



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS
CENTRALES “RÓMULO GALLEGOS”
ÁREA DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
ESTADO GUÁRICO**

**COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE PREDIMENSIONADO EN
ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO (LOSAS, COLUMNAS Y VIGAS)**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil

Autores:

Yulianny Polanco
C.I.N°V-23.564.409
José Pérez
C.I.N°V-23.952.778

Tutor Académico

Dr. Rosa Aguilera

Tutor Metodológico

Lic. Yosmar Díaz

San Juan de Los Morros, Enero 2018



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS
CENTRALES “RÓMULO GALLEGOS”
ÁREA DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
ESTADO GUÁRICO**

APROBACIÓN DE LA TUTOR (A)

Por la presente hago constar que he leído el Trabajo Final de Grado, presentado por los bachilleres: **José Pérez** y **Yulianny Polanco** titulares de las cédulas de identidad N° V-23.952.778 y V-23.564.409 respectivamente, para optar al título de Ingeniero Civil, titulado: **COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE PREDIMENSIONADO EN ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO (LOSAS, COLUMNAS Y VIGAS)**. Y del cual doy fe que reúne los requisitos necesarios para ser sometido a la presentación pública del jurado evaluador que se designe.

En la ciudad de San Juan de los Morros, a los 15 días del mes de Enero del 2018

Dr. Rosa Aguilera
C.I. N° V-8.00983

DEDICATORIA

A Dios. Quién supo guiarme por el buen camino dándome salud, fuerza y mucha sabiduría para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento, llegando hasta este momento tan importante por el cual lucho desde el principio.

A mis Padres. Porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis Hermanos.

Yerina: claro ejemplo de una hermana mayor de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles, desde que tengo uso de razón siempre has estado ahí guiándome al éxito con tus consejos de motivación, los cuales me han servido de mucha ayuda desde que era un niño y recordando aquel día en que deje de estudiar por motivos irrazonables, te doy las gracias porque siempre estuviste ahí para apoyarme a seguir estudiando, para mí eres mi otra madre. Te Amo mi flaca Hermosa.

Adriana: a ti por tu apoyo incondicional y siempre motivarme a seguir adelante y de quien me siento orgulloso de tener como hermana.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. **Thomas Chalmers**

José Pérez

DEDICATORIA

A mis padres; Virginia Mejías y Rafael Polanco, por haber fomentado en mí, el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su amor, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. Espero contar como siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional son ellos los mejores padres del mundo y verdadero ejemplo a seguir.

A mi hermano; Gabriel Polanco que a pesar de que peleamos muchos, que se queja por buscarme o llevarme a todos lados, muchas veces sale por mí, sé que preocupa por mí aunque no lo demuestre, son pocas las veces que le demuestro amor por eso quiero dedicársela.

A mi sobrina; Valeria Polanco lo más chiquito de la casa, la que me sacas sonrisas

A mi novio; Andrés Moyetones mi mejor amigo quien está apoyándome, ayudándome en todo momento como no dedicársela si fue quien estuvo allí aguantando mis llantos, el me dio aliento necesario en los momentos en que toda se veía negro cuando no obtuve el cupo, después logro que consiguiera el cupo y que yo iniciara esta carrera.

Yulianny Polanco

AGRADECIMIENTO

Le agradecemos a Dios por permitirnos llegar a esta instancia del camino. Él es quien guía nuestras vidas, el rumbo y lo que sucederá con nosotros el día de mañana.

A nuestros padres. Por ser los seres más importantes en mi vida a los que amamos infinitamente quienes siempre han luchado por darnos lo mejor por darnos la vida y estar siempre a nuestro lado enseñándonos que con constancia y dedicación somos capaces de lograr cualquier meta que nos propongamos, Es por ustedes que hemos llegado hasta aquí.

A los profesores Aguileras

Ing. Rosa Aguilera. Le agradecemos por aceptar ser nuestra tutora académica y asesora de nuestro trabajo especial de grado, por la orientación y ayuda que nos brindó para la realización del mismo, por su apoyo y amistad, por haberse tomado el arduo trabajo de transmitirnos sus diversos conocimientos, por abrirnos las puertas de su hogar y cada tarde saborear ese rico café que solía servir con galletas. Le pedimos a Dios que la bendiga siempre y le de mucha vida y salud.

Ing. José Aguilera. Parte fundamental de este trabajo de grado también, muchas gracias por su aporte de conocimiento moderno e innovador y por cada detalle y momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda que me surgiera, por esos consejos para prepararnos y hacernos mejores profesionales de la Ingeniería Civil.

A nuestros compañeros de estudio. Le agradecemos ya que con ellos vivimos buenos malos momentos, que solo se viven en la universidad que con algunos más que compañeros fuimos y seremos grandes amigos en especial a Génesis Vásquez y Edumar Tovar

Los Autores

INDICE GENERAL

	pp.
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA	3
Planteamiento del Problema.....	3
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
Justificación de la Investigación.....	7
Alcances	9
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO	11
Antecedentes de la Investigación	11
Antecedentes Nacionales	11
Antecedentes Internacionales	14
Bases Teóricas	15
Concreto Armado.....	16
Propiedades del Concreto Armado.....	18
Concreto.....	18
Acero de Refuerzo.....	19
Aspectos importantes del acero.....	20

Características de los principales Elementos de Concreto Armado.....	20
Pórtico.....	20
Vigas.....	22
Columnas.....	23
Losas.....	24
Principales Sistemas Estructurales.....	33
Técnicas y criterios para el Predimensionado de Elementos Estructurales....	35
Predimensionamiento de Losas.....	36
- Predimensionado de Losas (Criterio de Rigidez).....	36
- Predimensionado de Losas (Criterio de Resistencia).	36
Predimensionamiento de Columnas.....	37
- Predimensionado de Columnas (Método Arnal y Epelboim 1985).....	38
- Predimensionado de Columnas (Método Fargier y Fargier).....	39
- Predimensionado de Columnas (Método Arnal (Factor Modificado)).	40
Predimensionamiento de Vigas.....	41
- Predimensionado de Vigas en la dirección “X” (Método Arnal).....	41
- Predimensionado de Vigas en la dirección “Y” (Método Arnal.).....	43
- Predimensionado de Vigas (Método Fargier y Fargier).	47
- Predimensionado de Vigas (Método Villarreal).....	48
Programa de análisis y diseño estructural ETABS.	49
Bases Legales	50
Normas Venezolanas COVENIN.....	50
NORMA VENEZOLANA COVENIN “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” Fondonorma 1753:2006 1ra. Revisión.....	51

NORMA VENEZOLANA COVENIN-MINDUR 2002-88 “Criterios y Acciones Mínimas Sobre Las Edificaciones”.....	51
NORMA VENEZOLANA COVENIN-MINDUR 1756-1:2001 “Edificaciones Sismorresistentes” Parte 1: Requisitos. (1ra. Revisión).....	52
Manual para el Proyecto de Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones.....	52
CAPÍTULO III	53
MARCO METODOLÓGICO.....	53
Tipo de Investigación.....	54
Diseño de la Investigación	54
Población.....	56
Muestra.....	56
Técnica de Recolección de Información.....	56
Técnicas de Análisis de la Información	57
CAPITULO IV	59
ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS.....	59
Fase I.....	59
Fase II.....	60
Predimensionados de los Elementos Estructurales.....	63
Predimensionamiento de Losas.	63
Predimensionamiento de Columnas	66
Predimensionamiento de Vigas	83
Fase III	93
Fase IV	95

CAPITULO V	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
Conclusiones	107
Recomendaciones	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

LISTA DE CUADROS

CUADRO	pp.
1	Características de los Tipos de Losas más usados.....31
2	Sistemas resistentes a cargas verticales.....34
3	Sistemas resistentes a cargas horizontales.....35
4	Altura mínima de vigas o espesor mínimos de losas, a menos que se calculen las flechas.....36
5	Factor de minoración α para el cálculo del área de la columna según su ubicación.....39
6	Calculo de área de la columna según el método de Fargier y Fargier.....40
7	Factor de volcamiento λ y η para el cálculo del área de la columna según su ubicación.....41
8	Rango de variación de altura en vigas.....48
9	Dimensiones de vigas.....49
10	Fases de la investigación.....55
11	Carga Gravitacional (Kg/m^2).....62
12	Áreas tributarias (techo y entrepiso) dependiendo del tipo de columna.. 67
13	Cargas de servicio por nivel en columnas (kg).....69
14	Cargas acumuladas en columnas (kg).....70
15	Área requerida (A_c) en la columnas.....71
16	Dimensiones de las columnas por nivel de la edificación.....71
17	Áreas de acero (A_s) cm^272
18	Áreas tributarias (techo y entrepiso) dependiendo del tipo de columna...73
19	Cargas de servicio por nivel en columnas (kg).....74
20	Cargas acumuladas en columnas (ton).....75
21	Área requerida (A_c) en las columnas.....76
22	Dimensiones de las columnas por nivel de la edificación.....76
23	Áreas de acero (A_s) cm^277

24	Áreas tributarias (techo y entrepiso) dependiendo del tipo de columna...	78
25	Cargas de servicios por nivel en columnas (kg).....	79
26	Carga acumuladas en columnas (kg).....	80
27	Área requerida (A_c) en las columnas.....	81
28	Dimensiones de las columnas por nivel de la edificación.....	82
29	Áreas de acero (A_s) cm^2	82
30	Parámetros sísmicos.....	85
31	Resultados de los Criterios de Losas.....	93
32	Resultados de los Métodos de Columnas.....	93
33	Resultados de los Métodos de Vigas.....	94

LISTA DE FIGURAS

	pp.
Figura 1: Representación de los pórticos	21
Figura 2: Deformaciones en los pórticos	22
Figura 3: Componentes de un pórtico	24
Figura 4: Fuerza que debe soportar la losa por cortante en su plano.....	25
Figura 5: Transmisión de fuerzas de inercia en la estructura	26
Figura 6: Distribución de las fuerzas de inercia cuando la losa no es un diagrama rígido	26
Figura 7: Empujes normales al plano de los muros que se generan cuando la losa no es un diafragma rígido.....	27
Figura 8: Distorsión en el plano ante fuerzas sísmicas en dirección diagonal, cuando la losa no es un diafragma rígido.....	27
Figura 9: Ejemplo de armado de Losas Unidireccionales.....	28
Figura 10: Ejemplo de armado de Losas bidireccionales	28
Figura 11: Losas de Concreto Armado	29
Figura 12: Losas de Concreto Pretensado	29
Figura 13: Losas de Concreto sobre madera	30
Figura 14: Losas en Lamina de acero	30
Figura 15: Vista 3D de la edificación en estudio.....	60
Figura 16: Vista de Planta de Entrepisos de la Edificación	61
Figura 17: Vista de Planta de Techo de la Edificación	61
Figura 18: Dimensiones y ejes de la losa maciza.....	63
Figura 19: Imagen de las distintas losas de entepiso	64
Figura 20: Método de croos donde se obtuvo el momento ultimo (Mu)	65
Figura 21: Vista en planta (techo) de la edificación donde se identifican las áreas tributarias para cada tipo de columna	66
Figura 22: Vista en planta (entepiso) de la edificación donde se identifican las áreas tributarias para cada tipo de columna	67

Figura 23: Vista 3D de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal y Epelboim), de vigas (Método Arnal) y de losa (Criterio de Resistencia)	95
Figura 24: Vista lateral de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal y Epelboim), de vigas (Método Arnal) y de losa (Criterio de Resistencia)	96
Figura 25: Vista frontal de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal y Epelboim), de vigas (Método Arnal) y de losa (Criterio de Resistencia)	97
Figura 26: Vista planta de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Metodo Arnal y Epelboim), de vigas (Método Arnal) y de losa (Criterio de Resistencia)	98
Figura 27: Vista 3D de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Fargier y Fargier), de vigas (Método Fargier y Fargier) y de losas (Criterio de Resistencia).....	99
Figura 28: Vista lateral de la utilizando predimensionado de columnas (Método Fargier y Fargier), de vigas (Método Fargier y Fargier) y de losas (Criterio de Resistencia)	100
Figura 29: Vista frontal de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Fargier y Fargier), de vigas (Método Fargier y Fargier) y de losas (Criterio de Resistencia).....	101
Figura 30: Vista planta de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Fargier y Fargier), de vigas (Método Fargier y Fargier) y de losas (Criterio de Resistencia).....	102
Figura 31: Vista 3D de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal Factor Modificado), de vigas (Método Villareal) y de losas (Criterio de Resistencia).....	103
Figura 32: Vista lateral de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal Factor Modificado), de vigas (Método Villareal) y de losas (Criterio de Resistencia).....	104

Figura 33: Vista Frontal de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal Factor Modificado), de vigas (Método Villareal) y de losas (Criterio de Resistencia)..... 105

Figura 34: Vista planta de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal Factor Modificado), de vigas (Método Villareal) y de losas (Criterio de Resistencia)..... 106

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS
CENTRALES “RÓMULO GALLEGOS”
ÁREA DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
ESTADO GUÁRICO

RESUMEN

**COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE PREDIMENSIONADO EN
ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO (LOSAS, COLUMNAS Y VIGAS)**

Autores:

Yulianny Polanco

José Pérez

Tutor Académico

Dr. Rosa Aguilera

Tutor Metodológico

Lic. Yosmar Díaz

La importancia de realizar el predimensionado de una estructura es determinar previamente la correcta selección del sistema estructural y de sus dimensiones siguiendo las normativas vigente, es por ello que el objetivo de esta investigación es comparar de técnicas de predimensionado en elementos de concreto armado en losas, columnas y vigas en una estructura, apoyados en una modalidad de investigación documental comparativo, cuya técnica de análisis se realizó siguiendo un método deductivo. Cuyos resultados más relevantes es que las técnicas utilizados para el predimensionado de losas de concreto armado se finiquita que si el espesor de la losa utilizando el criterio de la rigidez es menor que el de resistencia se recomienda colocar un promedio entre ambas criterios; en caso contrario se debe asumir el criterio de resistencia. En cuantos métodos utilizados para el predimensionado de columnas el de Fargier y Fargier fue el más acertado cumpliendo con lo establecido en las normas y verificado con el programa ETABS y con los otros métodos se consiguieron dimensiones menores pero no cumplieron con lo establecido en el programa ETABS. En relación a las técnicas empleadas para el predimensionado de vigas con el criterios de Arnal las dimensiones en el eje X e Y fueron de 30 x 65 cm y verificadas en el programa ETAB, al utilizar los criterios de Fargier y Fargier y Villareal las dimensiones obtenidas en los ejes X e Y fueron de 30x50 y 30x60 respectivamente cuyos valores en ambos métodos fueron menor que el criterio de Arnal, sin embargo al verificarlos con el uso del programa ETABS los mismos no cumplieron con las condiciones de diseño.

Descriptores: Técnicas, predimensionado, losa, vigas, columnas y ETABS

INTRODUCCIÓN

El predimensionado es un conjunto de técnicas que permiten calcular elementos de ingeniería de manera sintetizada, cuyo objetivo de esta reducción es encontrar unas magnitudes orientativas en cuanto a dimensiones o características del elemento que puedan servir para afinar un proceso de diseño que finalmente, habrá de ser ratificado por un cálculo exhaustivo de la estructura utilizando para ello diferentes métodos con simplificaciones matemáticas de valores cuyas variables representan en porcentajes pequeños en el cómputo de las ecuaciones, a criterios estadísticos para llegar a conclusiones empíricas.

Es por ello que para realizar el predimensionado de una estructura se requieren los conocimientos mínimos de sistemas estructurales, cuya importancia de determinar preliminarmente las posibles dimensiones de una estructura fundamentada en dos aspectos importantes que son : el primero: prever desde el proyecto arquitectónico los espacios adecuados para los elementos estructurales y lograr una valoración preliminar muy ajustada de las cantidades de obra estructural, dato importantísimo para realizar los estudios de prefactibilidad y factibilidad del proyecto y el segundo aspecto refiere a la correcta selección del sistema estructural y de sus dimensiones desde el inicio del proyecto arquitectónico redundando en una mayor claridad de información, certeza de costos y calidad de producto, siguiendo las normativas que imponen requisitos mínimos con base a los cuales se pueda garantizar la seguridad de los ocupantes de una construcción y la construcción misma. Algunas de estas normativas son generales y otras son específicas de acuerdo al material o materiales de construcción que se empleen.

Dentro de este marco introductorio, se presenta una investigación correspondiente a la modalidad documental cuyo objetivo general se centra en comparar las técnicas de predimensionado de elementos de concreto armado en losas,

vigas y columnas, cuyo contenido está compuesto por cinco (05), capítulos los cuales se especifican a continuación:

Capítulo I: contiene el planteamiento del problema y su formulación a modo de interrogantes, los objetivos que orientan la actuación del investigador en aras a su abordaje, y la justificación que argumenta el conjunto de razones de la investigación.

Capítulo II: comprende el marco referencial, en el cual se exponen los antecedentes de esta averiguación con miras a evidenciar el estado del conocimiento al enmarcarla dentro de una línea de investigación científica, e igualmente se reseñan las bases teóricas en orden a propiciar una mejor comprensión del tema tratado, como prerrequisito a la estructuración de una propuesta que haya sus raíces en las bases legales, en la definición de términos básicos,

Capítulo III: presenta el marco metodológico, en el que se detalla la modalidad, diseño y tipología de esta investigación, así como las fases y etapas que se ejecutaron para la aproximación y solución al problema planteado, destacando aspectos como la población y muestra; las técnicas e instrumentos a emplear en la recopilación de datos, y las técnicas de análisis de los mismos.

Capítulo IV: refiere a la presentación e interpretación de los resultados mediante una serie de métodos de análisis y cuadros comparativos en forma organizada.

Capítulo V: se obtuvieron las conclusiones y recomendaciones, además, se agregan en este las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

El concreto es una mezcla de arena, grava, piedra u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua, en ocasiones se le agrega uno o más aditivos para cambiar ciertas características, tales como la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado, al igual que la mayoría de los materiales pétreos, el concreto tiene una alta resistencia a la compresión y una muy baja a la tensión. En este sentido el concreto reforzado es una combinación de concreto y acero, para resistir las fuerzas en los diferentes miembros que conforman una estructura.

El concreto reforzado, según McCormac y Brown (2012) es probablemente el material disponible más importante para la construcción, ya que puede usarse en una u otra forma para casi todas las estructuras, grandes o pequeñas ya sea edificios, puentes, pavimentos, presas, muros, túneles, drenajes, tanques, entre otros donde el refuerzo del acero proporciona resistencia a la tensión de que carece el, ya que la combinación de ambos materiales hacen que funcionen en conjunto en forma excelente en las estructuras, donde la ventaja de cada material compensa la desventaja del otro, adhiriéndose muy bien entre sí de modo que no hay deslizamiento entre los dos, por lo tanto funcionan conjuntamente como una unidad para resistir fuerzas. La excelente liga obtenida se debe a la adherencia química entre los dos materiales, a la rugosidad natural de las cabillas y a la estrecha separación de las corrugaciones en las superficies de las cabillas.

En este sentido, el diseño estructural es uno de los campos donde se desarrolla la ingeniería civil realizando un adecuado balance entre las funciones propias que un material puede cumplir, a partir de sus características naturales específicas, sus capacidades mecánicas el menor costo que puede conseguirse, razón por la cual en el diseño se definen las características del sistema de manera que cumpla en forma óptima con sus objetivos, determinando la forma, dimensiones globales y características detalladas de un sistema estructural, es decir, de aquella parte de una construcción cuya función es resistir las fuerzas o acciones a las que va a estar sometido sin que se produzcan fallas o mal comportamiento, integrando los elementos arquitectónicos, el estructural, las instalaciones eléctricas, las de abastecimiento de agua potable, las sanitarias, las instalaciones mecánicas de acondicionamiento de aire, escaleras eléctricas y elevadores, donde todos estos sistemas interactúan de modo que en su diseño debe tenerse en cuenta la relación que existe entre ellos.

La interacción de los diversos sistemas en una etapa temprana del proceso de diseño, en lugar de la superposición sucesiva de proyectos. El ingeniero estructural debe tener siempre presente que el proyecto estructural no constituye un fin por sí mismo, sino que representa sólo una parte del proceso que conduce a la construcción de una obra terminada. Por tanto, para entender un poco el proceso de diseño estructural, resulta útil considerar dividirlo en tres aspectos fundamentales: la estructuración, el análisis y el dimensionamiento

Donde en el diseño estructural se debe siempre obtener un rendimiento balanceado entre la parte rígida y plástica de los elementos, ya que, en muchas ocasiones, un exceso en alguno de estos dos aspectos puede conducir al fallo de las resistencias en cada una de sus partes, o ruptura. Por consiguiente, para realizar un adecuado diseño estructural se deben cumplir unos principios básicos cuyas resistencias exigidas deben responder a las normas correspondientes, al método de rotura, las cuales establecen la resistencia adecuada para que los miembros soporten las cargas mayoradas en las secciones estipuladas y aseguren un comportamiento

adecuado en régimen de servicio, donde la resistencia debe ser en todos los casos igual o menor a la de diseño.

De esta manera, Mejía y Spinel (2013) argumentan que “una de las grandes inquietudes que los ingenieros deben resolver al inicio de los proyectos es referirse al tamaño de los elementos estructurales a utilizar”. Por lo cual existen muchos mecanismos para determinar preliminarmente las dimensiones de los elementos estructurales de una edificación, razón por la cual intervienen un gran número de parámetros que establecen el dimensionamiento de un elemento de concreto reforzado, tales como el ancho, la altura, el área de refuerzo, la deformación del concreto, el esfuerzo del acero, entre otros. Por lo tanto, es necesario un procedimiento de tanteos en la selección de secciones de concreto, con suposiciones basadas en las condiciones en sitio, disposición de los materiales y demandas particulares.

Ahora bien existen muchos mecanismos para determinar preliminarmente las dimensiones de los elementos estructurales de una edificación, entendiéndose como predimensionado o predimensionamiento al conjunto de técnicas que permiten calcular elementos de ingeniería de manera sintetizada, con el objetivo de encontrar unas magnitudes orientativas en cuanto a dimensiones o características del elemento que puedan servir para afinar un proceso de diseño que, finalmente habrá de ser ratificado por un cálculo exhaustivo según la disciplina. Para la elaboración de dichos métodos se recurre a simplificaciones matemáticas de valores cuya variable representa porcentajes pequeños en el cómputo de las ecuaciones, a criterios estadísticos y a conclusiones empíricas donde el predimensionado es muy útil, partiendo de la mecánica de los materiales que la componen, estableciendo unas dimensiones orientativas de las secciones transversales de los elementos que sirven de base para un cálculo de comprobación y reajuste de las superficies definitivas de las secciones.

En el predimensionamiento intervienen una serie de aspectos que involucran el criterio a considerar, cuyos parámetros pueden variar dependiendo de aspectos como la calidad de material, mano de obra calificada, por la cual existen diferentes criterios

y Normativa ya sea las establecidas en nuestro País como la FONDONORMA 1753:2006 referente a “Proyectos y Construcción en Concreto Estructural” así como las normas establecidas por el Instituto Americano de Concreto ACI 318-08 para el diseño de edificios.

En base a las consideraciones anteriores, observamos que en la ingeniería civil existen diferentes métodos y criterios de análisis para diseñar miembros de concreto reforzado en una estructura (losas, columnas y vigas), considerando las cargas de gravedad, el efecto de las cargas laterales así como la posibilidad de la inversión de las fuerzas del factor de carga, por la cual se hace necesario conocer estas técnicas de manera adecuada para determinar preliminarmente las posibles dimensiones de una estructura para prever desde el proyecto arquitectónico los espacios adecuados para los elementos estructurales y lograr así una valoración preliminar muy ajustada de las cantidades de obra estructural, ya que una correcta selección del sistema estructural y de sus dimensiones desde el inicio del proyecto redundará en una mayor claridad de información, certeza de costos y calidad de producto. Para tal efecto, se proponen las siguientes interrogantes:

¿Cuáles serán las técnicas y criterios de análisis para realizar el predimensionado de losas, columnas y vigas en estructura de concreto armado?

¿Cuáles serán las dimensiones obtenidas de estos elementos utilizando diferentes técnicas de análisis de predimensionado?

¿Cuál será las diferencias en los resultados obtenidos en las dimensiones de losa, columnas y vigas con el uso de las diferentes técnicas de predimensionado?

¿Se logrará validar los resultados obtenidos utilizando cada una de estas técnicas de predimensionado comparadas con el uso de programa ETABS 9.7.4?

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Comparar las técnicas de predimensionado en elementos de concreto armado (losas, columnas y vigas).

Objetivos Específicos

Estudiar las técnicas y criterios para el predimensionado de losas, columnas y vigas en una estructura de concreto armado.

Calcular las dimensiones de los elementos usando diferentes técnicas de análisis de predimensionado en una edificación de cinco niveles.

Comparar los resultados obtenidos con el uso de las diferentes técnicas de predimensionado de losa, columnas y vigas.

Validar resultados obtenidos anteriormente con el uso del programa de análisis y diseño estructural ETABS 9.7.4.

Justificación de la Investigación

El propósito de un sistema estructural consiste en equilibrar las fuerzas a las que va a estar sometido, y resistir las solicitaciones sin colapso o mal comportamiento (excesivas deformaciones). En este orden de ideas, la bondad del diseño depende esencialmente del acierto que se haya tenido en componer un sistema estructural, o mecanismo resistente, que resulte el más idóneo para resistir las acciones exteriores, englobados dentro del diseño estructural para obtener un mejor rendimiento de la edificación, donde los cálculos de las resistencias de cada una de sus partes y cómo estará distribuido el peso total de todo el edificio así como los materiales adecuados para su construcción

Es por ello que antes de la construcción de una estructura se deben considerar un sin número de aspectos técnicos y calcular de acuerdo a las situaciones a las

cuales puede estar sometida, dando como resultado dimensiones tentativa o definitiva, de acuerdo a ciertos criterios y recomendaciones establecidos en la práctica de muchos ingenieros y a lo estipulado en la Norma Técnica de Edificaciones de Concreto, que luego del análisis de estos elementos se verá si las dimensiones asumidas son convenientes o no, ya que una de las grandes inquietudes que poseen los ingenieros estructurales diseñadores de edificios y los constructores esta en resolver al inicio de los proyectos está ligada al tamaño de los elementos estructurales a utilizar, ya que esto tiene incidencia tanto en el proyecto arquitectónico así como en la evaluación de costos preliminar que determina la viabilidad del proyecto ante un estudio de prefactibilidad, es por ello que esta investigación se evidencia desde varios puntos de vista los cuales se destacan los siguientes:

Desde el punto de vista social el cálculo y diseño de proyectos estructurales de concreto armado, dentro de esta área, ya que los mismos están ligados al progreso del país mediante el diseño de puentes, presas, túneles, ferrocarriles, entre otros, en su gran mayoría de concreto armado, razón por la cual poseen una gran demanda e importancia ligados a la planificación y desarrollo del país.

En el ámbito teórico, el desarrollo de la investigación se justifica en el sentido que afianzar los conceptos involucrados con las técnicas de predimensionado de elementos de concreto armado en una edificación, lo cual además de permitir fundamentar teóricamente el estudio y dar respuesta a las interrogantes y objetivos planteados, pasará a enriquecer el contenido documental existente y servirá para enriquecer futuros estudios que aborden temáticas similares.

A nivel metodológico, al sustentarse en la modalidad de investigación documental, proporcionará conceptos teóricos necesarios, los criterios de diseño, las metodologías de aplicación y los requerimientos establecidos por las normas venezolanas para el predimensionado de elementos de concreto armado en losas, columnas y vigas, aspectos que deben considerarse en el desarrollo integral del proyecto estructural de una edificación: evaluación de alternativas, selección del sistema estructural más apropiado, dimensionamiento y diseño de dicho sistema y planos estructurales de la edificación asignada.

A nivel académico, la presente investigación se adscribe a la Línea de Investigación propuesta en área de arquitectura ciencia y tecnología de la Universidad Nacional Experimental “Rómulo Gallegos”, en lo referente a la Propuesta de Diseños Estructurales, haciendo énfasis en la descripción del estudio de diseños materiales bajo carga, considerando que se abordarán elementos para la planificación y diseño de las partes que forman el esqueleto resistente de las edificaciones más tradicionales, tales como edificios urbanos, construcciones industriales, puentes, estructuras de los desarrollos hidráulicos, entre otros, utilizando materiales en la parte estructural a fin de obtener el mejor rendimiento de la estructura total, considerando las combinaciones de cargas y en general cualquier situación a la cual se pueda ver sometida la estructura diseñada.

