estructurados de la siguiente manera:

Capítulo I: El problema, en el cual se encuentra conformado por el planteamiento de la problemática existente y formulación del problema, continuando con el objetivo general de la investigación y los objetivos específicos que dan inicio a la investigación y permitieron encontrar las soluciones factibles a la problemática, posteriormente se justificó la

realización de la investigación y para finalizar se determinó el alcance de la misma.

Capítulo II: Marco Teórico, destinado a fundamentar la investigación a través de antecedentes de trabajos de grado relacionados con la temática, incluyendo posteriormente las bases teóricas, legales y los términos básicos que respaldan la investigación.

Capítulo III: Marco Metodológico, en él se encuentra la definición metodológica del nivel, tipo y diseño de investigación, seguido de la población y muestra en estudio y de las técnicas e instrumentos necesarios para el desarrollo de la investigación, por último, se definen las fases metodológicas necesarias para cumplir con el objeto de la investigación.

Capítulo IV: Resultados, una vez aplicados los instrumentos necesarios para el desarrollo de la investigación, se procedió a realizar el tratamiento correspondiente para el análisis de los mismos, por cuanto la información que arrojará será la indique las conclusiones a las cuales llegó la investigación.

Finalmente se describieron las conclusiones obtenidas del proceso de investigación, destacando el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos planteados, como medios para conseguir el objetivo general que enmarco el presente estudio. Y, por último, no menos importante, las recomendaciones que se consideraron relevantes derivadas de las conclusiones, así como la Bibliografía consultada.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La constante evolución de la ingeniería es la que nos lleva a tener grandes edificaciones como las que tenemos en la actualidad, es de hecho desde el principio de la civilización que los seres humanos hemos estado en constante crecimiento tanto social como económico, artístico, entre otros, dentro de este crecimiento también se encuentra la construcción de todo tipo de edificación, teniendo presente siempre la idea de construir ciudades sustentables, inteligentes y a su vez crecer como población, se podría decir que está en las raíces del ser humano el querer formar parte de algo más grande y único a medida que pasan los años.

Es durante todo este proceso que se ha encontrado un problema fundamental, el tiempo, este siempre ha sido un factor importante a la hora de llevar a cabo una obra, del cual se debe llevar un control para que la obra sea exitosa. Dicho recurso siempre ha ido de la mano con la experiencia de los trabajadores, mientras menos experimentado sea dicho trabajador más tiempo le tomará llevar a cabo su parte en la obra, a su vez también se relaciona con los problemas que pueden llegar a ocurrir de forma imprevista, se debe llevar un orden adecuado de las actividades pues se podría desperdiciando un recurso indispensable como lo es el tiempo.

Asimismo, la habilidad del cálculo de los miembros estructurales es un proceso complejo y sus resultados deben ser verificados. El cálculo de las losas nervadas de concreto debe estar dentro de los parámetros de la norma. Las estructuras son diseñadas y construidas bajo una serie de normas, se hace de esta manera para que puedan tener un comportamiento adecuado en condiciones normales durante su funcionamiento, básicamente que sean seguras, estas normas tienen como objetivo tener un control en los parámetros del diseño que sean influyentes en el rendimiento de la obra.

El diseño de losas de concreto está regido actualmente por la norma americana ACI 318-19 (American Concrete Institute), dicha norma establece los

principios y procedimientos para el diseño de elementos de concreto. Actualmente en Venezuela, afectada debido a la condición país, es palpable la falta de normativas de diseño, debido a que, aunque los ingenieros venezolanos se apoyen en el documento técnico FONDONORMA 1753-2006 y en la ACI 318-14, la norma vigente es la COVENIN 1753 de 1987 que no toma en cuenta los últimos aportes de investigaciones que se han hecho actualmente.

Dado que, las losas nervadas de concreto son las encargadas de soportar las cargas de cualquier estructura de uno o más niveles, la problemática que presentan estos elementos estructurales radica en su cálculo que muchas veces puede lograr a ser exhaustivo para la persona encargada, calcular y diseñar varias losas para un mismo piso no es tarea fácil, además debe ser realizada la adecuada verificación para cada diseño de losa.

Es por ello, que es importante contar con instrumentos actualizados conforme a la normativa técnica que sean fáciles de utilizar y que permitan realizar verificaciones de forma rápida, específicamente a las losas de concreto unidireccionales, en torno a lo antes señalado es de vital importancia disponer de gráficas y nomogramas que sirvan de sustento al proceso del diseño de losas de concreto.

1.2 Formulación del Problema

¿De qué manera sin utilizar una aplicación podría actualizarse el diseño de las losas nervadas de concreto unidireccionales de manera rápida en Venezuela?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Generar gráficas y nomogramas para diseñar losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19.

1.3.2 Objetivos Específicos

Diagnosticar la situación actual de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19.

Especificar los lineamientos técnicos de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19.

Construir gráficas y nomogramas para el diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19.

Comprobar el diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales en ejercicios prácticos aplicando las gráficas y nomogramas desarrollados conforme a la norma ACI 318-19.

1.4 Justificación del Problema

Es de vital importancia que dichos instrumentos, gráficos y nomogramas, sean generados de acuerdo a normas actualizadas, para un rápido desempeño de las losas nervadas de concreto, diseñadas a partir de los datos suministrados por las normativas.

El análisis y diseño de las estructuras constituye gran parte de la labor del ingeniero estructural. Así como la necesidad del ser humano ha sido encontrar la forma de facilitar sus tareas, optimizar, es necesaria la optimización del recurso tiempo y de la precisión en el momento de realizar cálculos de losas nervadas de concreto, la creación de nuevos instrumentos que sean de fácil manejo y acceso para el ingeniero, tales como gráficos y nomogramas hacen que sea una labor más óptima. La finalidad de elaborar gráficas y nomogramas, es facilitar la verificación de los diseños de las losas nervadas de concreto unidireccionales, adaptadas a una norma vigente nacional o internacional, como es el caso de la norma ACI la cual ha sido adoptada por las normas venezolanas.

El desarrollo de este proyecto sigue las líneas de investigación de la Universidad José Antonio Páez de la escuela de Ingeniería Civil: Estructuras, lo cual justifica académicamente el desarrollo de la presente investigación.

1.5 Alcance

El presente trabajo de investigación estuvo basado en la elaboración de gráficas y nomogramas para el diseño por flexión de losas nervadas de concreto unidireccionales teniendo como base la norma de la American Concrete Institution, específicamente el Capítulo 7 de su más reciente edición ACI 318-19.

Las gráficas y nomogramas estarán contruidos para las distintas resistencias a la compresión : 210 , 250 , 280 y 300 .

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Véliz (2011) explica que los antecedentes hacen referencia a investigaciones previas realizadas, en relación al tema de estudio, en instituciones de educación superior reconocidas o, en su defecto, en otras organizaciones, y estos pueden ser tesis de grado o postgrado, trabajos de ascenso, resultados de investigaciones institucionales, revistas especializadas, entre otros. A todo esto, fueron revisados los siguientes trabajos de investigación:

Araque, L. y Hazkour, A. (2014) en su trabajo de grado **“Comparación de diseño losas nervadas y macizas de concreto reforzado armadas en una dirección utilizando la metodología según FONDONORMA 1753-2006 y el uso de software de cálculo estructural”** para optar por el título de ingeniero civil en la Universidad José Antonio Páez, el cual tiene como objetivo comparar los diseños de losas nervadas y macizas de concreto armado para la elaboración de un manual en relación a lo establecido anteriormente. El aporte de este trabajo de grado será en la parte teórica ya que tiene información de suma utilidad acerca de las losas nervadas y su diseño.

Asimismo Pérez, A. (2018) en su trabajo de grado **“Construcción de gráficas, nomogramas y flujogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme a normas nacionales e internacionales”** para optar por el título de ingeniero civil en la Universidad José Antonio Páez, el cual tienen como objetivo construir gráficas y nomogramas para el diseño de miembros de concreto solicitados a flexión y corte que puedan ser utilizados por la comunidad estudiantil de la Universidad José Antonio Páez.

El aporte de este trabajo de grado es que servirá de sustento para el conocimiento de los métodos y técnicas a desarrollar en el momento de la creación de los gráficos y nomogramas, lo que es de gran utilidad ya que se realizará también en este trabajo de investigación.

Por último, Pungaña, J. (2015) en su trabajo “**Aplicación del código ACI 318-14 para el diseño de losas alivianadas y losas macizas bidireccionales y la implementación de un programa de cálculo**” para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, el cual tiene como objetivo aplicar los cambios que ha tenido el código ACI para el diseño de losas alivianadas y losas macizas bidireccionales. El aporte de este trabajo de grado es el análisis e interpretación respecto al reglamento ACI 318-14, que sería un antecedente del código a estudiar en este trabajo el cual es el ACI 318-19, lo cual sería de mucha utilidad al momento de enfrentar e interpretar dicho reglamento.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Concreto

El concreto es un material pétreo artificial, que se obtiene al mezclar en determinadas proporciones, cemento, agregados gruesos y finos, con agua. El concreto y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, dando por resultado un material de gran durabilidad que fragua y endurece, incrementando su resistencia con el paso del tiempo. El concreto simple es resistente a la compresión, pero débil en tracción. (Ver figura 1).

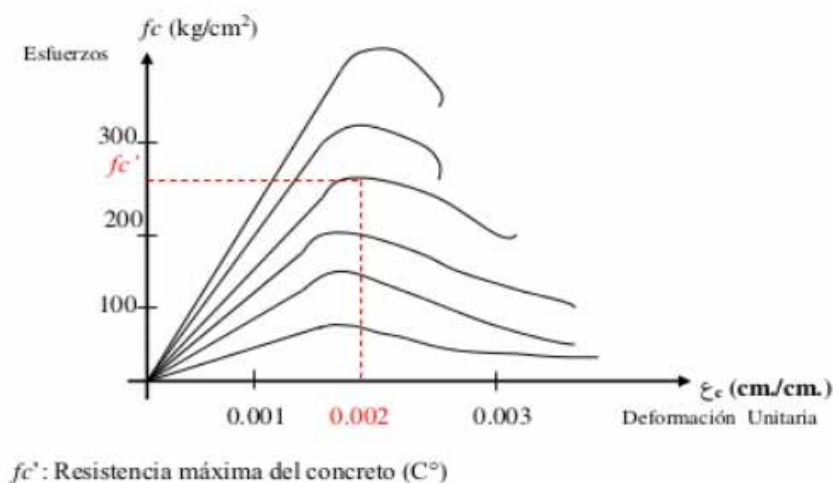


Figura 1. Curva Esfuerzo vs Deformación del concreto simple

Fuente: Chávez Achay, 2003.

2.2.1.1 Módulo de Elasticidad del Concreto

El módulo de elasticidad (E), también llamado módulo de Young, es un parámetro característico de cada material que indica la relación existente (en la zona de comportamiento elástico de dicho material) entre los incrementos de tensión aplicados en el ensayo de tracción y los incrementos de deformación longitudinal unitaria producidos. El módulo de elasticidad del concreto se puede definir:

$$E_c = 15100\sqrt{f_c} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

E_c : Módulo de elasticidad del concreto

f_c : Resistencia máxima del concreto

Para concretos que su peso varía entre 1400 y 2500 kg/m³ su módulo también podría expresarse como:

$$E_c = 0.14 W_c^{1.5}\sqrt{f_c} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

E_c : Módulo de elasticidad del concreto

f_c : Resistencia máxima del concreto

W_c : Peso del concreto

2.2.1.2 Deformaciones

La primera de las deformaciones que suele sufrir el concreto sucede al momento del fraguado, al agua ser arrastrada por el aire y el concreto endurecerse sucede una reacción química expresada por un fenómeno de retracción en el concreto, éste se encoge formando en ocasiones grietas en el mismo causando así un riesgo de corrosión en el concreto.

Otra deformación sucede al momento de aplicar las cargas que sostendrá, esta deformación es instantánea, es decir, sucede al momento de aplicarse la carga, sin embargo, la deformación aumenta con el paso del tiempo debido a la fluencia lenta del concreto o reología.

La deformación plástica se debe a la disminución del espesor de la capa de agua que rodea las partículas de los compuestos de la hidratación del cemento. Estas se acercan y con el tiempo se unen. Si la carga se retira parte de la deformación se recupera, pero la unión de algunas de las partículas ocasiona que se presenten deformaciones permanentes. (Ver figura 2).

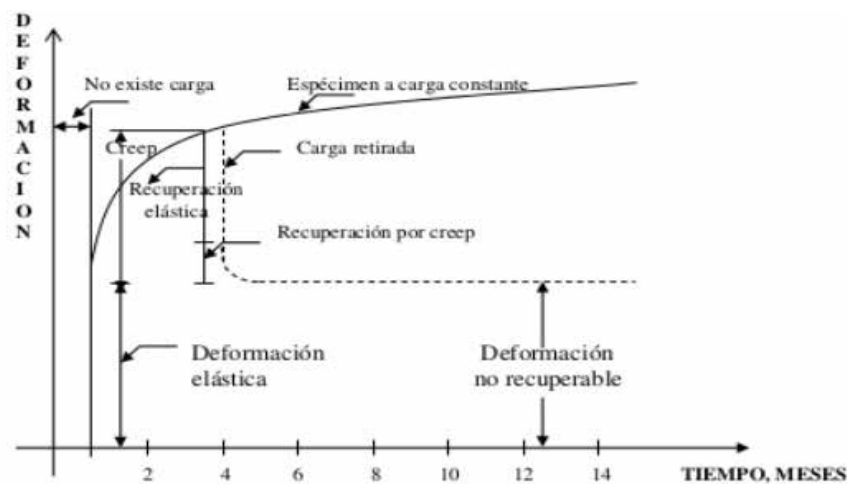


Figura 2. Deformación Plástica o Creep.

Fuente: Chávez Achay, 2003

También puede llegar a presentar una variación de volumen por temperatura, el concreto se expande con el incremento de temperatura y se contrae con su disminución. El coeficiente de dilatación térmica varía con la calidad del concreto y con su edad, su valor oscila entre $9.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ y $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ para temperaturas entre -15°C y 50°C .

2.2.1.3 Calidades del Concreto

La calidad estructural del concreto está especificada por su resistencia a la compresión. El esfuerzo máximo se representa por f_c y tanto el ensayo como la elaboración están especificados en las normas ASTM.

El ACI con el propósito de estandarizar la calidad del concreto sugiere variaciones de 35 en 35 kg/cm^2 , así tenemos, $f_c = 140, 175, 210, 280, 315, 385, 420$ kg/cm^2 , no prohibiendo el diseño de estructuras con resistencias intermedias.

2.2.2 Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo es un material formado mediante la aleación de hierro y carbono y otros minerales como el magnesio, sílice y azufre, para formar un material resistente y flexible, en el acero, mientras más porcentaje de carbono presente, aumenta su resistencia, pero disminuye su ductilidad, pierde capacidad de deformación plástica, es por eso que en relación al hierro el carbono se encuentra en pequeñas cantidades que oscilan entre los 0.03 a 1.075, llegando en ocasiones a poco más de 2 por ciento siendo esta composición no apta para el uso estructural debido a su poca moldeabilidad. El acero es un material que resiste grandes tensiones y flexiones por lo que son realmente eficientes. (Ver figura 3).

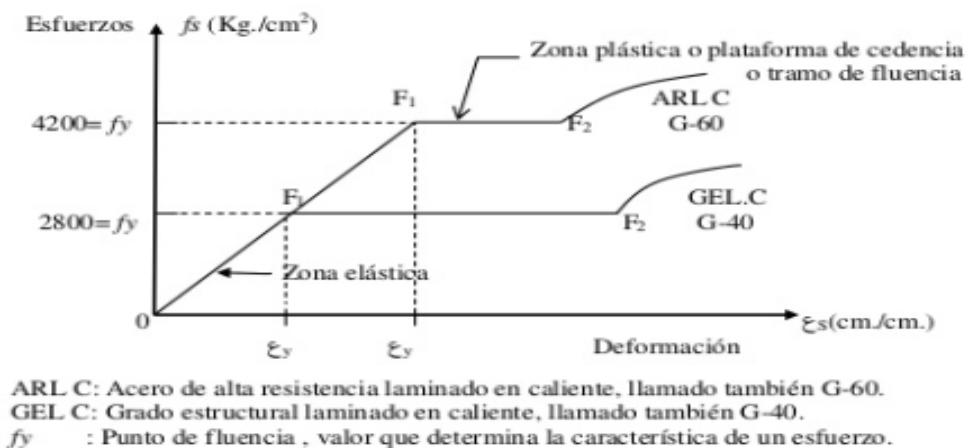


Figura 3: Comportamiento del acero para el diseño según la ACI.

Fuente: Chávez Achay, 2003.

2.2.2.1 Colocación del Acero de Refuerzo

El Acero de Refuerzo se clasifica según las solicitaciones que resista:

Acero Longitudinal: Este tipo de acero resiste a los esfuerzos de tracción o parte de los de compresión, comúnmente se designará como nomenclatura A_s o A_s' , su repartición será a lo largo del eje longitudinal del elemento.

Acero Transversal: De aplicar en el diseño de la losa, es el acero encargado de soportar las fuerzas cortantes por flexión o torsión, conocidos también como estribos, también es de gran ayuda para enmarcar las barras

longitudinales. El refuerzo transversal soporta corte y confinar el concreto, incrementando su resistencia. Es el refuerzo más importante para la estructura durante un sismo.

2.2.2.2 Tipos de Acero de Refuerzo

Barras redondas: Es el tipo más común de acero de refuerzo y viene por lo general en barras circulares llamadas comúnmente “varillas” o “cabillas”, estas presentan corrugaciones en su superficie para favorecer la adherencia con el concreto. Para restringir el movimiento longitudinal de las varillas relativo al concreto que la rodea, se rolan protuberancias llamadas corrugaciones en la superficie de la varilla. Las varillas corrugadas de acero se producen en tamaños que van de los números 3 al 18 en el que el número de las varillas significa el número de octavos de pulgada ($1/8 \text{ plg} = 3.18\text{mm}$) incluidos en el diámetro nominal de la varilla. (Park y Paulay, 1983). Existen tres calidades de acero corrugado, grado 40, grado 60 y grado 75. Las características de estos tres tipos de aceros se muestran en la tabla 1:

Tabla 1: Características de las calidades del acero.

	f_y (Kg/cm ²)	f_s (Kg/cm ²)
Grado 40	2800	4500
Grado 60	4200	6300
Grado 75	5300	7000

Fuente: Chávez Achay, 2003.

Mallas Electrosoldadas: Se compone de una serie de alambres lisos o corrugados dispuestos en mallas cuadradas o rectangulares y soldadas en los puntos de unión del refuerzo, se usan en elementos como losas, pavimentos, estructuras laminares y muros en los cuales se tiene un patrón regular de distribución del refuerzo.

Aceros de Preesfuerzo: Los aceros de preesfuerzo se utilizan en tres formas diferentes: Alambrones de sección circular, y barras de acero aleado. Los alambrones para preesfuerzo se fabrican mediante extrusión en el frío de aceros con alto contenido de carbón, después de lo cual el alambrón se somete a un proceso de revenido en caliente para producir las propiedades mecánicas prescritas, los diámetros varían desde 0.25 hasta 0.60 plg. Las barras de acero aleado están

disponibles en diámetros desde 0.75 hasta 1.375 plg, usualmente como barras lisas circulares.

2.2.2.3 Módulo de Elasticidad del Acero

El módulo de elasticidad del acero es definido como la tangente del ángulo . Por lo tanto, este parámetro es independiente del grado del acero y generalmente se toma para todos los aceros utilizados en concreto armado.

$$E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

Es: Módulo de Elasticidad del Acero

2.2.3 Concreto Armado

Se le denomina así al concreto simple reforzado con armaduras metálicas que absorben generalmente los esfuerzos de tracción que el concreto solo no podría resistir y también para incrementar en algunos casos los esfuerzos de compresión del concreto. El acero de refuerzo se le incorpora al concreto a través de varillas generalmente de sección transversal redonda principalmente en sitios donde la baja resistencia a la tracción del concreto limitaría la capacidad portante del elemento.

Es más comúnmente utilizado para la construcción ya que es un material muy completo en comparación al concreto y acero como materiales independientes y de bajo costo en comparación a la fabricación de los perfiles de acero, además de que permite la formación de estructuras complejas, cosa que no es posible con perfiles de acero. Para evitar que el acero se oxide es importante tener en cuenta los recubrimientos adecuados.

2.2.4 Losas

Las losas son elementos estructurales bidimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña comparada con las otras dos dimensiones básicas. Las cargas que actúan sobre las losas son esencialmente perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión. Su función principal es sostener las cargas que hay en una estructura y transmitir estas a las vigas y columnas. Estas son elementos usualmente planos que están apoyados principalmente en las vigas sin embargo algunas losas se encuentran apoyadas sobre

las mismas columnas directamente sin la presencia de vigas, también, en ciertos casos las losas no son realizadas en el sitio, sino que son prefabricadas y luego se apoyan en las vigas.

2.2.4.1 Clasificación de las Losas

Las losas se dividen de acuerdo a ciertos rasgos que las caracterizan, entre estas características se encuentran:

Según su distribución de esfuerzos, depende del armado, en una o dos direcciones.

