

**Estudio de la variación del factor de disipación de energía R sobre la cantidad del volumen
de acero de una estructura metálica regular**

Jesús Camilo Ramírez Guillen

Deisy Paola Arango Cuevas

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Estructuras

Director:

Hernán Agredo Acevedo

Especialista en Estructuras

Universidad Industrial De Santander

Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Especialización en Estructuras

Bucaramanga

2017

Agradecimientos

A Dios, familia y amigos por darme el apoyo incondicional, en especial a mi madre y mi querida esposa Nailibeth, quien me impulsa a dar siempre lo mejor de mí.

Jesús Camilo Ramírez Guillen

Gracias Dios todo poderoso por acompañarme siempre en cada paso que doy en mi vida, por darme las fuerzas para perseverar y por guiarme en los caminos difíciles. A mis padres, Martha Cuevas y Heberth Parodi, por el apoyo que siempre me han dado, por todas las palabras de ánimo, por todos los consejos, porque son los ángeles que Dios puso en mi vida para formarme y ayudarme a ser la mujer que soy hoy día. A mi hermana y mis amigos más cercanos, porque cada uno de ellos han aportado un granito de arena de esta gran pirámide de mi vida.

Deisy Paola Arango Cuevas

A nuestro director HERNAN AGREDO ACEVEDO por su paciencia y entrega para la realización de este proyecto.

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER por la oportunidad de sentirnos orgullosos de ser sus egresados por segunda vez.

Jesús Camilo Ramírez Guillen

Deisy Paola Arango Cuevas

Contenido

	Pág.
Introducción	15
1. Objetivos	16
1.1 Objetivo general.....	16
1.2 Objetivos específicos	16
2. Alcance	17
3. Marco Teórico.....	17
4. Evaluación de la incidencia del Factor R.....	19
4.1 Descripción de la edificación.....	19
4.2 Parámetros de diseño	20
4.3 Procedimiento de análisis	21
4.4 Diseño Sísmico	22
4.4.1 Espectro de aceleraciones	22
4.4.2 Fuerza horizontal equivalente	23
4.5 Sistema estructural	24
4.5.1 Irregularidades de la estructura.....	25
4.5.2 Modelo matemático	26
4.5.3 Elementos estructurales principales modelo 1	26
4.5.4 Modelo tridimensional estructura	26

4.6 Análisis de derivas	27
4.6.1 Límites de la deriva.....	28
4.6.2 Diseño por estabilidad.....	29
4.6.3 Cargas ficticias.....	30
4.6.4 Reducción de rigidez.....	31
4.7 Combinaciones de carga	31
4.7.1 Combinaciones básicas	31
4.8 Resultados modelos ETABS.....	32
4.8.1 Modelo 1	32
4.8.1.1 Columnas: Fuerzas axiales máximas	32
4.8.1.2 Columnas: Cortantes máximos	34
4.8.1.3 Columnas: Momentos máximos	34
4.8.1.4 Vigas: Momentos máximos	36
4.8.1.5 Vigas: Cortantes máximos	37
4.8.1.6 Riostras: Axiales máximos	39
4.8.2 Modelo 2	41
4.8.2.1 Columnas	41
4.8.2.2 Vigas principales.....	42
4.8.2.3 Riostras	42
4.8.3 Modelo 3	42
4.8.3.1 Columnas	42
4.8.3.2 Vigas principales.....	43
4.8.3.3 Riostras	43

4.8.4 Modelo 4	44
4.8.4.1 Columnas	44
4.8.4.2 Vigas principales.....	45
4.8.4.3 Riostras	45
4.9 Tabla resultados de los modelos	46
4.9.1 Análisis columnas	46
4.9.2 Análisis vigas	47
4.9.3 Análisis riostras.....	48
4.9.4 Variación del volumen de acero	49
5. Conclusiones	50
Referencias Bibliográficas	51
Apéndices.....	52