Finalmente, el estudio se considera relevante porque tiene fundamento en la Ley del Plan de la Patria (2013-2019), en lo relativo a los objetivos: 3.2.1.4 dirigido a industrializar el sector construcción para atender la satisfacción del desarrollo de viviendas, edificaciones, equipamiento urbano e infraestructura... tecnificación e industrialización de sistemas constructivos, entre otros, y el objetivo 3.2.5. Desarrollar, fortalecer e impulsar los eslabones productivos de las industrias nacional identificados en proyectos de áreas prioritarias; orientados por un mecanismo de planificación centralizada, sistema presupuestario y modelos de gestión eficientes y productivos cónsonos con la transición al socialismo.

Alcances

El alcance de un estudio, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), se concibe como un apartado que identifica un continuo de causalidad, es decir, dónde comienza una investigación y hasta dónde puede llegar o hasta dónde el investigador quiere que llegue.

En la dimensión temporal, el estudio aborda un período de tiempo comprendido entre enero y junio del año 2017, lapso durante el cual los investigadores efectuaron

el proceso de investigación, comprendido las etapas de revisión bibliográfica y el análisis de los resultados.

En la dimensión temática, el alcance del estudio está representado por el estudio, análisis, examen, establecimiento y determinación de las técnicas y criterios de análisis para el predimensionado de losas, columnas y vigas como elementos estructurales de concreto armado; información que permitirá conocer las semejanzas y diferencias entre estas técnicas, así como sus ventajas y desventajas.

Algunos de estos conceptos revisten gran importancia y son desarrollados con propósitos de aplicación práctica, siendo de especial atención el estudio, discusión y aplicación de la normativa vigente para el análisis y/o diseño de sistemas estructurales de concreto armado. En este sentido, el proyecto a desarrollar debe satisfacer los requerimientos de las Normas Venezolanas COVENIN 1753-85, 1756-98, y 2002-88: Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones, Edificaciones Antisísmicas y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones, respectivamente.

Igualmente, desde el punto de vista social este estudio está enmarcado en el Plan de la Patria en el Objetivo Histórico II que es Continuar construyendo el socialismo bolivariano del siglo XXI, en Venezuela, como alternativa al sistema destructivo y salvaje del capitalismo y con ello asegurar "la mayor suma de felicidad posible, la mayor suma de seguridad social y la mayor suma de estabilidad política" para nuestro pueblo específicamente en el sub-objetivo 2 .2 .6. Propiciar las condiciones para el desarrollo de una cultura de recreación y práctica deportiva liberadora, ambientalista e integradora en torno a los valores de la Patria, como vía para la liberación de la conciencia, la paz y la convivencia armónica. Ya que con esta investigación se pretende direccionar a los usuarios de dichos espacios al uso de espacios recreativos y deportivos para su bienestar físico, mental y social.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El Marco Teórico, de acuerdo con Santalla, citado por Balliache (2014), lo define como aquel que “está constituido por un conjunto de teorías, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes que se consideran válidos para el encuadre correcto de la investigación que se quiere realizar” (p. 25), en este sentido, este capítulo contempla los antecedentes o investigaciones relacionadas con el estudio propuesto realizadas por otros investigadores, las bases teóricas y legales que sustenta el presente estudio.

Antecedentes de la Investigación

Según lo expone Cerda (2013) los antecedentes de la investigación muestran todos los estudios presentados con anterioridad, los cuales de alguna manera están relacionados con la investigación” (p. 26). De esta forma, los estudios encontrados son investigaciones que aportan un valor y permiten aclarar información básica relacionada con las variables y con el objeto de estudio. Así, con el propósito de conocer los estudios realizados en el área, se presentan algunas investigaciones desarrolladas a nivel nacional e internacional.

Antecedentes Nacionales

Do vale (2013) presentó ante la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nueva Esparta, un trabajo de grado titulado “*Diseño de elementos estructurales de concreto armado mediante una hoja de cálculo*”, cuyo objetivo principal fue realizar el diseño

de elementos estructurales de concreto armado, como vigas, columnas y losas, mediante un método simplificado que se base en llevar los cálculos y procedimientos que generalmente se realizan de forma metódica y manual a una hoja de cálculo automatizada, la cual se encargará de arrojar resultados rápidos, precisos y seguros, estudiando primeramente para lograr que estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil adopten este método como herramienta de trabajo y así poder hacer uso de él, sabiendo que es un método confiable, partiendo del predimensionado de las diferentes partes de la estructura.

Delgado (2014) en la Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (UNEFA) en su trabajo de grado titulado *Estructura en concreto armado para la edificación de una nueva sede en la UNEFA Guanare*, cuyo objetivo general se fundamentó en proponer una estructura en concreto armado para la edificación de una nueva sede en la UNEFA Guanare. El proceso metodológico se desarrolló mediante la modalidad de proyecto factible, sustentándose en un diseño no experimental. Entre las conclusiones se evidenció que existe la necesidad de formular un diseño estructural en concreto armado con el beneficio de promover énfasis en la calidad educativa con el propósito de sustentar el eslogan sobre excelencia educativa abierta al pueblo, por lo que se recomendó presentar la propuesta a los órganos rectores, tanto del país como del estado Portuguesa, para su puesta en marcha, trabajo en el cual se diseñaron cada uno de los elementos partiendo de criterios de predimensionados iniciales en cada uno de los cálculos realizados.

En el mismo orden investigativo, Navarrete y Paterninana (2014) presentaron ante la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Rafael Urdaneta un trabajo de grado titulado *Análisis del comportamiento estructura sismoresistente de edificaciones aporticadas de concreto armado considerando unas con vigas altas y otras con vigas planas*, con la finalidad de comparar las estructuras de 3, 6 y 9 plantas considerando vigas altas con estructuras de 3, 6 y 9 plantas considerando vigas planas, para observar de esta manera cuál de las dos condiciones es la más favorable y si alguna de las dos influye en la rigidez de la estructura al momento de la aplicación de las cargas sísmicas. Estos objetivos fueron llevados a cabo diseñando

las edificaciones bajo las normas de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 1756-01 y 2002-88 específicamente, y en análisis sísmicos y la modelación de las seis estructuras tipos mediante la utilización del programa estructural ETABS versión 13.0. En los resultados obtenidos se observó que bajo la aplicación de cargas sísmicas los desplazamientos y períodos de vibración sí se veían afectados en las edificaciones con vigas altas, mostrando menores desplazamientos en las primeras plantas, así como menores períodos de vibración al compararlas con los edificios de vigas planas.

Igualmente, Suárez y Freites (2016) presentaron ante la Universidad Rómulo Gallegos un trabajo titulado *Proponer diseño de losa de entrepiso con láminas de acero corrugadas de 2mm en las viviendas tipo tetra de la Gran Misión Vivienda Venezuela en el desarrollo urbanístico Bolívar Mártir, Valle de la Pascua, Municipio Leonardo Infante, estado Guárico*, partiendo de un predimensionado inicial y aplicado en el programa ETABS, el cual tuvo como objetivo proponer el diseño de una losa de entrepiso con láminas de acero corrugadas de 2 mm para las casas tipo tetra de la Gran Misión Vivienda Venezuela en el desarrollo urbanístico Bolívar Mártir de Valle de la Pascua, Municipio Leonardo Infante, estado Guárico. El tipo de investigación fue de campo, con diseño no experimental, de carácter descriptivo, orientada por el paradigma positivista. Proponiendo un diseño de losa de entrepiso cónsono, oportuno y pertinente para ser desarrollado con excelentes resultados para la construcción de viviendas de hasta dos plantas, que brinde posibilidad de crecimiento de forma horizontal y vertical. Entre las técnicas de recolección de datos o de información se usaron herramientas como observación al inicio de la construcción, se indagó sobre uso de materiales, se realizó un análisis de factibilidad técnica y económica. Concluyendo que el diseño de losas de entrepiso por tratarse de un sistema rígido y compacto, denota un mejor comportamiento estructural y menores costos, por lo que se recomienda estudiar la posibilidad de aplicar el diseño de losas de entrepiso con láminas de acero corrugadas de 2 mm para el desarrollo de viviendas en la ciudad de Valle de la Pascua o cualquier parte del país.

Antecedentes Internacionales

Por su parte, Galindo (2016), presentó ante la Pontificia Universidad Católica del Perú un trabajo de grado denominado *Desarrollo de hojas de cálculo para el diseño en concreto armado*, cuyo objetivo fue desarrollar cuatro hojas de cálculo para el análisis y/o diseño estructural de los siguientes elementos de concreto armado: vigas continuas, muros de corte, muros de contención y losas macizas. A través de estas hojas de cálculo se acelera la parte numérica del procedimiento de diseño y permite que el ingeniero se ocupe de otras partes del procedimiento tales como la evaluación de opciones y la compatibilización con arquitectura. El resultado final es un aumento de la calidad del diseño estructural. La principal ventaja en el uso de estas hojas de cálculo en comparación con los programas convencionales de cálculo y diseño radica en que estos últimos, al ser extranjeros, no están adaptados totalmente a las normas peruanas actuales, especialmente en los aspectos sísmicos que son únicos de cada región., partiendo de dimensión iniciales y comprobadas con los criterios establecidos en el país en referencia.

Villacorta y Zamora (2014) en su trabajo de grado titulado “*Diseño estructural de la I.E Manuel González Prada - Nivel Primaria, Distrito De Quiruvilca,, Santiago De Chuco - La Libertad* en Perú presentado en la Universidad Privada Antenor Orrego Facultad De Ingeniería Escuela Profesional De Ingeniería Civil donde la presente tesis tuvo como objeto el diseño estructural de una edificación, destinada para fines educativos, ubicado en el Distrito de Quiruvilca, Provincia de Santiago de Chuco, Región La Libertad; el cual se desarrollará a partir del proyecto de arquitectura ya realizado, compuesto por ambientes destinados para aulas, bibliotecas, salas de cómputo, baños para hombres y mujeres, coliseo entre otros ambientes; cuyo análisis y el diseño se ha realizado de acuerdo a los requerimientos de las Normas NTE E.020: (Cargas), NTE E.030 (Diseño Sismorresistente), NTE E.050 (Suelos y Cimentaciones), NTE E.060 (Concreto Armado), NTE E.070 en lo que corresponda: ACI 318 – 11, AISC 360-11 (Specification for Structural Steel Building) y Structural Welding Code - steel (AWS a.5.1-2004), Para el análisis estructural se ha considerado

el Estudio de Mecánica de Suelos, elaborado usando los programas Etabs y Risa3D (programas que toman en cuenta las propiedades únicas inherentes a los modelos matemáticos del edificio, permitiendo una representación computarizada del edificio real: piso a piso y nivel a nivel) Para la respuesta del modelo ante la acción sísmica se usó el método estático y el dinámico pseudo espectral. En cuanto al diseño, se consideraron vigas de 25 x 65 cm. para cubrir longitudes de 6 m, las vigas están acopladas al sistema de columnas de 35 x 80 cm., el aligerado es en una sola dirección, en la cimentación se ha diseñado un sistema de zapatas corridas en forma de “T” invertida, para el caso de la Cobertura metálica, se han definido los perfiles basándose en las cargas axiales y siguiendo las normas del AISC 360-11.

Como se puede apreciar, las investigaciones referidas guardan estrecha sintonía con la temática que se abordará en este trabajo, pues se aportaron elementos conceptuales que permitieron examinar a profundidad lo referente al predimensionado que es necesario llevar a cabo en lo referente a estructuras hiperestáticas antes de calcular con precisión los esfuerzos sobre los elementos, ya que con el predimensionado se establecen las dimensiones orientativas de las secciones transversales de las losas, columnas y vigas que sirven de base para el cálculo de comprobación y reajuste de las dimensiones definitivas, interviniendo para cada caso el método a seguir interviniendo así una serie de aspectos que involucran el criterio a considerar, por lo cual se tiene que tener en cuenta que estos parámetros pueden variar dependiendo de aspectos como la calidad de material, mano de obra calificada, costo entre otros, apegado a la normativa vigente existiendo para ello muchos mecanismos para determinar preliminarmente las dimensiones de los elementos estructurales de una edificación.

Bases Teóricas

Las bases teóricas, de acuerdo con Balestrini (2007), “son el resultado de la selección de aquellos aspectos más relacionados del cuerpo teórico epistemológico que se asume, referidos al tema específico elegido para su estudio” (p. 85). Por

consiguiente, para sustentar desde una perspectiva teórica el problema, se hace necesario presentar los enfoques teóricos vinculados al problema, desglosados en:

Concreto Armado

Según la Norma COVENIN-MINDUR (2002), es el “concreto que contiene el refuerzo metálico adecuado, diseñado bajo la hipótesis que los dos componentes actuarán conjuntamente para resistir las sollicitaciones a las cuales está sometido” (p. 45). Hoy en día, las edificaciones presentan diferentes modelos en sus diseños, bien sean con estructuras de acero o en concreto armado, para ello se debe considerar el modelo estructural con fines de conocer su alcance para aplicarlo, se deben poseer varios elementos significativos para ello, como la madera, la piedra, de acuerdo a su proporción en conjunto con el acero que se elabora, además, de la arena correspondiente a su aplicación y el cemento que es el principal aditivo para su aplicación.

Prado y Movilla (2012) define el sistema de concreto armado como la combinación de concreto y acero como elemento estructural, este sistema es el más utilizado en Venezuela, siendo el método constructivo con mayor aceptación dentro de la población.

En este sentido, Moreno, citado por Delgado (2014), refiere al concreto armado como “un conjunto de modernas construcciones que permiten direccionar de forma compleja las edificaciones que requieren ser construidas con mayor celeridad ahorrando material, mano de obra y tiempo para su culminación” (p. 22). El planteamiento hace evidente la posibilidad de estimar cuáles serían los principales soportes para lograr conocer su aplicación en una edificación, cuando en la zona que se está construyendo se cuentan con los materiales necesarios para aplicarlos, además de los estudios geológicos que deben realizarse para que las columnas, zapatas, se elaboren de forma precisa en zonas donde pueden ocurrir movimientos sísmicos.

Por lo cual, Harmsen (2013) hace mención a un aspecto significativo, el cual comprende una visión general sobre la historia que determina el conocimiento hacia el concreto armado, donde resalta que “fue usado por primera vez en Roma alrededor de la tercera centuria antes

de Cristo. Estaba constituido por agregados unidos mediante un aglomerante conformado por una mezcla de cal y ceniza volcánica” (p. 1).

Este planteamiento permite estimar la importancia de las edificaciones con la estructura en concreto armado, la misma se convierte en un compendio del diseño para conocer cómo estimar la necesidad de la elaboración arquitectónica que busca beneficio a una determinada sociedad, señalando entre sus ventajas más importantes las siguientes:

- Es durable a lo largo del tiempo y no requiere de una gran inversión para su mantenimiento. Tiene una vida útil extensa.
- Tiene gran resistencia a la compresión en comparación con otros materiales.
- Es resistente al efecto del agua.
- En fuegos de intensidad media, el concreto armado sufre daños superficiales si se provee un adecuado recubrimiento al acero. Es más resistente al fuego que la madera y el acero estructural.
- Se le puede dar la forma que uno desee haciendo uso del encofrado adecuado.
- Les confiera un carácter monolítico a sus estructuras lo que les permite resistir más eficientemente las cargas laterales del viento o sismo.
- No requiere mano de obra muy calificada.
- Su gran rigidez y masa evitan problemas de vibraciones en las estructuras erigidas con él.
- En la mayoría de lugares, es el material más económico.
- Por su gran peso propio, la influencia de las variaciones de cargas móviles es menor.

A título ilustrativo, se indican en el análisis algunas de las ventajas del uso del concreto armado en la construcción de edificaciones: es muy resistente al agua, fuego, con excelentes resultados en el diseño estructural sismo resistente. Es importante estimar, de acuerdo a lo planteado, el uso del material y de los elementos que pueden ser aplicados, como la madera, la piedra y el acero, en beneficio al diseño

estructural, permitiendo con ello la perspectiva de la edificación con base al objeto primordial de estimar la información para conocer que el proyecto arquitectónico realmente se ajuste a las necesidades de este en referencia a la aplicación del concreto armado como recurso para la edificación.

Propiedades del Concreto Armado

De acuerdo con Barros y Parra Existe una gran variedad de materiales que pueden emplearse con fines estructurales. El concreto armado es el más popular y desarrollado de los materiales, ya que aprovecha en forma muy eficiente las características de buena resistencia en compresión, durabilidad, resistencia al fuego y maleabilidad del concreto, junto con las de altas resistencia en tensión y ductilidad del acero, para formar un material compuesto que reúne muchas de las ventajas de ambos materiales componentes. Las diferentes características de los componentes del concreto armado, según Barros y Parra (2013) son las siguientes:

Concreto.

El concreto es un material obtenido de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otro árido (agregados), y agua; la cual puede endurecerse dentro de los moldes fabricados con las formas y dimensiones de la estructura deseada. Puede contener distintos tipos de aditivos.

La selección de la resistencia a compresión ($f'c$) depende en gran parte de la importancia de la obra, seguidamente se presentan los valores de la resistencia a compresión del concreto estructural en ciertos casos:

- En edificios pequeños con poco control de calidad, usualmente se utiliza una resistencia de compresión de 210 kg/cm^2 .
- En edificios importantes con un buen control de calidad, y en la mayoría de los edificios convencionales de vivienda y oficinas, el valor más utilizado es 250 kg/cm^2 .
- En caso de edificaciones prefabricadas, las cuales requieren un estricto control de calidad, se utilizan resistencia entre 300 y 350 kg/cm^2 .
- Los mayores valores de resistencia de la compresión del concreto, se presenta

en edificaciones tubulares, están entre 400 y 500 kg/cm².

El concreto como se conoce posee mayor resistencia a la compresión ($f'c$) que a la flexión o tracción ($f'ct$). Según estudios los valores de resistencia de tracción, es aproximadamente: $0,10 f'c < f'ct < 0,20 f'c$.

La resistencia al cortante del concreto es difícil de medir, debido a la dificultad de aislar el cortante de otros refuerzos, los valores tienen una gran dispersión y pueden variar desde $0,20f'c - 0,85f'c$.

El conocimiento de la relación esfuerzo – deformación del concreto es esencial para el desarrollo de todos los parámetros y procedimientos de análisis y diseño de estructura de concreto.

El Módulo de Elasticidad de Young (E_c) para el concreto en kgf/cm², se mide en las curvas esfuerzo-deformación, como la tangente de la curva en el origen (zona recta).

Según la sección 8.5 de las Normas COVENIN 1753-2003, el módulo de elasticidad, depende del peso del concreto:

Para concretos de peso normal:

$$E_c = 15100\sqrt{f'c}$$

Para concreto liviano con W_c entre 1440 y 2500 kgf/cm²:

$$E_c = 0.14 W_c^{1.5}\sqrt{f'c}$$

El Coeficiente de Poisson (μ) para el concreto se tomará como 0.20, salvo que se determine el valor experimentalmente.

Acero de Refuerzo.

El acero es un producto férreo generalmente apto para conformado en caliente. De diferentes ensayos realizados sobre el acero estructural, dan como resultado que el análisis de su comportamiento a tracción es una de sus características más significativas; por cuanto a su resistencia, ductilidad y otras propiedades se dan en términos del comportamiento en un ensayo de tracción simple.

Aspectos importantes del acero.

Posee distintos valores de resistencia a la fluencia (f_y) de acuerdo a la forma en cómo fueron ensamblados.

El acero de refuerzo debe resistir la flexión y la fuerza axial, que se generan al momento de producirse un sismo, por esto los aceros de los miembros de pórticos debe cumplir los siguientes requisitos:

- El esfuerzo cedente (F_y^*) que se determina mediante ensayos no debe exceder en más de un 30% al esfuerzo cedente especificado (F_y).
- El esfuerzo de rotura determinado por ensayos no debe exceder por lo menos en un 25%, al esfuerzo cedente real.

Algunas de las propiedades del acero para el diseño, son:

- Módulo de Elasticidad (E_s) se considera igual a 2.1×10^6 kgf/cm².
- Módulo de Corte (G) será igual al valor del módulo de elasticidad dividido entre 2.6 ($E/2.6$).
- El Coeficiente de Poisson (μ) es de 0.30
- El Peso Unitario Específico del acero es de 7850 kg/cm².
- Coeficiente de Dilatación Térmica (α) es 11.7×10^{-6} / °C.

Características de los principales Elementos de Concreto Armado

En todo sistema aporticado es fundamental, que los mecanismos de disipación de energía se inicien en los elementos estructurales para obtener un buen comportamiento de la estructura, por eso se debe conocer la forma en que mejor trabaje cada elemento y los tipos de solicitaciones que en ellos predominan:

Pórtico.

Se puede definir como un conjunto de elementos estructurales (vigas y columnas) unidos en sus extremos mediante juntas rígidas o pernos, además se cumple que los ejes de las vigas no están alineados, es decir es una estructura hiperestática.

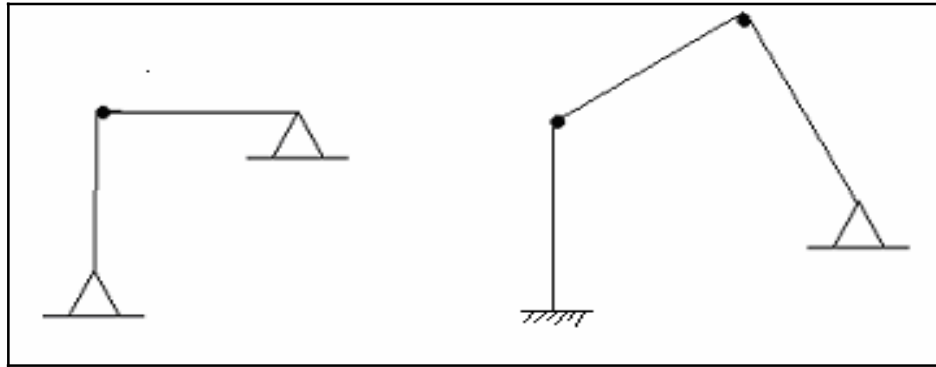


Figura 1: Representación de los pórticos
Fuente: Barros y Parra (2013)

El pórtico rígido es además una estructura hiperestática en la cual cuando el material es dúctil, si se sobrepasa el intervalo lineal de comportamiento se presentan redistribuciones importantes de momentos y se puede tener una notable reserva de capacidad. El comportamiento y eficiencia de un pórtico rígido depende, por ser una estructura hiperestática de la rigidez relativa de vigas y columnas, para que exista una restricción efectiva a los giros en los extremos de estos, de manera que ante cargas laterales y verticales un tablero adopte configuraciones deformadas, las rigideces relativas deben encontrarse dentro de ciertos límites.

Ante cargas verticales, la restricción al giro de los extremos de las vigas, impuestas por su continuidad con las columnas, hace rígido el sistema. En las columnas, las cargas se transmiten esencialmente por fuerzas axiales, excepto cuando haya asimetrías importantes en la geometría de la estructura o en la distribución de las cargas verticales. Por el contrario, las cargas horizontales se resisten esencialmente por flexión tanto en las vigas como en las columnas, lo que hace que el control de las deformaciones sea un aspecto importante en el diseño de estructuras a base de pórticos que deban resistir cargas laterales de cierta consideración, especialmente cuando se trate de estructuras con varios niveles.

Las fuerzas cortantes o fuerzas horizontales pueden generar deformaciones en los pórticos, en caso de poseer varios entrepisos, se producirán las más grandes deformaciones totales en el último nivel y las mayores deformaciones relativas en los niveles inferiores.

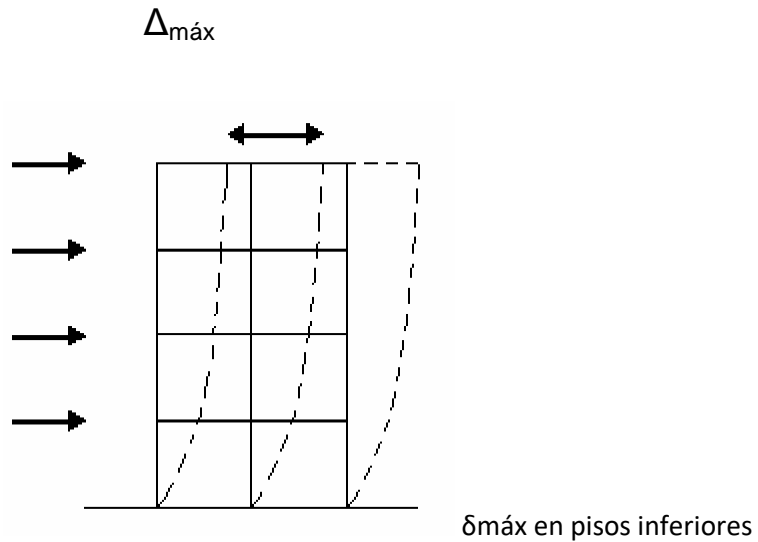


Figura 2: Deformaciones en los pórticos

Fuente: Barros y Parra (2013)

Vigas.

De acuerdo con Barros & Parra (2013) una viga se puede esquematizar como una barra o línea sujeta a cargas normales en su eje, una viga resiste y transmite a sus apoyos la carga por medio de flexión y cortante, estas son las principales solicitaciones a las que están sometidas. La variación de esfuerzos normales a lo largo de la sección define una resultante de compresión y una de tensión que deben ser iguales, ya que la carga axial externa es nula. La magnitud del momento máximo que puede resistir la sección está definida por la magnitud de las resultantes de los esfuerzos internos de tensión y compresión que pueden desarrollarse, y del brazo de palanca de dichas fuerzas.

Si la viga posee una sección rectangular, al alcanzar el esfuerzo máximo en la fibra extrema, más de la mitad de la sección está sujeta a menos de la mitad de dicho esfuerzo máximo, por lo tanto, la sección es poco eficiente, al contrario de lo que ocurre para la carga axial de tensión o de compresión en que toda la sección está sujeta a un esfuerzo máximo constante. Para aumentar la eficiencia de una sección conviene concentrar más área cerca de los extremos. En acero las secciones I son ideales para esta función; en el concreto reforzado la sección T proporciona una mayor área de concreto en la parte superior para equilibrar en compresión la fuerza de

tensión que puede desarrollar el acero en la parte inferior de la sección.

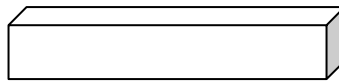
Un aspecto importante en las vigas es la revisión del estado límite de deflexiones. En las vigas, es común que el momento de inercia necesario esté regido por el comportamiento de los requisitos de las flechas máximas admisibles y no por el de resistencia.

Para que la viga desempeñe un eficiente funcionamiento, es esencial contar con materiales con apreciable resistencia en tensión; es por esto que el acero solo o como refuerzo del concreto, y la madera sean los materiales más empleados para formar estos elementos estructurales.

Las vigas se pueden clasificar:

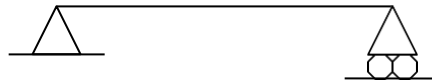
Por su forma:

- De alma llena

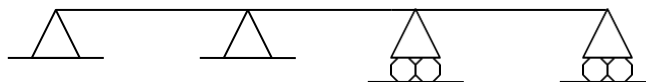


Por sus características estáticas:

- Isostáticas



- Hiperestáticas



Columnas.

Una columna es un elemento estructural básico en el sistema de pórticos, el mismo puede desarrollar gran capacidad para soportar cargas axiales, además también puede ser solicitada a flexión, es por ello que cuando se habla de columnas por lo general conviene referirse a ellas como elementos flexos comprimidos, es decir soporta principalmente compresión y pandeo.

Por consiguiente, Barros y Parra (2013) sostienen que las columnas tienen la función primordial de dar rigidez lateral a la estructura controlando los desplazamientos es por ello que cuando ocurren los eventos sísmicos las mismas se ven afectadas de manera importante, se debe recordar que la integridad global de las estructuras depende de las columnas pues son las que soportan la carga por acciones sísmicas o por carga de servicio y deben llevar la misma al suelo por la fundación. y de forma alargada o es una barra apoyada verticalmente, cuya función es la de soportar cargas o el peso de otras partes de la estructura, aunque también puede tener fines decorativos. La columna está comúnmente formada por tres elementos: base, fuste y capitel.