Según su forma estructural: Planas, Rectangulares o Nervadas.

Según su composición: Macizas o Nervadas.

Existen diversos tipos y combinaciones de losas, sin embargo, se enfocarán solamente las losas nervadas en una sola dirección:

Losas Nervadas: Son un tipo de losa que como su nombre indica están compuestas por vigas a modo de nervios que trabajan en colaboración ofreciendo gran rigidez y enlazan los pies de los pilares del edificio. Entre los nervios se colocan materiales de relleno, tales como piñatas de arcilla o anime, y mortero liviano que ayuda a mantener temperaturas ideales dentro de la estructura. Estas losas son empleadas para luces de menor envergadura y ante presencia de cargas pequeñas y moderadas debido a que son losas de gran espesor de altura, estas adquieren mayor rigidez.

Cabe destacar que las cargas que actúan son principalmente al plano principal de la misma, por lo tanto, su comportamiento está dominado por la flexión, sin embargo, debido a su geometría, estas tienen menor capacidad de resistencia al corte y momentos flectores en comparación a losas macizas ya que la colocación de acero de refuerzo está limitada debido a que el ancho que poseen los nervios es muy pequeño. (Ver figura 4)



Figura 4: Ejemplo de Losa Nervada.

Fuente: Información Básica para Ingenieros Civiles,2018

Losas Macizas: Son aquellas que en toda su luz su espesor es constante por tanto resisten altos esfuerzos de corte y momentos flexionantes a diferencia de las losas nervadas, especialmente resisten fuerzas puntuales por lo que resultan ideales para proyectos de edificaciones industriales, rampas, escaleras u otros elementos sometidos a fuerzas puntuales. (Ver figura 5)



Figura 5: Ejemplo de Losa Maciza

Fuente: Información Básica para Ingenieros Civiles, 2018

Las losas armadas en una dirección pueden ser macizas o nervadas, solo que tienen la particularidad que se comportan como una viga, es decir se estudian

tomando en cuenta el momento último aplicado sobre ellas, para este tipo de armado se deben seguir algunos criterios como:

Si está apoyada en dos lados paralelos y los laterales libres.

Si está apoyada en su contorno, puede trabajar como armada en una o dos direcciones, esto depende de la relación entre las luces, por ejemplo, si la luz mayor es dos veces la luz menor entonces puede ser armada en una dirección en el sentido de la luz más grande.

2.2.5 Diseño Estructural

El diseño Estructural abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura o sea de aquella parte de una construcción que tiene como función absorber las solicitaciones que se presentan durante las distintas etapas de su existencia. Una estructura se puede considerar como un sistema, es decir como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. La función puede ser salvar un claro o luz, como en los puentes; encerrar un espacio como en el caso de diferentes tipos de edificios o, soportar un empuje como en el caso de muros de contención, tanques o silos, etc. La estructura debe cumplir la función a la que está destinada con un grado razonable de seguridad y de manera que tenga un comportamiento adecuado en condiciones normales de servicio. Además, debe satisfacer otros requisitos, tales como:

El costo: Toda estructura debe mantenerse dentro de los límites razonables de la economía.

Estética: La estructura debe ser agradable a la vista constituyendo un elemento ornamental para las ciudades y mejorar el paisaje del campo.

Tipo de Estructuración: Es sin duda uno de los factores más influyentes en el costo del proyecto.

Idealización (Modelo Matemático): Después de elegir una estructura se la idealiza con el propósito de estudiar el efecto de las solicitudes o cargas a las que puede estar sometida durante su vida útil, esta idealización es necesaria porque el problema real es mucho más complejo.

2.2.6 Enfoque de diseño

La característica particular más importante de cualquier elemento estructural es su resistencia real, lo cual debe ser lo suficientemente elevada para resistir, con algún margen de reserva, todas las cargas previsibles que puedan actuar sobre aquel durante la vida de la estructura, sin que se presente falla o cualquier otro inconveniente.

En la actualidad existen básicamente dos métodos de diseño en concreto armado: Diseño elástico o por cargas de servicio (Teoría Clásica) y el diseño a la rotura o por resistencia última (Teoría de Rotura). El primero fue utilizado con mucha fuerza hasta mediados del siglo pasado y el segundo ha adquirido impulso en los últimos cuarenta años.

2.2.6.1 Teoría Clásica

El diseño elástico parte de la hipótesis que es posible predecir la distribución de esfuerzos en el refuerzo y el concreto, al ser sometidos a cargas de servicio. Asume un comportamiento elástico de ambos materiales. El diseño consiste en conseguir que los esfuerzos no excedan los esfuerzos admisibles que son fracción de la resistencia del concreto y del esfuerzo de fluencia del acero. En la actualidad, las pruebas de laboratorio han permitido comprobar que el complejo comportamiento del concreto con el paso del tiempo conlleva a una constante redistribución de esfuerzos entre éste y el acero. En el diseño elástico solo se consideran una de estas distribuciones. Con el tiempo, las condiciones no consideradas pueden ocasionar la falla.

Actualmente este método no se emplea para el cálculo profesional para el predimensionado y diseño de estructuras, es una teoría que permite el desarrollo de otras ya que tienen principios similares entre ellas siendo estos, que los elementos sean capaces de soportar las cargas aplicadas y esto se logra con el cálculo de esfuerzos bajo la Ley de Hooke.

Para el desarrollo de la teoría clásica se asume que:

Las secciones planas permanecen planas antes y después de la aplicación de una carga sobre estas, por lo que las deformaciones son proporcionales a la distancia de la fibra más alejada al eje neutro de la sección.

La adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo es ideal.

El concreto es incapaz de resistir esfuerzos de tracción.

Para esta teoría se aplica la ley de esfuerzos de Hooke.

Las tensiones de trabajo no deben sobrepasar las tensiones admisibles.

El acero y el Concreto alcanzan sus esfuerzos admisibles al mismo tiempo.

Esta teoría trabaja en un rango elástico, es decir, en un rango donde su comportamiento de deformación es lineal, por tanto, los factores de esfuerzo último del concreto y del acero deben estar en ese rango. Los esfuerzos admisibles y con el cual se debe diseñar, son una parte del esfuerzo real del material.

2.2.6.2 Teoría de Rotura

El diseño por rotura se fundamenta en la predicción de la carga que ocasiona la falla del elemento en estudio y analiza el modo de colapso del mismo. En pruebas de laboratorio se ha podido comprobar que es posible predecir estas cargas con precisión suficiente. Este método toma en consideración el comportamiento inelástico del acero y el concreto, por lo tanto, se estima mejor la capacidad de carga de la pieza.

Su objetivo es realizar el cálculo partiendo de un concepto en el que sus materiales no alcancen su rango de rotura, es decir esta teoría asegura que el elemento no colapsará de manera instantánea, sino que irá presentando fisuras y deformaciones para así garantizar una posibilidad de evacuaciones antes que la estructura llegue a colapsar.

En la teoría de rotura no se calcularán esfuerzos, sino solicitudes que producirán el agotamiento del elemento a diseñar. Se asumen las siguientes hipótesis:

Las secciones planas permanecen planas antes y después de la aplicación de una carga sobre ésta, por lo que las deformaciones son proporcionales a la distancia de la fibra más alejada al eje neutro.

La adherencia entre el concreto y el acero es ideal.

El concreto es incapaz de resistir esfuerzos a tracción.

El agotamiento del elemento sucede cuando el concreto alcanza su deformación útil 0.003.

2.2.6.2.1 Ventajas del método de rotura:

Permite controlar el modo de falla de una estructura compleja considerando la resistencia última de las diversas partes del sistema. Algunos elementos se diseñan con menor margen de seguridad que otros para inducir su falla primero.

Permite obtener un diseño más eficiente, considerando la distribución de esfuerzos que se presentan dentro del rango inelástico.

Este método permite evaluar la ductilidad de la estructura.

Permite utilizar diferentes coeficientes de seguridad dependiendo del tipo de carga.

2.2.6.2.2 Desventajas del método de rotura

Sólo se basa en criterios de resistencia. Sin embargo, es necesario garantizar que las condiciones de servicio sean óptimas, es decir, que no se presentan deflexiones excesivas, ni agrandamiento crítico. Con la mejora en la calidad del concreto y la obtención de secciones cada vez menores se tiende a perder rigidez e incrementar las deflexiones y el ancho de fisuras. Por ello es conveniente usar este método en combinación con otros procedimientos para verificar el adecuado comportamiento de las piezas bajo cargas de servicio.

2.2.7 Criterio de armado para losas armadas en una dirección

Antes de proceder con el diseño de losas armadas en una dirección, sea nervada o maciza, se debe establecer el sentido del armado. Para esto existen distintos criterios que hay que tomar en cuenta para un correcto armado puesto que las cargas se distribuyen respecto a los ejes X e Y en función de las luces.

Cuando la losa está apoyada en dos extremos paralelos y sus otros dos extremos libres, el armado se debe realizar exclusivamente perpendicular a los apoyos puesto que la deflexión en la viga solo podrá ocurrir en esa dirección, por lo tanto y por obligación la losa se armará en el sentido de la flexión. (Ver figura 6)

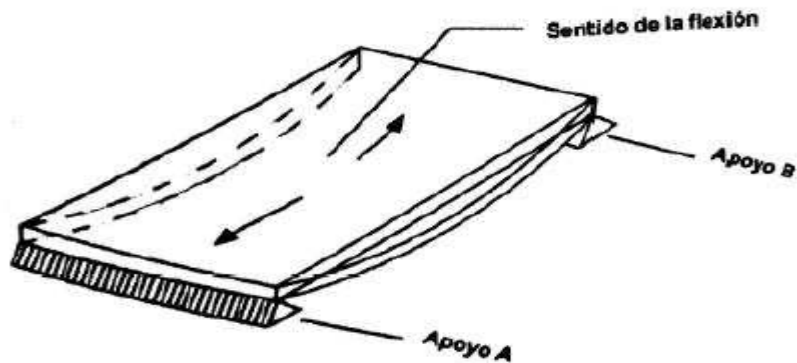


Figura 6: Sentido de flexión en losas apoyadas en dos extremos paralelos

Fuente: Sísmica Adiestramiento, 2020

Si la losa está apoyada en todos sus extremos puede ocurrir, dependiendo de las relaciones de las luces, que la losa necesite ser armada en una dirección o dos direcciones y esto por la distribución de la carga que se apoya en los ejes X e Y. Se establece que una losa puede armarse en una dirección cuando la relación de luces sea mayor a 2, es decir que la luz mayor sea dos veces mayor a la luz menor, lo que es L_M/L_m , siendo L_M la luz mayor, puesto que al ser la mayor luz muy superior a la menor, la carga se distribuirá en gran parte en la luz menor, a continuación se explica la distribución de cargas en función de las luces y del porque se asume el armado en una dirección. . (Ver figura 7)

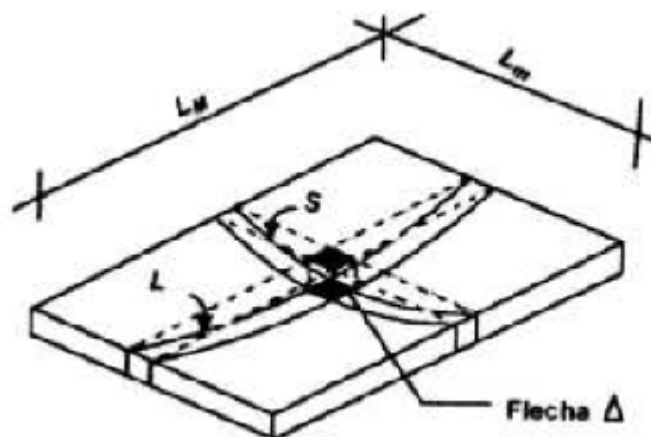


Figura 7: Relación de luces y deflexiones en losas.

Fuente: Sísmica Adiestramiento,2020

Asumiendo que se tiene una losa apoyada en sus cuatro extremos, se podría asumir que esta losa está articulada en todos sus extremos, por lo tanto, se podría

$$x = \frac{5}{384} \left(\frac{qx}{E} \frac{Lx^4}{I} \right); \quad y = \frac{5}{384} \left(\frac{qy}{E} \frac{Ly^4}{I} \right) \quad \text{Ecuación (3)}$$

$\frac{Lx^4}{I} = \frac{Ly^4}{I}$; siempre y cuando las luces sean iguales, la distribución de cargas será igual, pero, siendo una luz dos veces mayor a otra sucede lo siguiente:

Para $Lx = 2Ly$:

$$qx \frac{Lx^4}{I} = qy \frac{16Ly^4}{I} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Por lo que podríamos concluir que $\frac{Lx}{Ly} = 0.06$, por lo tanto, se puede decir que cerca del 94% de la carga se distribuye en el sentido más corto por lo que se debe armar en la dirección de la luz más grande.

En el caso del armado de las losas nervadas, aunque estas estén apoyadas en todos sus extremos, el armado se definirá en el sentido que se decida el sentido de los nervios, puesto que en el sentido opuesto a la dirección de los nervios no posee rigidez.

2.2.8 Cargas

2.2.8.1 Cargas Permanentes y Sobrecargas

Las cargas que se deben soportar los sistemas de entrepiso se suelen dividir en cargas muertas o permanentes y cargas vivas o sobrecargas. Las cargas muertas son aquellas que tienen carácter de permanencia y en general corresponden a peso propio y en general corresponden al peso propio de la losa o placa, paredes, piso y friso, en cambio las cargas vivas o sobrecargas son aquellas cargas de ocupación, las cuales dependen del uso a que están destinadas la edificación. Vivienda, oficina, entre otras y su magnitud viene especificada por las normas, cuyos valores provienen de estudios estadísticos e idealizadas normalmente con cargas

uniformemente distribuidas y eventualmente como cargas concentradas para efectos de chequeo,

A continuación, se presenta el peso propio de la losa nervada en una dirección para diferentes dimensiones, considerando la loseta superior de 5 cm, un peso específico de poliestireno de 15 kg/m³ y el peso del bloque de 7,6, 8,4 y 9,6 Kg/bloque para bloques de 15,20 y 25 cm de altura, este peso incluye nervio, loseta y relleno (Variable en tabla anexa) y en el caso de techos se sustituye peso del piso por impermeabilización más pendiente (aproximadamente 80 kg/cm²) y se eliminan las paredes (Ver tabla 2).

Tabla 2: Peso propio de losas nervadas en una dirección

Losa Nervada	Espesor total (cm)	Peso (kg/m ²)
Armadas en una dirección	20	270
	25	315
	30	360
	35	415

Fuente: COVENIN MINDUR 2002-88

Igualmente, se señalan los valores de pesos establecidos en las Normas venezolana Acciones mínimas para proyectos de Edificaciones COVENIN 2002-88 2,5 m frisado por ambas caras con mortero de cal en tabiques de bloques de arcilla, concreto, ladrillos (Ver Tabla 3).

Tabla 3: Sobrecargas en tabiques y paredes de mampostería

Material	Espesor	(kg/m ²)
Bloque de arcilla	10	180
	15	230
	20	280
Bloque de concreto	10	210
	15	270
	20	330
Ladrillos	12	280
	25	520

Fuente: COVENIN MINDUR 2002-88

Así mismo se detallan las mínimas cargas distribuidas variables sobre entresijos (Ver tabla 4)

Tabla 4: Mínimas cargas distribuidas variables sobre entresijos (Kgf/m²)

USOS DE LA EDIFICACION	AMBIENTES													TECHOS		
	A. AREAS PUBLICAS pasillos, comedores, y estancias, salas de estar	B. AREAS PRIVADAS oficinas, aulas, quirófanos, cocinas, lavanderías, servicios y mantenimiento (1)	C. AREAS CON ASIENTOS FIJOS	D. AREAS CON ASIENTOS MÓVILES, SALONES DE FIESTA	E. AZÓTEAS O TERRAZAS (2) y (3)	F. BALCONES con L>1.20 (3) y (4)	G. BIBLIOTECAS, ARCHIVOS Y SIMILARES	H. ESCALERAS Y ESCALERAS DE ESCAPE (3)	I. ESCENARIOS PLATAFORMAS Y ZONAS DE EXPOSICIONES	J. ESTACIONAMIENTOS	K. HABITACIONES: PASILLO INTERNO, CAMERINOS, VESTIARIOS, ESTUDIOS DE RADIO Y TV, CELDAS	L. AREAS CON CARGAS LIVIANAS DE MAQUINAS	M. AREAS CON CARGAS MEDIANAS DE MAQUINAS	N. DEPOSITOS EN GENERAL	CP ≤50 kgf/m ²	CP >50 kgf/m ²
1. VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y MULTIFAMILIARES	300			500	100	300		300		(6)	175					
HOTELES, MOTEL, CLUBES	300	300	400	500	100	300	(5)	500	500	(6)	175	600	1200	(8y9)		
2. EDIFICACIONES EDUCACIONALES ESCUELAS, LICIOS, UNIVERSIDADES, INSTITUTOS TECNICOS Y SIMILARES	400	300	400	500	100	300	(5)	500	500	(6)	175	600		(8)		
3. LUGARES DE CONCENTRACION PUBLICA: TEATROS, CINES, RESTAURANTES, LUGARES DE CULTO, MUSEOS, BIBLIOTECAS, ESTUDIOS, TRIBUNAS, GIMNASIO, ETC	500	300	400	500	100	300	(5)	500	750	(6)	175	600		(8y9)		
4. EDIFICACIONES INSTITUCIONALES: MEDICO ASISTENCIA LES, CUARTELES CARCELES, CONVENTOS Y MONASTE- RIOS, MINISTERIOS	300	250	400	500	100	300	(5)	500	500	(6)	175	600	1200	(8y9)		
5. EDIFICACIONES COMERCIALES: ALMACENES COMERCIALES, TIENDAS, SUPERMERCADOS, LOCALES, OFICINAS Y BANCOS	300	250	400	500	100	300	(5)	500	500	(6)	175	600		(8y9)		
6. EDIFICACIONES PARA TRANSPORTE Y DEPOSITOS ESTACIONAMIENTOS, DEPOSITOS DE MERCANCIA LIVIANA, FRIGORIFICOS, MORGUE	500	300	400	500	100	300	(5)	500		(6)	175	600		(8y9)		
7. EDIFICACIONES INDUSTRIALES: TALLERES, IMPRENTAS ESTUDIOS DE RADIO, CINE Y TV	500	300	400	500	100	300	(5)	500	750	(6)	175	600	1200	(8)		
8. CONSTRUCCIONES VARIAS: HELIPUERTOS (11), PUENTES PEATONALES, TERMINALES DE PASAJEROS	500	300	400	500	100	300	(5)	500		(6)	175	600		(8)		

NOTAS:

GENERAL: Aquellos renglones que no tengan valores establecidos, podrán asimilarse a casos semejantes.

- Oficinas: 250 kgf/m². Aulas, Quirófanos y Laboratorios: 300 kgf/m². Cocinas, Servicios, etc.: 400 kgf/m².
- La que corresponda a su uso, pero no menor de 100 kgf/m².
- Para barandas, pasamanos y antepechos, véase la sección 5.3.4.
- Para balcones con l ≤ 1.20 m. se aplica la nota (2). Independientemente del valor de l, se aplicará en el extremo del volado una carga lineal de 150 kgf/m.
- Salas de lectura: 300 kgf/m². Salas de archivo: Según ocupación y equipos, pero no menor de 500 kgf/m². Zona de estanterías con libros: 250 kgf/m² por cada m. de altura, pero no menor de 700 kgf/m². Depósitos de libros, véase nota 8.
- Para vehículos de pasajeros: 250 kgf/m² y además se verificará para una carga concentrada de 900 kgf distribuida sobre un cuadrado de 15 cm de lado y colocada en el punto más desfavorable. Para autobuses y camiones: 1000 kgf/m² y además se verificará para una carga concentrada igual a la carga máxima por rueda distribuida en un cuadrado de 15 cm de lado. Véase la Sección 5.2.5.
- Según especificaciones particulares. Para piso de sala de máquinas de ascensores: 2000 kgf/m², incluyendo el impacto.
- Según especificaciones particulares, pero no menor de 250 kgf/m² por metro de altura del depósito; véase Tabla 4.2. Depósito de libros apilados y estanterías sobre rieles: 1100 kgf/m² por cada m de altura.
- Frigoríficos: según especificaciones particulares, pero no menor de 1500 kgf/m². Morgue: 600 kgf/m².
- Las correas deberán verificarse también para una carga concentrada de 80 kgf/m² ubicada en la posición más desfavorable.
- Según las características de los equipos.

Fuente: COVENIN MINDUR 2002-88

2.2.8.2 Análisis de carga

Se entiende por “análisis de carga” la movilización de la carga a lo largo de toda la viga o losa de tal manera que produzca los valores máximos de corte y momento. La colocación de la sobrecarga en los lugares críticos se realiza por tramo y su posición se obtiene por medio del concepto de línea de influencia. Una vez realizado el análisis de carga se obtiene una envolvente con todos los valores máximos en los tramos y apoyos, para luego proceder al diseño. Las normas permiten el uso de valores aproximados de Momentos flectores y fuerzas de corte en el diseño de vigas y losas continuas en lugar de un método más exacto de análisis siempre y cuando se satisfagan las siguientes condiciones:

- a) El número de tramos es mayor o igual a dos
- b) Las luces son aproximadamente iguales sin que la luz mayor de dos tramos adyacentes exceda en más del 20 % a la menor.
- c) Las cargas están uniformemente distribuidas
- d) La carga viva no excede de tres veces la carga permanente.