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Parámetros de diseño	20
Tabla 2 Cargas y Materiales	20
Tabla 3 Parámetros de diseño y periodos de vibración.....	22
Tabla 4 Periodo de diseño, Sa de diseño y coeficiente K	23
Tabla 5 FHE distribución de fuerzas y cortantes por piso	24

Tabla 7. Relaciones D/C, columnas en diferentes combinaciones modelo 1.	35
Tabla 8. Relaciones D/C, columnas de control modelo 1. Cortante y momento	36
Tabla 9. Relaciones D/C, columnas de control modelo 1. Carga axial	36
Tabla 10. Relaciones D/C, vigas en única combinación modelo 1.....	38
Tabla 11. Relaciones D/C, vigas de control modelo 1. Cortante y momento.....	39
Tabla 12. Relaciones D/C, riostras en única combinación modelo 1.....	40
Tabla 13. Relaciones D/C, riostra de control modelo 1. Carga axial.....	41
Tabla 14. Relaciones D/C, columnas en diferentes combinaciones modelo 2.	41
Tabla 15. Relaciones D/C, riostras combinación única modelo 2.	42
Tabla 16. Relaciones D/C, columnas en diferentes combinaciones modelo 3.	43
Tabla 17. Relaciones D/C, riostras combinación única modelo 3.	43
Tabla 18. Relaciones D/C, riostras combinación única modelo 3.1.	44
Tabla 19. Relación de profile cambiado	44
Tabla 20. Relaciones D/C, columnas en diferentes combinaciones modelo 4.	45
Tabla 21. Relaciones D/C, riostras combinación única modelo 4.	45
Tabla 22. Relaciones D/C, todos los modelos (Columnas)	46
Tabla 23. Relaciones D/C, todos los modelos (Vigas)	47
Tabla 24. Relaciones D/C, todos los modelos (Riostra).....	48
Tabla 25 Propiedades geométricas perfiles.....	52
Tabla 26 Propiedades geométricas perfiles no estructurales	53
Tabla 27. Relación de combinaciones automáticas ETABS Vs B.2.4.2.....	54

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Espectro de aceleraciones.....	23
Figura 2 Vista en planta y distribución de sistemas estructurales	25
Figura 3 Vista 3D Estructura	26
Figura 4 Vista 3D Perfiles y Losa.....	27
Figura 5 Afectación por sismo teniendo en cuenta efectos ortogonales.....	28
Figura 6 Deriva máxima calculada	29
Figura 7 Definición cargas nocionales.....	31
Figura 8. Uso del coeficiente de sobre-resistencia.....	32
Figura 9. Diagramas de fuerzas axiales máximas del modelo 1. (Columnas).....	33
Figura 10. Factor adicional a la rigidez flexional	33
Figura 11. Diagramas de cortantes máximos del modelo 1. (Columnas).....	34
Figura 12. Diagramas de momentos máximos del modelo1. (Columnas).....	35
Figura 13. Diagramas de momentos máximos del modelo1. (Vigas).....	37
Figura 14. Diagramas de cortantes máximos del modelo1. (Vigas).....	38
Figura 15. Diagramas de axiales máximos en las riostras del modelo1.....	40
Figura 16 Gráfica de relación D/C de los Modelos respecto a las columnas	47
Figura 17 Gráfica de relación D/C de los Modelos respecto a las vigas	48
Figura 18 Gráfica de relación D/C de los Modelos respecto a las riostras	49
Figura 18 Gráfica de volúmenes de acero.....	49

Lista de Apéndice

	Pág.
Apéndice A Propiedades geométricas elementos estructurales principales modelo 1	52
Apéndice B. Combinaciones relacionadas.....	54
Apéndice C. ETABS 2016 Diseño Columna B2 y B3	55

Resumen

Título: Estudio de la variación del factor de disipación de energía R sobre la cantidad del volumen de acero de una estructura metálica regular*

Autores: ARANGO CUEVAS, Deisy Paola
RAMIREZ GUILLEN, Jesús Camilo**

Palabras Claves: Disipación de energía, Sistema estructural, Rigidez, Ductilidad, Demanda, Capacidad