Los materiales de los que puede estar construida son muy diversos, desde la madera al concreto armado, pasando por el acero, ladrillos, mármol, entre otros. Suelen ser de forma geométrica regular (cuadrada, rectangular o circular).



Figura 3: Componentes de un pórtico
Fuente: Barros y Parra (2013)

Losas.

Una placa o losa, según Bazán y Meli (2014) son elementos estructurales básicos que se caracteriza por tener una dimensión muy pequeña con respecto a las otras dos y una superficie media plana. Son los elementos rígidos que separan un piso de otro, contruidos monolíticamente o en forma de vigas sucesivas apoyadas sobre los muros estructurales. Las placas que se encuentran sujetas a cargas normales a su plano y apoyadas en sus bordes o en algunos puntos, son típicas de los sistemas de piso y techo, aunque puede cumplir distintas funciones en diferentes estructuras.

Cuando las placas son de concreto, de piedra o de construcción compuesta con estos materiales, se denominan losas.

Las losas o placas de entrepiso cumplen las siguientes funciones:

- Función arquitectónica: Separa espacios verticales formando los diferentes pisos de una construcción; para que esta función se cumpla de manera adecuada, la losa debe garantizar el aislamiento del ruido, calor y de visión directa, es decir, que no deje ver las cosas de un lado a otro.

- Función estructural: Las losas o placas deben ser capaces de sostener las cargas de servicio como el mobiliario y las personas, lo mismo que su propio peso y el de los acabados, como pisos y revoques. Además, forman un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto.

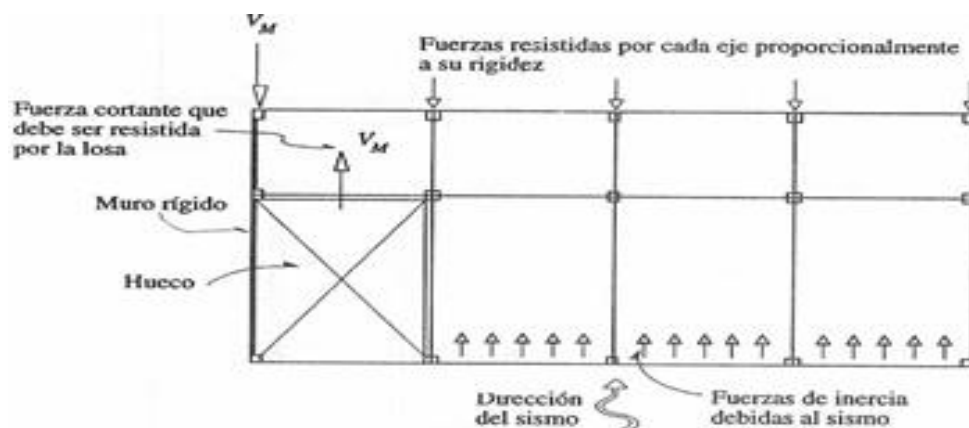


Figura 4: Fuerza que debe soportar la losa por cortante en su plano

Fuente: Diseño Sísmico de Edificios, Bazán E. y Meli R. (2014)

Las losas cumplen una función importante en la resistencia sísmica, ya que ellas distribuyen las fuerzas horizontales que se generan por efectos de inercia entre los elementos verticales resistentes (columnas). Este sistema de piso, tanto el de entrepiso como el de techo, constituye diafragmas horizontales infinitamente rígidos y capaces de realizar dicha distribución de fuerzas sin deformarse.

En la figura a continuación se ilustra, la forma como las losas distribuyen las fuerzas entre los elementos verticales:

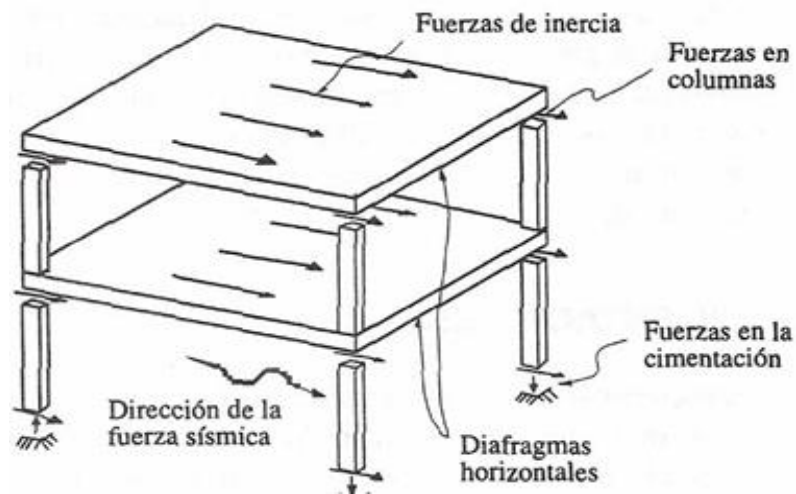


Figura 5: Transmisión de fuerzas de inercia en la estructura
Fuente: Diseño Sísmico de Edificios, Bazán E. y Meli R. (2014)

La falta de diafragmas horizontales rígidos produce diversos problemas, como los siguientes:

- Las fuerzas de inercia y las cortantes de entrepiso no se distribuirían entre los distintos elementos resistentes, en forma proporcional a la rigidez de éstos, es decir los sistemas verticales recibirán las fuerzas que se generen en su área tributaria sin importar su rigidez.

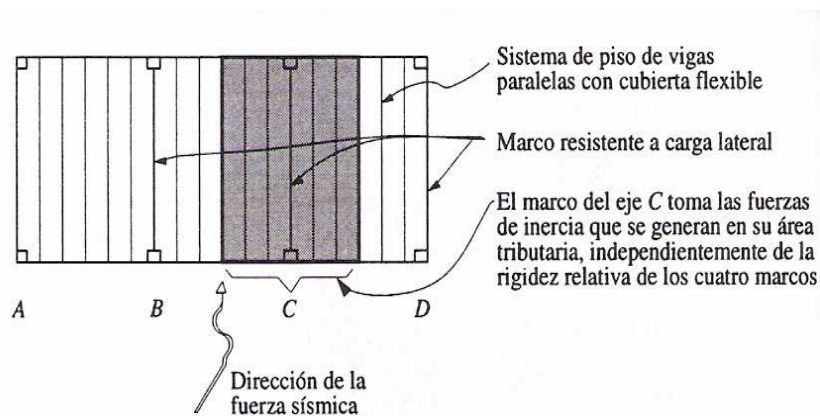


Figura 6: Distribución de las fuerzas de inercia cuando la losa no es un diagrama rígido
Fuente: Diseño Sísmico de Edificios, Bazán E. y Meli R. (2014)

- Las fuerzas de inercia que se generan en la losa de techo de los sistemas a base

de muros de carga, pueden producir empujes a los elementos perpendiculares a la dirección de las fuerzas sísmicas, quedando éstos sujetos a fuerzas normales a su plano, para los cuales tienen escasa resistencia.

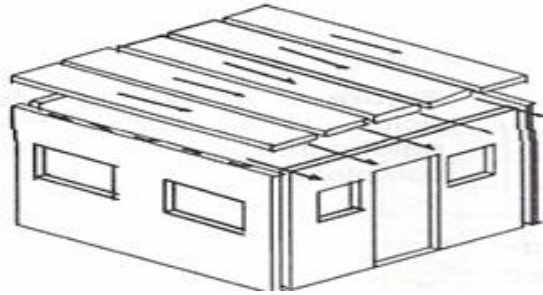


Figura 7: Empujes normales al plano de los muros que se generan cuando la losa no es un diafragma rígido

Fuente: Diseño Sísmico de Edificios, Bazán E. y Meli R. (2014)

- El no tener un diafragma de piso rígido puede ocasionar la distorsión de la estructura en planta e invalidar la hipótesis de que las fuerzas sísmicas actuantes en cualquier dirección pueden descomponerse en fuerzas aplicadas sobre los sistemas ortogonales resistentes de la estructura.

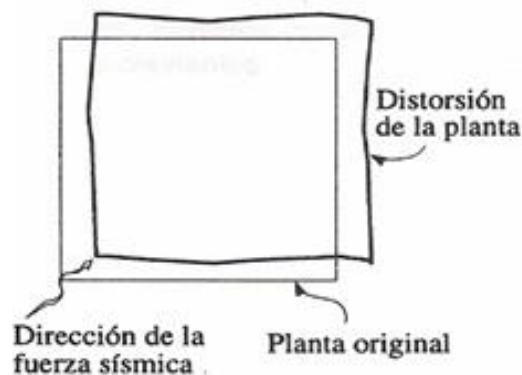


Figura 8: Distorsión en el plano ante fuerzas sísmicas en dirección diagonal, cuando la losa no es un diafragma rígido

Fuente: Diseño Sísmico de Edificios, Bazán E. y Meli R. (2014)

Las losas o placas de entrepiso se pueden clasificar así:

Según la dirección de carga:

- Losas unidireccionales: Son aquellas en que la carga se transmite en una dirección, hacia los muros portantes; son generalmente losas rectangulares en las que un lado mide por lo menos 1.5 veces más que el otro. Es la más corriente de las placas que se realizan en nuestro medio.

Este tipo de losa posee una deformación en un solo sentido, es decir una deformación cilíndrica.

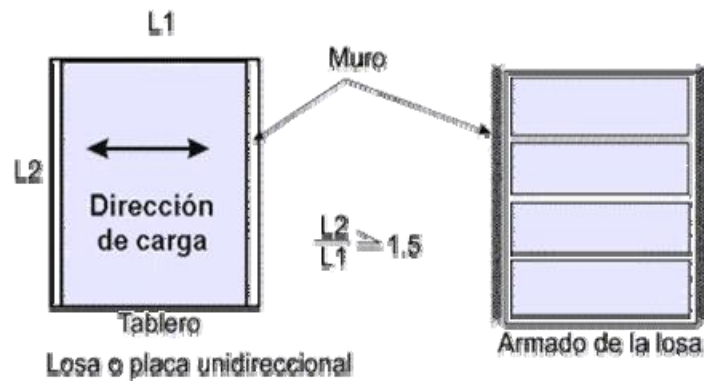


Figura 9: Ejemplo de armado de Losas Unidireccionales
Fuente: Barros y Parra (2013)

- Losa o placa bidireccionales: Cuando se dispone de muros portantes en los cuatro costados de la placa y la relación entre la dimensión mayor y la menor del lado de la placa es de 1.5 o menos, se utilizan placas reforzadas en dos direcciones. Al igual que la losa unidireccional, este tipo de losa tiende a deformarse, pero en ambas direcciones, denominándose deformaciones esféricas.

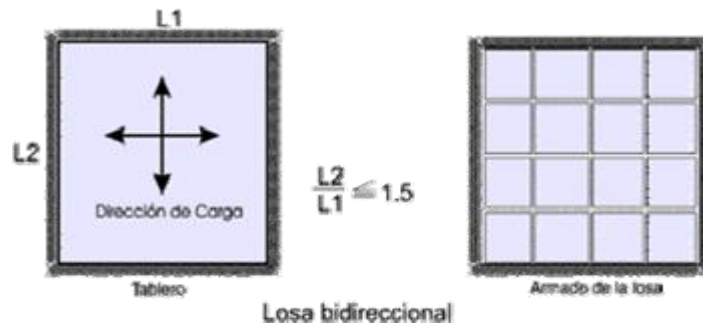


Figura 10: Ejemplo de armado de Losas bidireccionales
Fuente: Barros y Parra (2013)

Según el tipo de material estructural

- Losas o placas en concreto reforzado o armado: Son las más comunes que se construyen y utilizan como refuerzo barras de acero corrugado o mallas metálicas de acero, formando un cuerpo monolítico entre el concreto y el acero. Las losas de concreto armado poseen alta rigidez, lo cual le permite soportar las fuerzas generadas por los sismos en su plano.

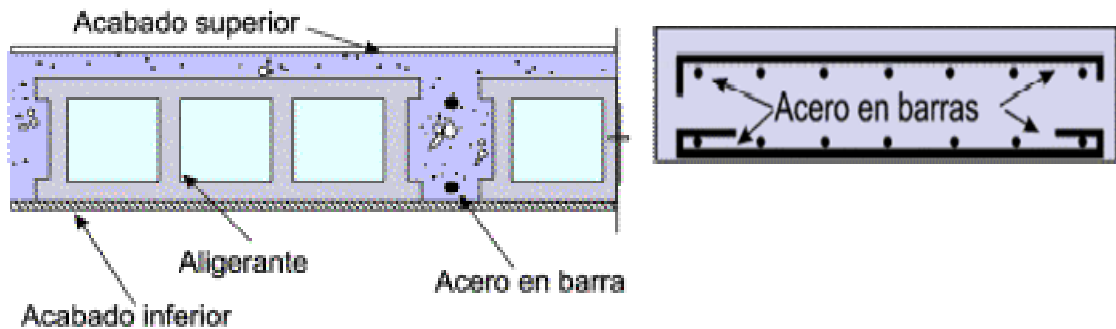


Figura 11: Losas de Concreto Armado
Fuente: Barros y Parra (2013)

- Losas o placas en concreto pretensado: Son las que utilizan cables traccionados y anclados, que le transmiten a la placa compresión. Este tipo de losa es de poca ocurrencia en nuestro medio y sólo lo utilizan las grandes empresas constructoras que tienen equipos con los cuales tensionan los cables. No tiene un buen comportamiento sísmico, ya que no forma un elemento monolítico, es decir no forman un diafragma rígido.

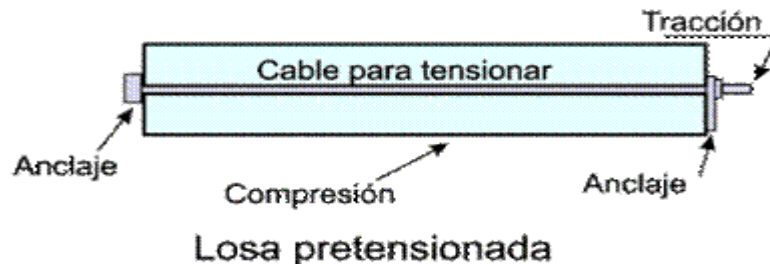


Figura 12: Losas de Concreto Pretensado
Fuente: Barros y Parra (2013)

- Losa o placas apoyada en madera: Son las realizadas sobre un entarimado de madera, complementadas en la parte superior por un diafragma en concreto reforzado; no poseen la suficiente rigidez para soportar las fuerzas generadas por los sismos en su plano.

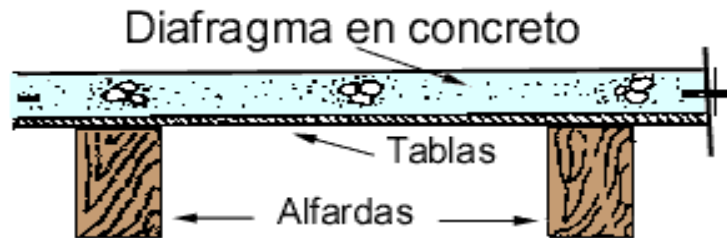


Figura 13: Losas de Concreto sobre madera
Fuente: Barros y Parra (2013)

- Losa o placa en lámina de acero: Se colocan sobre una lámina de acero delgada y que configura la formaleta y el refuerzo inferior del concreto que se ubica encima de ella.

-

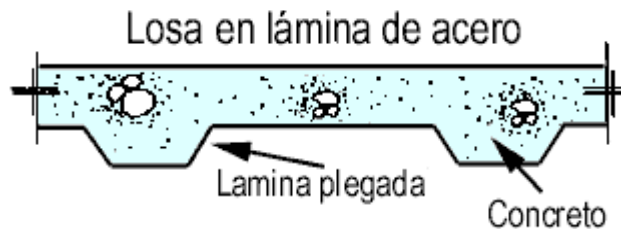


Figura 14: Losas en Lamina de acero
Fuente: Barros y Parra (2013)

- Losas o placas en otro material: Son placas generalmente prefabricadas realizadas en materiales especiales como arcilla cocida, plástico reforzado, láminas plegadas de fibrocemento, perfiles metálicos etc. Las mayorías de este tipo de losas prefabricadas poseen baja rigidez para fuerzas sísmicas en su plano.

A continuación, se presenta en el Cuadro 1 los diferentes aspectos de las losas de concreto armado:

Cuadro 1:

Características de los Tipos de Losas mas usados

Tipo de Losa	Características	Uso	Ventajas	Desventajas
Maciza	<p>Placa de concreto armado en una o dos direcciones ortogonales, apoyada en vigas o pantallas.</p> <p>Rango de aplicabilidad económica es de 4,5 a 7,5 metros.</p> <p>Espesores más utilizados entre 15 y 25 cm, el cual depende de las cargas y la luz.</p>	<p>Para una mejor repartición de cargas y menor peso propio es óptimo armar la losa en dos direcciones (edificios de pantallas). Las losas armadas en una dirección son mayormente utilizadas en escaleras y sala de máquinas.</p>	<p>Son fáciles de construir, son de poco espesor y buen rendimiento. Es capaz de soportar grandes cargas.</p> <p>No requiere mano de obra especializada.</p>	<p>Necesita para su elaboración de un gran volumen de concreto y de acero de refuerzo por m² y posee poco aislamiento acústico y térmico.</p> <p>No posee capacidad de embutir servicios.</p>
Nervada	<p>Losa ligera armada en una o dos direcciones, sostenida por vigas. Su poco peso se debe al uso de elementos prefabricados como bloques de arcilla, fiberglass, polietileno, formaletas metálicas, etc. Construyéndose con bloques de arcilla, la losa logra alturas de 20, 25 y 30 cm.</p> <p>Rango de aplicabilidad económica es de 5 a 11 metros.</p>	<p>La losa armada en una dirección es la más utilizada en edificios de pórticos de uso familiar (viviendas).</p>	<p>Posee gran versatilidad, su peso propio es bajo, contiene poco volumen de concreto, buen aislamiento térmico y acústico y además son buenas a la hora de integrar instalaciones.</p> <p>Utiliza poca cantidad de acero de refuerzo por m². El armado en 2 direcciones soporta grandes cargas.</p>	<p>Son relativamente difíciles de construir, sobretodo en el caso en el que la losa esté armada en dos direcciones, ya que este armado trae problemás constructivos respecto al modelado de los nervios y colocación del acero de refuerzo. Posee mayor altura de sección para igual servicio que otras. Requiere mano de obra especializada.</p>

Cuadro 1 (cont)

Tipo de Losa	Características	Uso	Ventajas	Desventajas
Losa-Viga	<p>Losa maciza apoyadas en vigas secundarias, las cuales se apoyan en vigas principales, puede estar armada en una o dos direcciones.</p> <p>Rango de aplicabilidad económica es de 3,5 a 4,5 metros.</p>	<p>Son mayormente usadas en estructura destinadas a uso de oficinas, donde se necesite grandes espacios interiores.</p>	<p>Posee gran versatilidad, ya que permite paneles que no tengan que ser cuadrados y aberturas para los ascensores, escaleras, etc.</p>	<p>Posee las mismas desventajas que las losas macizas.</p>
Losas Planas	<p>Losa maciza apoyada directamente sobre las columnas, armada en dos direcciones ortogonales.</p> <p>Rango de aplicabilidad económica es de 5 a 7,5 metros.</p>	<p>Se utiliza en casos donde se necesite aumentar la rigidez del piso, ya que siempre está acompañada de una viga de borde bastante alta, la cual ayuda a incrementar la rigidez.</p>	<p>Posee las mismas ventajas que las losas macizas, además de su excelente estética porque es capaz de presentar una cara inferior lisa.</p>	<p>Posee poca versatilidad, porque solo se presta para la colocación de paneles cuadrados.</p>
Losa Reticular Celulada	<p>Losa plana aligerada, formada por retículas de nervadura dispuestas en dos direcciones ortogonales. En las cercanías de las columnas se realizan macizados para incrementar su resistencia.</p> <p>Rango de aplicabilidad económica es de 7 a 11 metros.</p>		<p>Posee poco peso, buena apariencia, es buen aislante y hace fácil la integración de las instalaciones.</p>	<p>Es difícil de construir y solo se presta para el uso de paneles cuadrados.</p>

Cuadro 1 (cont)

Tipo de Losa	Características	Uso	Ventajas	Desventajas
Losa Fungiforme	Placa de poco espesor, compuesta de ábaco y capitel, en la zona que circunda la columna, los cuales le brindan resistencia al corte y al momento negativo. Se arma en dos direcciones ortogonales. Rango de aplicabilidad económica es de 5 a 8 metros.		Posee poco espesor y una buena apariencia.	Posee poca versatilidad y dificultad en la construcción del ábaco y capitel.

Fuente: Planificación Análisis y Diseño de edificios aporricados en Concreto Armado. Ing. Faizal Mohtar (Junio 2005)

Principales Sistemas Estructurales

Una estructura está formada generalmente por un arreglo de elementos básicos. El mismo debe aprovechar las características peculiares de cada elemento y lograr la forma más eficiente del sistema estructural global, cumpliendo con las restricciones impuestas por el funcionamiento de la construcción y por muchos otros aspectos.

En la mayoría de las construcciones, y principalmente en los edificios, pueden identificarse dos subsistemas estructurales acerca de los cuales pueden tomarse algunas decisiones independientes, relativas a la solución más conveniente, antes de proceder al análisis de la estructura completa. Estos subsistemas son el horizontal “los sistemas de piso”, y el vertical, o de soporte. A pesar de esta subdivisión, es importante tener en mente que el sistema estructural de la construcción es una sola unidad y que la interacción entre los diversos subsistemas no es en general despreciable.

Las características más importantes de un sistema estructural son su resistencia, rigidez y ductilidad. El sistema debe poder resistir de manera eficiente las diversas

condiciones de carga a las que puede estar sometida la estructura y poseer rigidez para diferentes direcciones en que las cargas pueden actuar, tanto verticales como horizontales. Conviene además que posea ductilidad, en el sentido de que no baste que se alcance un estado límite de resistencia en una sola sección para ocasionar el colapso brusco de la estructura, sino que esta posea capacidad para deformarse y disipar energía disfrutando una reserva antes del colapso. A este respecto hay que recalcar las ventajas de la hiperestaticidad del sistema. Mientras mayor es el grado de hiperestaticidad, mayor es el número de secciones individuales que tienen que llegar a su máxima capacidad antes de que se forme un mecanismo; esto siempre que los modos de falla que se presenten sean dúctiles y que las secciones tengan suficiente capacidad de rotación. Barros y Parra (2005).

Existen muchos tipos de sistemas que pueden ser utilizados por el Ingeniero Civil para el proyecto de una estructura, los cuales se pueden dividir en dos grupos desde el punto de vista de las cargas que resisten:

- Sistemas resistentes a cargas verticales
- Sistemas resistentes a cargas horizontales

Seguidamente se exponen en el cuadro 2 la clasificación de sistemas resistentes a cargas verticales.

Cuadro 2:

Sistema resistente a cargas verticales

Sistema	Elementos Principales	Tipos de Losa
Con Vigas	Losas: Macizas Nervadas Vigas Columnas o Pantallas Fundaciones	Armadas en 1 dirección Armadas en 2 direcciones
Sin Vigas	Losas: Reticulares Fungiformes Columnas o Pantallas Fundaciones	

Fuente: Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones. Ing. Enrique Arnal e Ing. Salomón Epelboim (1985)

Cuadro 3:

Sistemas resistentes a cargas horizontales

Sistema	Elementos Principales
Pórtico	Vigas y columnas
Pórtico con Diagonales	Vigas, columnas y diagonales
Fachada Resistente	<ul style="list-style-type: none">• Aporticada: Vigas y columnas próximas• De Diagonales: vigas, columnas y diagonales• De Pantallas: columnas, pantallas y vigas• Tubo en Tubo: vigas columnas muy próximas y núcleo de pantallas• Con Diafragma de conexión; vigas y columnas muy próximas en fachadas, líneas internas de vigas y columnas uniendo las fachadas,
Combinación de Sistemas	Pórticos – Pantallas

Fuente: “Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones”.Ing. Enrique Arnal e Ing. Salomón Epelboim (1985)

Técnicas y criterios para el Predimensionado de Elementos Estructurales

El predimensionamiento o dimensionamiento preliminar de los elementos estructurales constituyentes de una estructura Sismorresistente, es la etapa de la planificación de la misma, en la cual se busca determinar las dimensiones tentativas de las losas, vigas, columnas, entre otros que conforman el sistema estructural seleccionado.

Existen diferentes técnicas y criterios para la realización del predimensionado de vigas, columnas y losas efectuados por diferentes autores entre los que se destacan Arnal, Fargier y Villareal, cuyos razonamientos de cálculos están basados en su experiencia en el cálculo de estructuras de concreto, a continuación se describen cada uno de estos criterios establecidos por los mismos:

Predimensionamiento de Losas.

- Predimensionado de Losas (Criterio de Rigidez).

Según el criterio de Rigidez los tipos de losas más utilizados son las losas macizas y nervadas en 1 o 2 direcciones, los espesores mínimos se calculan de acuerdo a lo establecido en la Tabla 9.6.1 de la Norma 1753-2003 (revisión).

Cuadro 4:

Altura Mínima de Vigas o Espesor Mínimo de Losas, a menos que se calculen las Flechas.

Elementos	Altura o Espesor Mínimo			
	Simplemente Apoyado	Con extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes			
Losas macizas armadas en una dirección	L/20	L/24	L/28	L/10
Vigas o Losas nervadas en una dirección	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Fuente: Norma COVENIN “Proyectos y Construcción de Obras en Concreto Armado” 1753:2003 (revisión)

- Predimensionado de Losas (Criterio de Resistencia).

Para el cálculo del espesor de la losa según el criterio de Resistencia (flexión y corte), se debe determinar los valores aproximados de los momentos en cada apoyo de la losa de acuerdo a métodos conocidos, y mediante la siguiente ecuación se despeja el valor de la dimensión “d”, que no es más que el espesor de la losa:

$$M_u = K * f'_c * b * d^2 \text{ (Ec.1)}$$

Dónde:

M_u = Mayor momento último mayorado de los extremos.

K = Coeficiente determinado por medio de la cuantía mecánica (w), en donde se toma como valor ideal $w = 0,18$, lo cual genera que $K = 0,1448$.

f'_c = Resistencia del Concreto a la Compresión (kg/cm^2).

b y d = Dimensiones de la losa, siendo $b = 1$ m.

Como cada criterio arroja un valor distinto de espesor, donde el menor es el obtenido según el criterio de resistencia, se debe tomar como espesor definitivo un promedio entre ambos valores.

Predimensionamiento de Columnas.

El Predimensionado de columnas consiste en determinar las dimensiones que sean capaces de resistir la compresión que se aplica sobre el elemento, así como una flexión que aparece en el diseño debido a diversos factores, las columnas al ser sometidas a cargas axiales y momento flector, tienen que ser dimensionadas considerando los dos efectos simultáneamente, tratando de evaluar cuál de los dos es el que gobierna en forma más influyente en dimensionamiento.

Es importante además cuando hacemos el predimensionado estar conscientes de los siguientes aspectos normativos:

- La menor dimensión transversal medida a lo largo de una recta que pase por su centro geométrico, no sea menor que 30 cm. En columnas rectangulares simplemente significa que la base menor de la columna no debe ser menor a 30 cm.

- La relación entre la menor dimensión de la sección transversal y la correspondiente en una dirección perpendicular, no será inferior a 0,4. Es decir h de la columna no podrá ser mayor a 2,5 veces la base de la misma.

- La dimensión mínima de columnas de concreto de peso normal y de cualquier sección h , en la dirección paralela al acero de refuerzo de la viga no será menor que lo obtenido con la fórmula:

$$h = \frac{0,08 * d_b * F_y}{\sqrt{f'c}} \text{ (Ec. 2)}$$

Dónde:

h = Sección de la columna

d_b = Diámetro nominal de la barra

F_y = Resistencia de fluencia del acero

$f'c$ = Resistencia a compresión del concreto, usualmente para edificaciones es común utilizar 250 Kg/cm².