Seguidamente se destaca el método aproximado para el cálculo de solicitaciones y para el cálculo de los momentos negativos, l_n se toma como el promedio de las luces de los tramos adyacentes (Ver Figura 8)

Donde:

l_n : es la longitud libre medida entre las caras de los apoyos

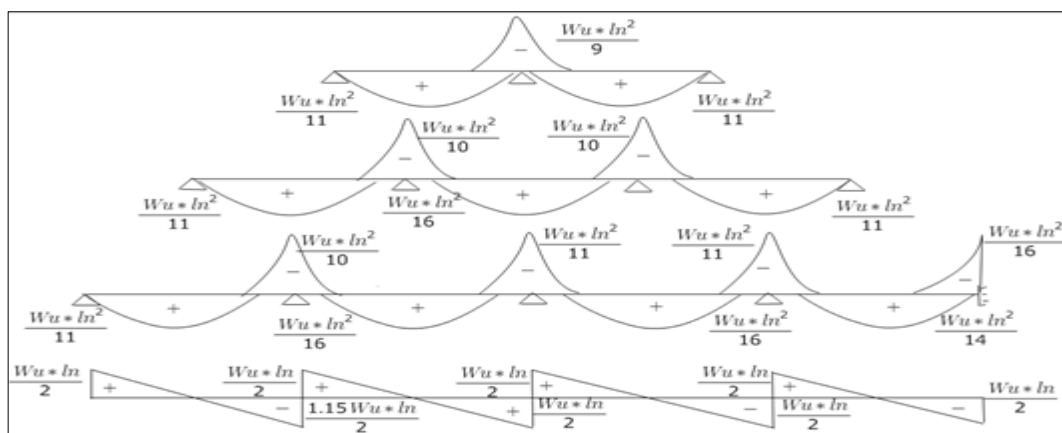
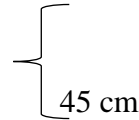


Figura 8: Método aproximado para el cálculo de solicitaciones

Fuente: Barboza y Delgado, 2014

2.2.8.3 Refuerzo mínimo, separaciones y disposiciones

En muros y placas (con excepción de losas y placas nervadas) la separación para el refuerzo principal no será mayor de tres veces el espesor del muro, losa o placa ni más de 45 cm.



Para contrarrestar los esfuerzos de retracción y temperatura en losa de entrepiso y techo armadas en una sola dirección, se proporcionará una armadura de repartición perpendicular a la principal.

La relación del área de armadura de retracción y temperatura respecto al área de la sección total de concreto no será menor 0.0014 de los valores siguientes:

En losas donde se empleen barras corrugadas de $f_y=2800 \text{ kg/cm}^2$ será 0.0020

En losas donde se empleen barras corrugadas p malla de alambre soldada (lisa o corrugada) con $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$ será 0.0018.

En losas donde se utiliza refuerzo cuyo f_y sea mayor que 4200 Kg/cm^2
$$\frac{0.0018 \times 4200}{f_y}$$

El refuerzo por retracción y temperatura se colocará con una separación que no excederá de 45 cm ni de 5 veces el espesor de la losa

Para la disposición del acero de las losas, es opcional doblar las barras o conservarlas rectas, porque al doblar se economiza acero, pero aumenta el costo de la mano de obra.

En la disposición con barras rectas es usual llevar la totalidad del acero positivo hasta los apoyos y penetrarlo 15 cm a partir de la cara interna de la viga y llevar la totalidad del acero negativo hasta más allá del punto de inflexión una distancia d , $12db$, $L_n/16$ lo que sea mayor, siendo:

d : altura de la losa

db : diámetro de la barra mayor

L : Luz libre

2.2.8.4 Dimensiones mínimas de la losa nervada

Los entrepisos nervados consisten en una combinación monolítica de nervios separados regularmente armados en una o dos direcciones y una loseta superior (Ver figura 9)

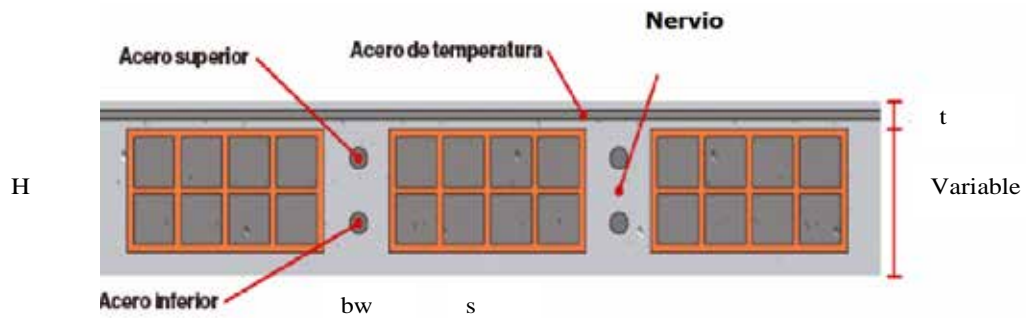


Figura 9: Losa Nervada en una dirección

Fuente: Instituto CAPECO, Lima Perú 2019

Donde:

bw: Ancho nervio

S: separación entre nervios

Ahora bien, si la loseta contiene ductos o tuberías, el espesor de la misma en cualquier punto será por los menos 2,5 cm mayor que el diámetro o la altura total de los conductos o tuberías.

Para la escogencia del espesor de la losa, se suele recurrir a la Tabla 4 extraída de la norma ACI 318-19, ahora bien, se podrán tomar valores menores que los especificados por la Tabla 4, pero entonces debe calcularse la flecha máxima en la losa para garantizar que no excedan los valores permisibles.

Si la losa posee varios tramos, se calcula el espesor o altura por tramo y se escoge el mayor con la finalidad de tener un espesor para toda la losa. Al momento de dimensionar una losa se debe asegurar que la deflexión en ella causada por las cargas no causen una falla por deflexión sobre esta, por lo tanto, mediante unos

parámetros y flechas máximas admisibles que establece la norma se determina una altura mínima que garantice el correcto comportamiento de la losa ante estas cargas.

El documento técnico ACI 318-19 facilita, en el capítulo 9, especifica una tabla que proporciona una altura efectiva mínima en función al tipo de apoyo en el que se encuentra una losa, de modo que no se requiera el chequeo de flechas. Estos valores son factibles siempre y cuando el peso del concreto sea de 2500 kg/m^3 y la resistencia del acero sea de 4200 kg/cm^2 . (Ver tabla 5).

Tabla 5: Espesores mínimos de losas y vigas para el control de flechas.

	Miembros que no soportan ni están unidos a componentes no estructurales susceptibles de ser dañados por grandes flechas			
	Simplemente apoyado	Un extremo continuo	Ambos extremos continuos	Voladizo
Vigas o Losas con nervios en una sola dirección	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Fuente: ACI 318-19

2.2.8.5 Diseño de Corte para Losas Nervadas Armadas en una Dirección

La Norma ACI 318-19 especifica que la resistencia al corte la resistencia cortante en una dirección Artículo 22.5, donde la fuerza cortante es resistida por la capacidad al corte del concreto más los estribos, en losas nervadas sería antieconómico colocar estribos, por lo cual se acostumbra a resistir esta sollicitación con el solo aporte del concreto.

$$V_u \leq V_n \quad \text{Ecuación (5)}$$

$$V_u \leq 1.10 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

: Es la mayor fuerza cortante presente en la losa nervada.

: Es la resistencia máxima del concreto.

: Es el ancho del nervio de la losa.

: Es la altura efectiva de la losa nervada.

Araque y Hazkour (2014) nos indican que “de no cumplir esta condición se debe colocar un macizado en la conexión de las vigas con las losas nervadas puesto que esta es el área donde rige la fuerza cortante, si bien la condición podría cumplir, la especifica en el artículo 8.10 que las losas nervadas deben tener como mínimo unos 10 cm de macizado. Para el cálculo del macizado se proponen las siguientes ecuaciones:”

$$X \text{ ampliación} = \frac{Vu \quad Vn}{qu} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

: Es la longitud total del macizado, medido desde el eje de la viga donde se apoya la losa.

: Es la mayor fuerza de corte que actúa en la losa.

: Es la fuerza cortante teórica.

: Es la carga distribuida mayorada.

$$L_{\text{macizado}} = X_{\text{macizado}} \frac{bviga}{2} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

: Es la longitud de macizado medido desde la cara de la columna hasta el final de la longitud total del macizado.

Es el ancho de la viga donde se apoya la losa. (Ver figura 10)

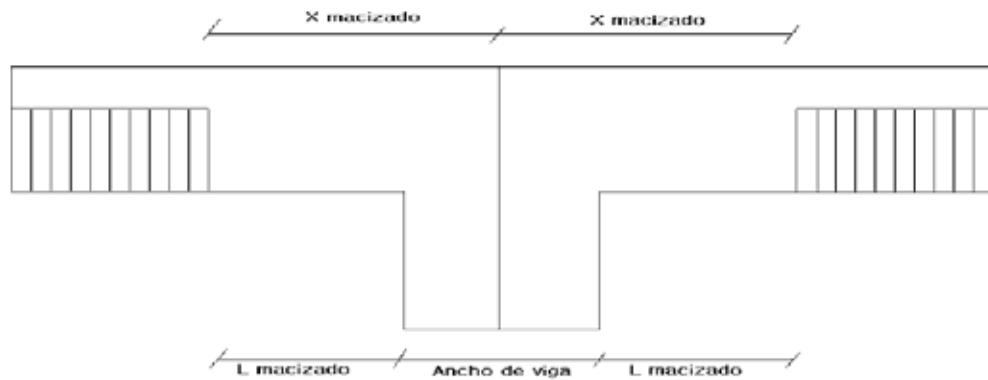


Figura 10: Ejemplo de macizado y sus dimensiones.

Fuente: Estrada, Pedro (2005).

2.2.9. Diseño por Flexión para Losas Nervadas Armadas en Una Dirección

Al igual que las losas macizas, el diseño a flexión de las losas nervadas en una dirección debe cumplir con el parámetro:

$$M_u \leq 0.90 A_s f_u F_y d \quad \text{Ecuación (9)}$$

En la misma forma Araque y Hazkour (2014) añaden “por lo general las losas nervadas requieren muy poca área de acero y el cálculo de este puede resultar muy inferior al mínimo que se establece en la norma, de suceder esto, se puede tomar un área de acero igual a $4/3$ el área de acero calculada con el fin de no utilizar una gran cantidad de acero excedente y de esta forma ahorrar el material.” En relación a lo anterior también añaden “Es importante especificar que tanto en momentos negativos como en momentos positivos, el área de acero debe ser colocada en el ancho del nervio, esto para tener un parámetro general de diseño y colocación de acero sobre el nervio únicamente, además, la flexión que podría actuar sobre la loseta no sería suficiente para causar una fractura en esta, sin embargo, podría colocarse acero mínimo estipulado por la norma o mallas Truckson como acero de refuerzo en las losetas como factores de seguridad pero causando la relevación del presupuesto”.

2.2.10 Factores de seguridad

Se definen dos tipos de factor de seguridad en las estructuras de concreto armado:

Factor de seguridad en cargas aplicadas.

Factor de seguridad en la resistencia del miembro estructural.

2.2.10.1 Factor de Seguridad en las Cargas Aplicadas

De acuerdo con Pérez (2018) “las solicitaciones sobre la estructura, sus miembros y nodos para el estado límite de agotamiento resistente, U , se determinarán con base en las hipótesis de solicitaciones que producen el efecto más desfavorable, el cual puede ocurrir cuando una o más solicitaciones están actuando simultáneamente”. (Ver figura 11).

Combinación de carga	Ecuación	Carga primaria
$U = 1.4D$	(5.3.1a)	D
$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$	(5.3.1b)	L
$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (1.0L \text{ o } 0.5W)$	(5.3.1c)	$L_r \text{ o } S \text{ o } R$
$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$	(5.3.1d)	W
$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$	(5.3.1e)	E
$U = 0.9D + 1.0W$	(5.3.1f)	W
$U = 0.9D + 1.0E$	(5.3.1g)	E

Figura 11: Combinaciones de solicitaciones estado límite de agotamiento resistente.

Fuente: ACI 318-19

2.2.10.2 Factor de Seguridad de Reducción de Resistencia Estructural ()

Pérez (2018) indica que “simultáneamente a la aplicación de las cargas de servicio, el código propone la reducción de la resistencia teórica de los elementos de concreto armado como un medio para incrementar el factor de seguridad de diseño.”

Luego establece que “La resistencia teórica o nominal de una pieza es la determinada haciendo uso de los principios presentados en el código del ACI 318-

19. La naturaleza misma del concreto armado y fundamentalmente su procedimiento constructivo generan que la resistencia calculada en el papel, no sea igual a la verificada en la realidad. Los factores de reducción de resistencia indican la fracción de la resistencia nominal que está disponible en un elemento determinado con una cierta certeza probabilística.”

En relación con lo anterior señala que “el código del ACI aprovecha el uso de los factores de resistencia no solo para tomar en consideración las posibles imperfecciones constructivas del concreto, sino que además los usa para incrementar los factores de seguridad en piezas sometidas a determinadas sollicitaciones, ya sea por su tipo de falla o por la importancia de estos elementos dentro del conjunto estructural total” (Ver Figura 12).

Acción o Elemento Estructural		ϕ	Excepciones
(a)	Momento, fuerza axial o momento y fuerza axial combinados	0.65 a 0.90 de acuerdo con 21.2.2	Cerca de los extremos de miembros pretensados donde los torones no se han desarrollado totalmente, ϕ debe cumplir con 21.2.3.
(b)	Cortante	0.75	Se presentan requisitos adicionales en 21.2.4 para estructuras diseñadas para resistir efectos sísmicos.
(c)	Torsión	0.75	—
(d)	Aplastamiento	0.65	—
(e)	Zonas de anclajes de postensado	0.85	—
(f)	Cartelas y ménsulas	0.75	—
(g)	Puntales, tensores, zonas nodales y áreas de apoyo diseñadas de acuerdo con el método puntal-tensor del Capítulo 23	0.75	—
(h)	Componentes de conexiones de miembros prefabricados controlados por fluencia de los elementos de acero a tracción	0.90	—
(i)	Elementos de concreto simple	0.60	—
(j)	Anclajes en elementos de concreto	0.45 a 0.75 de acuerdo con el Capítulo 17	—

Figura 12:Factores de minoración de la resistencia teórica .

Fuente: ACI 318-19

2.2.11 Adherencia y Anclaje

Araque y Hazkour (2014) señalan que “en estructuras de concreto armado debe existir perfecta adherencia entre el acero y el concreto para que los esfuerzos que suceden en la sección de concreto se transmitan al acero de manera que las deformaciones sean idénticas para ambos materiales”.

Asimismo, añade “si entre ambos materiales no existiera perfecta adherencia, los esfuerzos por flexión que se aplican en el concreto no pudiesen ser transmitidos al acero causando de esta manera que el concreto se fracture ante mínimas fuerzas flexionantes, aunque el elemento fuera diseñado de manera correcta. Actualmente por esta razón, las cabillas de acero deben ser estriadas ya que facilitan la adherencia y aumenta la fricción entre ambos materiales. Para el control de fallas por adherencia en los elementos estructurales se calcula una longitud de desarrollo que se requiere para que exista dicha adherencia.”

Siguiendo la idea anterior indican que “dicha longitud llamada longitud de desarrollo es la longitud necesaria para que no ocurra una falla por adherencia. Estas fallas suceden por fuerzas traccionantes que buscan o logran separar el acero de refuerzo del concreto, dependiendo de la magnitud de las fuerzas pueden ocurrir 2 tipos de fallas. La primera falla sucede al romperse la adhesión entre el acero y el concreto ocasionando que se deslice la barra y causando que el concreto se fracture longitudinalmente.”. También agregan que “la segunda falla sucede en mayores casos con barras de diámetros pequeños, en este caso, la fuerza de tracción es tal que logra extraer la barra sin causar fracturas en el concreto, pero extrayendo parte del material entre las corrugaciones del acero”. (Ver figura 13).

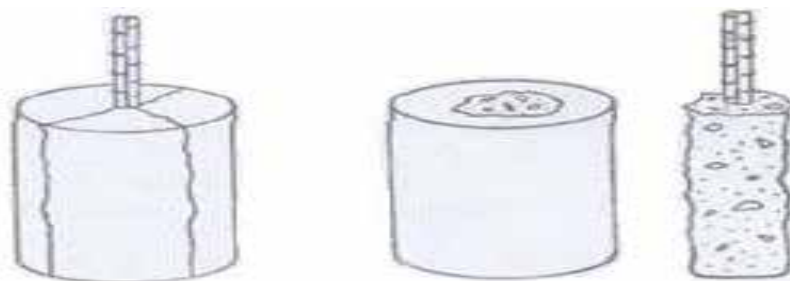


Figura 13:Tipos de falla por adherencia.

Fuente: Estrada, Pedro (2005).

2.2.12 Gráfica

Es un tipo de representación de datos, generalmente cuantitativos, mediante recursos visuales (líneas, vectores, superficies o símbolos), para que se manifieste visualmente la relación matemática o correlación estadística que guardan entre sí.

2.2.12.1. Partes de una gráfica:

- Título, en la parte superior en minúsculas, eje y descriptivo del contenido
- Las líneas de tendencia uniendo los puntos que representan datos, trazadas con el espesor más grueso de los empleados para la gráfica
- Pueden usarse diferentes tipos de línea y combinaciones de trazos, o colores diferentes; en este caso incluir en la gráfica una leyenda explicativa de lo que representa cada trazo o color.
- El eje horizontal (X) es el eje independiente, donde se representarán los datos con valores constantes para todas las pruebas.
- El eje vertical (Y), representa las variaciones a evidenciar mediante la gráfica.
- La escala puede ser continua o discontinua (para concentrar en un espacio/tiempo menor los datos visualizados), pero siempre empezará desde cero, se leerá desde abajo y se construirá con números enteros.
- El texto de las escalas debe leerse desde abajo o desde la derecha de la gráfica, y contendrá las unidades de medida.
- Los marcadores (círculos, cuadrados, triángulos, ennegrecidos o huecos) se emplean para mostrar datos concretos con mayor interés.

2.2.12.2 Tipos de graficas

Entre los tipos de gráfica podemos mencionar de barras, Líneas, Semilogarítmica. Tortas, Dispersión, Organigramas, Flujogramas y de Graff

2.2.13 Nomografía

Es el cálculo de un valor, o de varios valores, de una función determinada, mediante el uso de las gráficas.

2.2.13.1 Nomograma: Un nomograma, ábaco o nomógrafo es un gráfico para resolver una ecuación, mediante una representación que permite realizar con rapidez cálculos numéricos, es un instrumento gráfico de cálculo, un diagrama

bidimensional que permite el cómputo gráfico y aproximado de una función de cualquier número de variables, en su concepción más general, el nomograma representa simultáneamente el conjunto de las ecuaciones que definen determinado problema y el rango total de sus soluciones.

Ahora bien, el nomograma contiene la representación gráfica de una ecuación de varias variables, estos elementos serán puntos o líneas, rectas o curvas, según los casos. Dados los valores de todas las variables menos una, el de esta última puede encontrarse por medio de algún recurso geométrico inmediato (que generalmente es el trazado de otra línea que pasa por ese punto) es decir Este tipo de gráfica relaciona un conjunto de variables de entre dos a tres, o más variables implicadas en el fenómeno.

2.2.13.2 Ventajas de los Nomogramas

Permiten realizar con rapidez cálculos numéricos aproximados.

Diagrama bidimensional que permite el cómputo gráfico (aproximado) de una función de cualquier número de variables.

Combina diagramas que representan una ecuación mediante una combinación de escalas.

Su principal aplicación es para obtener valores muy aproximados sin necesidad de realizar cálculos.

Se emplean los nomogramas para resolver una ecuación con tres variables.

En ocasiones se combinan dos gráficas, o incluso más de tres variables.

Permite interpolación visual

2.2.13.3 Clases de nomogramas

Los nomogramas se clasifican por distintos criterios, entre los cuales están los nomogramas cartesianos, nomogramas de puntos alineados y familia de ábacos.

Nomograma cartesiano: Tienen su origen en un conjunto de curvas de nivel, las cuales a su vez se originan en ecuaciones de la forma $z = f(x, y)$. En lugar de relacionar tres variables puede relacionar tres grupos de variables. Para su elaboración se realiza como si se estuviera encontrando curvas de nivel, en las cuales se asignan una serie de valores constantes a una variable, que para esta

situación tendrán la forma de $z = f(y)$. en la cual será constante z (Constante= $f(x,y)$).