Descripción:

En este trabajo se realizó un análisis de la incidencia de la variación del coeficiente de disipación de energía (R) en la cantidad de volumen de acero en una estructura metálica aporticada regular propuesta de cinco niveles, basados en un sistema combinado fijo, que consiste en dos pórticos arriostrados concéntricamente (PAC) en una dirección y cuatro pórticos de acero resistentes a momentos (PRM) en la otra dirección, para demanda especial. Teniendo en cuenta como principal requisito de control, los límites de deriva y la relación demanda/capacidad de la estructura. En el procedimiento de análisis y modelamiento se realizaron cuatro modelos teniendo el modelo principal con los valores de R establecidos por la norma, para los otros modelos se varía el factor R con los mismos sistemas estructurales, pasando de un valor inicial desde R=7 y R=5 hasta R=3 y R=2 respectivamente y así analizar la incidencia de este factor en la cantidad del volumen de acero de la estructura.

Una vez realizado los modelos con la respectiva variación de R y manteniendo la misma configuración estructural propuesta, se evidencia en los resultados de los diferentes modelos que dichas modificaciones inciden en un 5% en la cantidad del volumen de acero de la estructura, por el cambio en los perfiles de las riostras ya que la D/C fue superada por un 11%, sin embargo, las vigas y las columnas no presentaron cambios en los perfiles, debido a que la D/C es inferior al 100%. Encontrando que es la deriva quien controla el diseño.

* Proyecto de grado

** Facultad de ingenierías físico mecánicas. Escuela de ingeniería civil. Especialización en estructuras Director: Hernán Agredo Acevedo

Abstract

Title: Study of the variation of the response modification factor r on the quantity of steel of a regular metallic structure*

Authors: ARANGO CUEVAS, Deisy Paola
RAMIREZ GUILLEN, Jesús Camilo**

KEYWORDS:

Energy dissipation coefficient, energy dissipation, structural system, stiffness, ductility

Description:

In this paper, an analysis of the incidence of the variation of the response modification factor (R), on the amount of steel volume in a proposed steady metallic structure of five levels regular type, was performed, based on a fixed combined system consisting of two concentrically braced frames (PAC) in one direction and four momentum-resistant steel frames (PRM) in the other direction, for special demand. Taking into account as the main control requirement, the drift limits and the demand / capacity ratio of the structure. In the analysis and modeling procedure, four models were performed, the main model with the values of R established by the standard and for the remaining models, the factor R is varied with the same structural systems, changing from an initial value from $R = 7$ and $R = 5$ to $R = 3$ and $R = 2$ respectively and thus, analyze the incidence of this factor in the amount of the steel volume of the structure.

Once the models with the respective variation of R were performed, and maintaining the same structural configuration proposed, it is evident from the results of the different models, that these modifications do not affect the amount of steel volume of the structure, since the D / C ratio remains smaller than one. Being the drift who controls the design, therefore the structure does not present changes in the profiles when designing.

* Project of grade

** Faculty of Mechanical Engineering. School of civil engineering. Specialization in structures Director: Hernán Agredo Acevedo

Introducción

Dentro de los sistemas estructurales considerados por la norma colombiana NSR-10, se establecen diferentes valores del factor de disipación de energía R , teniendo en cuenta el tipo de material estructural empleado, afectado también por las irregularidades que pueda presentar la estructura. Dicho factor de disipación de energía permite diseñar los elementos para cargas menores a las que se presentan teniendo en cuenta el sismo, ya que se asumen deformaciones plásticas que se traducen en una mayor economía en los diseños, sin llegar al colapso.

Para el caso de estudio se disponen de dos tipos de sistemas de resistencia sísmica, establecidos en la norma para demanda especial, dos pórticos arriostrados concéntricamente (PAC) en una dirección y cuatro pórticos de acero resistentes a momentos (PRM) en la otra dirección, con valores de coeficientes de disipación de energía (R) diferentes para cada modelo. Es de particular interés evaluar la respuesta estructural de cada sistema cuando se varía este coeficiente, para lo cual se plantean diferentes modelos. Se calculan sus relaciones de demanda/capacidad (D/C), y de esta manera realizar un análisis de la incidencia de (R), con respecto a la cantidad de volumen de acero en cada modelo.