Cuando se trabaje con concreto aligerante la dimensión mínima deberá ser un 30% mayor que las columnas con concreto normal. En realidad, esta especificación normativa no tiene mucha utilidad al momento del predimensionado en el cual no se conocen todavía los aceros en las vigas, esta limitante es debida principalmente a garantizar el correcto anclaje y comportamiento del nodo. (Barros y Parra, 2005)

Existen una gran variedad de criterios para predimensionar columnas entre las que se destaca los siguientes:

- *Predimensionado de Columnas (Método Arnal y Epelboim 1985).*

Las columnas son elementos especialmente diseñados para soportar cargas axiales es por ello que resulta conveniente utilizar el valor de la carga axial que esta va a soportar en su vida útil y con eso determinar las dimensiones necesarias para soportarlas.

El área de una columna de concreto armado según Arnal y Epelboim puede estimarse según la fórmula:

$$A_c = \frac{P}{\alpha * f'c} \text{ (Ec. 3)}$$

Dónde:

A_c = Área de la columna (cm²).

P = Carga axial de la columna la cual se determinará de la siguiente manera:

En primer lugar, se debe obtener el área tributaria, la cual se toma como la distancia media entre los centros de gravedad de las columnas adyacentes. Con esta

área y el peso por metro cuadrado de las losas podemos obtener la carga axial, además se debe sumar un estimado de carga debido al peso propio de columnas y vigas, debido a que no se pueden tener exactamente deben estimarse, la experiencia refleja que el peso de las vigas puede variar entre 100 y 200 Kg/m².

Según el Manual para el Proyecto de Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones, el peso de columnas por metro cuadrado puede estimarse en 100 Kg/m², y el de las vigas entre 100 y 140 Kg/m² siguiendo esto podemos entonces estimar el peso de la estructura para un entrepiso.

$f'c$ = es la resistencia a compresión del concreto, usualmente para edificaciones es común utilizar 250 Kg/cm².

α = Este factor toma en cuenta el mayor efecto de la acción sísmica sobre las columnas esquineras y de borde que produce volcamiento en ellas, también toma en cuenta como el hecho desfavorable de la menor dimensión de esas columnas.

Este factor es variable y depende del tipo de columna al que este aplicado como se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 5:

Factor de minoración α para el cálculo del área de la columna según su ubicación

Tipo de Columna	α
Esquineras	0,20
Perimetrales	0,25
Centrales	0,28

Fuente: Arnal y Epelboim (1985).

- Predimensionado de Columnas (Método Fargier y Fargier).

Según Luis Fargier profesor agregado de la Universidad de los Andes de Venezuela establece como criterio para el cálculo de columnas lo siguiente:

Cuadro 6:

Calculo de área de Columna según el método de Fargier y Fargier

Tipo de Columna	Área de Columna
Central	15 * P _u
Lateral	25 * P _u
Esquinera	35 * P _u

Fuente: Fargier & Fargier (2010).

Dónde:

A = Área de la columna (cm²).

P_u = Carga en servicio que recibe la columna. Esta carga es acumulativa, es decir debe incluir todo lo que la columna reciba en su parte superior expresada en (ton).

- Predimensionado de Columnas (Método Arnal (Factor Modificado)).

$$A_{col} = \frac{\lambda * P_G}{\eta * f'_c} \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde:

A_{col} = Área de la Columna.

λ = Factor de minoración según la posición de la columna indicado en el Cuadro 7.

P_G = Relación de la armadura total al área total de la sección transversal de la columna.

η = Factor de minoración según la posición de la columna indicado en el Cuadro 7.

f'c = Resistencia a compresión del concreto (kg/cm²).

Cuadro 7:

Factor de volcamiento λ y η para el cálculo del área de la columna según su ubicación

Tipo de Columna	λ	η
Central	1,10	0.30
Perimetral	1,25	0.25
Esquina	1,50	0.20

Fuente: Arnal (1985).

Predimensionamiento de Vigas.

- Predimensionado de Vigas en la dirección "X" (Método Arnal).

Para el predimensionado de vigas debemos primero hacer una diferencia entre vigas que soportan cargas gravitacionales y sísmicas, y las vigas que deben soportar solo su peso propio y las cargas sísmicas.

Una forma sencilla de predimensionar vigas cargadas por acciones sísmicas y gravitacionales, es estimando los momentos que sobre ella actuarán, para ello es necesario saber la carga por metro cuadrado que recae sobre la losa, esto puede hacerse de la misma manera en que se estimaron las cargas verticales para el predimensionado de columnas, pero sin colocar el peso estimado de las columnas claro está, luego con el área tributaria de la viga se obtiene la carga por metro lineal.

En la edificación las luces de carga de los pórticos van a diferir, por lo que debemos tratar de trabajar con la que sea más representativa, es decir con un promedio o en su defecto si se quiere ser conservador con la mayor luz.

Luego podemos estimar los momentos es los empotramientos mediante la ecuación donde:

$$M_{\max} = \frac{w * L^2}{12} \text{ (Ec. 5)}$$

Dónde:

w= Carga de servicio en kg/ml

L = Distancia

Esto nos ofrece una manera simple de calcular los momentos aproximadamente y rápido que es lo que se busca en un predimensionado.

A este momento debemos aplicarle un factor de mayoración debido a la relación de cargas vivas y cargas muertas, este factor para el predimensionado puede tomarse como 1,5, además con la ecuación de Mu para una sección simplemente armada tenemos:

$$M_u = M_{\max} * F_M \text{ (Ec. 6)}$$

Dónde:

Mu = Momento ultimo

Mmax = Momento máximo (kg.m)

Fm = Factor de mayoración

$$M_u = \Phi * b * \rho * f_y \left[1 - 0,59 * \rho * \left(\frac{f_y}{f'_c} \right) \right] \text{ (Ec. 7)}$$

Dónde:

$\phi = 0,9$

$\rho = 0,01$

f_y = Resistencia de fluencia del acero (4200 kg/cm²)

f'_c = Resistencia a compresión del concreto (210 - 280 kg/m²)

Con estos datos conocido el momento último, procedemos a despejar d

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\Phi * b * \rho * f_y \left[1 - 0,59 * \rho * \frac{f_y}{f'_c} \right]}} \text{ (Ec. 8)}$$

Luego fijamos una base para la viga, la cual debe cumplir lo siguiente:

- La relación ancho entre alto debe ser mayor o igual a 0,3
- El ancho mínimo de la base debe ser por lo menos 25cm.
- El ancho de la base no debe exceder el ancho del miembro que él sirve de soporte en este caso la columna, más una distancia a cada lado que no sea superior a 75% de la altura total de la viga, esta restricción es para evitar vigas planas que sean muy anchas, debido a que de esta forma dejan de comportarse como vigas para convertirse en losas, de allí tenemos

$$B_{\text{máx}} = \text{ancho columna base} + 2 * 0,75 * h_{\text{viga}}$$

Debemos recordar que en una viga plana por lo general la altura de la viga (h) está definida por la altura de la losa que se esté empleando.

Normativamente el ingeniero está obligado a que si la viga plana forma parte del sistema resistente a sismos su altura sea mayor o igual a 15 veces el diámetro de la mayor barra longitudinal de acero que se encuentre en las columnas dónde se apoya, esto para evitar que debido a la poca rigidez de la viga el sistema resistente a sismo se vea afectado en el comportamiento real.

- *Predimensionado de Vigas en la dirección “Y” (Método Arnal.)*

Este método es muy interesante para el predimensionado de vigas cargadas por acciones sísmicas y peso propio, es el de controlar los desplazamientos en la estructura, la limitación de la deformación de un entrepiso con respecto a otro de 2 por mil, produce resultados bastante conservadores al ser un valor muy restrictivo, este valor apareció luego del sismo de Caracas en las normativas de emergencia, actualmente el valor obliga la norma es más permisivo, sin embargo a modo de predimensionado, conviene ser conservadores.

Para conocer la desplazabilidad de una estructura debemos conocer la rigidez del pórtico en el piso estudiado, para eso podemos hacer uso de las fórmulas de Wilbur simplificadas:

$$R_i = \frac{24E}{h_i^2} \left[\frac{1}{\frac{2}{\sum kc} + \frac{1}{\sum kvi} + \frac{1}{\sum kvi - 1}} \right] \quad (\text{Ec. 9})$$

Dónde:

R_i = Rigidez de entrepiso

E = Modulo de elasticidad dinámico del concreto

h_i = Altura de la columna (cm)

$\sum kc$ = Suma de rigideces de las columnas en el nivel de estudio.

$\sum kvi$ = Suma de rigideces en la parte superior del nivel de estudio.

$\sum kvi - 1$ = Suma de rigideces en la parte inferior del nivel de estudio.

1, 2 = Índices que indican niveles consecutivos de trabajo hacia arriba

Recordando de teoría de estructuras que el desplazamiento de un pórtico de un nivel es igual a cortante entre la rigidez de ese nivel podemos observar.

$$\Delta = \frac{V}{R} \quad V = R\Delta \quad (\text{Ec. 10})$$

Entonces:

$$\Delta = \frac{Vh^2}{24E} \left[\frac{2}{\sum kc} + \frac{1}{\sum kvi} + \frac{1}{\sum kvi - 1} \right] \quad (\text{Ec. 11})$$

Dónde:

V = Corte total en el nivel de estudio. (Kg)

$\sum kc$ = Suma de rigideces de las columnas en el nivel de estudio.

$\sum kvi$ = Suma de rigideces en la parte superior del nivel de estudio.

$\sum kvi - 1$ = Suma de rigideces en la parte inferior del nivel de estudio.

En la mayoría de los casos la variación de las rigideces en las vigas a medida que crece la edificación es muy pequeña a veces nula, es por esto que podemos simplificar la expresión:

$$\Delta = \frac{Vh^2}{12E} \left[\frac{1}{\sum kc} + \frac{1}{\sum kvi} \right] \quad (\text{Ec. 12})$$

Si consideramos que la deriva δ es el desplazamiento relativo entre entrepisos y que la misma se obtiene como la relación entre el desplazamiento del mismo y la altura del entrepiso tenemos:

$$\delta = \frac{\Delta}{h} = \frac{Vh}{12E} \left[\frac{1}{\sum kc} + \frac{1}{\sum kv} \right] \quad (\text{Ec. 13})$$

(Ec.12) Para desplazamientos relativos entre pisos.

Resulta conveniente expresar lo anterior en función de la deformabilidad para el caso de vigas infinitamente rígidas

$$\delta_{\infty} = \frac{\Delta_{\text{min}}}{h} = \frac{Vh}{12E} \left[\frac{1}{\sum kc} \right] \quad (\text{Ec. 14})$$

Recordemos que todo número dividido en un número infinitamente grande tiende a cero (0).

$$\delta = \frac{\Delta}{h} = \frac{Vh}{12E} \frac{1}{\sum kc} \left[1 + \frac{\sum kc}{\sum kv} \right] = \delta_{\infty} \left[1 + \frac{\sum kc}{\sum kv} \right] \quad (\text{Ec. 15})$$

Sacando como factor común $\frac{1}{\sum kc}$ podemos simplificar la expresión colocándola en función de δ_{∞}

Es importante que el valor de desplazamientos considerando vigas infinitamente rígidas (δ_{∞}) se encuentre muy por debajo de máximo permitido por las normas de 0,018, pues así se podrán mantener los valores de las columnas variando solamente las de las vigas, pero si da mayor deberemos variar ambas para lograr llevarlo a ese límite. En fin, la ecuación que se va a utilizar para el predimensionado es la siguiente:

$$\delta = \delta_{\infty} \left[1 + \frac{\sum kc}{\sum kv} \right] \leq 0,002 \quad (\text{Ec. 16})$$

Despejando obtenemos, la ecuación final de predimensionado:

$$\sum kv = \frac{\sum kc}{\frac{\delta}{\delta_{\infty}} - 1} \quad (\text{Ec. 17})$$

Por lo tanto, se puede obtener la rigidez de la columnas como: $K_c = I_c / L_c$, además δ es limitada a 0,002 y δ_{∞} se calcula con las ecuaciones antes descritas.

La ventaja de utilizar este método y limitar los desplazamientos en el predimensionado es que con ello logramos que la estructura definitiva no tenga problemas con estos. Para poder utilizar el método de control de los desplazamientos, debe determinarse de manera aproximada el corte basal, utilizar el método estático equivalente resulta de mucha utilidad, la única diferencia es que para el cálculo de las cargas se puede realizar de manera estimada, es decir cómo se realizó para el predimensionado de vigas sísmicas y de columnas.

El corte basal se obtiene como:

$$V_o = \mu * A_d * W \quad (\text{Ec.18})$$

Dónde:

W = Peso total de la edificación por encima del nivel de base.

A_d = Ordenada del espectro del diseño definida según lo establecido a continuación:

Las ordenadas de A_d de los espectros de diseño, quedan definidas en función de su periodo T tal como se indica en la forma siguiente:

$$T < T^+ \quad A_d = \frac{\alpha \varphi A_0 \left[1 + \frac{T}{T^*} (\beta - 1) \right]}{1 + \left(\frac{T}{T^+} \right)^C (R - 1)} \quad (\text{Ec. 19})$$

$$T^+ \leq T \leq T^* \quad A_d = \frac{\alpha \varphi \beta A_0}{R} \quad (\text{Ec. 20})$$

$$T > T^* \quad A_d = \frac{\alpha \varphi \beta A_0}{R} \left(\frac{T^*}{T} \right)^P \quad (\text{Ec. 21})$$

Dónde:

α = Factor de importancia.

A_0 = Coeficiente de la aceleración horizontal.

φ = Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal.

β = Factor de magnificación promedio.

T^* = Máximo periodo en el intervalo donde los espectros normalizados tienen un valor constante (seg).

$T_0 = 0,25 T^*$ Periodo a partir del cual los espectros normalizados tienen un valor constante.

$T^+ \geq T_0$ periodo característico de variación de respuesta dúctil (seg).

$$c = \sqrt[4]{\frac{R}{\beta}}$$

R = Factor de reducción de respuesta.

p = Exponente que define la rama descendente del espectro.

μ = Mayor de los valores dados por:

$$\mu = 1.4 \left[\frac{N + 9}{2N + 12} \right] \text{ (Ec. 22)}$$

$$\mu = 0.80 + \frac{1}{20} \left[\frac{T}{T^*} - 1 \right] \text{ (Ec. 23)}$$

Dónde:

N = Numero de niveles

T = Periodo fundamental

T^* = Máximo periodo en el intervalo donde los espectros normalizados tienen un valor constante (seg).

- ***Predimensionado de Vigas (Método Fargier y Fargier).***

Este autor establece una serie de pasos que se deben seguir para el predimensionado de vigas los cuales se explican a continuación:

- El rango de la dimensión de la base de la viga oscila entre $30 \text{ cm} \leq b \leq 40 \text{ cm}$.
- Se debe cumplir que el ancho sea mayor o igual a un tercio de la altura $b \geq h/3$
- Para el Predimensionado en zona sísmica se debe cumplir:

Cuadro 8:

Rango de variación de altura en vigas.

Altura de la viga (cm)	Observación
$h = \frac{L'}{10} \sim \frac{L'}{16}$	Rango de variación de la altura de la viga en zona sísmica.
$h = \frac{L'}{12}$	Usualmente en edificaciones de varios niveles.
$h = \frac{L'}{5}$	Para volados que se sostienen o están por encima de elementos susceptibles a sufrir daños por flechas.
$h = \frac{L'}{10}$	Para otros tipos de volados.

Fuente: Fargier – Fargier (2010).

Siendo L' la longitud libre de la viga.

- *Predimensionado de Vigas (Método Villarreal).*

Tal como lo explica Villarreal (2015) las vigas se dimensionan generalmente considerando un peralte del orden de 1/10 a 1/12 de la luz libre, el ancho es variable de 0,3 a 0,5 veces su altura, teniendo en cuenta un ancho mínimo de 30 cm, con la finalidad de evitar el congestionamiento del acero y presencia de cangrejeras.

Tanto la base (b) como la altura (h) se dimensionan cada 5 cm.

Este autor menciona que en la practica el peralte $h = L/10$ y la base la mitad del peralte $b = h/2$, también establece una serie de dimensiones la cual se observan en el Cuadro 8:

Cuadro 9:

Dimensiones de vigas

Longitud en (m)	Dimensiones en (cm)			
$\leq 5,5$	30 x 30	30 x 50		
$\leq 6,5$	30 x 60	30 x 60	40 x 60	
$\leq 7,5$	30 x 70	30 x 70	40 x 70	50 x 70
$\leq 8,5$	30 x 75	40 x 75	30 x 80	40 x 80
$\leq 9,5$	30 x 85	30 x 90	40 x 85	40 x 90

Fuente: Villareal (2015)

Programa de análisis y diseño estructural ETABS.

ETABS es un programa de análisis y diseño estructural basado en el método de los elementos finitos con características especiales para el análisis y diseño estructural de edificaciones. Los métodos numéricos usados en el programa, los procedimientos de diseño y los códigos internacionales de diseño le permiten ser versátil y productivo, tanto si se está diseñando un pórtico bidimensional o realizando un análisis dinámico de un edificio de gran altura con aisladores en la base.

ETABS trabaja dentro de un sistema de datos ingresados, el concepto básico es que el usuario crea un modelo consistente del sistema de piso y de los marcos verticales y laterales para analizar y diseñar toda edificación. Todo lo que se necesita es integrar el modelo dentro de un sistema de análisis y diseño con una versátil interface. No existen modelos externos para mantenimiento ni de transferencia de datos entre módulos. Los efectos sobre una parte de la estructura debido a cambios efectuados en otra parte son instantáneos y automáticos.

Los modelos de análisis incluyen una gran variedad de opciones para el análisis estático y dinámico. El modelo integrado puede incluir, entre otros, sistemas de marcos y losa compuesta, con aberturas y voladizos, sistemas de vigas de acero,

marcos resistentes, complejos sistemas de paredes de corte, losas de piso rígido y flexible, techos inclinados, rampas y estructuras de parqueo, pisos de mezzanina, sistemas de tijeras, edificaciones múltiples y sistemas de diafragma escalonado.

Bases Legales

Las bases legales son aquellos artículos que servirán de funcionamiento legal a la ejecución de un proyecto.

Según Arias (2011) señala: “Implica un desarrollo amplio de los conceptos mediante las leyes, ordenamientos relacionado con el eje que lo rige”, Estas bases o leyes están constituidas por un conjunto de documentos de naturaleza legal que sirven de testimonio y soporte referencial, entre esos documentos se encuentran, Normas, Leyes, Manuales que garantizan el estado de derecho en el que los egresados habrán de aplicar sus conocimientos en la búsqueda de soluciones a los problemas que enfrenta la sociedad venezolana.

Normas Venezolanas COVENIN

Estas normativas recogen la experiencia y avances que en materia de ingeniería se generan, es importante además tener presente que las normas no son universales, cada país tiene independencia la cual se realizan modificaciones que se consideran pertinentes para adaptarlas a nuestro medio, aunque en muchos casos existan similitudes. Estas normas poseen los parámetros regionales por los cuales se debe guiar todo ingeniero civil.

En Venezuela el organismo rector de las normativas y que debe garantizar su realización y constante actualización es COVENIN. Las normas más importantes para la comparación de técnicas de predimensionado en elementos de concreto armado en losas, columnas y vigas son las siguientes:

NORMA VENEZOLANA COVENIN “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” Fondonorma 1753:2006 1ra. Revisión.

9.6.1 Espesores mínimos de losas y vigas.

En miembros sometidos a flexión resistentes en una dirección, que no soporten ni estén unidos a componentes no estructurales susceptibles de ser dañados por grandes flechas, se emplearán los espesores mínimos estipulados en la Tabla 9.6.1, a menos que el cálculo de las flechas, indique que puede usarse un espesor menor sin efectos adversos.

Los valores de la Tabla 9.6.1 se usarán directamente para miembros de concreto con peso unitario $w_c = 2500 \text{kgf/m}^3$, con acero de refuerzo S-60 ó W-60. Para otras condiciones los valores se modificarán en la siguiente forma:

- Para concreto estructural liviano con peso unitario comprendido entre 1550 y 2070 kg/m^3 , los valores se multiplicarán por $(1,65 - 0.0003 w_c) \geq 1,09$ siendo w_c el peso unitario en kg/m^3 .
- Para refuerzos de acero con f_y diferente de 4200 kg/cm^2 los valores se multiplicarán por: $0,4 + (f_y / 7030)$

Cabe destacar que en esta norma se habla de materias fundamentales, tales como los materiales a utilizar, como deben ser sus propiedades para utilizarlos en la construcción, el diseño de los elementos, la distribución y colocación del acero, los sistemas estructurales, es decir un conjunto importante de conocimientos que el ingeniero debe manejar.

NORMA VENEZOLANA COVENIN-MINDUR 2002-88 “Criterios y Acciones Mínimas Sobre Las Edificaciones”.

Estas Normas establecen los criterios y requisitos mínimos de las acciones a considerar en el proyecto, fabricación, montaje y construcción de las edificaciones que se ejecuten en el territorio nacional. Estas Normas se aplicarán tanto a las edificaciones nuevas como a la modificación, ampliación, refuerzo, reparación y

demolición de las edificaciones existentes. Las obras temporales o provisionales también deberán cumplir con estas disposiciones.

Esta norma recoge toda una gama de materiales, en ella se encuentran sus pesos, esto con la finalidad de poder realizar el cálculo de las cargas verticales permanentes que van a afectar a una estructura, esta estimación de las cargas verticales permanentes es fundamental para el comportamiento de la edificación, asimismo en esta misma norma se dan las cargas verticales variables, las cuales dependen fundamentalmente del uso que va a tener una estructura en su vida útil.

NORMA VENEZOLANA COVENIN-MINDUR 1756-1:2001 “Edificaciones Sismorresistentes” Parte 1: Requisitos. (Ira. Revisión).

En este material se especifica la manera en la cual se deben tratar las estructuras para obtener un diseño y comportamiento sísmico apropiado, para ello clasifica las estructuras según importancia, tipo, entre otros; además en ella se exponen los requisitos necesarios y se hacen recomendaciones para obtener de las estructuras un comportamiento satisfactorio al presentarse un evento sísmico, al mismo tiempo provee información para simular los efectos que podría generar un sismo en la estructura, para con ello diseñar la misma de manera que pueda resistirlos.

Manual para el Proyecto de Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones.

El principal objetivo de este Manual es dotar al ingeniero de un conjunto de tablas, guías de procedimiento, flujogramas, resúmenes de normas ejemplos que faciliten y agilicen el trabajo de diseños de edificios, con empleo de criterios y métodos actualizados en acuerdo con la Norma para Estructuras de concreto armado para Edificaciones, Análisis y Diseño, COVENIN-MINDUR 1753, con la Norma para edificaciones Antisísmicas COVENIN-MINDUR-FUNVISIS 1756, con la Norma de “Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones”, COVENIN-MINDUR 2002 en preparación.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico permite identificar el plan o estrategia que se utiliza para obtener la información que orienta al investigador al logro de los objetivos propuestos en el estudio y a dar respuesta a las interrogantes planteadas en este. Con relación a esto, Balestrini (2007) señala:

Toda vez que se ha formulado el problema de investigación, delimitado sus objetivos y asumidas las bases teóricas que orientarán el sentido de la misma de manera precisa, para indicar el tipo de dato que se requiere indagar, deben seleccionarse los distintos métodos y las técnicas que posibilitarán obtener la información requerida, a fin de cumplir con este importante aspecto, se deberá elaborar el marco metodológico dentro del proyecto de investigación. (p. 125)

En función de lo antes señalado, en este capítulo se identifica y justifica la modalidad, tipo y diseño de investigación, el método de estudio, la técnica de recolección de información, el procedimiento metodológico y las técnicas de análisis de la información.

Modalidad de la Investigación

Entendiendo que la modalidad comprende el modelo de investigación que se adopta para ejecutarla, para este trabajo se ha adoptado la modalidad documental. Al respecto, las *Normas para la Elaboración y Aprobación de Trabajos Técnicos, Trabajos Especiales de Grado, Trabajos de Grado y Tesis Doctorales* de la Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos (2006) establece:

Artículo 19: 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 fuentes bibliográficas y

documentales. La originalidad de este estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, conclusiones y recomendaciones propias del autor. (p.10)

Además, la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2016) especifica que en los estudios monográficos se aborda un tema o problema con sustento en los procesos de acopio de información, organización, análisis crítico y reflexivo, interpretación y síntesis de referencias y otros insumos pertinentes al tema seleccionado. De esta forma, se trata de una investigación documental en virtud de que se estudiaron y aplicaron diferentes técnicas de predimensionado para el cálculo de los elementos de una estructura (Vigas, columnas y losas) de concreto armado.

Tipo de Investigación

Atendiendo a los objetivos formulados en el Capítulo I y a la modalidad asumida, el tipo de investigación corresponde a un estudio comparativo, que según Hurtado de Barrera (2007) su objetivo es identificar diferencias y semejanzas entre dos o más grupos o unidades de estudio. Se realiza con dos o más grupos, y su objetivo es comparar el comportamiento de uno o más eventos en los grupos observados. Requiere como logro anterior la descripción del fenómeno y la clasificación de los resultados. Está orientada a destacar la forma diferencial en la cual un fenómeno se manifiesta en contextos o grupos diferentes, sin establecer relaciones de causalidad cotejando en este estudio las diferentes técnicas de predimensionado comparando resultados y validarlos con el uso del programa de análisis y diseño estructural ETABS 9.7.4.

Diseño de la Investigación

Para responder al problema, en el presente estudio documental se ha adoptado como estrategia de investigación un diseño bibliográfico. Al respecto, Palella y Martins (2012) explican sobre este diseño:

... se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase. Se procura el análisis de los fenómenos o el establecimiento de la relación entre dos o más variables. Cuando opta por este tipo de estudio, el investigador utiliza documentos; los recolecta, selecciona, analiza y presenta resultados coherentes (p. 96).

Por tanto, para lograr los objetivos de la investigación se recurrirá a la utilización de datos secundarios, es decir, aquellos que serán recopilados por otros autores; esto se plasmará en los antecedentes de la investigación y las bases teóricas del presente estudio.

De acuerdo con el método y técnica de recolección de información, el presente estudio considera el cumplimiento de las siguientes fases metodológicas:

Cuadro 10:

Fases de la Investigación

N°	Fases	Descripción	Técnicas instrumentos, métodos y proceso.
I	Estudiar las técnicas y criterios para el predimensionado de losas, columnas y vigas en una estructura de concreto armado	Conocer las diferentes técnicas de Predimensionado de los elementos principales en una edificación diseñada de concreto armado.	- Revisión documental (trabajos de grado, textos y revistas). - Selección de los criterios de predimensionado de los elementos estructurales que conforman una edificación, según diferentes autores.
II	Predimensionar los elementos usando diferentes técnicas de análisis	Deducir los tamaños de los elementos que cumplan con los criterios establecidos	-Planillas de cálculo de dimensiones de vigas, columnas y losa en una edificación de cinco (5) niveles -Programa Excel
III	Comparar los resultados obtenidos con el uso de las diferentes técnicas.	Contrastar las dimensiones de los elementos calculados según los criterios establecidos	Cuadros resumen
IV	Validar resultados obtenidos anteriormente con el uso del programa de análisis y diseño estructural ETABS 9.7.4.	Certificar los resultados obtenidos a través de diferentes técnicas de cálculos, que permitan establecer las semejanzas y diferencias de las mismas.	Uso del programa ETABS 9.7.4, para el cálculo de losas, columnas y vigas en una edificación de cinco (5) niveles.

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Población

Para esta investigación se tomará como población todas las técnicas y criterios de predimensionados existente para los cálculos de los elementos estructurales de una edificación.

Muestra

En este sentido la muestra es la parte de la población considerada para este estudio las diferentes técnicas y criterios de predimensionado según criterios de rigidez y de resistencia, métodos de Arnal y Epelboim, Fargier y Fargier, Arnal (Factor Modificado) y Villareal

Técnica de Recolección de Información

Las técnicas de recolección de información constituyen las directrices que permiten obtener informaciones, datos u opiniones sobre el tema que se está investigando. Para el presente estudio, se considera como técnica de recolección de información, la observación documental como observación sistemática a través de documentos (materiales escritos e impresos, electrónicos y reproducciones audiovisuales). Al respecto, Palencia (2008), ofrece una observación más exhaustiva al afirmar que la observación documental es:

... aquel tipo de observación que versa sobre todas las realizaciones que dan cuenta de los acontecimientos sociales y las ideas humanas o son producto de la vida social y, por tanto, en cuanto registran o reflejan ésta, pueden ser utilizados por estudiarla indirectamente (p. 112).