Nomograma de puntos alineados: Este tipo de nomograma se encuentra establecido por tres o más tipos distintos de escalas, las cuales pueden ser rectas o curvilíneas y/o una combinación de ellas y se clasifican en: Escalas en N, Escalas concurrentes, Escalas proporcionales, Dos escalas rectas y una curva, En red, Circulares y Combinada

Familia de ábacos: Representación de una ecuación por infinitos ábacos, que van a depender de la forma que posee la ecuación esto va a definir el sistema representativo, así mismo de la clave geométrica que se deduce el valor a encontrar. Se dice que varios ábacos que poseen la misma forma de la ecuación y grado que los define, son de la misma familia de ábacos y este tiene como objetivo primordial escoger un ábaco que pueda resolver la ecuación, dando un valor que sea fácil de encontrar al realizar cualquier tipo de trazo (recta a 90° , líneas a 45°).

2.2.13.4 Uso de nomogramas

Al ser un nomograma, la representación gráfica de una ecuación de varias variables, ha de constar de tantos elementos gráficos, como variables tenga la ecuación. Estos elementos serán puntos o líneas, rectas o curvas, según los casos. Dados los valores de todas las variables menos una, el de esta última puede encontrarse por medio de algún recurso geométrico inmediato (que generalmente es el trazado de otra línea que pasa por ese punto). Por tanto, el nomograma de una ecuación de dos variables ($y = f(x)$) tendrá dos elementos gráficos, normalmente dos rectas graduadas, o escalas, dispuestas de tal modo que la determinación del valor de una de las variables (fijación de un punto de la línea) especifique el valor de la otra, la desconocida o función. El nomograma de una ecuación de tres variables ($z = f(x, y)$) consta normalmente de tres escalas y así sucesivamente.

2.2.14 Normativas de Diseño de Elementos de Concreto Armado

Nilson (2001) establece que “El diseño de estructuras de concreto se lleva a cabo generalmente dentro de un contexto de códigos que dan requisitos específicos para materiales, para el análisis estructural, para el dimensionamiento de elementos, etc. En la práctica estructural a menudo se encuentran circunstancias especiales

donde las disposiciones del Código sirven únicamente como guías y el ingeniero debe confiar en un firme entendimiento de los principios básicos de la mecánica estructural aplicada al concreto reforzado, y en un conocimiento profundo de la naturaleza de los materiales”.

2.2.14.1 Código ACI 318-19 “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural”

Pérez (2018) indica que “el código ACI no es en sí mismo un documento legalmente aplicable. Es meramente una serie de principios para la buena práctica del diseño de concreto reforzado. Sin embargo, está escrito en forma de código o ley de manera que diversos organismos de la administración pública puedan decidir fácilmente si lo incluyen en sus códigos locales de construcción y entonces pueda ser legalmente aplicable en esa comunidad. De esta manera, el código ACI ha sido votado como ley por innumerables organismos gubernamentales en Estados Unidos”.

Los reglamentos ACI son los documentos preparados por los comités del ACI, estos se redactan para ser utilizados por personas capacitadas y competentes que sepan identificar la relevancia y limitaciones en su contenido y recomendaciones, y quienes aceptan las responsabilidades inherentes a su uso. Los individuos que utilicen esta publicación asumen todo el riesgo y aceptan la totalidad de la responsabilidad de la aplicación y utilización de esta información.

Es de mucha importancia para la ejecución de proyectos, ya que conocer los requerimientos permitirá ajustar los detalles de forma precisa. Esta norma trata temas de vital importancia para la ejecución de estructuras y para sus diseños, ya que pueden contemplarse asuntos relacionados a los planos y sus especificaciones.

2.3 Definición de términos básicos

A continuación, se definen los términos relevantes que dan fundamentos teóricos al presente trabajo de grado

Adherencia: Es la resistencia a deslizarse entre el concreto y las varillas.

Carga Variable: Es la carga que se encuentra presente en la estructura pero que no realiza ninguna función estructural, en otras palabras, son las cargas que se apoyan sobre las estructuras.

Columna: Es un soporte vertical de gran altura respecto a su sección transversal. Estos soportan fuerzas de compresión y flexión, asimismo son los encargados de transmitir todas las cargas de la estructura a la cimentación.

Ductilidad: Es una propiedad de algunos materiales los cuales, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse plásticamente de manera sostenible sin romperse.

Flecha: Es la deformación que sufre el elemento estructural sometido a flexión.

Flexión: Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal

Fluencia: La fluencia es la deformación irre recuperable de la probeta, a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.

Gráfico: Es un tipo de representación de datos, generalmente numéricos, mediante recursos visuales para que se manifieste visualmente la relación matemática o correlación estadística que guardan entre sí.

Malla Electrosoldada: También llamada Malla Truckson, son productos fabricados con alambres de acero de alta resistencia con resaltes superficiales, dispuestos en forma perpendicular entre sí formando cuadrículas,

Momento flector: Es un momento resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal, el cual es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.

Nomograma: Es un instrumento gráfico de cálculo, un diagrama bidimensional que permite el cómputo gráfico y aproximado de una función de cualquier número de variables.

Peso Propio: Es la carga propia de la estructura, estas son, el peso de los elementos y los acabados mismos.

Viga: Es un miembro estructural utilizado principalmente para resistir momentos de flexión, momentos de torsión y fuerza cortante.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

“El marco metodológico tiene por fin fijar en el lenguaje de investigación los métodos e instrumentos que serán utilizados en la presente investigación como partiendo de la localización referente al tipo de estudio y al diseño de investigación; la población, muestra, instrumentos y técnicas de recolección de datos, la medición hasta la codificación, análisis y presentación de datos.” Balestrini (2006).

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación describe a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios.

Es la manera con la cual podemos obtener algún resultado de forma clara y exacta, es necesario explicar y aplicar el tipo de investigación, esta tiene una serie de pasos para alcanzar el objetivo señalado o llegar a la información requerida. La que se utilizará en la presente investigación es de tipo proyecto factible y están dirigidos, según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2016), donde en su Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales, explica esta modalidad investigativa como: “La investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.” (p.13).

Por lo tanto, la propuesta de elaboración tanto de gráficas como de nomogramas para el diseño de losas nervadas de concreto se considera de tipo proyecto factible ya que coincide con la finalidad de la investigación.

3.2 Diseño de la Investigación

Definiendo “El diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado” (Arias, 2012, p.

27), se considera la presente investigación como documental debido a la ampliación de conocimiento por medio de la recolección y análisis de trabajos previos que sean competentes en el área estructural, para lograr el objetivo de esta investigación el cual es elaborar gráficas y nomogramas las cuales serán de utilidad en el área.

El Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2016), expresa:

Se entiende por Investigación Documental, el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del autor. (p.12)

En conclusión, la propuesta de la elaboración de gráficas y nomogramas para el diseño de losas nervadas de concreto se realizó al analizar, comprender y realizar la información y los métodos existentes para el cálculo de las mismas.

3.3 Nivel de la investigación

Arias (2012) escribe “El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p.23), debido a esto se considera la presente investigación dentro de los parámetros de una investigación descriptiva. De acuerdo con Sánchez y Reyes (2015) “La investigación descriptiva tiene como objetivo la descripción de los fenómenos a investigar, tal como es y cómo se manifiesta en el momento (presente) de realizarse el estudio y utiliza la observación como método descriptivo, buscando especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos”.

Con relación al nivel de investigación la misma se encuentra situada dentro de los parámetros de la investigación descriptiva, ya que hace posible llevar a cabo una conveniente percepción del comportamiento de los distintos procesos de una

manera detallada, estableciendo las distintas etapas de una manera distintiva y determinando los diferentes componentes que lo forman.

3.4 Población y Muestra

Una población está determinada por sus características definitorias. Por lo tanto, el conjunto de elementos que posea esta característica se denomina población o universo. Según Tamayo (1993) "La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común, la que se estudia y da origen a los datos de la investigación". La población estaría por el número de tipo de losas a evaluar en esta investigación por lo tanto la población es igual a 1.

Cuando seleccionamos algunos elementos con la intención de averiguar algo sobre una población determinada, nos referimos a este grupo de elementos como muestra. Según Arias (2012) "Una muestra debe ser definida en base de la población determinada, y las conclusiones que se obtengan de dicha muestra solo podrán referirse a la población en referencia". La muestra en esta investigación es de carácter censal, lo que da a entender que se tomó la totalidad de la población o universo de estudio como muestra, la cual de igual forma su valor es 1.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

López (2013) señala que "las técnicas son las diversas maneras de obtener la información, mientras que los instrumentos son las herramientas que se utilizan para la recolección, almacenamiento y procesamiento de la información recogida" asimismo Hurtado (2010) plantea "los instrumentos representan las herramientas con la cual se va a recoger, filtrar y codificar la información, es decir, con la que será realizada". A partir de esto, se consideran como técnicas, y sus instrumentos, aplicadas en la investigación los siguientes:

Análisis documental: El cual se basa en el análisis del contenido de los documentos de obras en el área de estudio, así como también de documentos de importancia que sirvan de sustento para determinar la solución más factible al problema. Sus instrumentos son fichas, computadora y sus unidades de almacenaje.

Análisis de contenido: Está referido a la estructuración, organización, transcripción y análisis de los documentos y datos obtenidos para documentar correctamente el proceso. Sus instrumentos son cuadro de registro y clasificación de las categorías

En resumen, la recolección de datos y el análisis de contenido y documental son las principales técnicas que se utilizaron en la investigación a través de los instrumentos requeridos.

3.6 Fases metodológicas

La dirección y el procedimiento que se debe ejecutar para el cumplimiento de los objetivos específicos previamente planteados en la presente investigación se consideran fases metodológicas las cuales son:

Fase I. Diagnosticar de la situación actual de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19.

En primer lugar, fue necesario establecer los parámetros de diagnóstico y evaluación del área en estudio. Esta fase comprendió en el diagnóstico de la información, es decir, la formulación, descripción y delimitación del problema a resolver, determinando las causas del problema y, además, delimitantes de las posibles soluciones a plantear. Entre las actividades necesarias en la Fase I se encuentra: Analizar los distintos métodos existentes para el diseño de losas nervadas de concreto donde se aplique la norma ACI 318-19.

Fase II. Especificar los lineamientos técnicos de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19.

Consultando distintas fuentes de información tales como normas, guías de diseño, entre otras, se determinarán los lineamientos técnicos a seguir para diseñar losas nervadas de concreto.

Fase III. Construir gráficas y nomogramas para el diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19.

Para llevar a cabo esta fase de la investigación, se precisó de la creación de hojas de cálculo, las cuales son de sencilla manipulación y entendimiento; Al obtener la información general recolectada de la herramienta digital se inició la construcción de las gráficas y nomogramas.

Fase IV. Comprobar el diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales en ejercicios prácticos aplicando las gráficas y nomogramas desarrollados conforme a la norma ACI 318-19.

Para desarrollar esta fase se emplearon las gráficas y nomogramas en ejercicios prácticos de forma que se puedan de alguna manera examinar estas herramientas y además de comprobar los resultados adquiridos de manera gráfica con los resultados procedentes de cálculos manuales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la presente investigación ordenados de acuerdo a las fases establecidas en el capítulo anterior, siendo los mismos:

4.1 Fase I: Diagnosticar la situación actual de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19

La norma ACI 318 son los documentos preparados por los comités de la American Concrete Institute ACI 318 que contienen los Requisitos de Reglamento Para Concreto Estructural, relacionadas con el proyecto y la construcción de edificaciones en concreto armado, y comprende un compendio de definiciones y parámetros correlacionados entre sí, que permiten, con la adecuada interpretación y aplicación referente al diseño y detallado de los elementos resistentes de una edificación, siendo su última versión 318-14, después de cinco años de trabajo aparece la versión en español 318-19, mejorando los principales problemas que presentaba esta normativa que era la traducción oficial al español de este reglamento, considerando aspectos importantes como son la terminología, las unidades y la sintaxis del español, ya que las versiones anteriores no reflejaban el uso correcto de estas unidades.

Razón por la cual se desarrolló una instrucción para la conversión de unidades inglesas de pulgada y libra (antiguamente llamadas unidades inglesas) pero desde que Inglaterra se pasó a sistema métrico SI ya no tenía sentido llamarlas así y se designaron como unidades usuales en USA (evitando las siglas EE. UU que nadie de habla inglesa entiende como la sigla de los Estados Unidos). Con base a lo anterior se desarrolló un apéndice de conversión de unidades incluyendo todas las ecuaciones donde las conversiones no son homogéneas y a pesar que hubo varias sugerencias de que las traducciones oficiales deberían utilizar las antiguas Kg-fuerza y el cm como unidad básica de medida de dimensión, prevaleció el sentido común de utilizar el sistema métrico (SI), no obstante las traducciones se

enriquecieron con la inclusión de este apéndice que contenía todas las conversiones de las ecuaciones no homogéneas entre el sistema usual en los Estados Unidos, el Sistema de unidades métricas SI y el antiguo sistema métrico de Kg-Fuerza y cm (MKS).

Ahora bien, si nos referimos a la sintaxis del español, el hecho que el español tiene mucha concordancia de género y número, complica su traducción y sumado a los aspectos de imperativo y el futuro, muchas traducciones en español caen en una falsedad, así como el uso intensivo de las palabras “debe” y “puede” para traducir los giros del inglés de “hall” y “shall be permitted” enriquecen las traducciones realizadas. Es por ello que la nueva normativa se avocó a estudiar procedimiento para diseño cortante, muy debatido dentro del comité, inclusión de requisitos y criterios de refuerzo de pilote, muros delgados en ambientes sísmicos, una problemática presente en muchos países latinoamericanos y finalmente el análisis dinámico no lineal de concreto reforzado para la aplicación del ASCE 7-16, el TBI y el de los Ángeles Tall Building Desig Procedure.

En lo que respecta a la versión 2014 de la ACI reorganizó todo su contenido dejando capítulos particulares para los miembros estructurales, siendo el primero de ellos el **Capítulo 7** referente a “*Losas en una Dirección*”, las cuales mantienen su estructuración solo que se reforzaron y actualizaron ciertos contenidos, cabe destacar que las ediciones anteriores contenían provisiones para integridad estructural para vigas y para conexiones losa columna incluyendo requerimientos de continuidad para refuerzo longitudinal y para configuración del refuerzo transversal, pero las losas armadas en una dirección vaciadas en sitio no habían tenido provisiones similares, entendiéndose por integridad estructural (Structural integrity) de acuerdo a lo especificado en esta normativa, como la capacidad de una estructura para redistribuir los esfuerzos y mantener la estabilidad a través de la resistencia, redundancia, ductilidad y detallado del refuerzo cuando se produce un daño localizado u ocurren sobreesfuerzos importantes, es por ello que la versión 318-19 incluye una nueva sección (sección 7.7.7) que incorpora provisiones similares a aquellas que existían para el diseño de vigas para asegurar que la falla de una porción de la losa no conduzca a un colapso excesivo y que más bien

contribuya con una falla dúctil o redistribución del momento en los miembros estructurales.

Seguidamente, se presentan los cambios más relevantes de la Norma ACI 318-19 comparado con la ACI 318-14 siendo los mismos:

Artículo 7.2 Generalidades, numeral **7.2.1** de la ACI 318-14 establece “En el diseño se deben considerar los efectos de las cargas concentradas y de las aberturas en las losas” y en la ACI 318-19 “En el diseño se deben considerar los efectos de las cargas concentradas y de las aberturas en las losas y de los vacíos dentro de la losa

Y en este mismo artículo, pero en el numeral **7.2.2.3**, ACI 318-14 señala que “Los requisitos el material, diseño y detallado de elementos embebidos en el concreto deben cumplir con 20.7” mientras que la ACI 318-19 destaca que “Los requisitos el material, diseño y detallado de elementos embebidos en el concreto deben cumplir con 20.6”

Artículo 7.3: Limites de diseño, numeral **7.3.3.1** de la ACI 318-14 “Para t debe ser al menos 0.004”, mientras que ACI 318-19 “Para losas no preesforzadas deben ser controladas por tracción (Ver Figura 14)

Deformación unitaria neta a tracción, ϵ_t	Clasificación	ϕ			
		Tipo de refuerzo transversal			
		Espirales que cumplen con 25.7.3		Otro	
$\epsilon_t \leq \epsilon_{ty}$	Controlada por compresión	0.75	(a)	0.65	(b)
$\epsilon_{ty} < \epsilon_t < \epsilon_{ty} + 0.003$	Transición ^[1]	$0.75 + 0.15 \frac{(\epsilon_t - \epsilon_{ty})}{(0.003)}$	(c)	$0.65 + 0.25 \frac{(\epsilon_t - \epsilon_{ty})}{(0.003)}$	(d)
$\epsilon_t \geq \epsilon_{ty} + 0.003$	Controlada por tracción	0.90	(e)	0.90	(f)

^[1]Para las secciones clasificadas como de transición, se permite usar el valor de ϕ correspondiente a secciones controladas por compresión.

a valores controlados por compresión

Figura 14:
Combinación de Momentos y fuerzas axiales.

Fuente: ACI 318-19

Artículo 7.3: Límites de diseño 7.6.3.3 norma ACI 318-14 “Si se requiere refuerzo para cortante, el refuerzo transversal mínimo A_{vmin} debe cumplir con 9.6.3.3” y para la ACI 318-19 “Si se requiere refuerzo para cortante, el refuerzo transversal mínimo A_{vmin} debe cumplir con 9.6.3.4”

Artículo 7.6: Límites del refuerzo, numeral 7.6.1.1 ACI 318-14 “Debe colocarse un área mínima de refuerzo a flexión A_{smin} de acuerdo (Ver Tabla 15)

Tipo de refuerzo	f_y , MPa	$A_{s,min}$	
Barras corrugadas	< 420	0.0020 A_g	
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldado	≥ 420	Mayor de:	$\frac{0.0018 \times 420}{f_y} A_g$
			0.0014 A_g

Figura 15: A_{smin} para losas en una dirección no preesforzadas

Fuente: ACI 318-14

Mientras que el citado artículo en la ACI 318-19 marca que “Debe colocarse un área mínima de refuerzo a flexión A_{smin} de 0,0018 A_g .”

Artículo 7.6.4: Refuerzo mínimo para retracción y temperatura, numeral 7.6.4.2.3 norma ACI 318-14 “Se requiere como mínimo colocar un tendón en la losa entre las caras de las vigas o muros adyacentes” (Ver Figura 16)

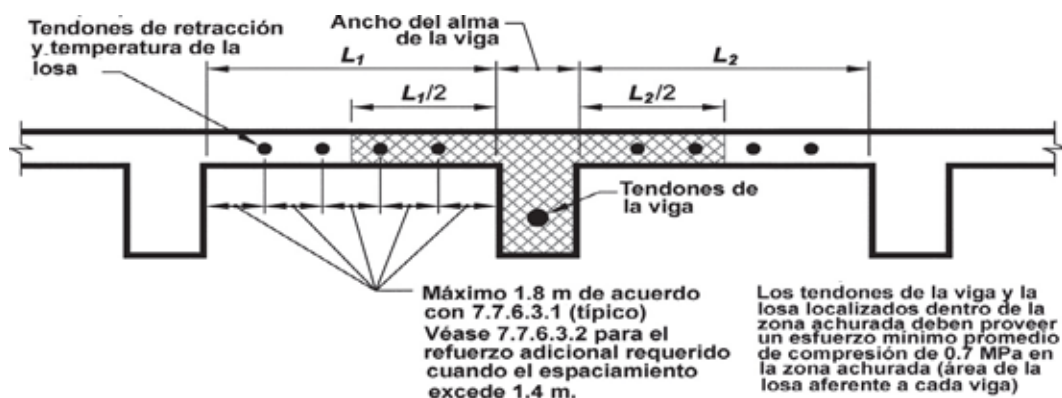


Figura 16: Refuerzo mínimo para retracción y temperatura

Fuente: ACI 318-14

Igualmente, en la Norma ACI318-19 especifica (ver figura 17 y 18)

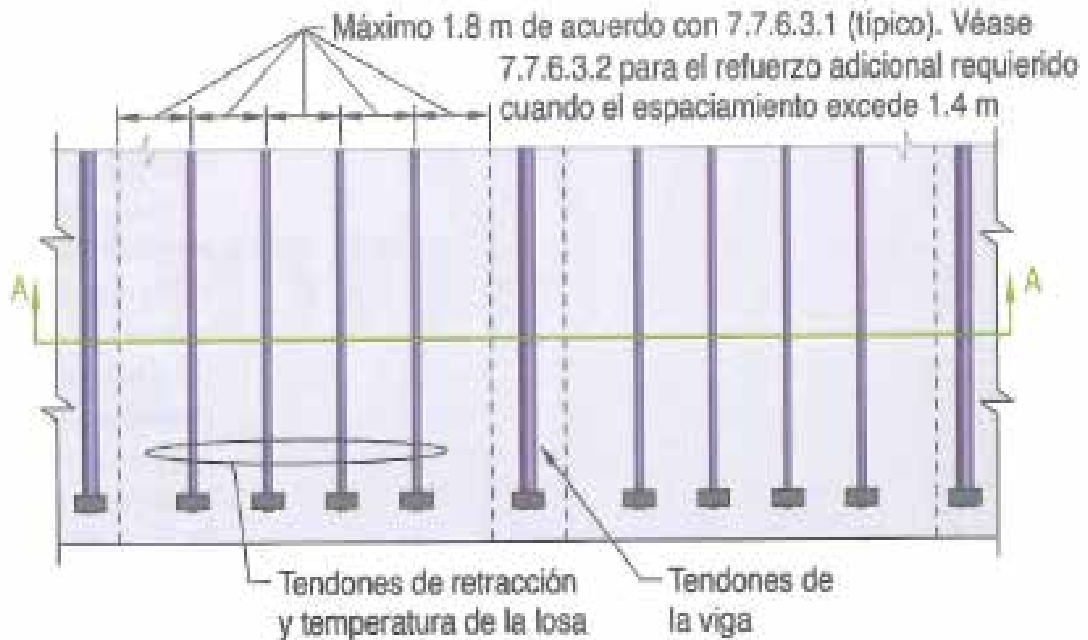


Figura 17: Refuerzo mínimo para retracción y temperatura en planta

Fuente: ACI 318-19

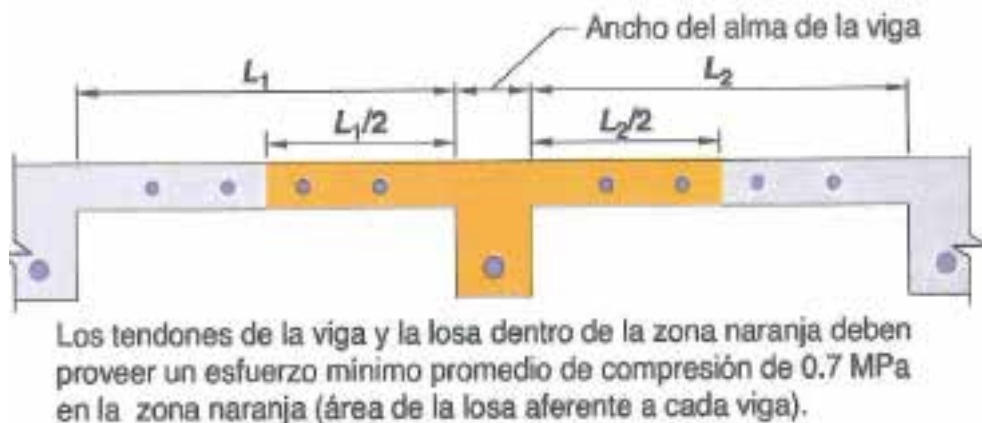


Figura 18. Secciones a través de vigas construidas monolíticamente losa Sec. AA

Fuente: ACI 318-19

Artículo 7.7: Detalles del refuerzo, Numeral 7.7.1 Generalidades 7.7.1.1 de la ACI 318-14 “El recubrimiento de concreto para el refuerzo debe cumplir con

20.6.1”, mientras que la ACI 318-19 establece que “El recubrimiento de concreto para el refuerzo debe cumplir con 20.5.1”.