El modelo inicial debe cumplir con los requisitos de deriva máxima permitida en la norma, para lo cual se realiza un análisis espectral teniendo en cuenta los efectos ortogonales en la aplicación de las fuerzas sísmicas. Adicionalmente se realiza un modelo estático para la aplicación del método de análisis directo

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Evaluar la incidencia del coeficiente de disipación de energía (R), en la cantidad del volumen de acero requerido para una estructura metálica aporticada regular propuesta.

1.2 Objetivos específicos

- Modelar la estructura propuesta para el estudio, cumpliendo los criterios de la norma sismo-resistente colombiana NSR-10.
- Realizar un análisis de variación de la incidencia del factor (R), en las relaciones de demanda/capacidad (D/C), en cada uno de los modelos.
- Realizar un análisis de sensibilidad para la incidencia del factor (R), en las cantidades de acero de la estructura propuesta.

2. Alcance

El presente trabajo se realiza para una estructura metálica tipo regular de 5 niveles de 3.0 metros cada nivel, el sistema de entrepiso con lámina metálica colaborante calibre 22 de 2" y espesor final del concreto de 100 mm. La zona de amenaza sísmica donde se analiza la estructura es alta (DES). Se estudiarán 4 valores de (R), inferiores al definido por la norma.(7,6,5,4 y 5,4,3,2) para los sistemas estructurales en estudio. Es decir, se tendrán en cuenta 4 modelos diferentes, variando el valor de (R), en una unidad menor al modelo inmediatamente anterior. es decir, iniciando con R=7 y R= 5 y el siguiente modelo con R=6 y R=4, así sucesivamente hasta el modelo final. Los elementos que serán motivo de análisis son lo que hacen parte del sistema de resistencia sísmica: columnas, vigas y riostras. Para simplificación del modelo los accesos a la estructura se contemplan externos a ésta y completamente aislados.

3. Marco Teórico

Diferentes estudios han tratado el tema del coeficiente de disipación de energía o factor de reducción de fuerzas sísmicas R, generando diferentes formulaciones a partir de modelos computacionales y experimentales. Una de ellas reconoce que el factor R es el producto de 4 factores (Bertero et al 1991; Miranda et al 1997; Whittaker et al 1.999).

$$R=R_{\mu} R_{\Omega} R_{VG} R_R$$

Donde

R_{μ} = Factor de reducción de resistencia por ductilidad de un sistema de grado de libertad.

R_{Ω} = Factor de sobre resistencia definida como la capacidad última de la estructura, con respecto a la capacidad de diseño.

R_{VG} = Factor de reducción que tiene en cuenta que el sistema posee varios grados de libertad.

R_{Ω} = Factor de redundancia que indica la eficiencia de los elementos estructurales para transmitir cargas en el rango no lineal.

La energía sísmica de entrada impartida a una estructura es igual a la suma de la energía cinética y de deformación más la energía disipada por ambas mediante histéresis, y otros mecanismos no registrados, generalmente representados por un amortiguamiento viscoso equivalente. Por lo general se postula que una estructura puede sobrevivir a terremotos mayores si la absorción de energía estructural es mayor que la energía de entrada sísmica (Kuwamura y Galambos 1989; Housner y Jennings, 1977).

La mayoría de los códigos sísmicos utilizan factores de modificación de la fuerza que reflejen la capacidad de múltiples grados de libertad (MDOF) para disipar la energía a través de comportamiento inelástico, reduciendo las fuerzas sísmicas obtenidas de procedimientos de diseño elásticos lineales; esta filosofía generalmente implica que en los elementos estructurales se presentan daños permanentes, lo cual resulta en un diseño más económico. Zahrah y Hall (1984).