Según el autor citado, los documentos objeto de observación pueden clasificarse según su forma de presentación (escritos, audiovisuales, documentos-programas de cálculo (fuente primaria, que ofrece información de primera mano, y fuente secundaria, que ofrece información ya publicada o usada).

Técnicas de Análisis de la Información

Considerando que el nivel de investigación con soporte en el método deductivo, los autores del presente trabajo desarrollarán el análisis desde el inicio, con la caracterización del objeto de estudio hasta la culminación, formulando posibles alternativas de solución dentro de un contexto crítico. En particular, se hará uso del análisis de contenido, conceptualizado por Andréu (2013) como:

... una técnica de interpretación de textos, ya sean escritos, grabados, pintados, filmados..., u otra forma diferente donde puedan existir toda clase de registros de datos, transcripción de entrevistas, discursos, protocolos de observación, documentos, videos, el denominador común de todos estos materiales es su capacidad para albergar un contenido que leído e interpretado adecuadamente nos abre las puertas al conocimientos de diversos aspectos y fenómenos de la vida social. (p. 2)

La finalidad de emplear esta técnica se asociará a la posibilidad de una lectura a través de un método sistemático, objetivo, replicable y válido, buscando la significación de los conceptos recabados, lo cual será complementado con otras técnicas tales como:

- Resumen: definido por Romo (2012), como “una forma abreviada de un texto original, al que no se le han agregado nuevas ideas y que representa en forma objetiva, pero más acotada, los contenidos de un texto o escrito en particular” (p. 15); de esta manera se sintetizarán los contenidos consultados, resaltando sus ideas principales

- Paráfrasis: que según la autora citada “es la figura retórica que consiste en ampliar la explicación de un determinado concepto mediante un resumen de lo dicho” (p. 16); permitiendo aclarar los enunciados de cada constructo teórico, asimilándolos y asociándolos con los objetivos de investigación.

Cabe destacar que el conjunto de técnicas de recolección y análisis antes definidas orientarán el diseño bibliográfico asumido en la presente investigación, permitiendo disponer de la información requerida para comparar las técnicas de predimensionado de elementos de concreto armado en losas, vigas y columnas,

empleando cálculos de acuerdo con cada uno de los métodos de diseño estructural, cuyos hallazgos de reflejarán en matrices comparativa

CAPITULO IV

ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

A continuación se presenta los resultados obtenidos de la presente investigación ordenados de acuerdo a las fases establecidas anteriormente siendo las mismas:

Fase I

Estudio de técnicas y criterios para el predimensionado de losas, columnas y vigas en una edificación.

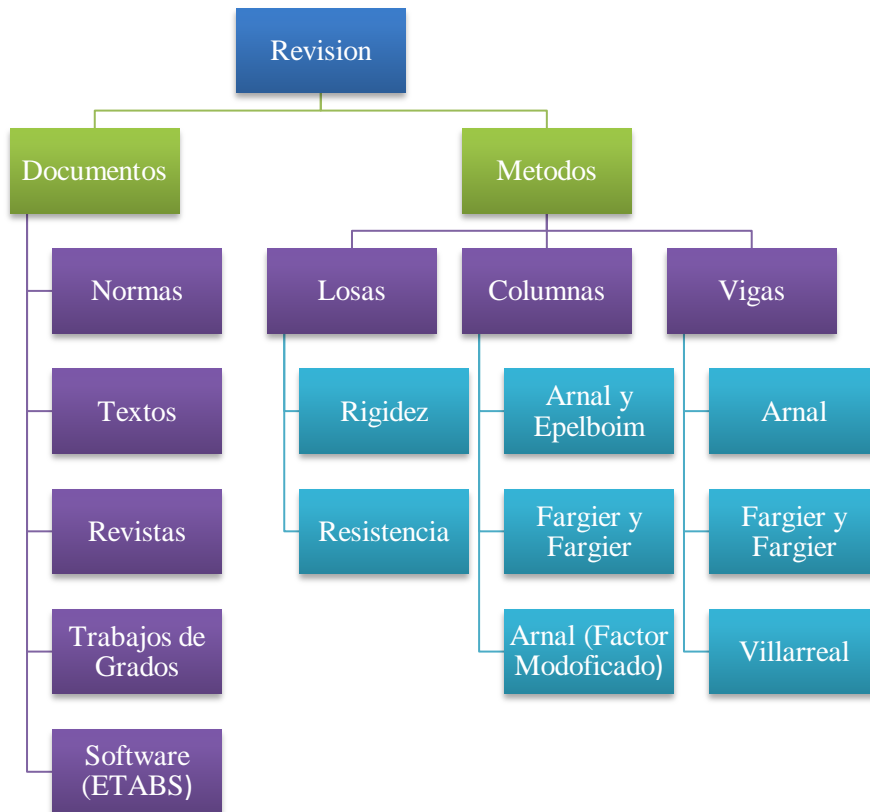


Diagrama 1: Estructura General de las técnicas y criterios de predimensionado de losas, columnas y vigas en una edificación

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Fase II

Calculo de las dimensiones de los elementos, utilizando diferentes técnicas de análisis de predimensionados en una edificación de 5 niveles.

Condiciones de diseños.

El edificio en cuestión se encuentra ubicado en Caracas, Distrito Capital (Venezuela). Posee el nivel Planta Baja (PB), (4) niveles de Planta Tipo y el nivel de techo. El edificio está concebido y constituido para ser construido en Concreto Armado. El uso de la edificación es comercial. La altura de entrepiso es de (3.50) metros para todos los niveles. El estudio geotécnico indico que la forma espectral es S2 y su factor de corrección de Aceleración (ω) es 0.90.

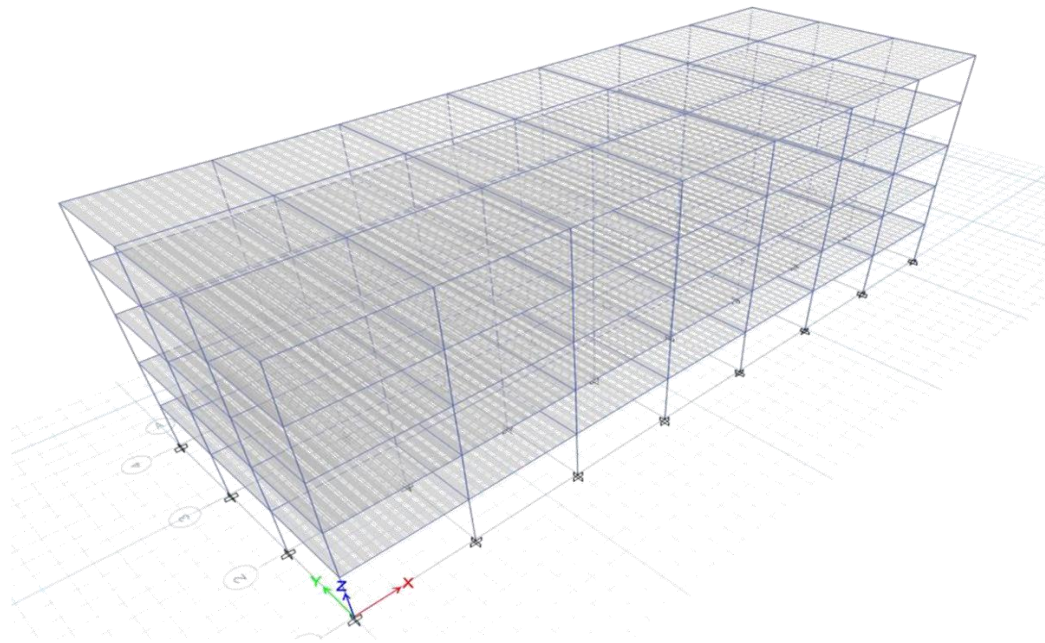


Figura 15: Vista 3D de la Edificación en estudio

Fuente: ETABS. Pérez y Polanco (2018)

Planta Nivel 1 (+3.50 m), Planta Nivel 2 (+7.00 m), Planta Nivel 3 (+10.50 m),
Planta Nivel 4 (+14.00 m).

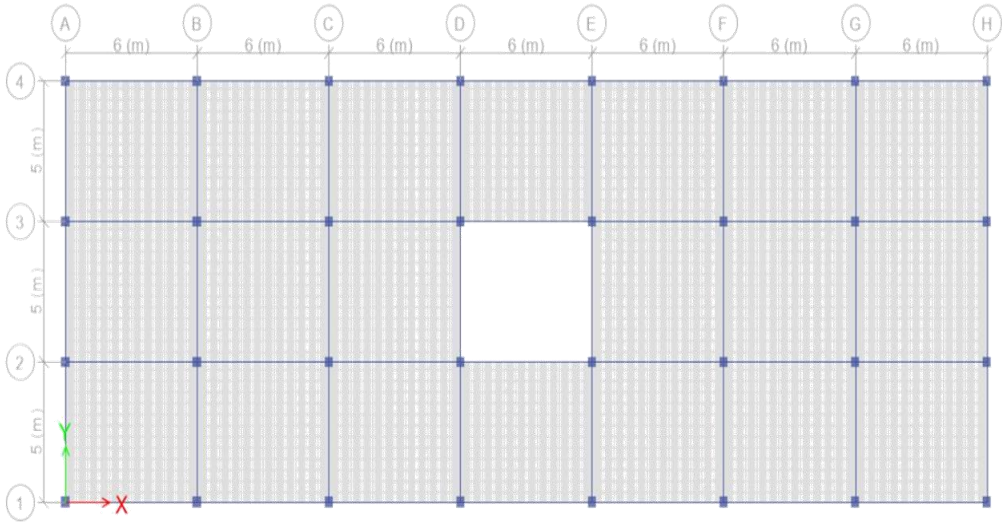


Figura 16: Vista de Planta de Entrepisos de la Edificación
Fuente: ETABS. Pérez y Polanco (2018)

Nivel 5 (+17.50 m).

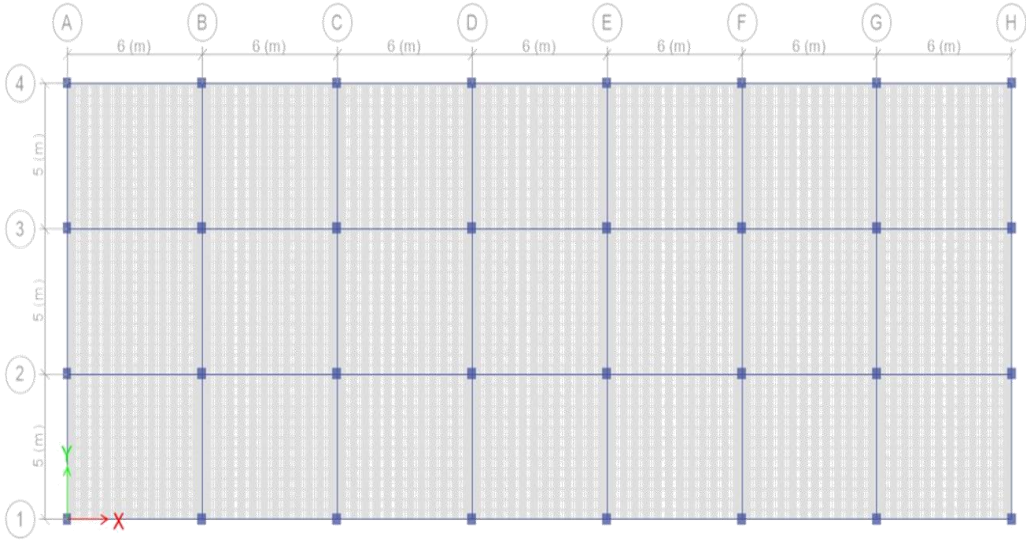


Figura 17: Vista de Planta de Techo de la Edificación
Fuente: ETABS. Pérez y Polanco (2018)

Materiales

- Concreto, $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Acero de Refuerzo, $Fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad del Concreto, $E = 218819.79 \text{ Kg/cm}^2$

Casos de Carga

- Peso Propio: PP (DEAD)
- Sobrecarga Permanente: SCP (SUPER DEAD)
- Carga Variable: CV (LIVE)
- Carga Variable de Techo: CVt (ROOF LIVE)

Carga Gravitacional (Kg/m²).

Cuadro 11:

Carga Gravitacional (Kg/m²).

NIVEL	SCP	CV	CVt
Piso 1	550	250	-
Piso 2	550	250	-
Piso 3	550	250	-
Piso 4	550	250	-
Techo	300	-	100

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Carga Sísmica (Norma COVENIN 1756-2001)

Espectro de Diseño para Acción Sísmica Horizontal (Sh).

- Zona 5, $A_0 = 0.30$.
- Estructura Tipo I (Pórticos a Momento).
- Nivel de Diseño ND3 (Pórtico Especial a Momento).
- Grupo B1 ($\alpha = 1.15$) Suelo S2, $\omega = 0.9$
- Factor de Reducción de Respuesta, $R = 6$ (Pórticos a Momento).
- Factor de Magnificación Promedio $\beta = 2.6$

Acción Sísmica Vertical (Sv).

$$Sv = (0.2 * Sds) \text{ CP}$$

Sds = Aceleración del espectro de diseño para periodos cortos.

$$S_v = (0.2 * \alpha * \omega * \beta * A_0) CP \longrightarrow \text{Según COVENIN 1756-2001 "Edificaciones Sismorresistente"}$$

Combinaciones de Carga

UDCON1: 1.4PP + 1.4SCP

UDCON2: 1.2PP + 1.2SCP + 1.6CV + 0.5CVt

UDCON3: 1.2PP + 1.2SCP + 1CV + 1.6CVt

UDCON4: 1.2PP + 1.2SCP + 1CV + 0.5CVt

UDCON5: (1.2 + 0.2Sds) PP + (1.2 + 0.2Sds) SCP + 1CV + SH

UDCON6: (0.9 - 0.2sds) PP + (0.9 - 0.2Sds) SCP + SH

Factores para definición de Masas a través de Cargas Aplicadas

$$PP = 1.00 \quad SCP = 1.00 \quad CV_t = 0 \quad CV = 0.50$$

Predimensionados de los Elementos Estructurales

Predimensionamiento de Losas.

Para la edificación en estudio se realizó el predimensionado de la losa en la dirección más corta siendo esta maciza tal como se muestra en la Figura 18.

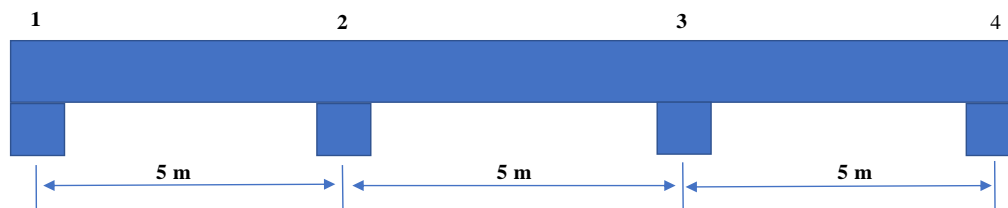


Figura 18: Dimensiones y ejes de la losa maciza

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

- Criterio de Rigidez.

Según este criterio el cálculo de los espesores mínimos se calcula de acuerdo a lo establecido en el Cuadro 4: Altura Mínima de Vigas o Espesor Mínimo de Losas, a menos que se calculen las Flechas. Los espesores que se van obtener dependen de 2 factores principales; primero la luz entre apoyos de la losa (L) y segundo el tipo de apoyo de la misma.

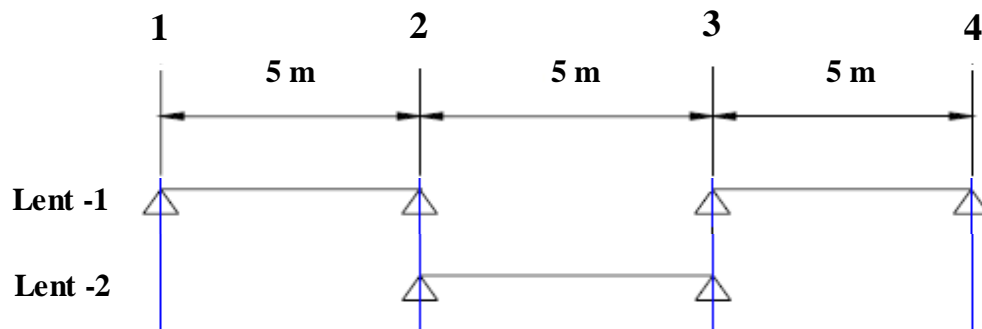


Figura 19: Imagen de las distintas losas de entrepiso
Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Como primer lugar se procedió a calcular los espesores por tramo teniendo en cuenta el tipo de apoyos:

Para un extremo continuo (primer tramo Lent -1 = tercer tramo Lent -1)

$$H = L/24 = 5/24 \times 100 \text{ cm} = 20,83 \text{ cm}$$

Para ambos extremos continuos (tramo central Lent -2)

$$H = L/28 = 5/28 \times 100 \text{ cm} = 17,86 \text{ cm}$$

Una vez calculado los espesores de los tramos, se selecciona el mayor entre ellos siendo $H = 20,83 \text{ cm} \approx H = 21 \text{ cm}$.

$$\mathbf{H = 21 \text{ cm}}$$

- Criterio de Resistencia.

Para este criterio el cálculo del espesor de losa, se debe obtener los valores aproximados de los momentos en cada apoyo de la losa de acuerdo a los métodos de cálculo conocido como lo son (Hardy Cross, Método Rotación, etc.) tomando en cuenta el de Hardy Croos, el procedimiento de cálculo se presenta en la figura próxima:

	A	B	C	D
K	0,15	0,2	0,15	
FD	1			1
Me	2208,3333	-2208,333	2208,3333	-2208,3333
	-2208,333	0	0	2208,3333
		-1104,167	0	1104,1667
		473,21429	630,95238	-630,9524
			-315,4762	315,47619
		135,20408	180,27211	-180,2721
			-90,13605	90,136054
		38,629738	51,506317	-51,50632
			-25,75316	25,753158
		11,037068	14,716091	-14,71609
			-7,358045	7,3580453
		3,153448	4,2045973	-4,204597
			-2,102299	2,1022986
		0,9009851	1,2013135	-1,201314
			-0,600657	0,6006568
		0,2574243	0,3432324	-0,343232
			-0,257424	0,257424
	0	-2650,103	2650,103	-2650,103
				2650,103
				0

Figura 20: Método de cross donde se obtuvo el momento ultimo (Mu)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Una vez realizado dicho método se obtuvo el momento último $Mu = 2650,103$ kg.m

Ya obtenido el momento último de la (Ec.1) referida anteriormente se despeja el valor de la dimensión (d) que no es más que el espesor de la losa, quedando de la siguiente manera:

$$Mu = K * f'c * b * d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{K * f'c * b}}$$

Dónde:

$Mu = 2650,103$ kg.m.

$K = 0,1448$.

$f'c = 210$ (kg/cm²).

$b = 1 \text{ m.}$

$$d = \sqrt{\frac{2650,103 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot 100}{0,1448 \cdot 210 \text{ kg/cm}^2 \cdot 100}} = 9,33 \text{ cm}$$

Finalmente, la altura (H) será $= d + r$, siendo el recubrimiento (r) 3cm.

$$H = 9,33 \text{ cm} + 3 \text{ cm} = 12,33 \text{ cm}$$

$$\mathbf{H = 12,33 \text{ cm}}$$

Como cada criterio arroja un valor distinto de espesor, donde el menor se obtuvo del criterio de resistencia y el mayor del criterio de rigidez, la cual se debe tomar como espesor definitivo un promedio entre ambos valores:

$$H_{\text{def}} = \frac{21 \text{ cm} + 12,33 \text{ cm}}{2} = 16,66 \approx 17 \text{ cm}$$

$$\mathbf{H_{\text{def}} = 17 \text{ cm}}$$

Predimensionamiento de Columnas

Vista de techo

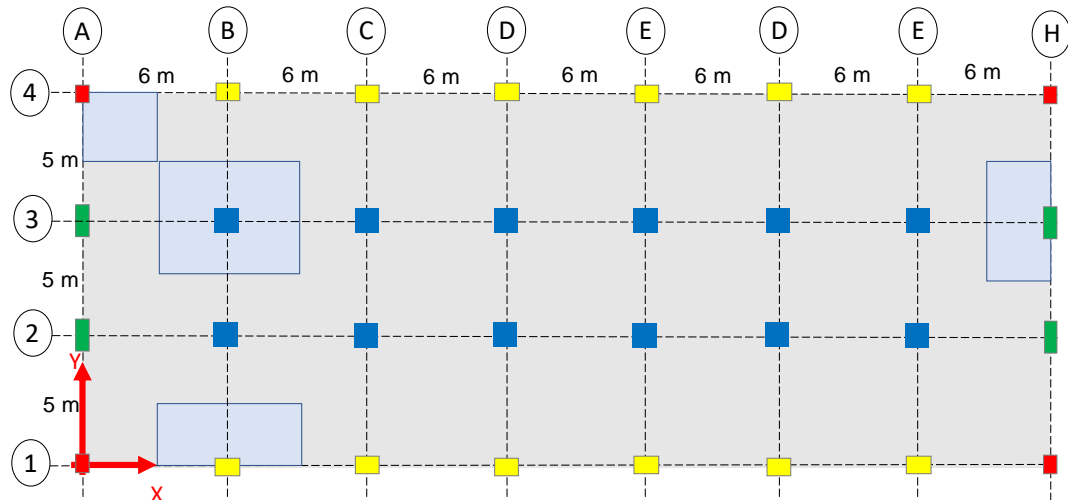


Figura 21: Vista en planta (techo) de la edificación donde se identifican las áreas tributarias para cada tipo de columna

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Vista de entrepiso

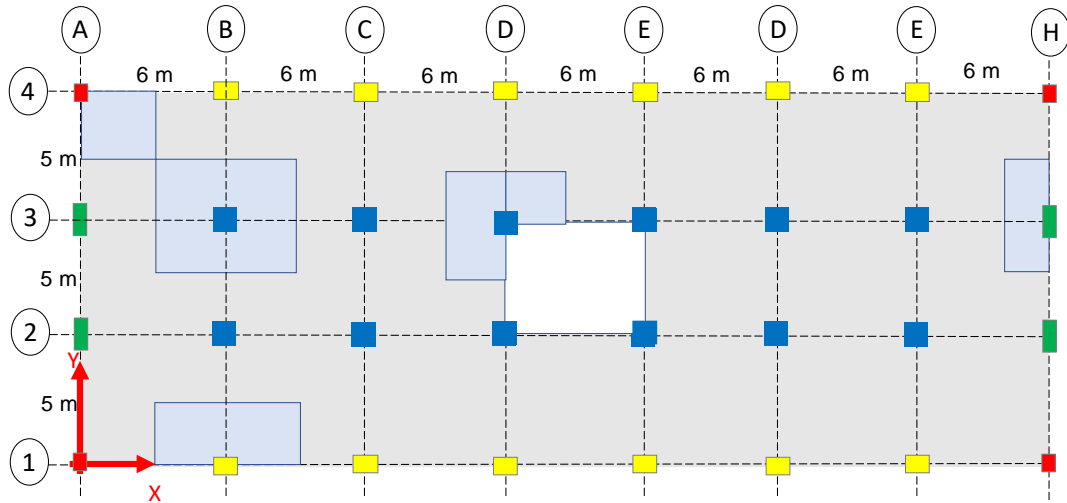


Figura 22: Vista en planta (entrepiso) de la edificación donde se identifican las áreas tributarias para cada tipo de columna

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

- Predimensionado de columnas (Método Arnal y Epelboim 1985).

El primer paso para realizar el predimensionado es obtener el área tributaria que le toca a cada columna, la misma se obtiene ubicando las columnas en la planta de la edificación la cual se muestran en las figuras 21 y 22.

Los cálculos de áreas tributarias tanto del techo como de entrepiso dependen del tipo de columna, por lo tanto, dichos resultados de cálculos se presentan en el Cuadro 12 de la manera siguiente:

Cuadro 12:

Áreas tributarias (techo y entrepiso) dependiendo del tipo de columna

	Tipo	Lx (m)	Ly (m)	At(techo) (m ²)	At(entrepiso) (m ²)
	Esquinera	3,00	2,50	7,50	7,50
	Perimetral	3,00	5,00	15,00	15,00
	Perimetral	6,00	2,50	15,00	15,00
	Central	6,00	5,00	30,00	22,50

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

El segundo paso es estimar las cargas de servicios que actuarán en el área tributaria, dichas cargas dependen del tipo y nivel donde se ubiquen las columnas, la cual se calcula según lo siguiente:

Columnas esquineras, nivel 5 (techo)

$$\text{Carga Permanente (CP)} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Variable (CV)} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Área Tributaria (techo)} = 7,5 \text{ m}^2$$

La carga de techo será igual:

Carga sobre la losa + estimación cargas vigas

$$(315 \text{ kg/m}^2 + 140 \text{ kg/m}^2) = 455 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga de servicio} = (300 + 100 + 455) \text{ kg/m}^2 * 7,50 \text{ m}^2 = 6412,5 \text{ kg}$$

Columnas esquineras, nivel 4 (entrepiso)

$$\text{Carga Permanente (CP)} = 550 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Variable (CV)} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Área Tributaria (entrepiso)} = 7,5 \text{ m}^2$$

La carga de entrepiso será igual:

Carga sobre la losa + estimación carga de columnas + estimación cargas vigas

$$(315 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 + 140 \text{ kg/m}^2) = 555 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga de servicio} = (550 + 250 + 555) \text{ kg/m}^2 * 7,50 \text{ m}^2 = 10162,5 \text{ kg}$$

De igual forma se usará la misma metodología de cálculo para las cargas de servicios faltantes de los diferentes tipos de columnas (esquinera, central y perimetral) ubicada en los niveles (5, 4, 3, 2 y 1); los cálculos de cargas de servicios se presenta en el Cuadro 13:

Cuadro 13:

Cargas de servicio por nivel en columnas (kg)

Nivel	CP (kg/m ²)	CV (kg/m ²)	Pviga +Pcolumna+Plosa (kg/m ²)	Esquineras	Perimetricas	Centrales	
5 (Techo)	300	100	455	6412,5	12825	12825	25650
4	550	250	555	10162,5	20325	20325	40650
3	550	250	555	10162,5	20325	20325	40650
2	550	250	555	10162,5	20325	20325	40650
1	550	250	555	10162,5	20325	20325	40650

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Se debe recordar que el peso por metros cuadrado de vigas y columnas es un estimado obtenido del “Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones” debido a que al estar precisamente en la etapa de predimensionado no se tiene con exactitud cómo van ser las vigas y columnas.

Como tercer paso es el cálculo de las cargas acumuladas en columnas para los distintos niveles, para dicho cálculo es necesario hacer una sumatoria repetitiva de las cargas de servicios por nivel en columnas, mostrándose de la siguiente manera:

Cargas acumuladas columnas esquineras:

$$\text{Nivel 5} = 6412,5 \text{ kg}$$

$$\text{Nivel 4} = (6412,5 + 10162,5) = 16575 \text{ kg}$$

$$\text{Nivel 3} = (6412,5 + 10162,5 + 10162,5) \text{ kg} = 26737 \text{ kg}$$

$$\text{Nivel 2} = (6412,5 + 10162,5 + 10162,5 + 10162,5) \text{ kg} = 36900 \text{ kg}$$

$$\text{Nivel 1} = (6412,5 + 10162,5 + 10162,5 + 10162,5 + 10162,5) \text{ kg} = 47062,5 \text{ kg}$$

Se usara el mismo procedimiento para las columnas perimetricas y centrales la cual los resultados se muestran en el próximo Cuadro 14:

Cuadro 14:

Cargas acumuladas en columnas (kg)

Nivel	Esquineras	Perimetrales	Centrales
5 (Techo)	6412,5	12825	25650
4	16575	33150	66300
3	26737,5	53475	106950
2	36900	73800	147600
1	47062,5	94125	188250

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

De la (Ec. 2) de predimensionado tenemos:

$$A_c = \frac{P}{\alpha * f'_c}$$

Donde se utilizará como factor de volcamiento " α " para cada tipo de columna indicado en el (Cuadro 5).