Artículo 7.7: Detalles del refuerzo, Numeral **7.7.6.3.2** de la ACI318-14 “El espaciamiento entre los tendones de la losa excede 1.4 m se debe colocar refuerzo corrugado adicional de retracción y temperatura que cumpla con 24.4.3, paralelo a los tendones; excepto que no se necesita cumplir con 24.4.3.4. Para calcular este refuerzo adicional de retracción y temperatura se permite tomar la sección bruta de concreto en la Tabla 24.4.3.2, como el área de la losa entre las caras de las vigas. Este refuerzo de retracción y temperatura debe extenderse desde los bordes de la losa por una distancia mayor o igual a la separación entre tendones de la losa. (Ver figura 19)

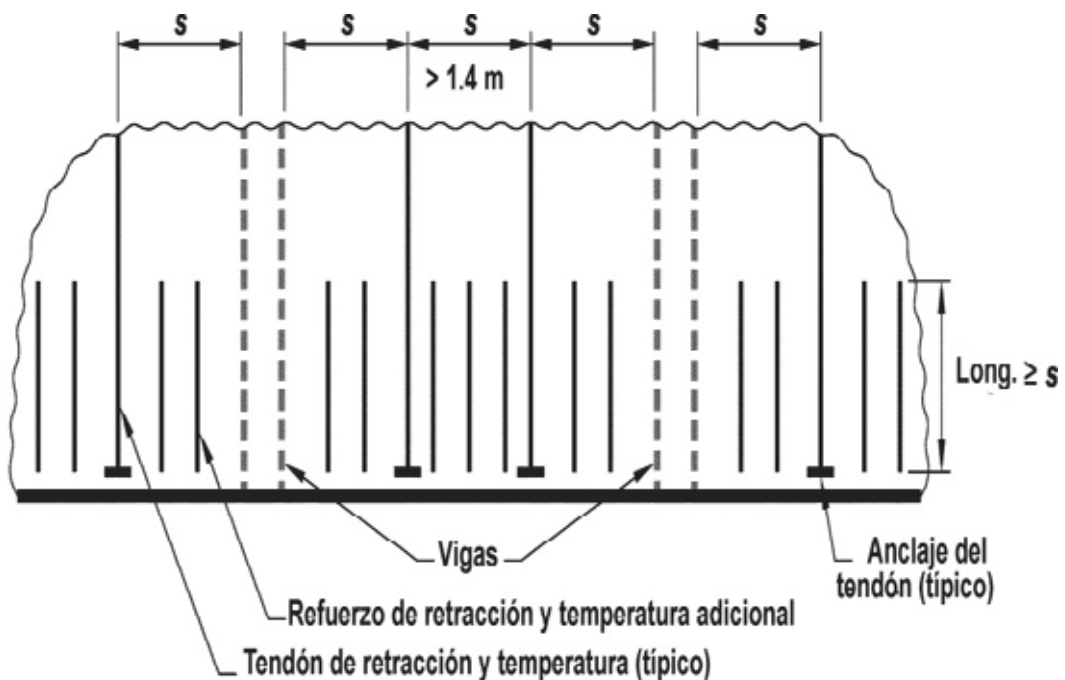


Figura 19: Vista en planta del borde de la losa mostrando el refuerzo adicional de retracción y temperatura

Fuente: ACI 318-14

Igualmente ACI318-19 en este mismo artículo referente a Detalles del Refuerzo, Numeral **7.7.6.3.2** “El espaciamiento entre los tendones de la losa excede 1.4 m se debe colocar refuerzo corrugado adicional de retracción y temperatura que

cumpla con 24.4.3, paralelo a los tendones; excepto que no se necesita cumplir con 24.4.3.4. Para calcular este refuerzo adicional de retracción y temperatura, se permite tomar la sección bruta de concreto en la Tabla 24.4.3.2 como el área de la losa entre las caras de las vigas. Este refuerzo de retracción y temperatura debe extenderse desde los bordes de la losa por una distancia mayor o igual a la separación entre tendones de la losa (Ver figura 20 y 21)

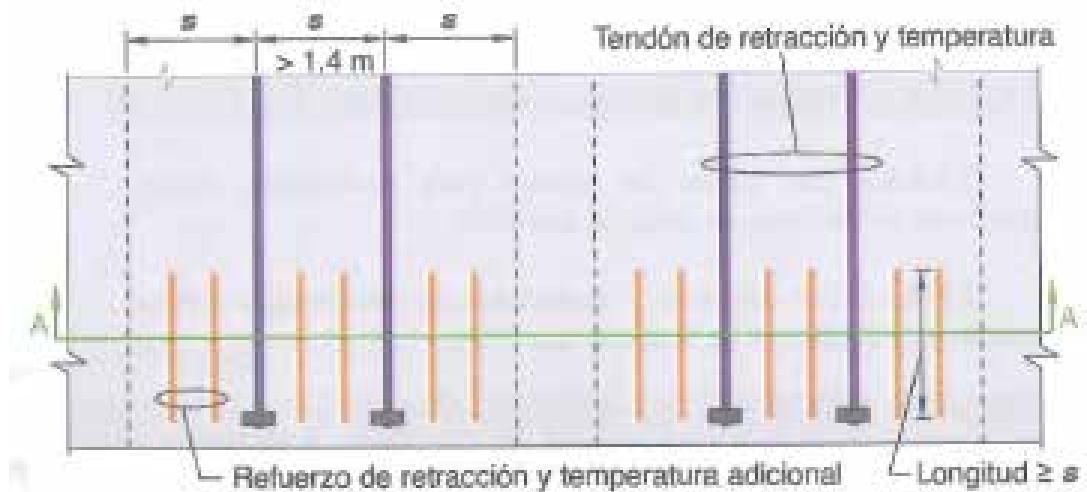


Figura 20: Vista en planta del borde de la losa mostrando el refuerzo adicional de retracción y temperatura

Fuente: ACI 318-19

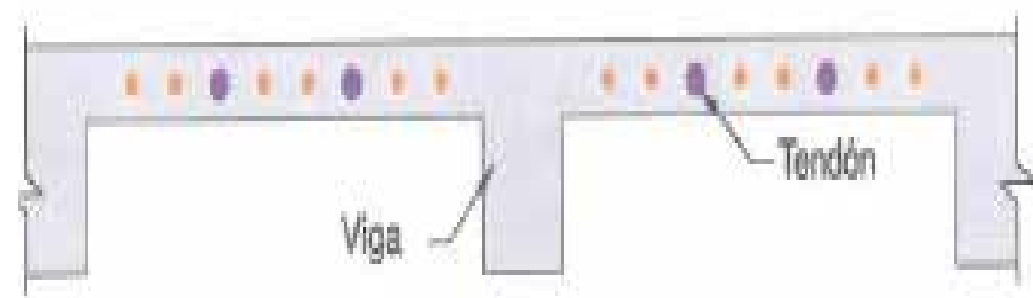


Figura 21: Sección A-A del borde de la losa mostrando el refuerzo adicional de retracción y temperatura

Fuente: ACI 318-19

Artículo 7.7.7 Refuerzo de integridad estructural en losas en una dirección construidas en sitio. (Norma ACI 318-19), numeral:

7.7.7.1: Por lo menos un cuarto del refuerzo positivo máximo debe ser continuo como refuerzo longitudinal de integridad

7.7.7.2: El refuerzo longitudinal de integridad en apoyos no continuos debe anclarse para desarrollar f_y en la cara del apoyo (Ver Figura 22)

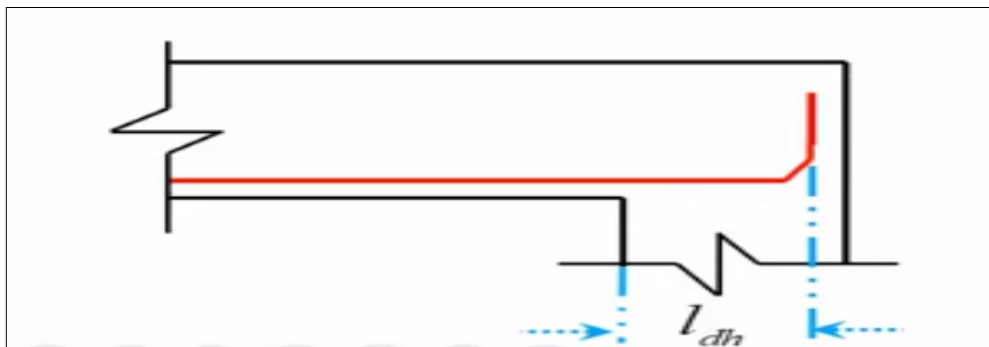


Figura 22: Anclado de refuerzo en apoyos

Fuente: Norma ACI 318-19

7.7.7.3: Si hay necesidad de empalmar el refuerzo de integridad continuo, el refuerzo se debe empalmar cerca a los apoyos. Los empalmes deben ser mecánicos o soldados de acuerdo con 25.5.7 o empalmes por traslape Clase B de acuerdo con 25.5.2. (Ver Figura 23)

$A_s \text{ colocada} / A_s \text{ requerida}$ en la longitud del empalme ⁽¹⁾	Porcentaje máximo de A_s empalmado dentro de la longitud de traslape requerida	Tipo de empalme	l_{d1}	
			Mayor de:	
≥ 2.0	50	Clase A	Mayor de:	1.0 l_d y 300 mm
	100	Clase B		
< 2.0	Todos los casos	Clase B	Mayor de:	1.3 l_d y 300 mm

⁽¹⁾Relación entre el área de refuerzo colocado y el área de refuerzo requerida por análisis en la ubicación de empalme.

Figura 23: Longitud de empalme por traslape de barras y alambres corrugados a tracción

Fuente: Norma ACI 318-19

Se debe agregar que el refuerzo positivo de integridad estructural para losas en una dirección es similar al de vigas, especificado en el numeral 9.7.7 que en los reglamentos anteriores al 2014, unas de las secciones críticas se definían como donde termina o se dobla el refuerzo adyacente. En el 2014 esta sección crítica se redefinió como “donde el refuerzo a tracción doblado o terminado ya no es necesario para resistir flexión”, siendo las secciones críticas para una viga continua típica. Se indica con la letra “c” en los puntos de esfuerzo máximo, o con una “X” donde el esfuerzo a tracción doblado o terminado ya no es necesario para resistir tracción. Para carga uniforme, el refuerzo positivo que se extiende dentro del apoyo es probable que esté controlado por los requisitos 9.7.3.8.1 y 9.7.3.8.3 y no por consideraciones de longitud de desarrollo medida a partir del punto de momento o del punto de terminación de las barras. (Ver Figura 24)

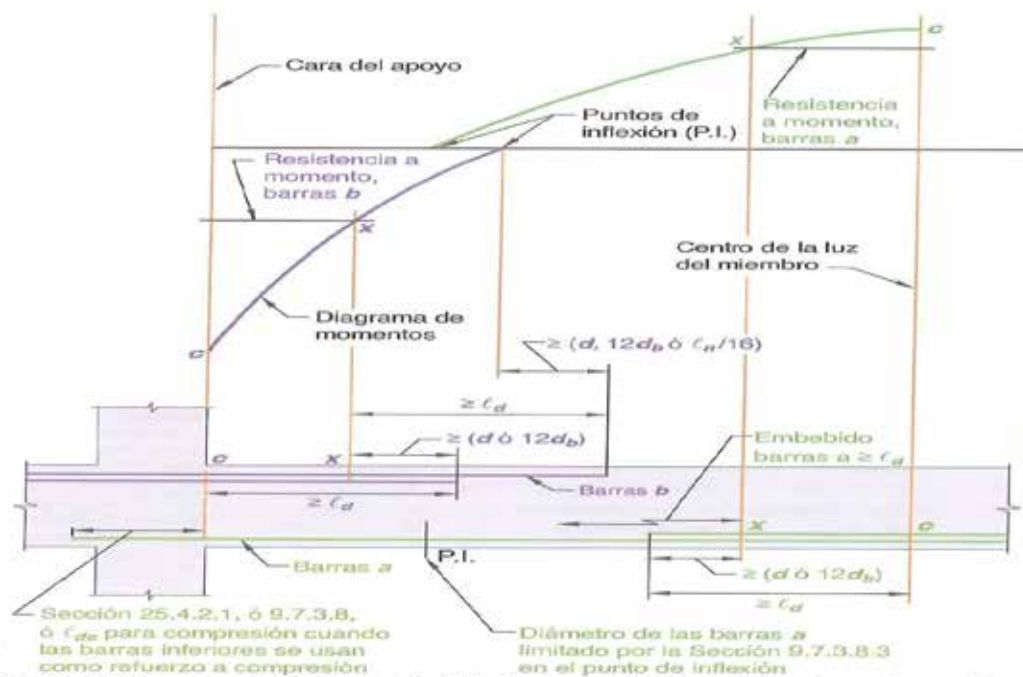


Figura 24: Longitud de desarrollo del refuerzo por flexión en viga continua típica

Fuente: Norma ACI 318-19

De todo lo anterior se puede resumir que para lograr un detallado mejor del acero de refuerzo longitudinal para momentos positivos, hace falta que el acero de refuerzo colocado para suplir una resistencia de momento máximo, por lo menos un cuarto, colocar de forma continua ese acero de integridad que llega a un apoyo para que pueda desarrollar la tensión cedente del acero de refuerzo, y adicionalmente empalmar cerca del nodo cumpliendo así con los requerimientos de empalme para la clase B, garantizando esa longitud de desarrollo o de transferencia que adicionalmente tiene en cambio.

4.2 Fase II: Especificar los lineamientos técnicos de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19

Los lineamientos técnicos de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19 están basados en la revisión de los estados límite, los cuales darán la seguridad adecuada contra la aparición de fallas ante las combinaciones de acciones más desfavorables que pueden presentarse durante su vida útil esperada, capaces de resistir sismos de intensidad moderada sin daño estructural, estableciendo para ello el tipo de materiales, propiedades, espesores de losa, carga última por nervios, momentos máximos, diseño del acero por flexión y cortante incluyendo el chequeo de la demanda /capacidad y la cuantía en tramos y apoyos, los cuales se sintetizan a continuación de acuerdo a lo establecido en los capítulos 4,5,6, 9 de esta normativa:

Capítulo 4. Materiales:

4.2.1 Las propiedades de diseño de concreto deben cumplir con los requerimientos del capítulo 19.

4.2.2 Las propiedades de diseño de refuerzo deben cumplir con los requerimientos del capítulo 20.

Capítulo 5. Cargas:

5.2.1 Las cargas debe incluir el peso propio, las cargas aplicadas y los efectos debidos al preesforzadas, sismo, restricciones a los cambios de volumen y asentamientos diferenciales.

5.2.2 Las cargas y las categorías de diseño sísmico (CDS) debe cumplir con los requisitos del reglamento general de construcción. O bien ser definidas por la autoridad competente que tenga jurisdicción.

5.3.1 La resistencia requerida U debe ser por lo menos igual al efecto de las cargas mayoradas de la Tabla 5.3.1 (Ver Figura 25)

Combinación de carga	Ecuación	Carga primaria
$U = 1.4D$	(5.3.1a)	D
$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$	(5.3.1b)	L
$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (1.0L \text{ o } 0.5W)$	(5.3.1c)	$L_r \text{ o } S \text{ o } R$
$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$	(5.3.1d)	W
$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$	(5.3.1e)	E
$U = 0.9D + 1.0W$	(5.3.1f)	W
$U = 0.9D + 1.0E$	(5.3.1g)	E

Figura 25: Combinaciones de carga

Fuente: Norma ACI 318-19

Capítulo 6. Análisis Estructural:

6.5 Método de análisis simplificado para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección

6.5.1 Se permite calcular M_u y V_u para cargas gravitacionales de acuerdo con esta sección para vigas continuas y losas en una dirección que cumplan con (a) hasta (c). Siendo (a) Los miembros prismáticos, (b) Las cargas están uniformemente

6.5.2 M_u debido a cargas gravitacionales debe calcularse de acuerdo a la Tabla 6.5.2 (Ver figura 26)

Momento	Ubicación	Condición	M_u
Positivo	Vanos extremos	Extremo discontinuo monolítico con el apoyo	$w_u \ell_n^2 / 14$
		El extremo discontinuo no está restringido	$w_u \ell_n^2 / 11$
	Vanos interiores	Todos	$w_u \ell_n^2 / 16$
Negativo	Cara interior de los apoyos exteriores	Miembros construidos monolíticamente con viga dintel de apoyo	$w_u \ell_n^2 / 24$
		Miembros construidos monolíticamente con columna de apoyo	$w_u \ell_n^2 / 16$
	Cara exterior del primer apoyo interior	Dos vanos	$w_u \ell_n^2 / 9$
		Más de dos vanos	$w_u \ell_n^2 / 10$
	Las demás caras de apoyos	Todas	$w_u \ell_n^2 / 11$
	Cara de todos los apoyos que cumplan (a) o (b)	(a) Losas con luces que no excedan de 3 m (b) Vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda	$w_u \ell_n^2 / 12$

Figura 26: Momentos aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección

Fuente: Norma ACI 318-19

6.5.4 V_u debido a cargas gravitacionales se debe calcular de acuerdo a la tabla 6.5.4 (Ver Figura 27)

Ubicación	V_u
Cara exterior del primer apoyo interior	$1.15w_u \ell_n / 2$
Cara de todos los demás apoyos	$w_u \ell_n / 2$

Figura 27: Cortantes aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección

Fuente: Norma ACI 318-19

Capítulo 9. Vigas:

9.3.1 Altura mínima de la viga

9.3.1.1 Para vigas no preesforzadas que no soporten ni estén ligadas a particiones u otros elementos susceptibles de diseñarse debido a deflexiones grandes, la altura total de la viga h , no debe ser menor que los límites dados en la tabla 9.3.1.1 a menos que se cumplan los límites de las deflexiones calculadas de 9.3.2 (Ver Figura 28)

Condición de apoyo	Altura mínima, h ^[1]
Simplemente apoyada	$\ell/16$
Con un extremo continuo	$\ell/18.5$
Ambos extremos continuos	$\ell/21$
En voladizo	$\ell/8$

^[1] Los valores son aplicables al concreto de peso normal y $f_y = 420$ MPa.

Figura 28: Altura mínima de vigas no preesforzadas

Fuente: Norma ACI 318-19

9.6.1 Refuerzo mínimo para flexión en vigas no preesforzadas.

9.6.1.1 Se debe colocar un área mínima de refuerzo para flexión A_{smin} en toda la sección donde el análisis requiera refuerzo a tracción.