Se ha observado que el amortiguamiento tiene pocos efectos sobre la cantidad de energía impartida a una estructura por un terremoto, y que el amortiguamiento influye significativamente en la cantidad de la energía histéretica que produce daño, por lo tanto, se han propuesto aumentar significativamente el amortiguamiento efectivo de las estructuras de edificios para limitar o eliminar los daños estructurales sísmicos (Pall y Marsh 1982).

La norma sismo-resistente colombiana NSR-10 nos permite diseñar las edificaciones para una carga menor a la que actuaría sobre la estructura si la respuesta fuera totalmente elástica dado el alto costo económico que esto implica. Teniendo en cuenta que el sismo de diseño genera los mayores efectos adversos a la estructura, podemos asumir que la estructura resiste en un rango inelástico y asumir que se presentarán deformaciones permanentes sin que ello conlleve al colapso.

El factor que usamos para reducir las fuerzas sísmicas elásticas se denomina coeficiente de disipación de energía (R) y la fuerza sísmica reducida de diseño (E), resulta de dividir la fuerza sísmica elástica entre R . El coeficiente de disipación de energía (R) esencialmente depende de la ductilidad, la resistencia y la redundancia del sistema estructural y responderá dependiendo de la demanda sísmica a la que se espera esté sometida la estructura (Valencia,2008, p.42).

4. Evaluación de la incidencia del Factor R

4.1 Descripción de la edificación

La estructura escogida para el estudio es de 5 pisos con alturas de 3 metros por piso, dos luces de 6 metros en un sentido y tres luces de 6 metros en el otro, el sistema de entrepisos es con metaldeck, no presenta irregularidades en planta, geométricas ni en alturas.

4.2 Parámetros de diseño

Tabla 1.

Parámetros de diseño

Ubicación	Bucaramanga
Amenaza sísmica	DES
Aa	0.25
Av	0.25
Ae	0.15
Ad	0.09
Perfil suelo	C
Fa	1.15
Fv	1.55
Grupo uso	I
C. Importancia	1.0

Tabla 2.

Cargas y Materiales

CARGAS		
WL	2.0	KN/m ²
WDs Entrepisos	2.7	KN/m ²
WDs Cubierta	1.0	KN/m ²
MATERIALES		
<i>Concreto</i>		
f'c	21	Mpa
E	4700	Mpa
<i>Acero</i>		
A 572 Gr 50		
Fy	350	Mpa
E	200	Gpa
A 500 Gr C		
Fy	315	Mpa
E	200	Gpa
A 706 Gr 60		
Fy	420	Mpa
E	200	Gpa
A 36		
Fy	250	Mpa
E	200	Gpa

4.3 Procedimiento de análisis

El procedimiento propuesto para el presente trabajo consiste en definir 4 modelos de la misma estructura, variando el coeficiente de disipación de energía. El primer modelo (Modelo 1) debe cumplir los requisitos de la NSR-10 en cuanto a deriva máxima permitida, y cada elemento que haga parte del sistema de resistencia sísmica (Columnas, vigas y riostras) deben ser sísmicamente compactos. La variación de (R), se hace de mayor a menor en cada modelo, iniciando con los valores establecidos por la NSR-10 de acuerdo el sistema estructural. Así, el modelo inicial consta de dos sistemas de resistencias sísmicas. En sentido “Y” un sistema estructural combinado de pórticos arriostrados concéntricamente (PAC), con un $R=5.0$ y en sentido “X” un sistema estructural de pórticos resistentes a momento (PRM), con un $R=7.0$.

El modelo 2 tendrá las mismas características del modelo 1, con su respectiva variación de (R), de tal manera que se tiene PAC con un $R=4.0$ y PRM con un $R=6.0$, los límites de la deriva en este modelo no se revisan toda vez que el modelo 1 ya cumple con dicho parámetro.