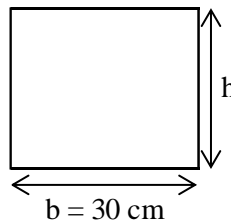
Cada columna va a soportar la carga debida a su peso propio, así como todos los niveles superiores, es por ello que a medida que subimos en la estructura las columnas van disminuyendo sus dimensiones.

Se procede a calcular el área requerida A_c de la manera siguiente:

Área requerida (A_c) columnas esquineras:

Para el Nivel 5 se tiene:

$$A_c = \frac{6412,5 \text{ kg}}{0,20 * 210 \text{ kg/cm}^2} = 152,67 \approx 163 \text{ cm}^2$$



Luego igualamos la base a 30 cm, previendo que se satisfaga la longitud del anclaje.

$$b * h = 163 \text{ cm}^2 \rightarrow 30 \text{ cm} * h = 163 \text{ cm}^2, \text{ se despeja } h:$$

$$h = \frac{163 \text{ cm}^2}{30 \text{ cm}} = 5,4 \text{ cm}$$

Podemos observar que con la dimensión de 30 cm se necesitarían sólo 5,4 cm en la otra dirección (h), sin embargo, se decide colocar una columna cuadrada de 30 x 30 cm como requerimiento mínimo.

Por lo tanto, los resultados de A_c para los distintos niveles y tipos de columnas se presentan en el Cuadro 15:

Cuadro 15:

Área requerida (A_c) en las columnas

Esquineras (cm ²)	Perimetricas (cm ²)	Perimetricas (cm ²)	Centrales (cm ²)
153	244	244	436
395	631	631	1128
637	1019	1019	1819
879	1406	1406	2510
1121	1793	1793	3202

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Cuadro 16:

Dimensiones de las columnas por nivel de la edificación

Nivel	Esquinera			Perimetral			Perimetral			Central		
	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)
5 (Techo)	30	30	900	35	35	1225	35	35	1225	50	50	2500
4	35	35	1225	40	35	1400	40	35	1400	55	55	3025
3	35	35	1225	40	35	1400	40	35	1400	55	55	3025
2	40	40	1600	45	40	1800	45	40	1800	60	60	3600
1	40	40	1600	45	40	1800	45	40	1800	60	60	3600

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

El Cuadro 16 anterior contiene todas las dimensiones en centímetros de las columnas por nivel de la edificación, debe de tenerse en cuenta la ubicación de cada una en planta, como se muestra en la figura 21 y 22.

El Área de acero (As) se calcula de la siguiente forma:

$$As = 0,01 * Ac$$

Área de acero (As) columnas esquineras:

Para el Nivel 5 se tiene:

$$As = 0,01 * 900 \text{ cm}^2 = 9 \text{ cm}^2$$

Los resultados de As de todas las columnas se muestran en el Cuadro 17:

Cuadro 17:

Áreas de acero (As) cm²

Nivel	Esquinera	Perimetral	Perimetral	Central
5 (Techo)	9	12,25	12,25	25
4	12,25	14	14	30,25
3	12,25	14	14	30,25
2	16	18	18	36
1	16	18	18	36

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

- Predimensionamiento de columnas (Método Fargier y Fargier).

Como primer paso para realizar el predimensionado es obtener el área tributaria que le toca a cada columna, la misma se obtiene ubicando las columnas en la planta de la edificación la cual se muestran en las figuras 21 y 22.

Los cálculos de áreas tributarias tanto del techo como de entrepiso dependen del tipo de columna, por lo tanto, dichos resultados de cálculos se presentan en el Cuadro 18 de la manera siguiente:

Cuadro 18:

Áreas tributarias (techo y entepiso) dependiendo del tipo de las columnas

	Tipo	Lx (m)	Ly (m)	At(techo) (m ²)	At(entrepiso) (m ²)
	Esquinera	3,00	2,50	7,50	7,50
	Perimetral	3,00	5,00	15,00	15,00
	Perimetral	6,00	2,50	15,00	15,00
	Central	6,00	5,00	30,00	22,50

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

El segundo paso es estimar las cargas de servicios que actuaran en el área tributaria, dichas cargas dependen del tipo y nivel donde se ubiquen las columnas, la cual se calcula según lo siguiente:

Columnas esquineras, nivel 5 (techo)

$$\text{Carga Permanente (CP)} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Variable (CV)} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Área Tributaria (techo)} = 7,5 \text{ m}^2$$

La carga de techo será igual:

Carga sobre la losa + estimación cargas vigas

$$(315 \text{ kg/m}^2 + 140 \text{ kg/m}^2) = 455 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga de servicio} = (300 + 100 + 455) \text{ kg/m}^2 * 1,4 * 7,50 \text{ m}^2 = 8977,5 \text{ kg}$$

Columnas esquineras, nivel 4 (entrepiso)

$$\text{Carga Permanente (CP)} = 550 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Variable (CV)} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Área Tributaria (entrepiso)} = 7,5 \text{ m}^2$$

La carga de entrepiso será igual:

Carga sobre la losa + estimación carga de columnas + estimación cargas vigas

$$(315 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 + 140 \text{ kg/m}^2) = 555 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga de servicio} = (550 + 250 + 555) \text{ kg/m}^2 * 1,4 * 7,50 \text{ m}^2 = 14277,5 \text{ kg}$$

De igual forma se usará la misma metodología de cálculo para las cargas de servicios de los diferentes tipos de columnas (esquinera, central y perimetral) ubicada en los niveles (5, 4, 3, 2 y 1); los cálculos de cargas de servicios se presenta a continuación en el Cuadro 19:

Cuadro 19:

Cargas de servicio por nivel en columnas (kg)

Nivel	CP (kg/m ²)	CV (kg/m ²)	Pviga +Pcolumna+Plosa (kg/m ²)	Esquineras	Perimetrales	Centrales	
5 (Techo)	300	100	455	8977,5	17955	17955	35910
4	550	250	555	14227,5	28455	28455	56910
3	550	250	555	14227,5	28455	28455	56910
2	550	250	555	14227,5	28455	28455	56910
1	550	250	555	14227,5	28455	28455	56910

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Se debe recordar que el peso por metros cuadrado de vigas y columnas es un estimado obtenido del “Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones” debido a que al estar precisamente en la etapa de predimensionado no se tiene con exactitud cómo van ser las vigas y columnas.

Como tercer paso es el cálculo de las cargas acumuladas en columnas para los distintos niveles, para dicho cálculo es necesario hacer una sumatoria repetitiva de las cargas de servicios por nivel en columnas, mostrándose de la siguiente manera:

Carga acumuladas columnas esquineras:

$$\text{Nivel 5} = 8977,5 \text{ kg} / 1000 = 8,978 \text{ ton}$$

$$\text{Nivel 4} = (8977,5 + 14227,5) \text{ kg} / 1000 = 23,205 \text{ ton}$$

$$\text{Nivel 3} = (8977,5 + 14227,5 + 14227,5) \text{ kg} / 1000 = 37,433 \text{ ton}$$

$$\text{Nivel 2} = (8977,5 + 14227,5 + 14227,5 + 14227,5) \text{ kg} / 1000 = 51,660 \text{ ton}$$

$$\text{Nivel 1} = (8977,5 + 14227,5 + 14227,5 + 14227,5 + 14227,5) \text{ kg} / 1000 = 65,888 \text{ ton}$$

Se usará el mismo procedimiento para las columnas perimetrales y centrales, la cual los resultados se exponen en el próximo Cuadro 20:

Cuadro 20:

Cargas acumuladas en columnas (ton)

Nivel	Esquinas	Perimetrales	Centrales
5 (Techo)	8,978	17,955	35,910
4	23,205	46,410	92,820
3	37,433	74,865	149,730
2	51,660	103,32	206,640
1	65,888	131,775	263,550

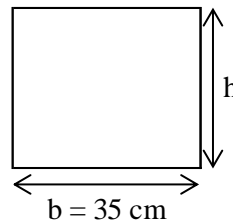
Fuente: Pérez y Polanco (2018)

El (Cuadro 6) de predimensionado explica la metodología de cálculo para el área de las columnas, lo cual se explica de la manera siguiente:

Área requerida (Ac) columnas esquineras:

Para el Nivel 5 se tiene:

$$Ac = 35 * 8,978 = 314 \text{ cm}^2$$



Luego igualamos la base a 35 cm, previendo que se satisfaga la longitud del anclaje.

$$b * h = 314 \text{ cm}^2 \rightarrow 35 \text{ cm} * h = 314 \text{ cm}^2, \text{ se despeja } h:$$

$$h = \frac{314 \text{ cm}^2}{35 \text{ cm}} = 9 \text{ cm}$$

Podemos observar que con la dimensión de 35 cm se necesitarían sólo 9 cm en la otra dirección (h), sin embargo, se decide colocar una columna cuadrada de 35 x 35.

Por lo tanto, los resultados de Ac para los distintos niveles y tipos de columnas se presentan en el Cuadro 21:

Cuadro 21:

Área requerida (Ac) en las columnas.

Esquinera (cm ²)	Perimetales (cm ²)		Central (cm ²)
314	449	449	539
812	1160	1160	1392
1310	1872	1872	2246
1808	2583	2583	3100
2306	3294	3294	3953

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

En el Cuadro 22 se muestran todas las dimensiones en centímetros de las columnas por nivel de la edificación, debe de tenerse en cuenta la ubicación de cada una en planta, como se muestra en la figura 21 y 22.

Cuadro 22:

Dimensiones de las columnas por nivel de la edificación

Nivel	Esquinera			Perimetral			Perimetral			Central		
	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)
5 (Techo)	35	35	1225	50	50	2500	50	50	2500	55	55	3025
4	40	40	1600	55	55	3025	55	55	3025	60	60	3600
3	40	40	1600	55	55	3025	55	55	3025	60	60	3600
2	45	45	2025	60	60	3600	60	60	3600	65	65	4225
1	45	45	2025	60	60	3600	60	60	3600	65	65	4225

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

El Área de acero (As) se calcula de la siguiente forma:

$$A_s = 0,01 * A_c$$

Área de acero (As) columnas esquineras:

Para el Nivel 5 se tiene:

$$A_s = 0,01 * 1225 \text{ cm}^2 = 12,25 \text{ cm}^2$$

Los resultados de (As) de todas las columnas se establecen en el Cuadro 23:

Cuadro 23:

Áreas de acero (As) cm²

Nivel	Esquinera	Perimetral	Perimetral	Central
5 (Techo)	12,25	25	25	30,25
4	16	30,25	30,25	36
3	16	30,25	30,25	36
2	20,25	36	36	42,25
1	20,25	36	36	42,25

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

- Predimensionamiento de columnas (Método de Arnal (Factor Modificado)).

El primer paso para realizar el predimensionado es obtener el área tributaria que le toca a cada columna, la misma se obtiene ubicando las columnas en la planta de la edificación la cual se muestran en las figuras 21 y 22.

Los cálculos de áreas tributarias tanto del techo como de entrepiso dependen del tipo de columna, por lo tanto, dichos resultados de cálculos se presentan en el Cuadro 24:

Cuadro 24:

Áreas tributarias (techo y entrepiso) dependiendo del tipo de columna.

	Ubicación	Lx (m)	Ly (m)	At(techo) (m ²)	At(entrepiso) (m ²)
	Esquinera	3,00	2,50	7,50	7,50
	Perimetral	3,00	5,00	15,00	15,00
	Perimetral	6,00	2,50	15,00	15,00
	Central	6,00	5,00	30,00	22,50

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

El segundo paso es estimar las cargas de servicios que actuarán en el área tributaria, dichas cargas dependen del tipo y nivel donde se ubiquen las columnas, la cual se calcula según lo siguiente:

Columnas esquineras, nivel 5 (techo)

$$\text{Carga Permanente (CP)} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Variable (CV)} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Área Tributaria (techo)} = 7,5 \text{ m}^2$$

La carga de techo será igual:

Carga sobre la losa + estimación cargas vigas

$$(315 \text{ kg/m}^2 + 140 \text{ kg/m}^2) = 455 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga de servicio} = (300 + 100 + 455) \text{ kg/m}^2 * 7,50 \text{ m}^2 = 6412,5 \text{ kg}$$

Columnas esquineras, nivel 4 (entrepiso)

$$\text{Carga Permanente (CP)} = 550 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Variable (CV)} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Área Tributaria (entrepiso)} = 7,5 \text{ m}^2$$

La carga de entrepiso será igual:

Carga sobre la losa + estimación carga de columnas + estimación cargas vigas

$$(315 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 + 140 \text{ kg/m}^2) = 555 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga de servicio} = (550 + 250 + 555) \text{ kg/m}^2 * 7,50 \text{ m}^2 = 10162,5 \text{ kg}$$

De igual forma se usará la misma metodología de cálculo para las cargas de servicios faltantes de los diferentes tipos de columnas (esquinera, central y perimetral) ubicada en los niveles (5, 4, 3, 2 y 1); los cálculos de cargas de servicios se presentan en el Cuadro 25:

Cuadro 25:

Cargas de servicio por nivel en columnas (kg)

Nivel	CP (kg/m ²)	CV (kg/m ²)	Pviga +Pcolumna+Plosa (kg/m ²)	Esquineras	Perimetrales	Centrales	
5 (Techo)	300	100	455	6412,5	12825	12825	25650
4	550	250	555	10162,5	20325	20325	40650
3	550	250	555	10162,5	20325	20325	40650
2	550	250	555	10162,5	20325	20325	40650
1	550	250	555	10162,5	20325	20325	40650

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Se debe recordar que el peso por metros cuadrado de vigas y columnas es un estimado obtenido del “Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones” debido a que al estar precisamente en la etapa de predimensionado no se tiene con exactitud cómo van ser las vigas y columnas.

Como tercer paso es el cálculo de las cargas acumuladas en columnas para los distintos niveles, para dicho cálculo es necesario hacer una sumatoria repetitiva de las cargas de servicios por nivel en columnas, mostrándose de la siguiente manera:

Carga acumuladas columnas esquineras:

$$\text{Nivel 5} = 6412,5 \text{ kg}$$

$$\text{Nivel 4} = (6412,5 + 10162,5) = 16575 \text{ kg}$$

$$\text{Nivel 3} = (6412,5 + 10162,5 + 10162,5) \text{ kg} = 26737 \text{ kg}$$

$$\text{Nivel 2} = (6412,5 + 10162,5 + 10162,5 + 10162,5) \text{ kg} = 36900 \text{ kg}$$

$$\text{Nivel 1} = (6412,5 + 10162,5 + 10162,5 + 10162,5 + 10162,5) \text{ kg} = 47062,5 \text{ kg}$$

Se usará el mismo procedimiento para las columnas perimetrales y centrales, la cual los resultados se muestran en el Cuadro 26:

Cuadro 26:

Cargas acumuladas en columnas (kg)

Nivel	Esquineras	Perimetrales	Centrales
5 (Techo)	6412,5	12825	25650
4	16575	33150	66300
3	26737,5	53475	106950
2	36900	73800	147600
1	47062,5	94125	188250

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

De la (Ec. 4) de predimensionado tenemos:

$$A_{col} = \frac{\lambda * P_G}{\eta * f'c}$$

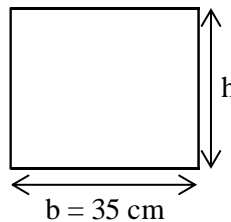
Donde se utilizará como factor de volcamiento " λ " y " η " para cada tipo de columna indicado en el (Cuadro 7).

Se procede a calcular el área requerida A_c de la manera siguiente:

Área requerida (A_c) columnas esquineras:

Para el Nivel 5 se tiene:

$$A_{col} = \frac{1,5 * 6412,5 \text{ kg}}{(0,20 * 210 \text{ kg/cm}^2)} = 229,02 \approx 229 \text{ cm}^2$$



Luego igualamos la base a 35 cm, previendo que se satisfaga la longitud del anclaje.

$$b * h = 229 \text{ cm}^2 \rightarrow 35 \text{ cm} * h = 229 \text{ cm}^2, \text{ se despeja } h:$$

$$h = \frac{229 \text{ cm}^2}{35 \text{ cm}} = 6,54 \text{ cm}$$

Podemos observar que con la dimensión de 35 cm se necesitarían sólo 6,54 cm en la otra dirección (h), sin embargo, se decide colocar una columna cuadrada de 35 x 35.

Por lo tanto, los resultados de A_c para los distintos niveles y tipos de columnas se presentan en el Cuadro 27:

Cuadro 27:

Área requerida (A_c) en las columnas.

Esquinas (cm²)	Perimetrales (cm²)		Centrales (cm²)
229	305	305	448
592	789	789	1158
955	1273	1273	1867
1318	1757	1757	2577
1681	2241	2241	3287

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

En el Cuadro 27 se muestran todas las dimensiones en centímetros de las columnas por nivel de la edificación, debe de tenerse en cuenta la ubicación de cada una en planta, como se muestra en la figura 21 y 22.

Cuadro 28:

Dimensiones de las columnas por nivel de la edificación

Nivel	Esquinera			Perimetrales			Perimetrales			Centrales		
	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)	b (cm)	h (cm)	Ac (cm ²)
5 (Techo)	35	35	1225	40	40	1600	40	40	1600	50	50	2500
4	40	40	1600	45	45	2025	45	45	2025	55	55	3025
3	40	40	1600	45	45	2025	45	45	2025	55	55	3025
2	45	45	2025	50	50	2500	50	50	2500	60	60	3600
1	45	45	2025	50	50	2500	50	50	2500	60	60	3600

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

El Área de acero (As) se calcula de la siguiente forma:

$$A_s = 0,01 * A_c$$

Área de acero (As) columnas esquineras:

Para el Nivel 5 se tiene:

$$A_s = 0,01 * 1225 \text{ cm}^2 = 12,25 \text{ cm}^2$$

Los resultados de (As) de todas las columnas se establecen en el Cuadro 29:

Cuadro 29:Áreas de acero (As) cm²

Nivel	Esquinera	Perimetral	Perimetral	Central
5 (Techo)	12,25	16	16	25
4	16	20,25	20,25	30,25
3	16	20,25	20,25	30,25
2	20,25	25	25	36
1	20,25	25	25	36

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Predimensionamiento de Vigas

- Predimensionado de vigas en la dirección "X" (Método Arnal).

En primer lugar, debemos obtener una longitud representativa del ancho tributario de las vigas que van a soportar las cargas verticales transmitidas a la losa:

$$\text{Ancho Tributario: } \left[\left(\frac{5\text{m}}{2} \right) + \left(\frac{5\text{m}}{2} \right) \right] = 5\text{m}$$

El siguiente paso es obtener una luz aproximada para el cálculo de la viga. Una manera conservadora es escoger la luz más grande a la que va sometida, otra un poco más permisiva es escoger un promedio entre las luces reales de cálculo:

$$\text{Luz} = \frac{6\text{m} + 6\text{m}}{2} = 6\text{m}$$

El próximo paso es estimar la carga que va a ir sobre la viga:

$$\text{Carga Permanente (CP)} = 550 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Variable (CV)} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso viga} + \text{Peso columna} + \text{Peso Losa} = 555 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total} = (550 + 250 + 555) = 1355 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga por metro lineal (kg/ml)} = (1355 \text{ Kg/m}^2) * (5\text{m}) = 6775\text{kg/m}.$$

Muchas veces se puede al mismo tiempo prever el peso de la tabiquería apoyado directamente sobre la viga, eso ya depende del grado de precisión y de la preferencia y experiencia del ingeniero responsable de proyecto.

Otra opción para estimar el peso de la viga es simplemente sumar la longitud de la misma un 10% más con esto teniendo un momento mayor que cubra por el peso extra, como mencionamos anteriormente eso depende de la experiencia del ingeniero.

Ahora determinamos el momento máximo:

$$M_{\max} = \frac{\text{carga}(\text{kg / ml})L^2}{12} = \frac{6775 * 6^2}{12}$$

$$M_{\max} = 20325 \text{ kg. m}$$

Este momento debe ser mayorado con un factor de 1,5 el cual es un buen estimado entre la carga viva y la muerta, con esto obtendremos el momento último del diseño para el predimensionado.

$$M_u = 1,5 * 20325 \text{ kg. m} = 30487,5 \text{ kg. m}$$

$$M_u = \emptyset * b * d^2 * \rho * f_y [1 - 0,59 * \rho]$$

Despejamos d tenemos:

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\emptyset * b * \rho * f_y \left[1 - 0,59 * \rho * \frac{f_y}{f_c}\right]}}$$

Sustituyendo los siguientes valores en la ecuación anterior:

$$\emptyset = 0,90$$

$$\rho = 0,01$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 210 \text{ kg/ cm}^2$$

Fijando como base de la viga 30cm se determina el valor de la altura:

$$d = 55,21 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Luego la altura total de la viga $h = d + 5 \text{ cm}$

$$h \text{ definitiva} = 65 \text{ cm}$$

Como puede observarse se obtiene un resultado bastante regular por lo que se puede aceptar, sin embargo, en muchos casos se debe discutir con los arquitectos si a ellos este le afecta volumétricamente en cuyo caso podríamos aumentar la base 35 o 45 cm.

Vigas en dirección "X" 30 x 65 cm

- Predimensionado de vigas en la dirección “Y” (Método Arnal).

Para el predimensionado de las vigas en dirección “Y” no conviene utilizar un criterio de resistencia, debido a que dichas vigas no soportan la misma magnitud de cargas verticales que las vigas en dirección “X”, únicamente peso propio y tabiquería apoyada sobre ellas, las solicitaciones principales de dichas vigas son provocadas por el efecto de la acción sísmica. Lo más recomendable es aplicar un criterio de rigidez en el cual se limite la desplazabilidad de la estructura.

Para limitar las desplazabilidades en primer lugar debemos obtener un cortante basal aproximado para predimensionar los pórticos, para ello determinamos los parámetros necesarios:

Cuadro 30:

Parámetros sísmicos

A_o	0,3
φ	0,9
α	1,15
R	6
Niveles	5
T*	0,7
β	2,6
p	1
T+	0,4

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

Algunos ingenieros utilizan en lugar de sacar un cortante basal aproximado el 10 % del peso de la estructura y con eso de acuerdo a su experiencia se obtienen buenos resultados.

Además, debemos estimar el peso total de la edificación ya que este es un parámetro importante en el desarrollo del problema.

Entrepiso

Entrepiso: 100% CM + 25% CV

Carga Permanente (CP)

$$550 \text{ kg/m}^2$$

Carga Variable (CV)

$$0,25 * 250 \text{ kg/m}^2 = 62,5 \text{ kg/m}^2$$

$$550 \text{ kg/m}^2 + 62,5 \text{ kg/m}^2 = 612,5 \text{ kg/m}^2$$

La normativa permite aminorar para el análisis sísmico la carga variable en la estructura, esto debido a que un sismo es un evento probabilístico, y mediante modelos probabilísticos se ha estimado que el momento de un sismo probablemente solo encontrara en la edificación un 25% de la carga variable de diseño.

Por ello la carga de entrepiso será igual:

Carga sobre la losa + estimación carga de columnas + estimación cargas vigas

$$(315 + 100 + 140) = 555 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Total} = 612,5 \text{ kg/m}^2 + 555 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Total} = 1167,5 \text{ kg/m}^2$$

Techo

En el techo solamente se tomarán las cargas permanentes porque no se espera que existan cargas variables en el techo durante la ocurrencia de un sismo probable.

Carga Permanente (CP)

$$300 \text{ kg/m}^2$$

Carga sobre la losa + estimación cargas vigas

$$(315 + 140) \text{ kg/m}^2 = 455 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Total} = 300 \text{ kg/m}^2 + 455 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Total} = 755 \text{ kg/m}^2$$

Peso total de la edificación:

$$\text{Área de techo} = (15 \times 42) \text{ m} = 630 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de entrepiso} = 630 \text{ m}^2 - (5 \times 6) \text{ m} = 600 \text{ m}^2$$

$$W = (\text{N}^\circ \text{ de plantas} * \text{Carga entrepiso} * \text{Área entrepiso} + \text{N}^\circ \text{ techo} * \text{Carga techo} * \text{Área techo})$$

$$W = (4 \text{ plantas} * 1167,5 \text{ kg/m}^2 * 600 \text{ m}^2 + 1 \text{ techo} * 755 \text{ kg/m}^2 * 630 \text{ m}^2)$$

$$W = 3277650 \text{ kg} / 1000 \text{ kg}$$

$$W = 3277,65 \text{ ton}$$

El siguiente paso necesario es obtener el periodo de la estructura, este puede calcularse para estructuras aporticadas con la siguiente expresión:

$$T_a = C_t * h_n^{0,75}$$

Dónde:

C_t = Coeficiente constante para edificios de concreto armado, el cual es igual a 0,07.

h_n = Altura desde la base hasta el último nivel significativo.

Siendo una edificación de 5 niveles de 3.50 metros de entrepiso

$$h_n: 17,5$$

$$T_a = 0,07 * 17,5^{0,75}$$

$$T_a = 0,5989307 \text{ s} * 1.6$$

$$T = 0,95828912$$

La ecuación para calcular la aceleración de diseño es la siguiente:

$$A_d = \frac{\alpha * \varphi * \beta * A_0}{R} \left(\frac{T *}{T} \right)^1$$

$$A_d = \frac{1,15 * 0,9 * 2,6 * 0,3}{6} \left(\frac{0,7}{0,958} \right)^1$$

$$A_d = 0,098284534$$

Por último, para poder obtener la cortante basal V_0 aproximado debemos obtener el factor μ de reducción de corte, el cual proviene del mayor valor entre estas 2 ecuaciones:

$$\mu = 1,4 \left[\frac{N + 9}{2N + 12} \right]$$

$$\mu = 0,8 + \frac{1}{20} \left[\frac{T}{T *} - 1 \right]$$

$$\mu = 1,4 \left[\frac{5 + 9}{2 * 5 + 12} \right] = 0,89090909 \leftarrow \text{mayor}$$

$$\mu = 0,8 + \frac{1}{20} \left[\frac{0,95828912}{0,7} - 1 \right] = 0,81844922$$

$\mu = 0,89090909$ siendo este el valor mayor

Determinamos la cortante vasal en la dirección de análisis

$$V_0 = 0,89090909 * 0,098284534 * 3277,65 = 286,999506 \text{ ton}$$

Una vez obtenido el corte basal sísmico podemos aplicar la ecuación de predimensionado:

$$\sum^{Kv} = \frac{\sum^{Kc}}{\frac{\delta}{\delta_{\infty}} - 1}$$

$$\delta_{\infty} = \frac{\Delta_{min}}{h} = \frac{Vh}{12E} \left[\frac{1}{\sum^{Kc}} \right]$$

El único valor desconocido es la sumatoria de rigideces (kc) de las columnas en el nivel 1, dicho factor de rigidez se obtiene al dividir la inercia de las columnas entre la longitud de las mismas.

Debemos conocer las rigideces de esas columnas en la dirección “Y” que se está analizando:

Columnas esquineras:

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$Kc = \frac{40^4}{12 * 350} = 609,52381 \text{ cm}^3$$

Como existen 4 columnas esquineras orientadas en esa dirección:

$$\Sigma K_{cesq} = 2438,1 \text{ cm}^3$$

Columnas centrales:

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$Kc = \frac{60^4}{12 * 350} = 3085,71429 \text{ cm}^3$$

Como existen 8 columnas centrales orientadas en esa dirección:

$$\Sigma K_{ccent} = 24685,7 \text{ cm}^3$$

Columnas centrales (D3, D2, E3 y E2)

$$b = 55 \text{ cm}$$

$$h = 55 \text{ cm}$$

$$Kc = \frac{55^4}{12 * 350} = 2178,72024 \text{ cm}^3$$

Como existen 4 columnas centrales (D3, D2, E3 y E2) orientadas en esa dirección:

$$\Sigma K_{ccent} = 8714,9 \text{ cm}^3$$

Columnas perimetrales en dirección X

$$b = 45 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$Kc = \frac{45 * 40^3}{12 * 350} = 685,714286 \text{ cm}^3$$

Como existen 12 columnas laterales en dirección "X" orientadas en esa dirección:

$$\Sigma K_{cpx} = 8228,6 \text{ cm}^3$$

Columnas perimetrales en dirección Y

$$b = 45 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$kc = \frac{40 * 45^3}{12 * 350} = 867,857143 \text{ cm}^3$$

Como existen 4 columnas laterales en dirección “Y” orientadas en esa dirección:

$$\Sigma K_{cpy} = 3471,4 \text{ cm}^3$$

Sumando todas las rigideces de las columnas tenemos:

$$\Sigma K_{total} = \Sigma k_{cesq} + \Sigma k_{ccent} + \Sigma K_{ccent} + \Sigma k_{cpx} + \Sigma k_{cpy}$$

$$\Sigma K_{total} = (2438,1 + 24685,7 + 8714,9 + 8228,6 + 3471,4)$$

$$\Sigma K_{total} = 47538,7 \text{ cm}^3$$

Determinamos el valor límite de desplazamiento

$$\delta_{\infty} = \frac{286,999506 * 1000 * 350}{12 * 218819,78} \left[\frac{1}{47538,7} \right]$$

$$\delta_{\infty} = 8,04 \times 10^{-4}$$

Ahora tenemos todos los parámetros para determinar la rigidez de la viga ΣK_{vniv1}

$$\Sigma K_v = \frac{47538,7}{\frac{0,002}{0,0008047} - 1} = 32004,0195 \text{ cm}^3$$

En la planta en el primer nivel existen 24 vigas en dirección “Y” que aportan rigidez al pórtico las cuales tienen 5 metros de longitud.