9.6.1.2 A_{smin} debe ser mayor que (a) y (b), excepto en lo dispuesto en

9.6.1.3. Para una viga estáticamente determinada con el ala a tracción, el valor de b_w debe tomarse como el menor entre b_f y $2 b_w$. El valor de f_y debe limitarse a un máximo de 550 MPa.

$$\frac{0.25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w \cdot d \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$(a) (b) \frac{1.4}{f_y} b_w \cdot d \quad \text{Ecuación (11)}$$

9.8 Sistemas de viguetas en una dirección no preesforzadas

9.8.1.2 El gancho de las nervaduras no debe ser menor a 100 mm en toda su altura.

9.8.1.3 La altura total de las nervaduras no debe ser mayor de 3,5 veces su ancho mínimo.

9.8.1.4 El espaciamiento libre entre nervaduras no debe exceder a 750 mm

9.8.1.5 Se permite que V_c se tome como 1,1 veces el valor calculado de acuerdo a 22.5.

9.8.1.6 Para la integridad estructural, al menos una barra de la parte inferior en cada viga debe ser continua y debe anclarse para desarrollar f_y en la cara de los apoyos.

9.8.1.7 La losa debe tener un refuerzo perpendicular a las vigas que cumpla con lo requerido por flexión, pero no menor al refuerzo para retracción y temperatura que se requiere en 24.4 y considerando las condiciones de carga.

9.8.1.8 Las losas nervadas en una dirección que no cumplan con las limitaciones 9.8.1.1 hasta 9.9.1.4 deben diseñarse como losas y vigas.

Capítulo 20. Refuerzo de acero

20.2.2 Propiedades de diseño

20.2.2.2 El módulo de elasticidad E_s , para barras y alambres no preesforzados se tomará como 200000 MPa.

20.5 Disposiciones para la durabilidad del acero de refuerzo

20.5.1.3.1 Los requerimientos de concreto no preesforzados construidos en sitio deben tener un recubrimiento de concreto especificado para el refuerzo igual al menos al dado en la tabla 20.5.1.3.1 (Ver Figura 29)

Exposición del concreto	Miembro	Refuerzo	Recubrimiento especificado, mm
Construido contra el suelo y permanentemente en contacto con él	Todos	Todos	75
Expuesto a la intemperie o en contacto con el suelo	Todos	Barras No. 19 a No. 57	50
		Barra No. 16, alambre MW200 ó MD200, y menores	40
No expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo	Losas, viguetas y muros	Barras No. 43 y No. 57	40
		Barra No. 36 y menores	20
	Vigas, columnas, pedestales y amarres a tracción	Armadura principal, estribos, espirales y estribos cerrados para confinamiento	40

Figura 29: Recubrimiento especificado requerimientos de concreto no preesforzados construidos

Fuente: Norma ACI 318-19

Capítulo 21. Factores de reducción de Resistencia:

21.2 Factores de reducción de resistencia para miembros de concreto estructural y conexiones.

21.2.1.1 Los factores de reducción de resistencia ϕ , deben cumplir con la tabla 21.2.1, 21.2.2 y 21.2.3 (Ver Figura 30)

Acción o Elemento Estructural	ϕ	Excepciones
(a) Momento, fuerza axial o momento y fuerza axial combinados	0.65 a 0.90 de acuerdo con 21.2.2	Cerca de los extremos de miembros pretensados donde los torones no se han desarrollado totalmente, ϕ debe cumplir con 21.2.3.
(b) Cortante	0.75	Se presentan requisitos adicionales en 21.2.4 para estructuras diseñadas para resistir efectos sísmicos.
(c) Torsión	0.75	—
(d) Aplastamiento	0.65	—
(e) Zonas de anclajes de postensado	0.85	—
(f) Cartelas y ménsulas	0.75	—
(g) Puntales, tensores, zonas nodales y áreas de apoyo diseñadas de acuerdo con el método puntal-tensor del Capítulo 23	0.75	—
(h) Componentes de conexiones de miembros prefabricados controlados por fluencia de los elementos de acero a tracción	0.90	—
(i) Elementos de concreto simple	0.60	—
(j) Anclajes en elementos de concreto	0.45 a 0.75 de acuerdo con el Capítulo 17	—

Figura 30: Factores de reducción de resistencia

Fuente: Norma ACI 318-19

21.2.1 El factor de reducción de resistencia para momento, fuerza axial o momento y fuerza axial combinados debe ser dado por la tabla 21.2.2. (Ver Figura 31)

Deformación unitaria neta a tracción, ϵ_t	Clasificación	ϕ			
		Tipo de refuerzo transversal			
		Espirales que cumplen con 25.7.3		Otro	
$\epsilon_t \leq \epsilon_{ty}$	Controlada por compresión	0.75	(a)	0.65	(b)
$\epsilon_{ty} < \epsilon_t < \epsilon_{ty} + 0.003$	Transición ⁽¹⁾	$0.75 + 0.15 \frac{(\epsilon_t - \epsilon_{ty})}{(0.003)}$	(c)	$0.65 + 0.25 \frac{(\epsilon_t - \epsilon_{ty})}{(0.003)}$	(d)
$\epsilon_t \geq \epsilon_{ty} + 0.003$	Controlada por tracción	0.90	(e)	0.90	(f)

⁽¹⁾Para las secciones clasificadas como de transición, se permite usar el valor de ϕ correspondiente a secciones controladas por compresión.

Figura 31: Factores de reducción de resistencia para momento, fuerza axial o momento y fuerza axial combinados

Fuente: Norma ACI 318-19

21.2.2.1 Para refuerzo ser f_y/E_s .

Capítulo 22. Resistencia de las secciones de los miembros

22.2.1.4 La variación de la deformación unitaria para el refuerzo adherido preesforzadas debe suponerse proporcional a la distancia del eje neutro.

22.2.2 Superposición de diseño para el concreto

22.2.2.1 La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra externa sometida a compresión del concreto debe suponerse igual a 0,003

22.2.2.4.1 Se debe suponer un esfuerzo de $0,85 f'_c$ uniformemente distribuido en una zona de compresión equivalente, limitada por los bordes de la sección transversal y por una línea paralela al eje neutro, ubicada a una distancia a de la fibra de deformación unitaria máxima en compresión, tal cual como se calcula por medio de:

22.2.4.1 Se debe suponer un esfuerzo de $0,85 f'_c$ uniformemente distribuido en una zona de compresión equivalente, limitada por los bordes de la sección transversal y por una línea recta paralela al eje neutro, ubicada a una distancia a de

la fibra de deformación unitaria máxima en compresión, tal como se calcula por medio de:

$$a = \beta_1 \cdot c \quad \text{Ecuación (12)}$$

22.2.2.4.2 La distancia desde la fibra de deformación unitaria máxima al eje neutro c , se debe medir en dirección perpendicular al eje neutro.

22.2.2.4.3 Los valores de β_1 deben estar de acuerdo con la tabla 22.2.2.4.3 (Ver Figura 32)

f'_c , MPa	β_1	
$17 \leq f'_c \leq 28$	0.85	(a)
$28 < f'_c < 55$	$0.85 - \frac{0.05(f'_c - 28)}{7}$	(b)
$f'_c \geq 55$	0.65	(c)

Figura 32:

en el concreto

Fuente: Norma ACI 318-19

22.5 Resistencia Cortante en una dirección

22.5.5 V_c para miembros no preesforzadas

22.5.5.1 Para miembros no preesforzadas, V_c debe calcularse según la tabla 22.5.5.1 y 22.5.5.1.1 y 22.5.5.1.3 (Ver Figura 33)

Criterio	V_c		
$A_v \geq A_{v,min}$	Cualquiera de los dos	$\left(0.17\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right) b_w d$	(a)
		$\left(0.66\lambda(\rho_w)^{1/3} \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right) b_w d$	(b)
$A_v < A_{v,min}$	$\left(0.66\lambda_s \lambda(\rho_w)^{1/3} \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right) b_w d$		(c)

Notas:
1. La carga axial, N_u , es positiva para compresión y negativa para tracción.
2. V_c no debe tomarse menor que cero.

Figura 33: V_c para miembros no preesforzadas

Fuente: Norma ACI 318-19

Como resultados de los criterios establecido en la Norma ACI 318-19 para el Diseño estructura de losa nervada unidireccional se resume en el siguiente procedimiento:

Paso 1. Establecer la resistencia característica del concreto ($f'c$) y (fy).

Paso 2. Calcular las alturas de losa (h) (Art. 9.3.1.1)

Paso 3. Estimar cargas permanentes y variables en este caso Norma Venezolana “Criterios y Acciones mínimas para Proyectos de Edificaciones” (COVENIN 2002)

Paso 4. Establecer Combinaciones de cargas (Art 9.2.1)

Paso 5. Determinar Momento máximo en tramos y apoyos (Art.6.5.2)

Paso 6. Realizar el diseño Estructural

6.1 Diseño Por flexión

6.1.1. Calcular la altura efectiva (d)

$$d = r \quad \text{Ecuación (13)}$$

6.1.2 Obtener el Momento Nominal (Mn)

$$Mn = \phi \cdot M \text{ máx.} \quad \text{Ecuación (14)}$$

$$M \text{ máx.} = As \text{ máx.} \cdot fy \cdot \left(d - \frac{As \text{ máx.} \cdot fy}{2 \cdot (0.85) f'c \cdot b} \right) \quad \text{Ecuación (15)}$$

$$As \text{ máx.} = \rho \text{ máx.} \cdot b \cdot d \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$\rho \text{ máx.} = \frac{cu}{(ty + 0.006)} \cdot \frac{(0.85 \cdot \beta_1 \cdot f'c)}{fy} \quad \text{Ecuación (17)}$$

$$ty = \frac{fy}{Es} \quad \text{Ecuación (18)}$$

$$\rho \text{ máx.} = \frac{\rho \text{ máx.} \cdot fy \cdot b}{0.85 \cdot f'c} \quad \text{Ecuación (19)}$$

$$c \text{ máx.} = \frac{a}{\beta_1} \quad \text{Ecuación (20)}$$

$$t = \frac{cu}{c} (d - c) \quad \text{Ecuación (21)}$$

6.1.3 Calcular el acero mínimo (Art.9.6.1.2)

$$A_{smin} = \frac{14}{f_y} b \cdot d \quad \text{Ecuación (22)}$$

$$A_{smin} = \frac{0.8 \cdot \sqrt{f'_c}}{f_y} b \cdot d \quad \text{Ecuación (23)}$$

6.1.4 Calcular el área de acero de temperatura y espaciamiento (Art. 24.4.3.2)

$$A_{s \text{ temp.}} = 0.0018 \cdot b \cdot h \quad \text{Ecuación (24)}$$

6.1.5 Calcular el área de acero positivo y negativo en apoyos y tramos

$$\rho = \frac{0.85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot M_u}{0.85 \cdot \phi \cdot b \cdot d^2}} \right) \quad \text{Ecuación (25)}$$

6.1.6 Chequeo de cuantías

$$\rho_{\min.} < \rho < \rho_{\max.}$$

6.1.7 Chequeo Demanda/Capacidad

$$R = \left(\frac{M_{actuante}}{M_{resistente}} \right) 100$$

6.2 Diseño por corte

6.2.1 Cortante máxima por cargas V_u (Art.19.6.5.4)

6.2.2 Cortante del concreto V_c (Art.22.5.5.1)

$$V_c = \left(0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{N_u}{6 \cdot A_g} \right) b \cdot d \quad \text{Ecuación (26)}$$

6.2.3 Cortante última V_u

$$V_u = \frac{V_{ud}}{\phi} \quad \text{Ecuación (27)}$$

6.2.4 Ensanche de vigas

$V_u < V_c$ no ensanche

$V_u > V_c$ ensanche

$$L_e = \frac{V_u - V_c}{W_u} \frac{b}{2} \quad \text{Ecuación (28)}$$

Donde:

a máx.: peralte idealizado del bloque de compresión

As máx.: acero máximo a tracción que debe tener la sección sin necesidad de acero a compresion

As temp.: acero por temperatura

As min.: acero mínimo que debe tener la sección sin necesidad de acero a compresion

Ag: área bruta de la sección de concreto en mm². Para una sección con varios Ag es el área de concreto solo y no incluye el área de vacíos.

b: ancho de nervio

c máx.: distancia de la fibra comprimida al eje neutro

d: altura efectiva (distancia desde la fibra comprimida al eje de acero a tracción)

Es: módulo de elasticidad del refuerzo y del acero estructural equivalente
2.000.000kg/cm²

f'c: resistencia característica del concreto

fy: límite de fluencia del acero

h: altura de la losa

M máx.: momento máximo resistente de la sección.

Mu: Momento ultimo

Nu: Carga axial mayorada a la sección transversal que ocurre simultáneamente con Vu o Tu debe tomarse como positiva para compresión y como negativa para tracción.

r: recubrimiento

Vu: Cortante máxima por cargas

Vc: Esfuerzo correspondiente a la resistencia nominal a cortante.

Wu: carga mayorada por unidad de longitud de viga, o losa en una dirección

: factor de seguridad de diseño a flexión igual a 0,90
cuantía máxima

cu: deformación unitaria del concreto (en la mayoría de los casos 0,003)

parámetro experimental del bloque a compresión del concreto generalmente igual a 0,85.

deformación unitaria del acero

t: deformación máxima

: factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducida del concreto de peso liviano relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión.

Fase III. Construir gráficas y nomogramas para el diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19.

Seguidamente se presenta la gráfica propuesta para la estimación del parámetro experimental del bloque a la compresión λ de acuerdo a lo establecido la tabla 22.2.2.4.3 de la Norma ACI 318-19, utilizando una gráfica de línea que une los puntos que representan datos, cuyo eje horizontal (X) incorpora los valores de resistencia de concreto y en el eje vertical (Y), simboliza las variaciones de λ (Ver Figura 34)

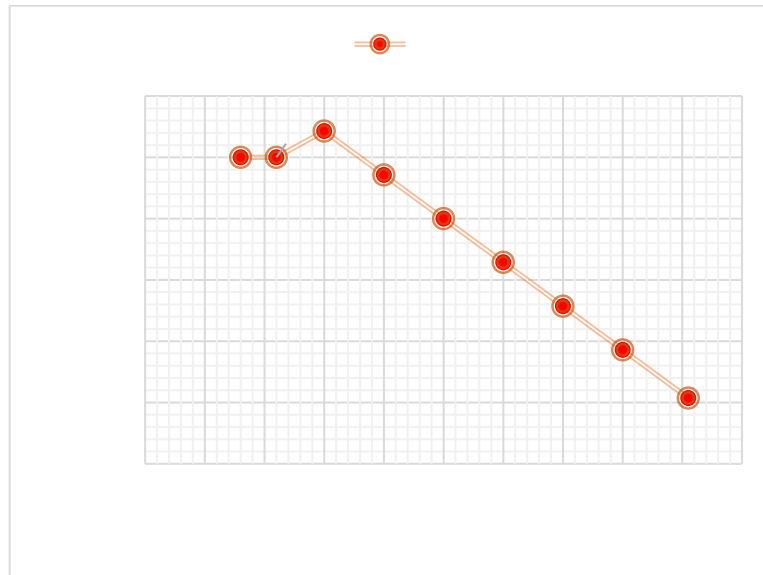


Figura 34: Parámetro experimental del bloque a compresión del concreto para diferentes resistencias a la compresión

Fuente: Muñoz (2020)

Igualmente se muestran los nomogramas planteados a través de familia de ábacos que poseen la misma forma de ecuaciones cuyo objetivo primordial es escoger un ábaco de acuerdo al espesor o altura de la losa nervada a diseñar, considerando el Momento último para determinar el acero requerido por flexión, siguiendo los criterios descritos en la Fase anterior y apoyados en el programa Excel (Ver Anexos 1,2,3,4,5,6,7,8,9) los cuales fueron realizados para diferentes valores de $f'c$ de 210 kgf/cm², 250 kgf/cm², 280 kgf/cm² y 300 kgf/cm² y cuyos Nomogramas se detallan en las Figuras 35, 36, 37 y 38

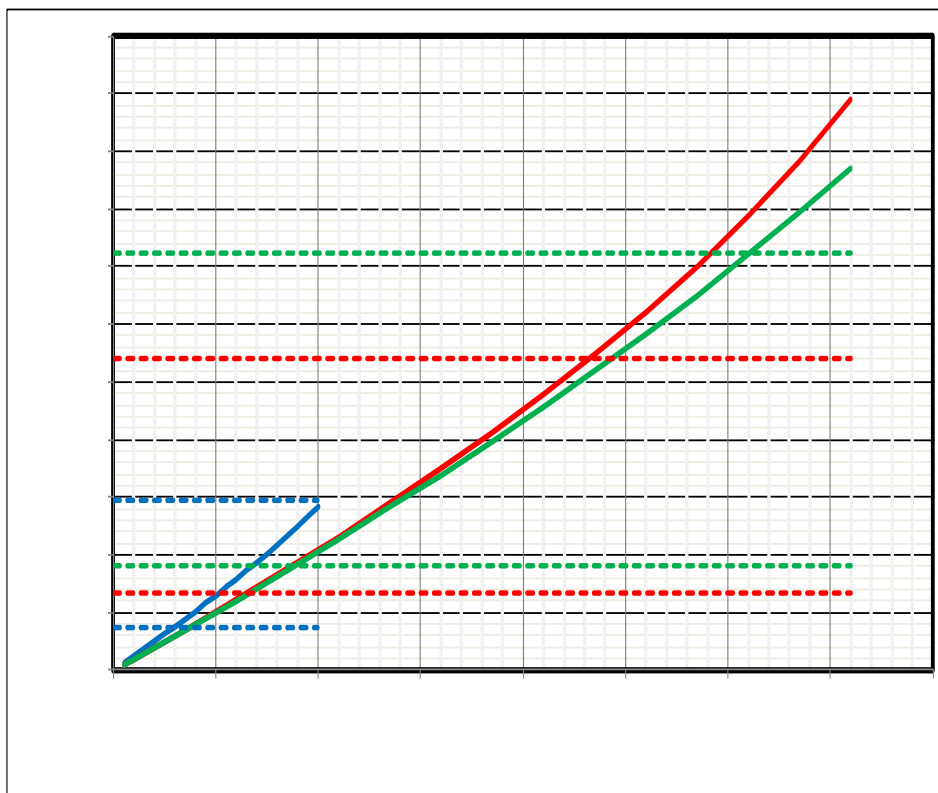
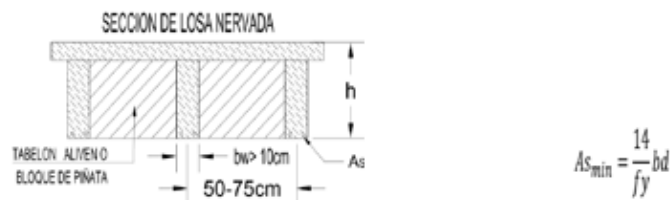
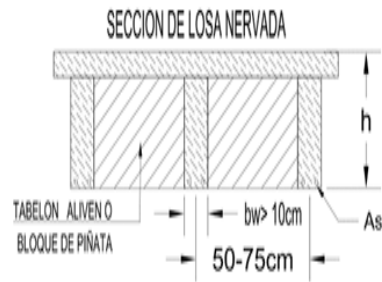


Figura 35: Nomograma de cálculo de Acero requerido, A_s máx y A_s min. en concreto de resistencias a la compresión 210 Kg/cm² con espesores de losa nervada de 25,30 y 35 cm

Fuente: Muñoz (2020)