En resumen, los modelos quedan así:

Modelo 1	PAC	$R=5.0$	PRM	$R=7.0$
Modelo 2	PAC	$R=4.0$	PRM	$R=6.0$
Modelo 3	PAC	$R=3.0$	PRM	$R=5.0$
Modelo 4	PAC	$R=2.0$	PRM	$R=4.0$

Debido a la alta probabilidad que el diseño sea regido más por los requerimientos de la deriva máxima permitida que por la capacidad de los elementos, tendremos relaciones de demanda/capacidad (D/C), bajas. El modelo 2 tendrá los mismos perfiles del modelo 1 para analizar la variación de la relación D/C en dicho modelo, así sucesivamente con los modelos 3 y

4, mientras no se supere la capacidad de los perfiles del modelo 1. En caso contrario, si se llegara a superar la capacidad de los perfiles del modelo 1, se cambian los perfiles por los inmediatamente siguientes en la escala comercial. El chequeo de las derivas de este nuevo modelo no es necesario ya que los nuevos perfiles son de mayor capacidad y por ende las derivas deben bajar respecto al modelo inicial. De llegar a presentarse éste caso se constituirá una variación no solo de la relación D/C, si no del volumen de acero en la estructura.

4.4 Diseño Sísmico

4.4.1 Espectro de aceleraciones. La forma del espectro elástico de aceleraciones S_a . expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente de 5% del amortiguamiento crítico.

Tabla 3.

Parámetros de diseño y periodos de vibración

Parámetros de Diseño	
Aa =	0.25
Av =	0.25
Fa =	1.15
Fv =	1.55
I =	1.00
T0 =	0.135
TC =	0.647
TL =	3.720

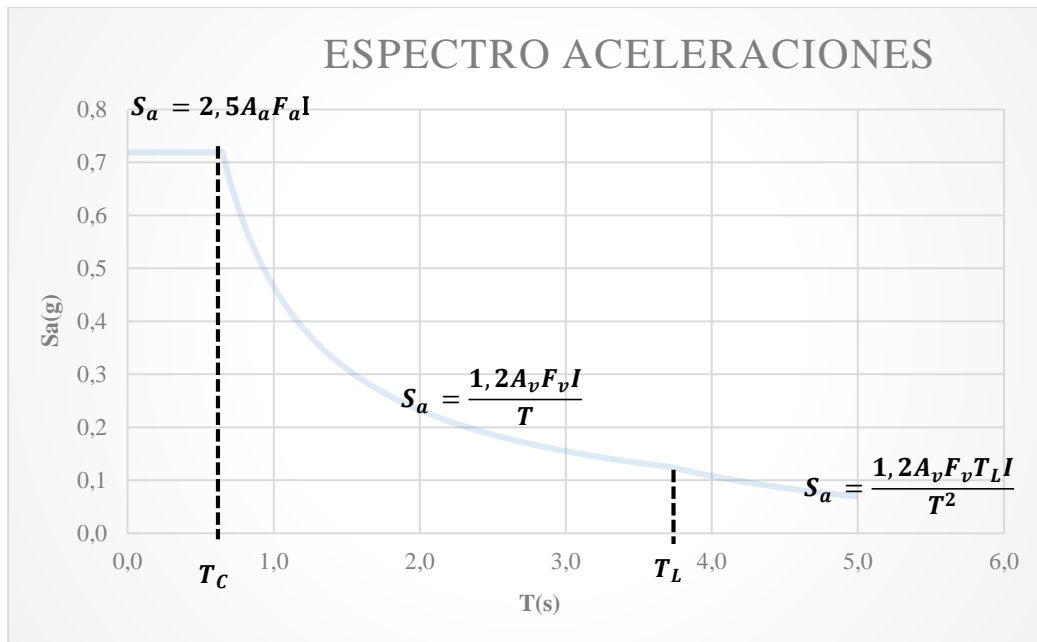


Figura 1 Espectro de aceleraciones

4.4.2 Fuerza horizontal equivalente

Tabla 4

Periodo de diseño, Sa de diseño y coeficiente K

Periodo aproximado		T diseño = 0.628	
$H_{edificio} =$	15.00	S1 =	0.719
$C_t =$	0.072	S2 =	0.740
$\alpha =$	0.80	S3 =	4.381
$T_a =$	0.628	Sa diseño =	0.719
Limite Periodo		K =	1.06
$C_u =$	1.29		
$T_{max} = C_u T_a =$	0.807		