La sumatoria de rigideces de estas 24 vigas proporcionan deben ser al menos igual ΣK_v antes calculado.

$$\Sigma K_v = 24 \frac{b * h^3}{12 * L}$$

Operando y sacando factor común $b * h^3$ queda la siguiente expresión:

$$32004,0195 = b * h^3 \left[\frac{24}{12 * 500} \right]$$

La menor dimensión de base que puede tener una viga son 25 cm., sin embargo, se considera un valor más bien bajo es por ello que se fija un valor de 30 cm y se despeja la altura de la viga obteniendo:

$$h = 65 \text{ cm}$$

Vigas en dirección “Y” 30 x 65 cm

Tantos las vigas en dirección “X” como las vigas en dirección “Y” resultaron iguales de 30 x 65, lo cual podría parecer extraño, sin embargo, no lo es porque fueron predimensionadas con criterios diferentes, las vigas en “X” se predimensionaron con un criterio de resistencia mientras las vigas en “Y” atendieron a un criterio de rigidez.

- Predimensionado de vigas en la dirección “X” (Método Fargier y Fargier).

La dimensión de la base oscila entre $30 \text{ cm} \leq b \leq 40 \text{ cm}$, lo cual se fijó como $b = 30 \text{ cm}$.

Para calcular la altura de la viga se utilizó la ecuación establecida en el Cuadro 7:

$$h = \frac{L}{12} \text{ Usualmente para edificaciones de varios niveles}$$

La longitud de las vigas en dirección “X” es de $L = 6 \text{ m}$, por lo tanto:

$$h = \frac{6 \text{ m} * 100 \text{ cm}}{12}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

Vigas en dirección “X” 30 x 50 cm

- Predimensionado de vigas en la dirección “Y” (Método Fargier y Fargier).

Se tomó como base 30 cm tomando en cuenta la misma consideración expuesta en las vigas en dirección “X”

La altura de la viga se expresa de manera similar que las vigas en dirección “X”

Por consiguiente, la longitud de las vigas en dirección “Y” es de $L = 5$ m, se tiene que:

$$h = \frac{5 \text{ m} * 100 \text{ cm}}{12}$$

$$h = 41,66 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Vigas en dirección “Y” 30 x 45 cm

- Predimensionado de vigas en la dirección “X” (Método Villarreal).

La altura de las vigas se define por la siguiente ecuación $h = (1/10 * L)$

Siendo $L = 6$ m, entonces queda h de la siguiente forma:

$$h = (0,1 * 6 \text{ m} * 100 \text{ cm})$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

El ancho de base es variable de 0,5 veces su altura $h = 60$ cm

$$b = (0,5 * 60 \text{ cm})$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

Vigas en dirección “X” 30 x 60 cm

- Predimensionado de vigas en la dirección “Y” (Método Villarreal).

Del mismo modo que las vigas en dirección “X”, siendo $L = 5$ m, entonces queda h de la siguiente forma:

$$h = (0,1 * 5 \text{ m} * 100 \text{ cm})$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

El ancho de base es variable de 0,5 veces su altura $h = 50$ cm

$b = (0,5 * 50 \text{ cm}) = 25 \text{ cm}$, no cumple con lo establecido según este método, por lo tanto, se fija como base 30 cm.

$$b = 30 \text{ cm}$$

Vigas en dirección “X” 30 x 50 cm

Fase III

Comparar los resultados obtenidos con el uso de diferentes técnicas.

Cuadro 31:

Resultados de los Criterios de Losas.

Elemento	Criterios	Espesor (cm)
Losas	Rigidez	21
	Resistencia	12,33

Fuente: Pérez y Polanco

Cuadro 32:

Resultados de los Metodos de Columnas.

Método	Nivel	Tipo de Columnas b x h (cm)			
		Esquinera	Perimetral	Perimetral	Central
Arnal y Epelboim	5	30 x 30	35 x 35	35 x 35	50 x 50
	4	35 x 35	40 x 35	40 x 35	55 x 55
	3	35 x 35	40 x 35	40 x 35	55 x 55
	2	40 x 40	45 x 40	45 x 40	60 x 60
	1	40 x 40	45 x 40	45 x 40	60 x 60

Método	Nivel	Tipo de Columnas b x h (cm)			
		Esquinera	Perimetral	Perimetral	Central
Fargier y Fargier	5	35 x 35	50 x 50	50 x 50	55 x 55
	4	40 x 40	55 x 55	55 x 55	60 x 60
	3	40 x 40	55 x 55	55 x 55	60 x 60
	2	45 x 45	60 x 60	60 x 60	65 x 65
	1	45 x 45	60 x 60	60 x 60	65 x 65

Cuadro 32 (cont)

Método	Nivel	Tipo de Columna b x h (cm)			
		Esquinera	Perimetral	Perimetral	Central
Arnal (Factor Modificado)	5	35 x 35	40 x 40	40 x 40	50 x 50
	4	40 x 40	45 x 45	45 x 45	55 x 55
	3	40 x 40	45 x 45	45 x 45	55 x 55
	2	45 x 45	50 x 50	50 x 50	60 x 60
	1	45 x 45	50 x 50	50 x 50	60 x 60

Fuente: Pérez y Polanco

Cuadro 33:

Resultados de los Métodos de Vigas.

Elementos	Métodos	b x h (cm)
Vigas "X"	Arnal	30 x 65
	Fargier y Fargier	30 x 50
	Villarreal	30 x 60
Vigas "Y"	Arnal	30 x 65
	Fargier y Fargier	30 x 45
	Villarreal	30 x 50

Fuente: Pérez y Polanco

Fase IV

Validar los resultados obtenidos anteriormente con el uso del programa de análisis y diseño estructural ETABS 9.7.4

Se procedió a realizar un Modelo Matemático en 3D a través del programa ETABS 9.7.4, donde se han dispuesto de objetos de líneas para idealizar las vigas, columnas y losas. La acción de las cargas se realiza de manera distribuida directamente en las losas (Kg/m^2), para cada uno de los predimensionados en estudio, dando como resultados los siguientes:

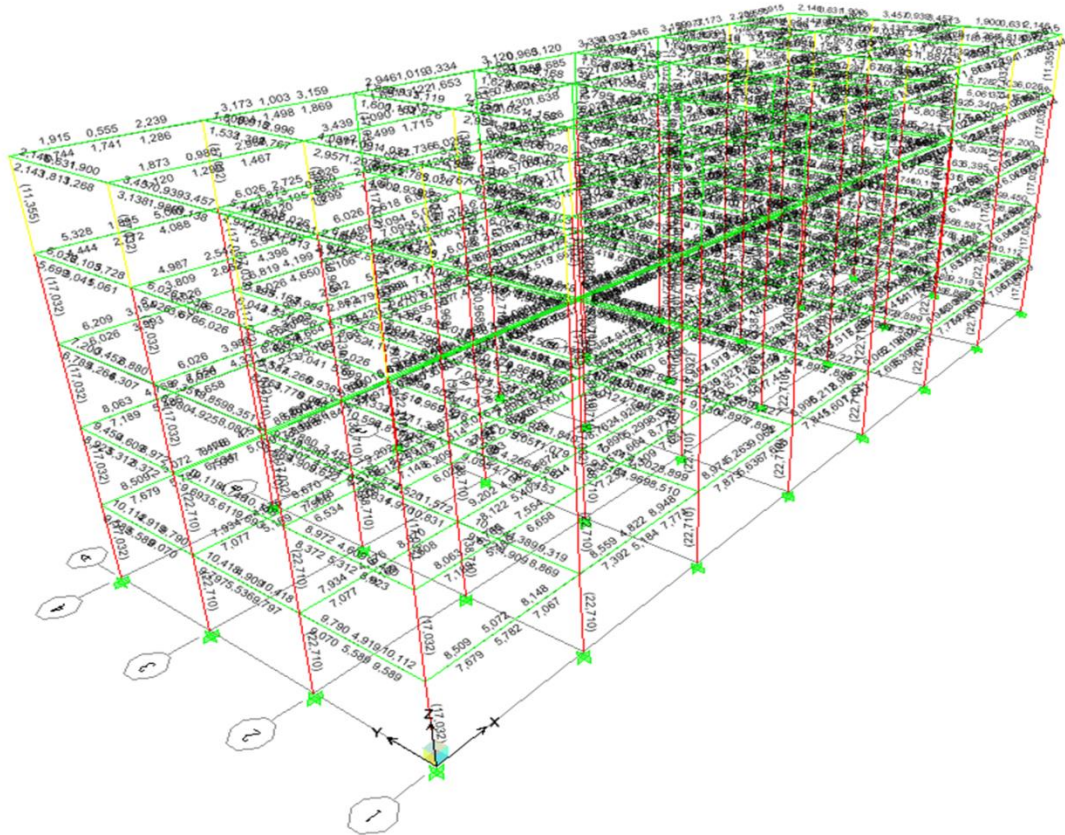


Figura 23: Vista 3D de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal y Epelboim), de vigas (Método Arnal) y de losa (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

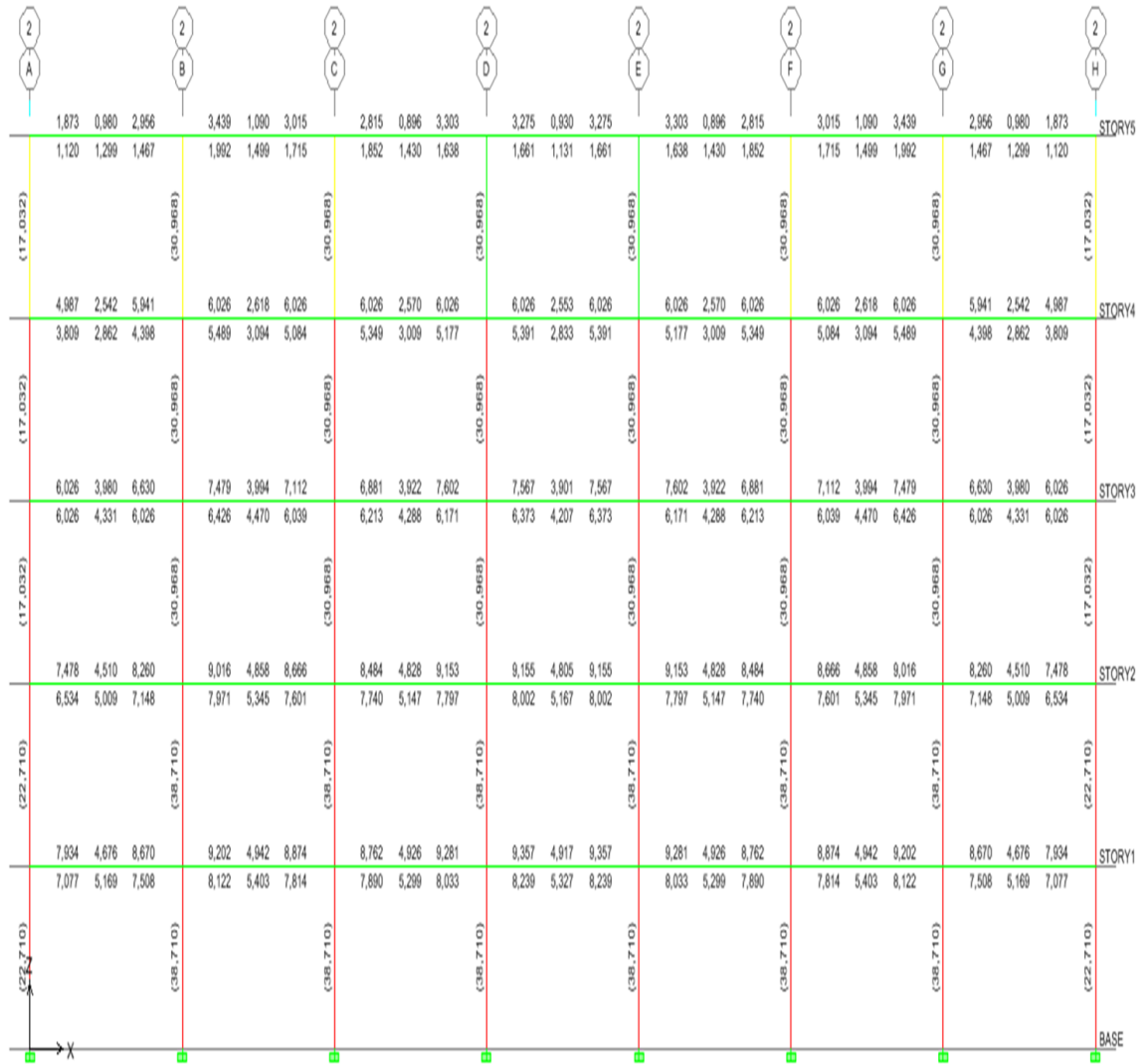


Figura 24: Vista lateral de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal y Epelboim), de vigas (Método Arnal) y de losa (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

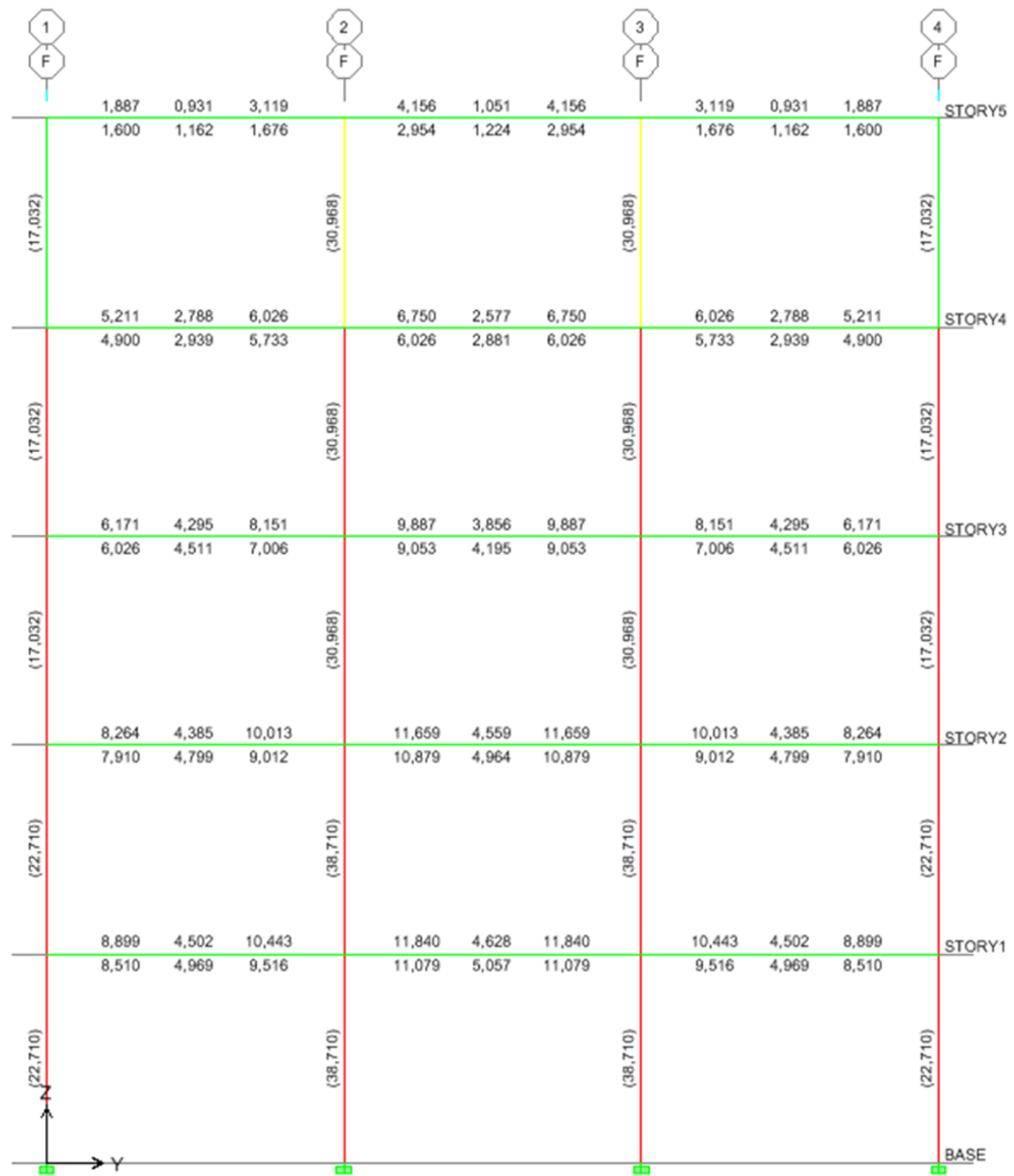


Figura 25: Vista frontal de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal y Epelboim), de vigas (Método Arnal) y de losa (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

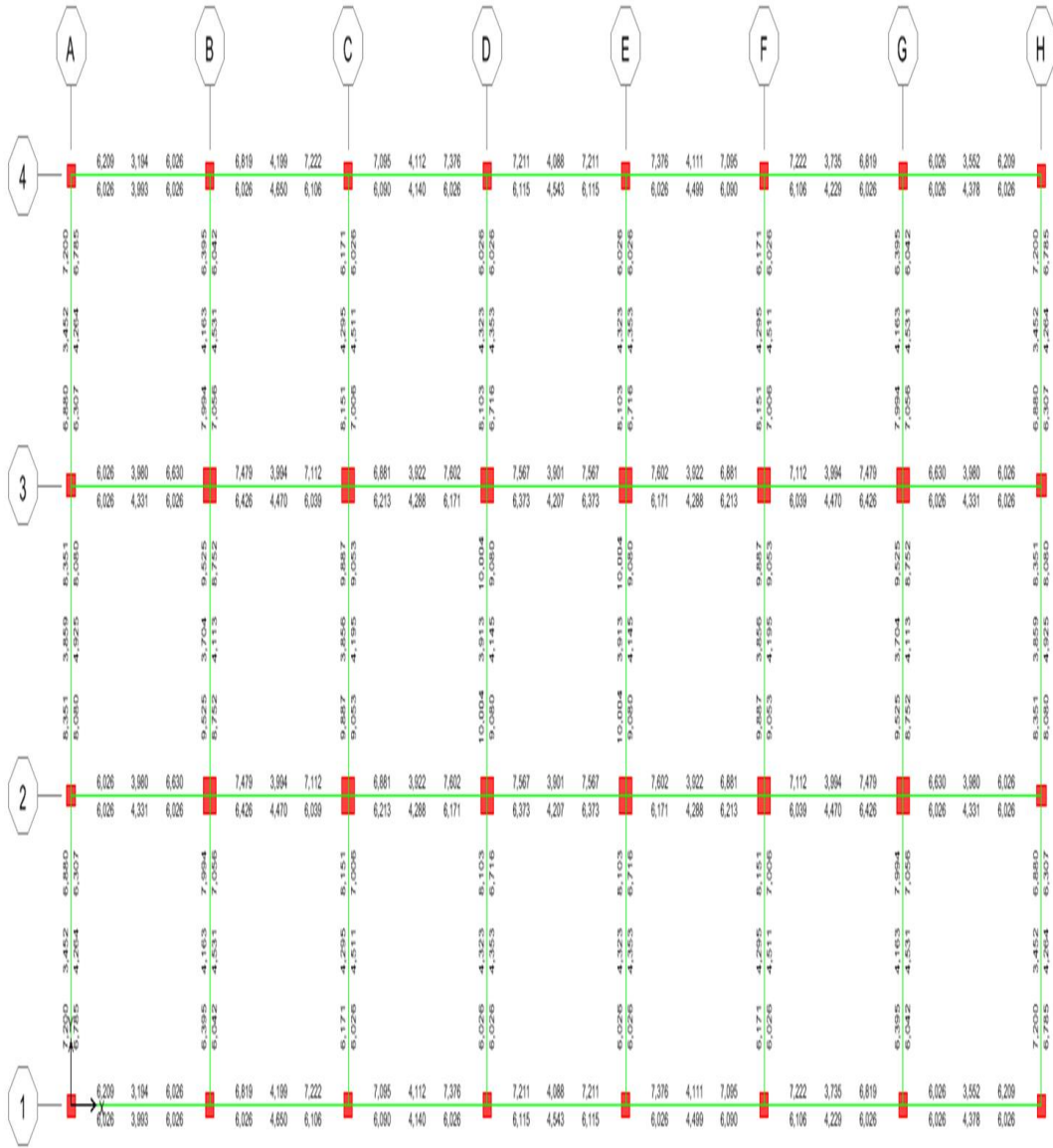


Figura 26: Vista planta de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Metodo Arnal y Epelboim), de vigas (Método Arnal) y de losa (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

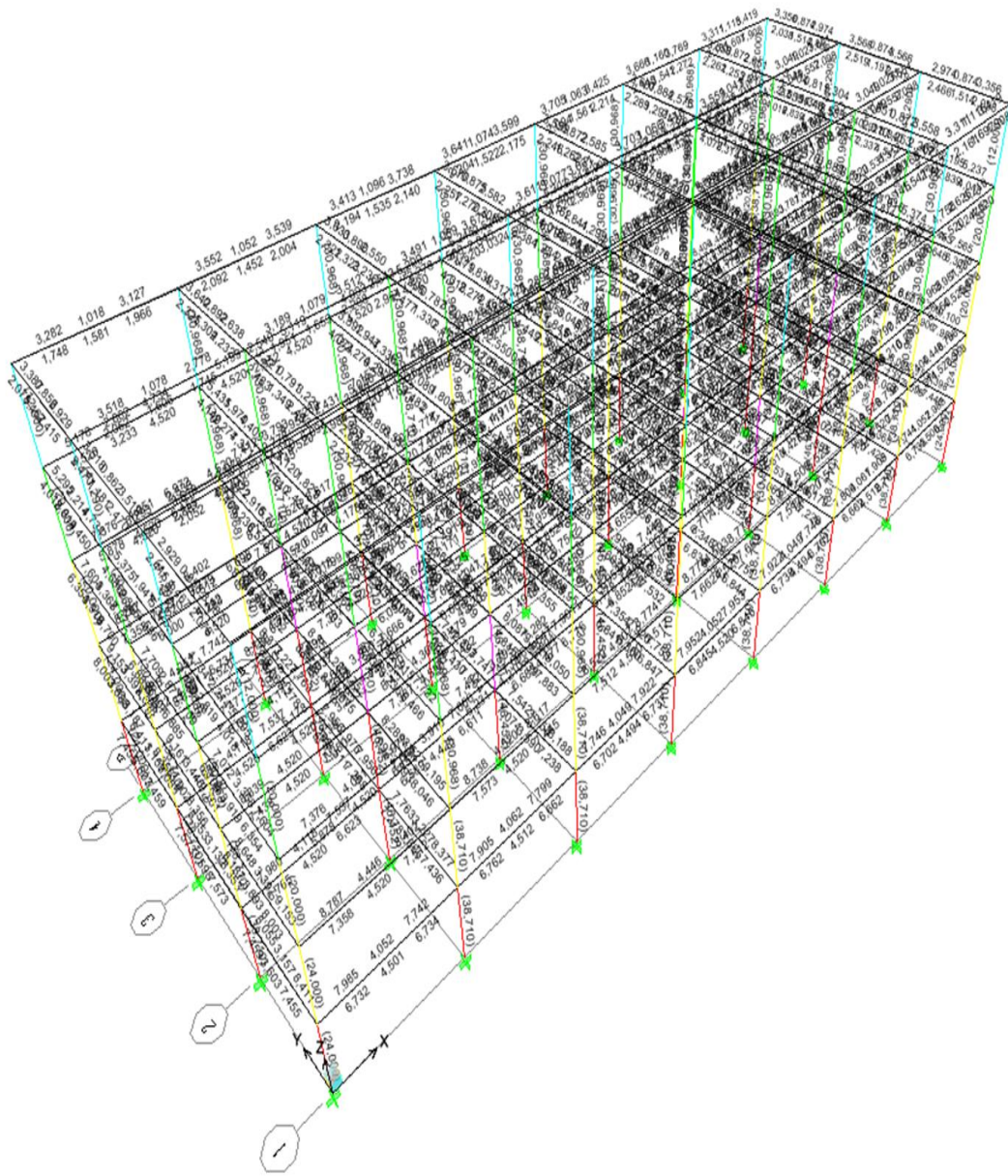


Figura 27: Vista 3D de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Fargier y Fargier), de vigas (Método Fargier y Fargier) y de losas (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

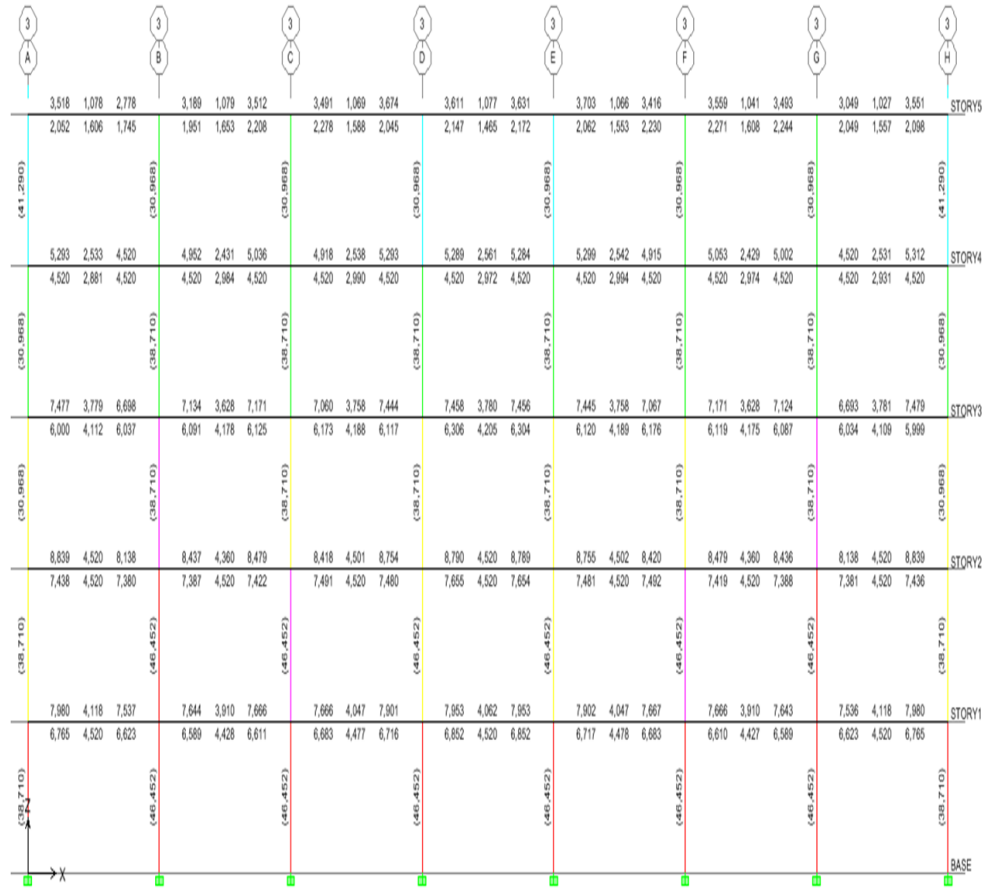


Figura 28: Vista lateral de la utilizando predimensionado de columnas (Método Fargier y Fargier), de vigas (Método Fargier y Fargier) y de losas (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