Para $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$



$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{f_y} bd$$

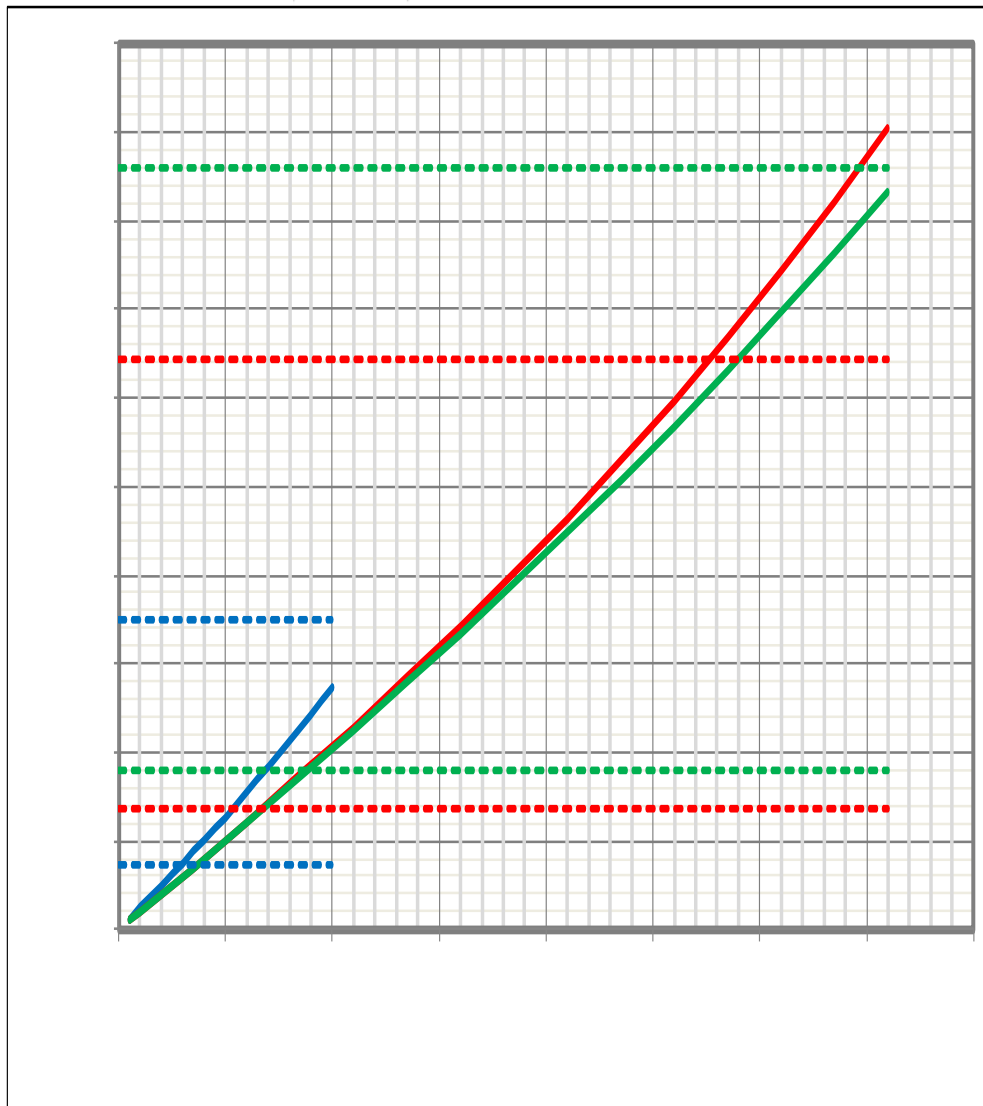
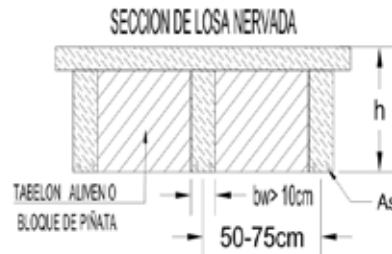


Figura 36: Nomograma de cálculo de Acero requerido, A_s máx y A_s min concreto de resistencias a la compresión 250 Kg/cm^2 con espesores de losa nervada de 25,30 y 35 cm

Fuente: Muñoz (2020)

Para $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$



$$As_{min} = \frac{14}{fy} bd$$

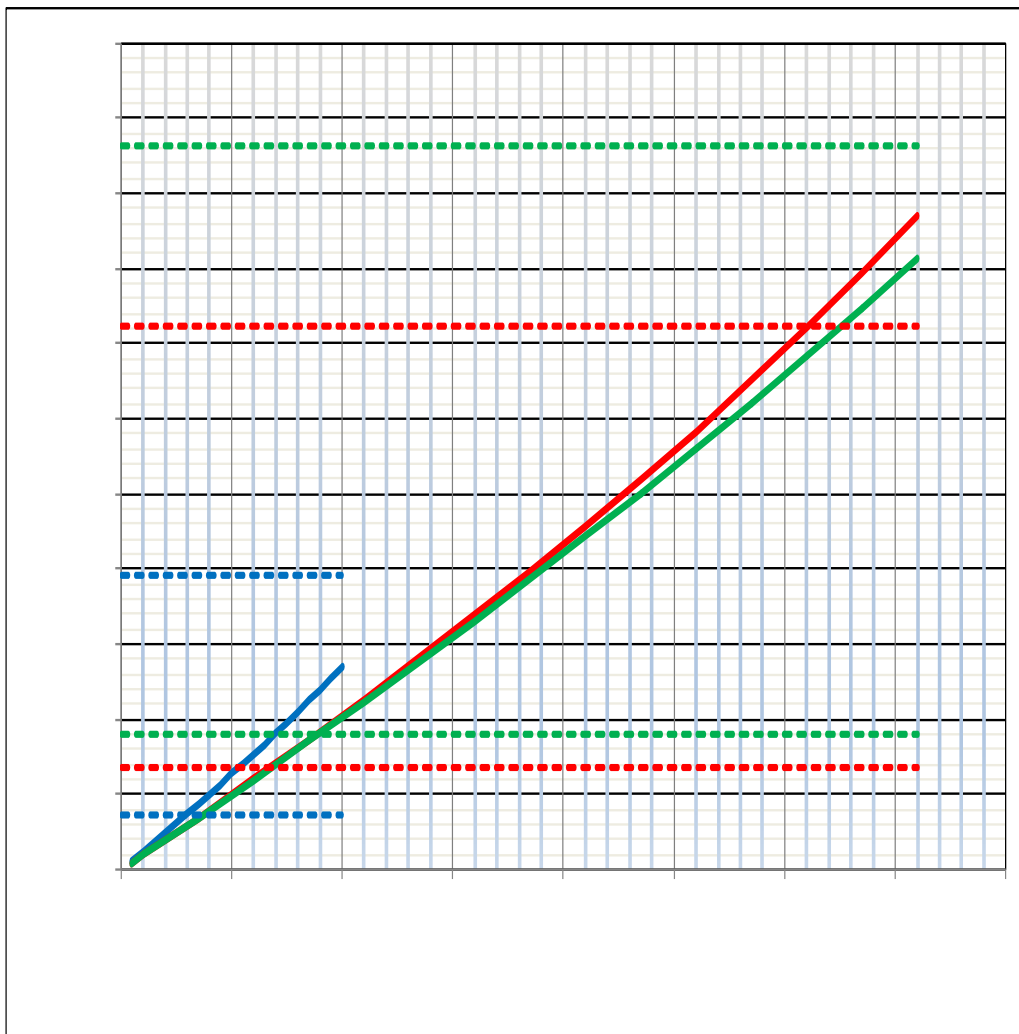
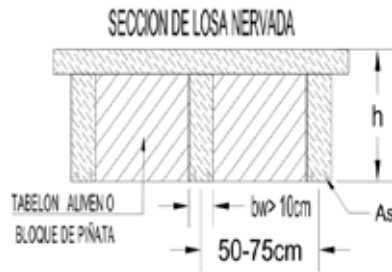


Figura 37: Nomograma de cálculo de Acero requerido, $As_{m\acute{a}x}$ y $As_{m\acute{i}n}$ en concreto de resistencia a la compresión 280 Kg/cm^2 con espesores de losa nervada de 25,30 y 35 cm

Fuente: Mu\~noz (2020)

Para $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$



$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{f_y} b d$$



Figura 38: Acero requerido concreto de resistencias a la compresión 300 Kg/cm^2 con espesores de losa nervada de 25,30 y 35 cm

Fuente: Muñoz (2020)

Fase IV. Comprobar el diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales en ejercicios prácticos aplicando las gráficas y nomogramas desarrollados conforme a la norma ACI 318-19.

Ejercicio 1:

Calcular en área de acero requerido en una losa nervada de altura 25cm

Datos

Resistencia característica del concreto ($f'c$) 210kg/cm²

Límite de fluencia de acero (f_y) igual 4200kg/cm²

Módulo de elasticidad del refuerzo y del acero estructural (E_s) 2.000.000 kg/cm²

Altura de losa (h) 25cm

Ancho de nervio (b_w) 10cm

$M_u = 1200$ kg-m

Recubrimiento (r) 3cm

Solución (Diseño Por flexión)

- Cálculo de la altura efectiva Altura efectiva (d)

$$d = h - r = 25 - 3 = 22 \text{ cm}$$

- Determinación de parámetro experimental del bloque a compresión del concreto generalmente (

ACI Tabla 22.2.2.4.3

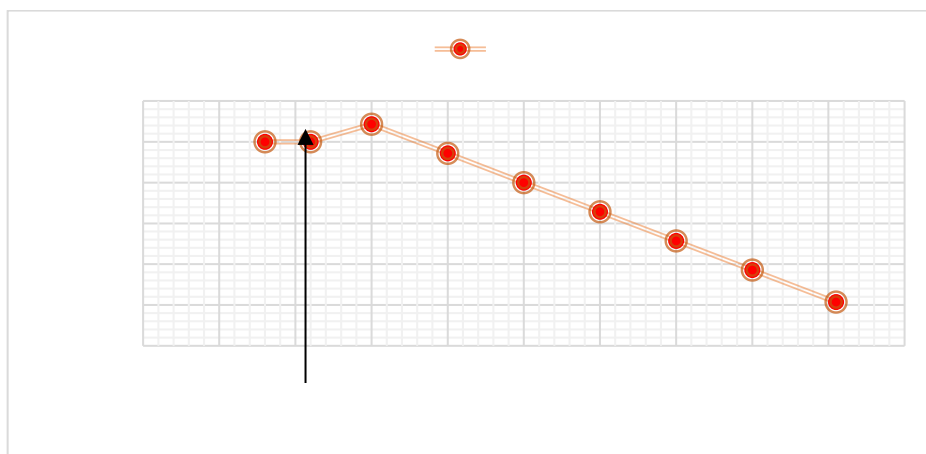


Figura 39: Parámetro bloque a compresión del concreto resistencias 210 Kg/cm²

Fuente: Muñoz (2020)

- Valor de deformación unitaria del acero (t_y)

$$t_y = f_y / E_s$$

- Valor de deformación unitaria del concreto (c_u)

$$c_u = 0.003$$

- Cálculo cuantía máxima (ρ_{max})

$$\rho_{max} = \frac{0.003}{(\epsilon t_y + 0.006)} \left(\frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \right) \quad \rho_{max} = 0.0134$$

- Peralte idealizado del bloque de compresión (a máx)

$$a_{max} = \frac{\rho_{max} f_y b}{0.85 f'_c} \quad a_{max} = 3.15 \text{ cm}$$

- Distancia de la fibra comprimida al eje neutro (c máx)

$$c_{max} = \frac{a}{\beta_1} \quad c_{max} = 3.70 \text{ cm}$$

- Cálculo de la deformación máxima (ϵt)

$$\epsilon t = \frac{\epsilon c_u}{c} (d - c) \quad \epsilon t = 0.0148$$

- Estimación de factor de seguridad de diseño a flexión

$$\phi = 0.90$$

- Cálculo de Área de acero mínimo ($A_{s \text{ min}}$)

$$A_{s \text{ min}} = 14 / f_y \quad b \quad d \quad A_{s \text{ min}} = 0.733 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de Área de acero máximo ($A_{s \text{ máx}}$)

$$A_{s \text{ máx}} = \rho_{max} \quad b \quad d \quad A_{s \text{ máx}} = 2.94 \text{ cm}^2$$

- Determinación Momento máximo ($M_{\text{máx}}$)

$$M_{\text{máx}} = A_{s \text{ máx}} \quad f_y \quad \left(d - \frac{A_{s \text{ máx}} \quad f_y}{2(0.85) \quad f'_c \quad b} \right) \quad M_{\text{máx}} = 2291 \text{ kg.m}$$

- Determinación Momento nominal (M_n)

$$\phi \quad M_{\text{máx}} = 2061,9 \text{ kg.m}$$

- Calcular el área de acero positivo y negativo en apoyos y tramos

$$\rho = \frac{0.85 \quad f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0.85 \phi f'_c \quad b \quad d^2}} \right) = 0.0072$$

- Chequeo de áreas de acero

$$A_{s \text{ min}} = 0.733 \text{ cm}^2 < A_{s \text{ req}} = 1.58 \text{ cm}^2 < A_{s \text{ máx}} = 2.94 \text{ cm}^2$$

- Chequeo de cuantías

$$\rho_{\text{min}} = 0.0033 < \rho_{\text{bal}} = 0.0072 < \rho_{\text{máx}} = 0.0134 \quad \text{falla dúctil}$$

Ahora bien, por utilizando los ábacos elaborados por el investigador y considerando $M_u = 1200 \text{ kg.m}$ y h losa de 25 cm y un f'_c de 210 Kg/cm² y utilizando el método gráfico tenemos lo siguiente (Ver Figura 40)

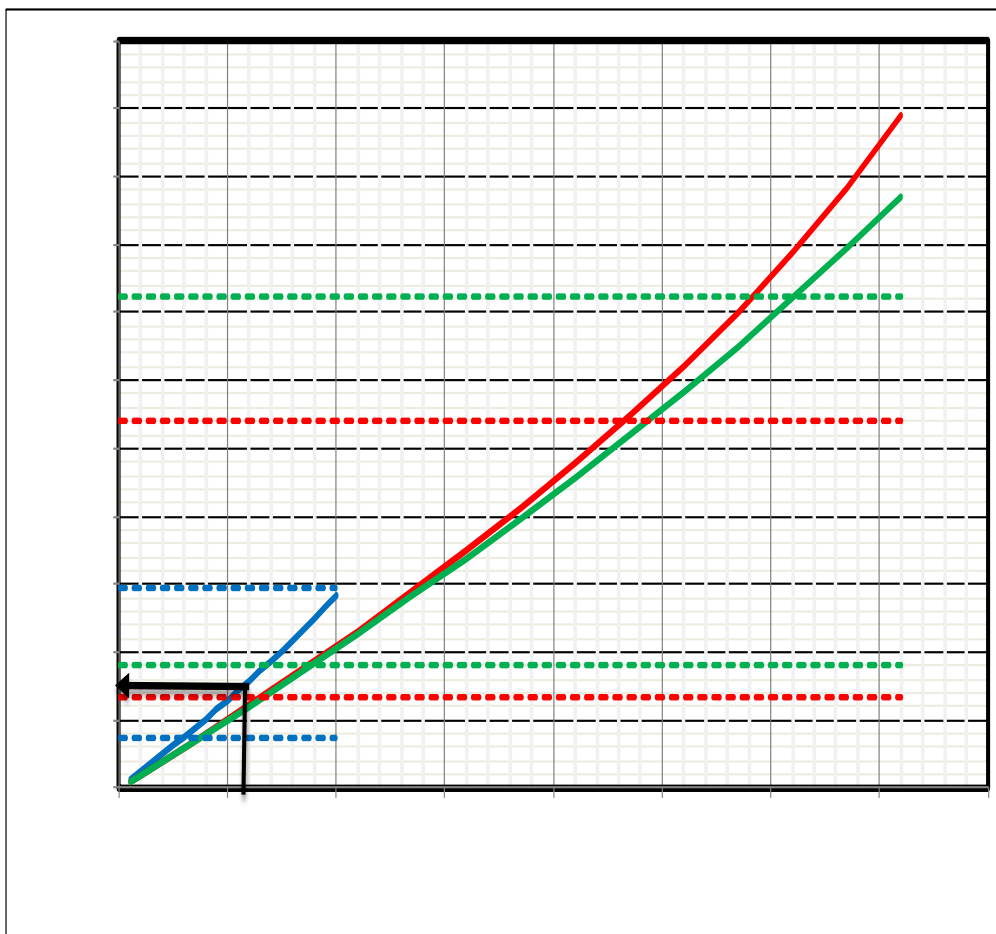
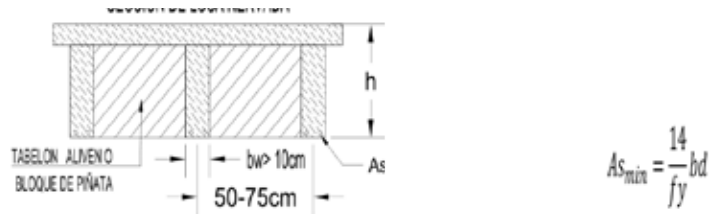


Figura 40: Acero requerido concreto de resistencias a la compresión 210 Kg/cm² y Momento ultimo de 1200 Kg. M con espesores de losa nervada de 25

Fuente: Muñoz (2020)

Resultado: $As = 1.58 \text{ cm}^2$

Ejercicio 2:

Calcular en área de acero requerido en una losa nervada de altura 30 cm

Datos

Resistencia característica del concreto ($f'c$) 210kg/cm²

Límite de fluencia de acero (f_y) igual 4200kg/cm²

Módulo de elasticidad del refuerzo y del acero estructural (E_s) 2.000.000 kg/cm²

Altura de losa (h) 30 cm

Ancho de nervio (b_w) 12 cm

$M_u = 1500$ kg-m

Recubrimiento (r) 3cm

Solución

- Cálculo de la altura efectiva Altura efectiva (d)

$$d = h - r = 30 - 3 = 27 \text{ cm}$$

- Determinación de parámetro experimental del bloque a compresión del concreto generalmente () ver Figura 39

- Valor de deformación unitaria del acero (ϵ_t)

$$\epsilon_t = f_y / E_s$$

- Valor de deformación unitaria del concreto (ϵ_c)

$$\epsilon_c = 0.003$$

- Cálculo cuantía máxima (ρ_{max})

$$\rho_{max} = \frac{0.003}{(\epsilon_t + 0.006)} \left(\frac{0.85\beta_1 f'c}{f_y} \right) \quad \rho_{max} = 0.0134$$

- Peralte idealizado del bloque de compresión (a máx)

$$a_{max} = \frac{\rho_{max} f_y b}{0.85 f'c} \quad a_{max} = 3.15 \text{ cm}$$

- Distancia de la fibra comprimida al eje neutro (c máx)

$$c_{max} = \frac{a}{\beta_1} \quad c_{max} = 3.70 \text{ cm}$$

- Cálculo de la deformación máxima (ϵ_t)

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_c c}{c} (d - c) \quad \epsilon_t = 0.0148$$

- Estimación de factor de seguridad de diseño a flexión

$$\varphi = 0.90$$

- Cálculo de Área de acero mínimo ($A_{s \text{ min}}$)

$$A_{s \text{ min}} = 14/f_y \quad b \quad d \quad A_{s \text{ min}} = 1.35 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de Área de acero máximo ($A_{s \text{ máx}}$)

$$A_{s \text{ máx}} = \rho_{\text{max}} \quad b \quad d \quad A_{s \text{ máx}} = 5,42 \text{ cm}^2$$

- Determinación Momento máximo ($M \text{ máx.}$)

$$M_{\text{max}} = A_{s \text{ máx}} \quad f_y \quad \left(d - \frac{A_{s \text{ máx}} \quad f_y}{2(0.85) \quad f'_c \quad b} \right) \quad M_{\text{max}} = 5117.62 \text{ kg.m}$$

- Determinación Momento nominal ($M \text{ n.}$)

$$\varphi \quad M_{\text{ax}} = 4659,854 \text{ kg.m}$$

- Calcular el área de acero positivo y negativo en apoyos y tramos

$$\rho = \frac{0.85 \quad f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85\varphi f'_c \quad b \quad d^2}} \right) = 0.0038$$

- Chequeo de áreas de acero

$$A_{s \text{ min}} = 1,35 \text{ cm}^2 < A_{s \text{ req}} = 1.54 \text{ cm}^2 < A_{s \text{ máx}} = 5,42 \text{ cm}^2$$

- Chequeo de cuantías

$$\rho_{\text{min}} = 0.0033 < \rho_{\text{bal}} = 0.0038 < \rho_{\text{max}} = 0.0134 \quad \text{falla dúctil}$$

Utilizando los ábacos elaborados por el investigador y considerando $M_u = 1500 \text{ Kg.m}$ H 30 cm y $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (Ver figura 41)



$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b d$$

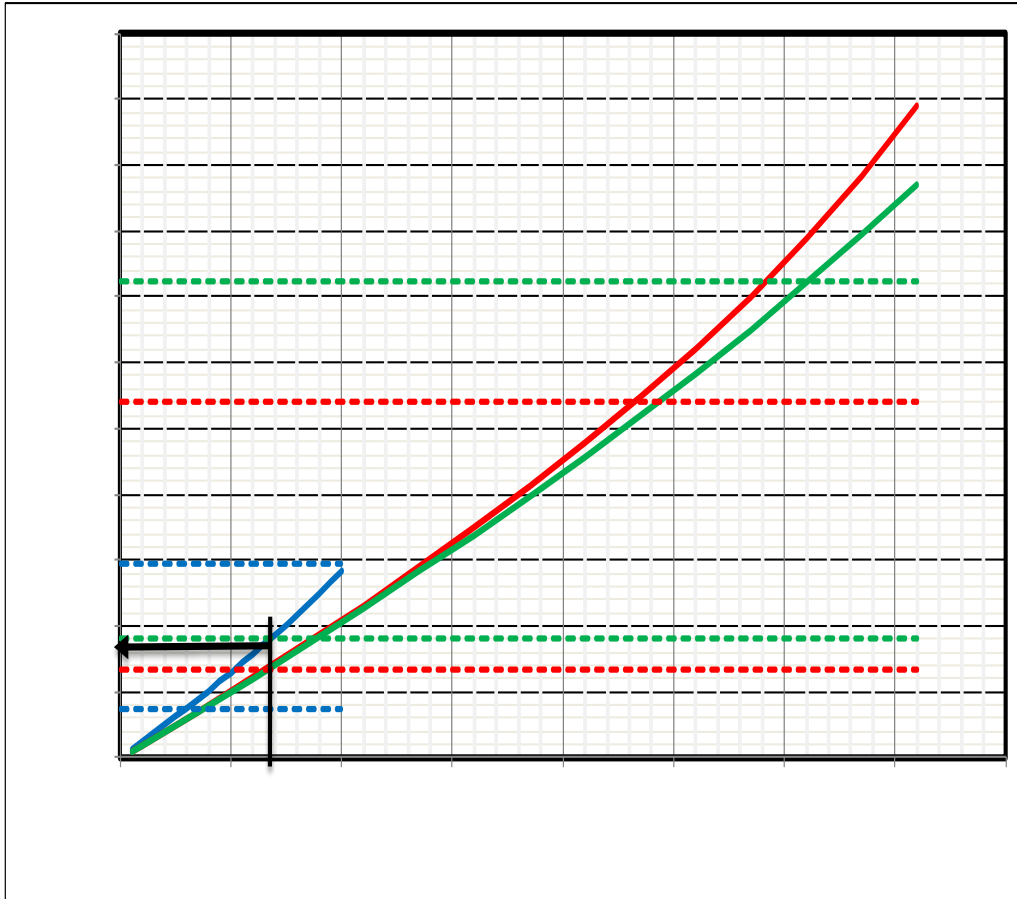


Figura 41: Acero requerido concreto de resistencias a la compresión 210 Kg/cm² con espesores de losa nervada de 25