Tabla 5

FHE distribución de fuerzas y cortantes por piso

NIVEL	hi [m]	mi [KN]	(mi*hi)^k	Ci	Fi [KN]	Vs [KN]
5	15	1144.73	20430.23	0.279	1464.24	1464.24
4	12	1532.98	21576.31	0.295	1546.38	3010.61
3	9	1532.98	15886.21	0.217	1138.57	4149.18
2	6	1532.98	10318.77	0.141	739.55	4888.72
1	3	1558.23	5016.18	0.069	359.51	5248.23
base	0	7301.90	73227.70	1.00	5248.233	

Se anexa la tabla del ajuste del cortante basal, exigido por la NSR-10 A.5.4.5.

4.5 Sistema estructural

En la estructura considera un sistema estructural en cada una de las direcciones principales debido a la conformación de los elementos usados para resistir las fuerzas sísmicas. La norma sismo-resistente colombiana nos permite combinar sistemas estructurales tal como se establece en A.3.2

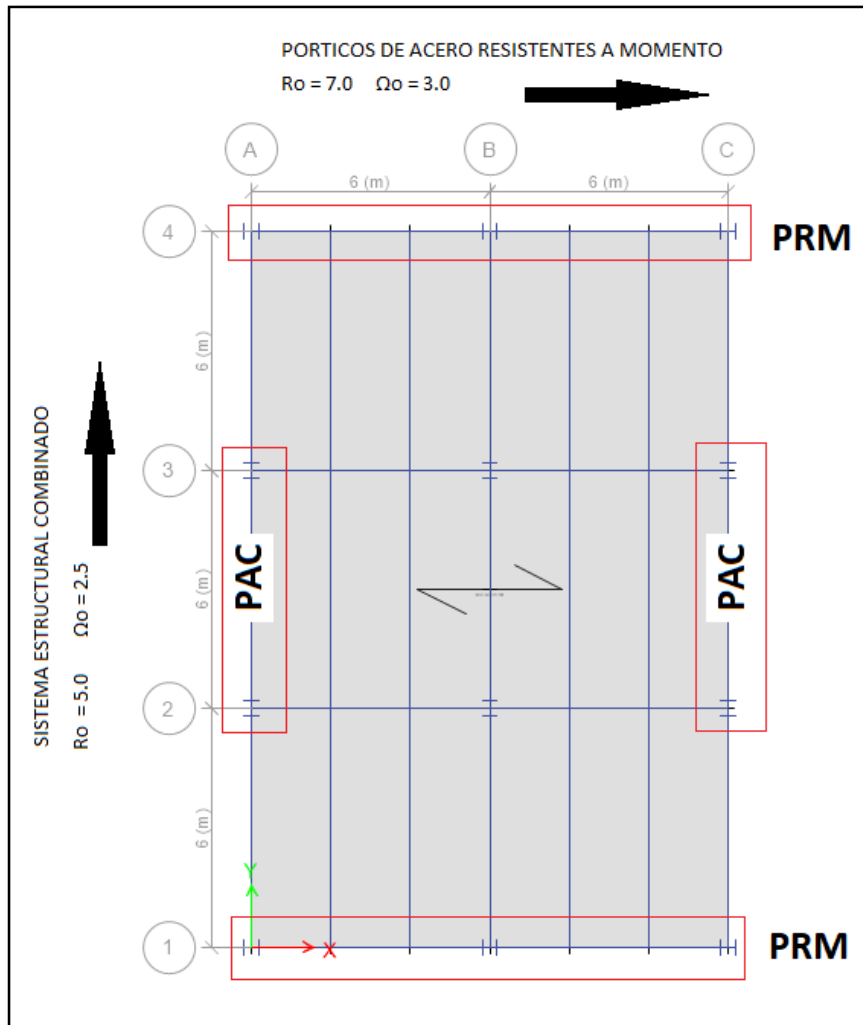


Figura 2 Vista en planta y distribución de sistemas estructurales

Los pórticos de acero resistentes a momento (PRM) están en los ejes 1 y 4 y el sistema estructural combinado consta de pórticos arriostrados concéntricos (PAC) están en los ejes A y C entre ejes 2 y 3.