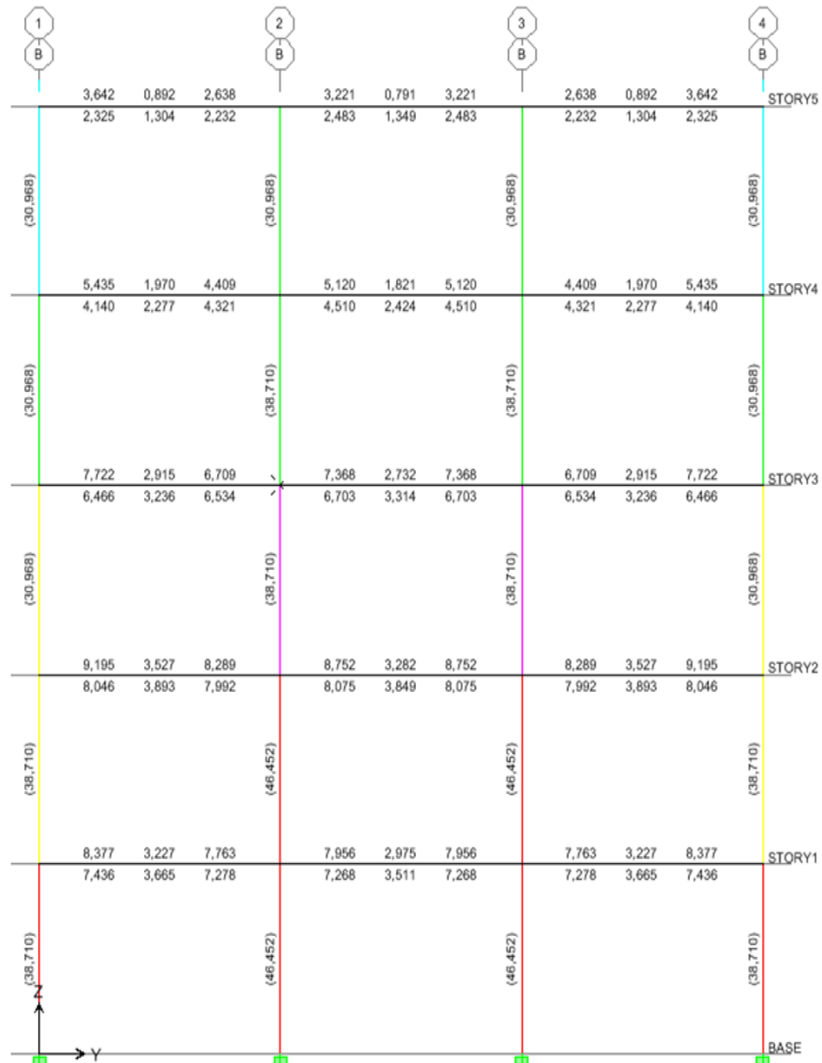


Figura 29: Vista frontal de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Fargier y Fargier), de vigas (Método Fargier y Fargier) y de losas (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

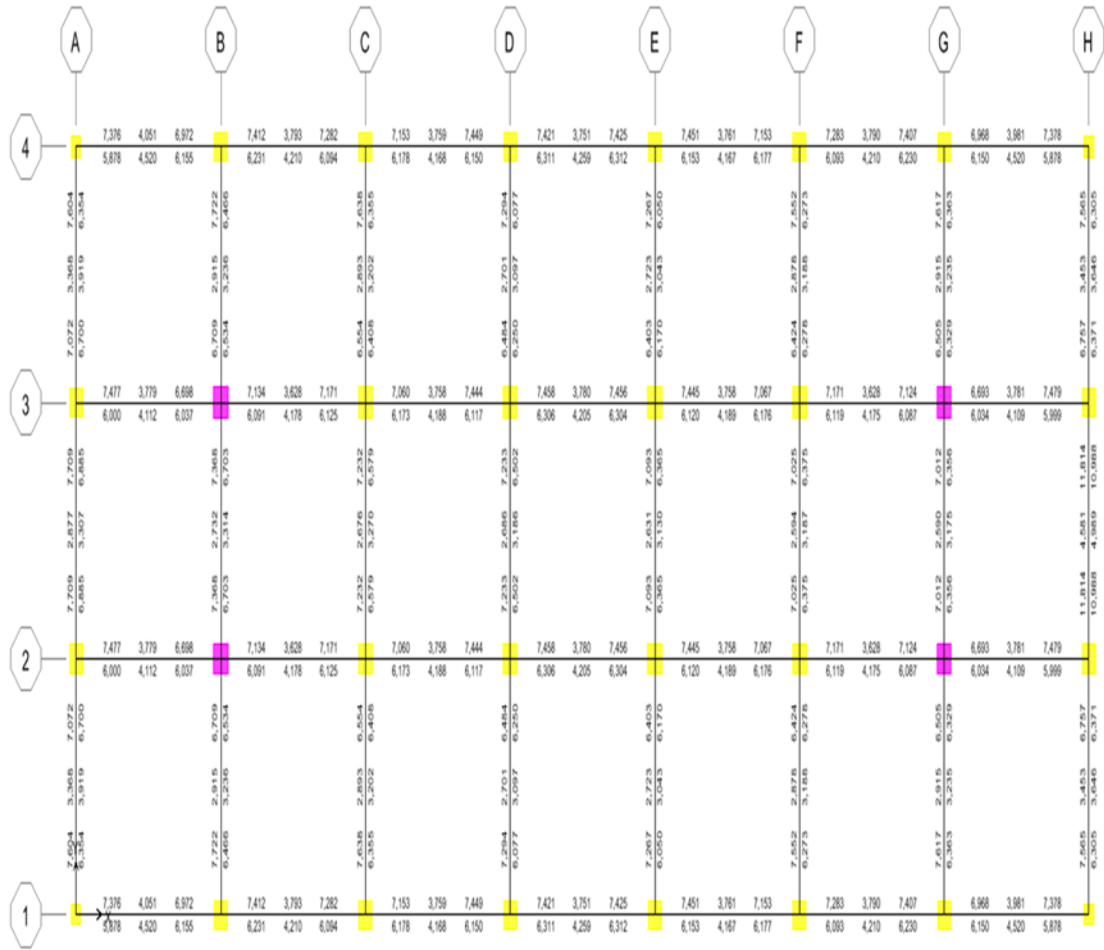


Figura 30: Vista planta de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Fargier y Fargier), de vigas (Método Fargier y Fargier) y de losas (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

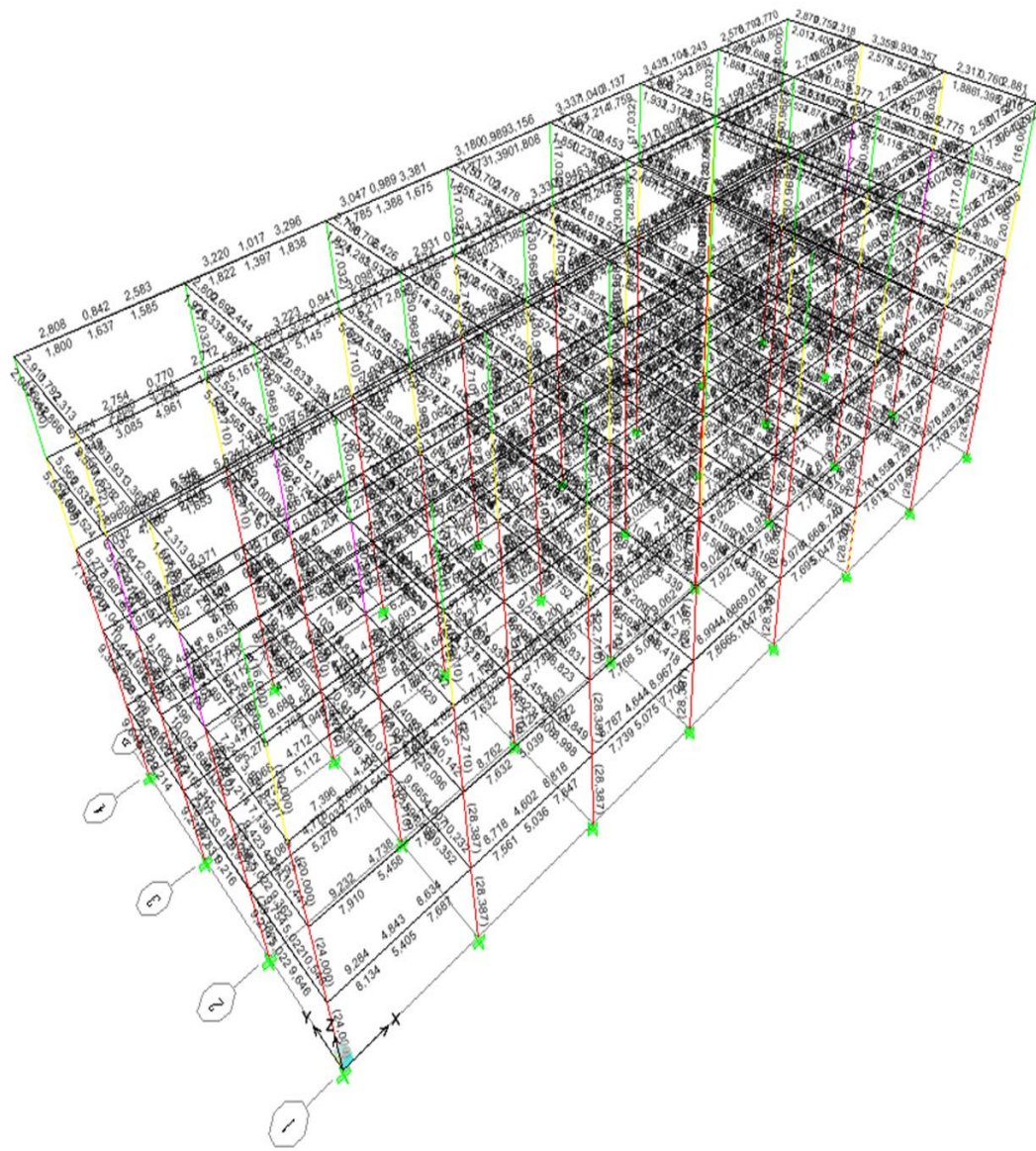


Figura 31: Vista 3D de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal Factor Modificado), de vigas (Método Villareal) y de losas (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

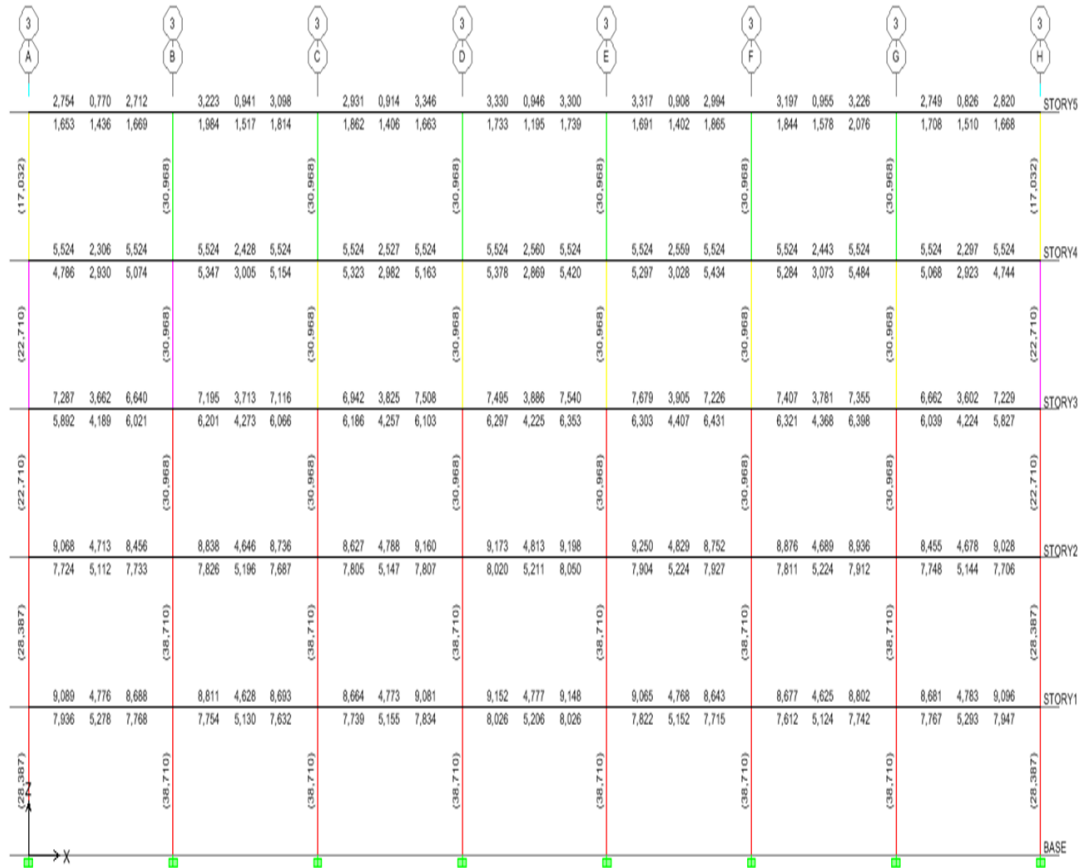


Figura 32: Vista lateral de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal Factor Modificado), de vigas (Método Villareal) y de losas (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

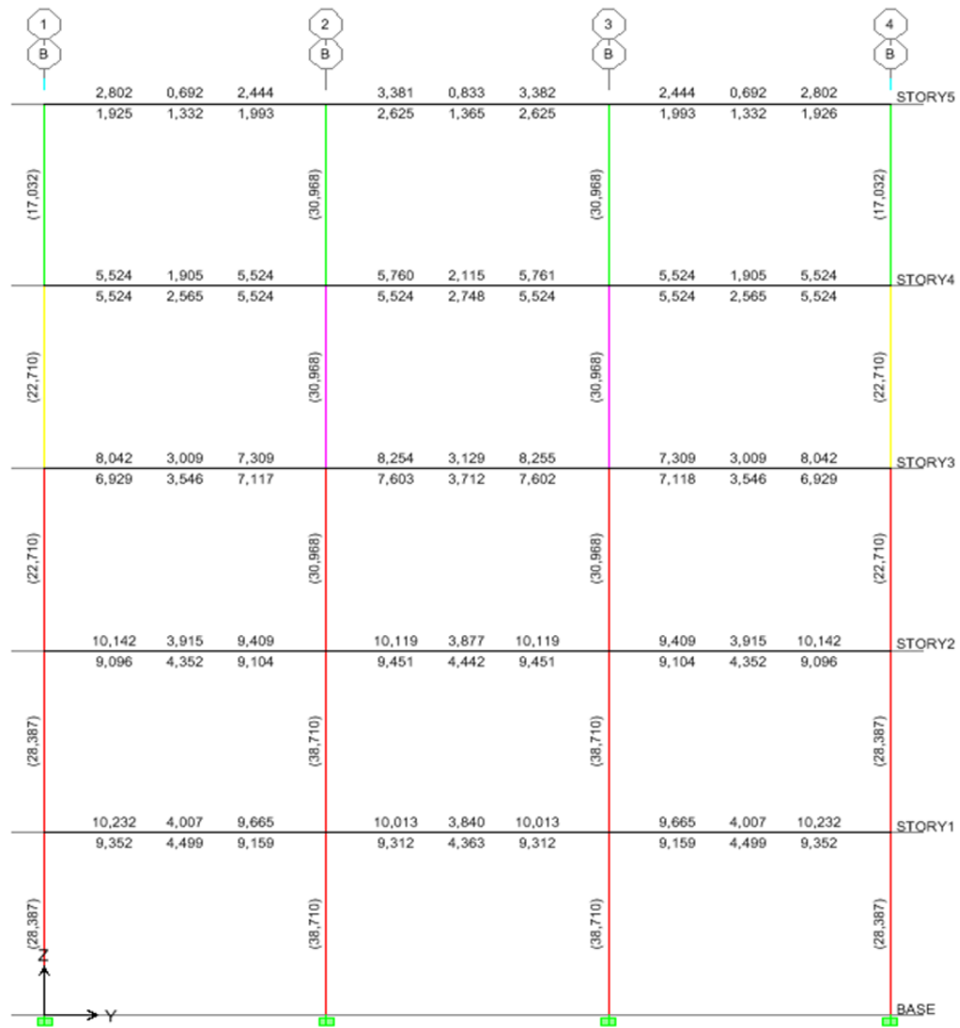


Figura 33: Vista Frontal de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal Factor Modificado), de vigas (Método Villareal) y de losas (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

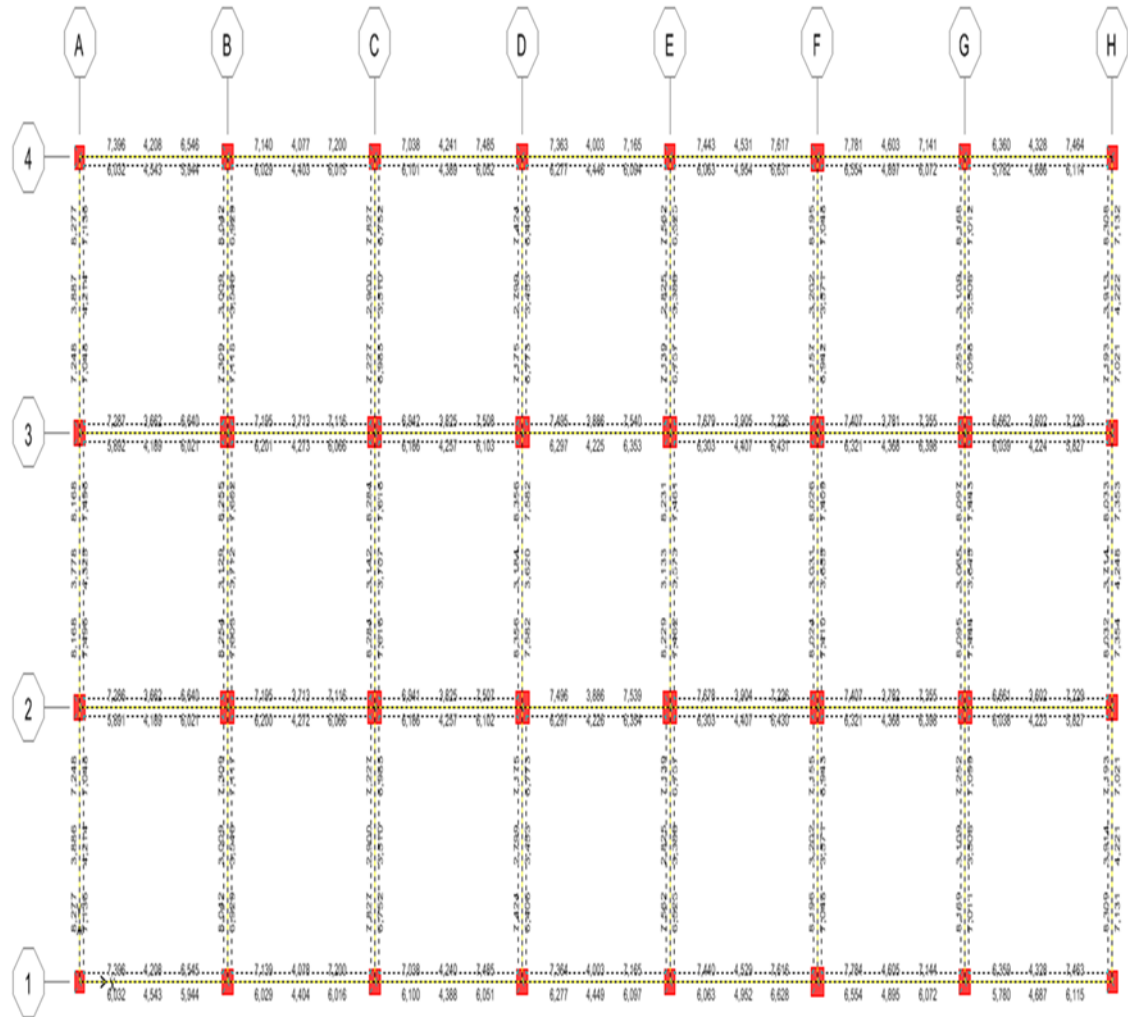


Figura 34: Vista planta de la edificación utilizando predimensionado de columnas (Método Arnal Factor Modificado), de vigas (Método Villareal) y de losas (Criterio de Resistencia)

Fuente: Pérez y Polanco (2018)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En líneas generales los resultados obtenidos a través de la amplia realización de este trabajo especial de grado referente a la comparación de técnicas de predimensionado en elementos de concreto armado (losas, columnas y vigas) y verificado con el uso del programa podemos destacar lo siguiente:

Las técnicas utilizadas para el predimensionado de losas de concreto armado se realizó siguiendo primeramente el criterio de rigidez cuyo espesor calculado fue 21 centímetros y en segundo lugar se manejó el criterio de resistencia cuya dimensión deducida fue mucho menor a la anterior de 12,33 centímetros, razón por la cual se finiquita que si el espesor de la losa utilizando el criterio de la rigidez es menor que el de resistencia ($\text{rigidez} < \text{resistencia}$) se recomienda colocar un promedio entre ambos criterios; en caso contrario ($\text{rigidez} > \text{resistencia}$) se debe asumir el criterio de resistencia.

Los métodos utilizados para el predimensionado columnas de concreto armado siguiéndolos criterios de Arnal Epelboim, Fargier y Fargier y Arnal Modificado, las que alcanzaron mayores dimensiones fueron las calculadas con los criterios de Fargier y Fargier pero cumplieron con lo estipulado en el programa ETABS y las obtenidos con métodos restantes se consiguieron dimensiones menores pero no cumplieron con lo establecido en el programa ETAB 9.7.4.

Los técnicas empleadas para el predimensionado de vigas fueron realizados bajo los criterios de Arnal cuyas dimensiones en el eje X e Y fueron de 30 x 65 centímetros y verificadas en el programa ETABS 9.7.4 cumpliendo en su totalidad,

cabe destacar que al utilizar los criterios de Fargier y Fargier las dimensiones obtenidas en los ejes X e Y fueron de 30 x 50 y el con el criterio de Villareal en los ejes X e Y fueron de 30 x 60 cuyos valores en ambos métodos fue menor que el criterio de Arnal, sin embargo al verificarlos con el uso del programa ETABS los mismos no cumplieron con las condiciones de diseño.

La metodología empleada para el predimensionado de losas, columnas y vigas están basadas en la experiencia de estos especialistas, razón por la cual para el cálculo de estructuras se debe partir de unas dimensiones iniciales y entrar en un proceso iterativo en el que los esfuerzos obtenidos y el comportamiento del material nos van llevando a unas dimensiones óptimas, claro está mientras más cercanas sean las dimensiones iniciales (predimensionado) a las óptimas, menos iteraciones tendremos que hacer.

Recomendaciones

Al momento de realizar los cálculos en un proyecto de una edificación se debe seleccionar los mejores criterios de cada método ya sea el de Arnal Epelboim, Fargier y Fargier, Arnal Modificado y el de Resistencia según el caso, por lo cual se recomienda unificarlo en uno solo ya que un buen pre dimensionado hará más corto el camino de un diseño exitoso, disminuyendo el proceso iterativo para la verificación o diseño hasta el punto donde se obtengan las dimensiones definitivas del mismo.

Transmitir estos resultados al estudiantado cursantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Experimental De Los Llanos Centrales “Rómulo Gallegos” a fin de que se conozcan y apliquen estos criterios de predimensionado de losas, columnas y vigas en el momento de calcular las dimensiones de estos elementos en una edificación sean las más acertada posible .

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andréu, J. (2013). *Las técnicas de análisis de contenido: Una revisión actualizada* [Documento en línea]. Disponible: <http://public.centrodeestudiosandaluces.es/pdfs/S200103.pdf> [Consulta: 2017, Mayo 12].
- Arnal, E. y Epelboim S. (1985). Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones. Caracas, Venezuela: Fundación “Juan José Aguerrevere”, Fondo Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela
- Arias, F. (2011). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. 5ta. Edición. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Balestrini, M. (2007). *Cómo se elabora el proyecto de investigación*. Caracas, Venezuela: BL Consultores Asociados. Servicio Editorial.
- Balliache, D. (2014). *Marco Teórico*. Argentina: Universidad Nacional de San Juan.
- Barros, E. y Parra, B. (2013). Estudio y aplicación de una metodología para la planificación, análisis y diseño de estructuras aporticadas de concreto armado de acuerdo a las nuevas normativas Covenin. Valencia: Universidad de Carabobo.
- Bazan, E. y Meli, R. (2014) “Diseño Sísmico de Edificios”. México: Editorial Limusa.
- Cerda, H. (2013). *Los elementos de la investigación*. Bogotá. Colombia.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). *Gaceta Oficial N° 36.860*. Caracas, 30 de diciembre de 1999.
- Delgado, A. (2014). *Estructura en concreto armado para la edificación de una nueva sede en la UNEFA Guanare*. Guanare: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional.
- Do Vale, M. (2013). *Diseño de elementos estructurales de concreto armado mediante una hoja de cálculo*. Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nueva Esparta.
- Galindo, J. (2016). *Desarrollo de hojas de cálculo para el diseño en concreto armado*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Harmsen, T. (2013). *Diseño de estructura de concreto armado*. Perú: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Hernández, R; Fernández, C; y Baptista, P. (2012). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México, D.F. Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Hurtado de Barrera, J. (2007). *El proyecto de Investigación*. Quinta edición. Caracas. Ediciones Quirón-Sypal..
- Ley de Ejercicio de la Ingeniería, Arquitectura y Profesiones Afines (1958). *Decreto N° 44.424*. Caracas: 24 de noviembre de 1958.
- Ley del Plan de la Patria (2013-2019). *Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2013-2019*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No 6.118 Extraordinario, 4 de diciembre de 2013.
- McCormac, J. y Brown, R. (2012). *Diseño de concreto reforzado*. Octava edición. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Mejía, L. y Spinel, S. (2013). *Factores que determinan el uso de geosintéticos en proyectos de pavimentación en Colombia*. Bogotá: Universidad de Los Andes.
- Navarrete, G. y Paterninana, D. (2014). *Análisis del comportamiento estructura sismoresistente de edificaciones aporricadas de concreto armado considerando unas con vigas altas y otras con vigas planas*. Maracaibo: Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Rafael Urdaneta.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” Fondonorma 1753:2006 1ra. Revisión.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN-MINDUR 2002-88 “Criterios y Acciones Mínimas Sobre Las Edificaciones”.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN-MINDUR 1756-1:2001 “Edificaciones Sismorresistentes” Parte 1: Requisitos. (1ra. Revisión).
- Palella, S; y Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Palencia, M. (2008). *90 Técnicas de relaciones públicas. Manual de comunicación corporativa*. Barcelona, España: Bresca Editorial, S.L.
- Prado, J. y Movilla, M. (2012). *Análisis comparativo de costos entre una estructura tradicional de concreto armado y una estructura combinada de acero para viviendas de interés social*. Maracaibo: Instituto Politécnico Santiago Mariño.
- Romo, E. (2012). *Técnicas de investigación documental*. México: Universidad

Autónoma de Guadalajara.

Suárez, A. y Freitas, P. (2016). *Proponer diseño de losa de entrepiso con láminas de acero corrugadas de 2mm en las viviendas tipo tetra de la Gran Misión Vivienda Venezuela en el desarrollo urbanístico Bolívar Mártir, Valle de la Pascua, Municipio Leonardo Infante, estado Guárico*. San Juan de los Morros: Universidad Rómulo Gallegos.

Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos (2006). *Normas para la elaboración y aprobación de trabajos técnicos, trabajos especiales de grado, trabajos de grado y tesis doctorales*. San Juan de los Morros, Venezuela: UNERG.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2016). *Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales*. 4° edición. Reimpresión 2015. Caracas: Fondo Editorial de la UPEL.

Villarreal, G. (2015). *Predimensionamiento de elementos estructurales* [Documento en línea]. Disponible: sffb5e1cdca42193f.jimcontent.com/download/version/.../module/.../CLASE%202.pps [Consulta: 2017, Mayo 10].

Villacorta, A. y Zamora, E. (2014). “*Diseño estructural de la I.E Manuel González Prada - Nivel Primaria, Distrito De Quiruvilca,, Santiago De Chuco - La Libertad*”. Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.