Fuente: Muñoz (2020)

Resultado $A_s = 1.54 \text{ cm}^2$

Ejercicio 3

Calcular en área de acero requerido en una losa nervada de altura 25 cm

Datos

Resistencia característica del concreto ($f'c$) 280kg/cm²

Límite de fluencia de acero (f_y) igual 4200kg/cm²

Módulo de elasticidad del refuerzo y del acero estructural (E_s) 2.000.000 kg/cm²

Altura de losa (h) 30 cm

Ancho de nervio (b_w) 15 cm

Carga ultima (W_u) 369 Kg/m

Recubrimiento (r) 3cm

Longitud de tramos 3 metros

Solución

Diseño Por flexión

- Cálculo de la altura efectiva Altura efectiva (d)

$$d = h - r = 30 - 3 = 27 \text{ cm}$$

- Determinación de parámetro experimental del bloque a compresión del
(Ver figura 42)

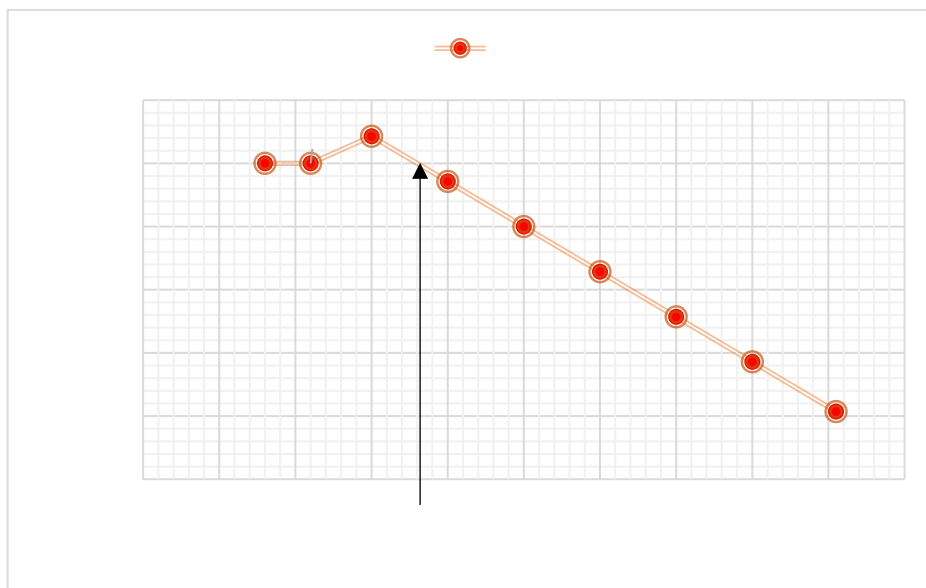


Figura 42: Parámetro bloque a compresión del concreto resistencias 280 Kg/cm²

Fuente: Muñoz (2020)

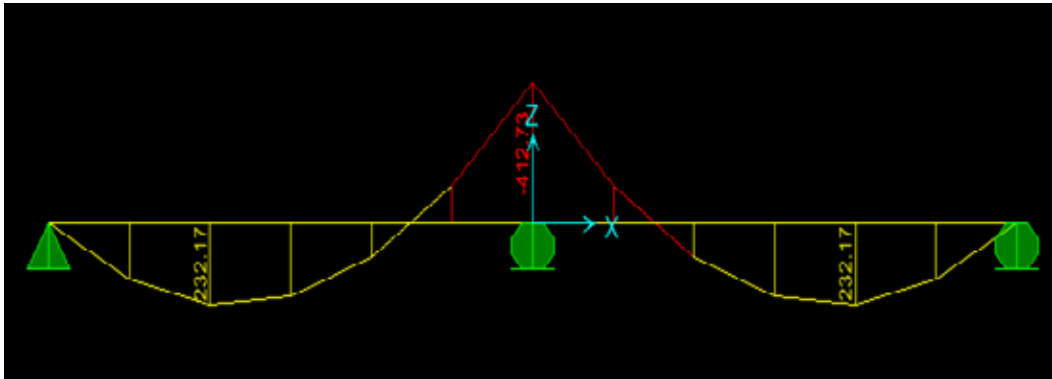


Figura 43: Momento último en tramos y apoyos

Fuente: Muñoz (2020)

- $Mu1 = 232,17kg.m$
- $412,73kg.m$
- $232.17kg.m$

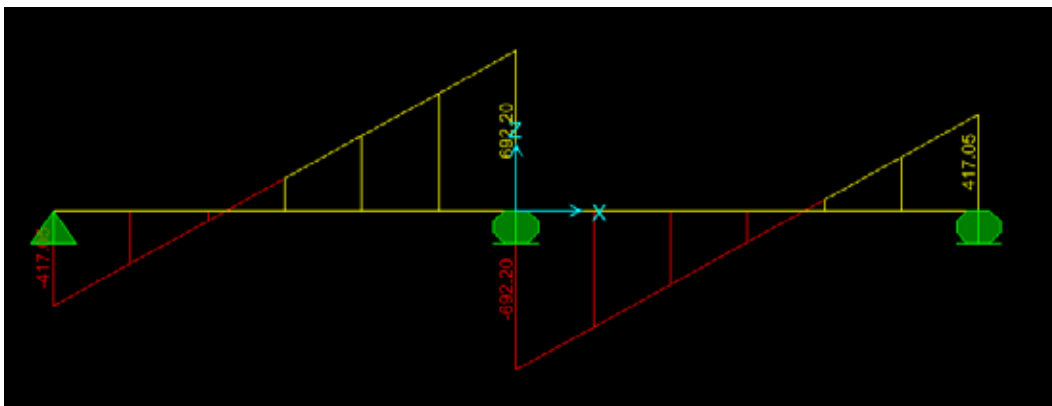


Figura 44: Corte último

Fuente: Muñoz (2020)

- Valor de deformación unitaria del acero (ty)
 - $ty = fy/ Es$
- Valor de deformación unitaria del concreto (cu)
 - $cu = 0.003$
- Calculo cuantía máxima (ρ_{max})

$$\rho_{max} = \frac{0.003}{(\epsilon_t y + 0.006)} \left(\frac{0.85 \beta_1 f'c}{f_y} \right) \quad \rho_{max} = 0.0178$$

- Peralte idealizado del bloque de compresion (a máx)

$$a_{max} = \frac{\rho_{max} f_y b}{0.85 f'c} \quad a_{max} = 4,72 \text{ cm}$$

- Distancia de la fibra comprimida al eje neutro (c máx)

$$c_{max} = \frac{a}{\beta_1} \quad c_{max} = 5.54 \text{ ccm}$$

-Cálculo de la deformación máxima (ϵ_t)

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_{cu}}{c} (d - c) \quad \epsilon_t = 0.0116$$

- Estimación de factor de seguridad de diseño a flexión

$$\phi = 0.90$$

- Cálculo de Área de acero mínimo ($A_s \text{ min}$)

$$A_{smin} = 14/f_y \quad b \quad d \quad A_{smin} = 1,35 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de Área de acero máximo ($A_s \text{ máx}$)

$$A_{smax} = \rho_{max} \quad b \quad d \quad A_{smax} = 4,81 \text{ cm}^2$$

- Determinación Momento máximo ($M \text{ máx.}$)

$$M_{max} = A_{smax} \quad f_y \quad \left(d - \frac{A_{smax} \quad f_y}{2(0.85) \quad f'c \quad b} \right) \quad M_{max} = 6.903,50 \text{ kg.m}$$

- Determinación Momento nominal (M_n .)

$$\phi \quad M_{ax} = 6213,15 \text{ kg.m}$$

- Calcular el área de acero positivo y negativo en apoyos y tramos

$$\rho = \frac{0.85 \quad f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85\phi f'c \quad b \quad d^2}} \right) = 0,408$$

- Chequeo de áreas de acero para cada uno de los momentos

$$A_{smin} = 1.35 \text{ cm}^2 < A_{sreq} = 0.41 \text{ cm}^2 < A_{smax} = 4,81 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.980 \text{ cm}^2 < A_{sreq} = 0.860 \text{ cm}^2 < A_{smax} = 4.81 \text{ cm}^2$$

- Chequeo de cuantías

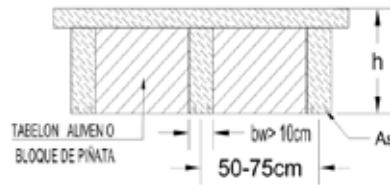
$$\rho_{min} = 0.0033 < \rho_{bal} = 0.00151 < \rho_{max} = 0.0134 \quad \text{falla dúctil}$$

Utilizando los ábacos elaborados por el investigador y considerando (ver

Figura 46)

$$Mu1 = 232,17 \text{ kg.m}$$

$$412,73 \text{ Kg.m} \quad Mu3 = 232,17 \text{ kg.m}$$



$$As_{min} = \frac{14}{fy} bd$$



Figura 45: Acero requerido concreto de resistencias a la compresion 412.73 Kg/cm² con espesores de losa nervada de 30

Fuente: Muñoz (2020)

resultado

$$As1 = 0.98 \text{ cm}^2 \text{ Tomar } As_{min} \quad As2 = 0.98 \text{ cm}^2 \text{ tomar } As_{min} \quad As3 = 0.98 \text{ cm}^2 \text{ tomar } As_{min}$$

CONCLUSIONES

Del diagnóstico realizado al código más importante de los Estados Unidos Building Code Requirements for Structural Concrete del Instituto Americano del Concreto(ACI 318-19), con respecto a los especificado en el Capítulo 7 referentes a “Losas en una Dirección”, se concluye que la normativa actual no establece muchos cambios en relación a la versión anterior 2014, manteniendo su estructuración solo que se reforzaron y actualizaron ciertos contenidos, referente a integridad estructural para conexiones losa columna incluyendo requerimientos de continuidad para refuerzo longitudinal y para configuración del refuerzo transversal, ya que las losas armadas en una dirección, vaciadas en sitio no habían tenido previsiones similares, incluyendo una nueva sección 7.7.7 que incorpora previsiones similares a aquellas que existían para el diseño de vigas para asegurar que la falla de una porción de la losa no conduzca a un colapso excesivo y que más bien contribuya con una falla dúctil o redistribución del momento en los miembros estructurales.

Los lineamientos técnicos de diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales, conforme a la norma ACI 318-19, basados en la revisión de los estados límite, definen las especificaciones de diseño aparecen desarrolladas en los capítulos 4, 5, 6, 9, 20, 21 y 22 en los cuales se establecen el tipo de materiales, cargas permanentes y sobrecargas, análisis estructural de cargas, vigas, refuerzo metálico mínimo, separaciones y disposición, factores de reducción, resistencia de las secciones basadas en las dimensiones mínimas normativas, incluyendo el arriostamiento transversal de la losa y el chequeo por corte.

Los nomogramas construidos solo serán útiles para el diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales conforme a la norma ACI 318-19, evitando de esta manera engorrosos cálculos en la determinación de la cantidad de acero, facilitando de esta manera el aprendizaje en los estudiantes de Ingeniería Civil. También podrían ser de suma utilidad para los profesionales en ejercicio utilizándose para rápidos chequeos en obra.

La comprobación en el diseño de losas nervadas de concreto unidireccionales, mediante la realización de ejercicios prácticos aplicando las gráficas y nomogramas desarrollados conforme a la norma ACI 318-19, permitió verificar si nuestros cálculos fueron correctos ajustado a las condiciones de flexión que se deben considerar en el cálculo de este elemento estructural establecidos en esta normativa.

RECOMENDACIONES

Implementar el uso de nomogramas o ábacos de cálculo, le permiten tanto a los estudiantes como a los profesionales, mediante la organización gráfica de todas las variables que se deben considerar en el cálculo de los elementos de una estructura, obtener manualmente estos valores y comprobar los resultados obtenidos que, de otro modo, habrían de obtenerse por medio de fórmulas distintas.

Se recomienda realizar metodologías que involucren los lineamientos técnicos y la filosofía de diseño de otros códigos normativos internacionales.

Para nuevos Trabajos de Grado para la UJAP, se recomienda efectuar el estudio para construir gráficas para Losas Macizas y Losas Nervadas Armadas en dos direcciones.

También, para nuevos Trabajos de Grado para la UJAP, se recomienda efectuar un estudio para construir gráficas y nomogramas para el diseño por Corte de los miembros estructurales.

Se propone aumentar la familia de gráficas para valores de $f'c$ conocidos en Latinoamérica, y además presentar las gráficas con otros sistemas de unidades.

Se recomienda desarrollar una aplicación que genere de forma automatizada los pasos descritos en la metodología de diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 318 (2014). **Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14)**. Norma. Farmington Hill. U.S.A
- ACI 318 (2019). **Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19)**. Norma. Farmington Hill. U.S.A
- Araque, L y Hazkour, A. (2014). **Comparación de Diseño de Losas Nervadas y Macizas Armadas en Una Dirección, Utilizando Metodología según FONDONORMA 1753/2006 y el Uso de Software de Cálculo Estructural**. Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela. Trabajo de grado no publicado.
- Arias, F. (2012). **El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas. Editorial Espíteme. Sexta edición.
- Balestrini M. (2002). **Como se Elabora el Proyecto de Investigación**. Caracas, Venezuela. Editorial BL Consultores Asociados.
- Barboza y Delgado (2014) **Concreto Armado**. Aspectos Fundamentales, Maracaibo, Venezuela Editorial Astro Data S.A. Segunda edición
- Cay K. (2015) **Construcción de un nomograma para evaluar la temperatura de la pared del tubo interior, en el diseño preliminar de un intercambiador de calor de tubos concéntricos utilizando como fluidos agua-aire**. Trabajo de grado Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química
- Chávez Achay, S. (2003). **Concreto Armado**. Tarapoto, Perú.
- FONDONORMA 1753 (1987). **Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural**. Documento técnico. Caracas. Venezuela.
- Fratelli, M.G (1998). **Diseño Estructural en Concreto Armado**. Caracas. Venezuela.
- Hurtado, J. (2010). **Metodología de la Investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia**. Caracas, Venezuela. Editorial Ciea-Sypal.
- Nilson, A. (2001). **Diseño de Estructuras de Concreto**. Editorial Mc Graw Hill. Edición Nro. 12.

- López, M. (2013). **El ABC de la revolución metodológica: el problema de investigación**. España. Editorial Académica Española
- Pérez, A. (2018). **Construcción de Gráficas, Nomogramas y Flujogramas Para el Diseño de Miembros de Concreto Reforzado Solicitados a Flexión y Corte Conforme a Normas Nacionales e Internacionales**. Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela. Trabajo de grado no publicado.
- Pungaña, J.L. (2015). **Aplicación del Código ACI 318-2008 Para el Diseño de Losas Alivianadas y Losas Macizas Bidireccionales y la Implementación de un Programa de Cálculo**. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Sampieri, Fernández y Baptista (2010) **Metodología de la investigación**. México, Editorial Mc Graw Hill. Quinta edición.
- Sánchez, H. y Reyes, C. (2015). **Metodología y Diseño en la investigación científica**. Lima, Perú. Editorial Business Support Anneth.
- Tamayo, H. (1993). **El proceso de la investigación científica**. México: Editorial Limusa.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Vicerrectorado de Investigación y Postgrado (2016). **Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales**. Caracas: UPEL
- Veliz, A. (2011). **Cómo hacer y defender una Tesis**. Caracas, Venezuela.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Información Básica para Ingenieros Civiles.

<http://infobasicingcivil.blogspot.com/2018/03/clase-diseno-de-losas-macizas-y-losas.html>

Sísmica Adiestramiento. <https://www.sismica-adiestramiento.com/losa/>

ANEXOS

A. Datos Nomograma de f'c 210 kg/cm² h de losa 25 cm

Mu (kg.m)	(kg.m)	Mmax (kg.m)	bw (cm)	h (cm)	rec (cm)	d (cm)	f'c (kg/cm ²)	fy (kg/cm ²)	Es (kg/cm ²)		
100	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
200	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
300	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
400	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
500	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
600	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
700	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
800	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
900	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
1000	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
1100	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
1200	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
1300	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
1400	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
1500	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
1600	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
1700	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
1800	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
1900	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003
2000	2062.523	2291.69	10	25	3	22	210	4200	2000000	0.0021	0.003

		amax (cm)	cmax (cm)				As min1	As min2	As balan (cm ²)	Ama+A 2:W2x (cm ²)
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0006	0.733	0.607	0.12	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0011	0.733	0.607	0.24	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0017	0.733	0.607	0.37	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0022	0.733	0.607	0.49	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0028	0.733	0.607	0.62	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0034	0.733	0.607	0.75	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0040	0.733	0.607	0.88	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0046	0.733	0.607	1.02	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0052	0.733	0.607	1.15	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0059	0.733	0.607	1.29	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0065	0.733	0.607	1.43	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0072	0.733	0.607	1.58	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0078	0.733	0.607	1.72	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0085	0.733	0.607	1.87	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0092	0.733	0.607	2.02	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0099	0.733	0.607	2.18	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0106	0.733	0.607	2.34	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0114	0.733	0.607	2.50	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0121	0.733	0.607	2.66	2.94
0.85	0.0134	3.15	3.70	0.0148	0.9	0.0129	0.733	0.607	2.83	2.94

B Datos Nomograma de f'c 210 kg/cm2 h de losa 30 cm

Mu (kg.m)	(kg.m)	Mmax (kg.m)	bw (cm)	h (cm)	rec (cm)	d (cm)	fc (kg/cm2)	fy (kg/cm2)	Es (kg/cm2)	
100	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
200	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
700	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
1200	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
1700	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
2200	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
2700	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
3200	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
3700	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
4200	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
4700	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
5200	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
5700	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
6200	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
6700	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021
7200	4659.854	5177.62	15	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021

			amax (cm)	cmax (cm)				Asmin1	Asmin2	Asbal (cm2)	Amax (cm2)
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0002	1.350	1.118	0.10	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0005	1.350	1.118	0.20	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0017	1.350	1.118	0.70	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0030	1.350	1.118	1.22	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0043	1.350	1.118	1.76	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0057	1.350	1.118	2.31	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0071	1.350	1.118	2.89	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0086	1.350	1.118	3.49	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0102	1.350	1.118	4.12	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0118	1.350	1.118	4.78	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0135	1.350	1.118	5.48	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0154	1.350	1.118	6.22	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0173	1.350	1.118	7.01	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0195	1.350	1.118	7.88	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0218	1.350	1.118	8.83	5.42
0.003	0.85	0.0134	4.72	5.56	0.0116	0.9	0.0245	1.350	1.118	9.90	5.42

C. Datos Nomograma de $f'c$ 210 kg/cm² h de losa 35 cm

Mu (kg.m)	(kg.m)	Mmax (kg.m)	bw (cm)	h (cm)	rec (cm)	d (cm)	fc (kg/cm ²)	fy (kg/cm ²)	Es (kg/cm ²)			
100	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
200	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
700	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
1200	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
1700	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
2200	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
2700	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
3200	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
3700	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
4200	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
4700	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
5200	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
5700	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
6200	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
6700	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85
7200	6213.139	6903.49	20	30	3	27	210	4200	2000000	0.0021	0.003	0.85

	amax (cm)	cmax (cm)				Asmin 1 (cm ²)	Asmin 2 (cm ²)	Asbalan (cm ²)	Amax (cm ²)
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0002	1.800	1.491	0.10	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0004	1.800	1.491	0.20	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0013	1.800	1.491	0.70	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0022	1.800	1.491	1.21	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0032	1.800	1.491	1.73	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0042	1.800	1.491	2.27	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0052	1.800	1.491	2.82	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0063	1.800	1.491	3.39	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0073	1.800	1.491	3.97	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0085	1.800	1.491	4.57	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0096	1.800	1.491	5.19	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0108	1.800	1.491	5.84	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0121	1.800	1.491	6.51	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0133	1.800	1.491	7.21	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0147	1.800	1.491	7.94	7.23
0.0134	6.30	7.41	0.0079	0.9	0.0161	1.800	1.491	8.71	7.23