4.5.1 Irregularidades de la estructura La estructura no presenta ningún tipo de irregularidad, por lo tanto, en coeficiente de disipación de energía $R = R_o$

4.5.2 Modelo matemático El modelo matemático corresponde al software de diseño estructural ETABS 2017

4.5.3 Elementos estructurales principales modelo 1 Los elementos usados en la estructura son:

Columnas: perfil W12x96

Vigas: Perfil W21x62

Riostras: Perfil PTEØ6"x8mm

Viguetas: Perfil W14X30

Lámina metálica colaborante: Lámina 2" Cal 22

Se anexa la tabla de las propiedades geométricas de los perfiles descritos

4.5.4 Modelo tridimensional estructura

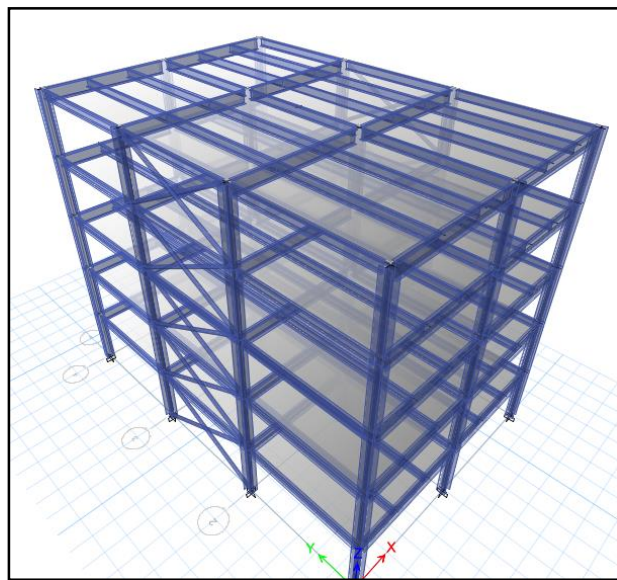


Figura 3 Vista 3D Estructura

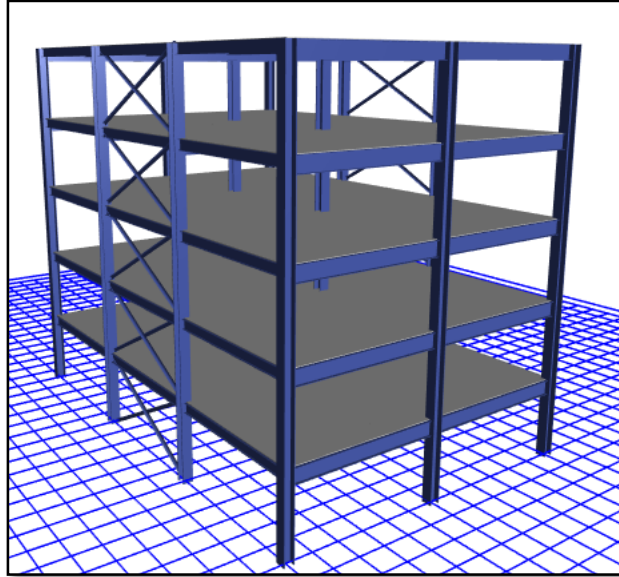


Figura 4 Vista 3D Perfiles y Losa

4.6 Análisis de derivas

Para el chequeo de las derivas se hace un análisis espectral, en la dirección de la aplicación de las fuerzas sísmicas se tiene en cuenta los efectos ortogonales según el numeral A.3.6.3.

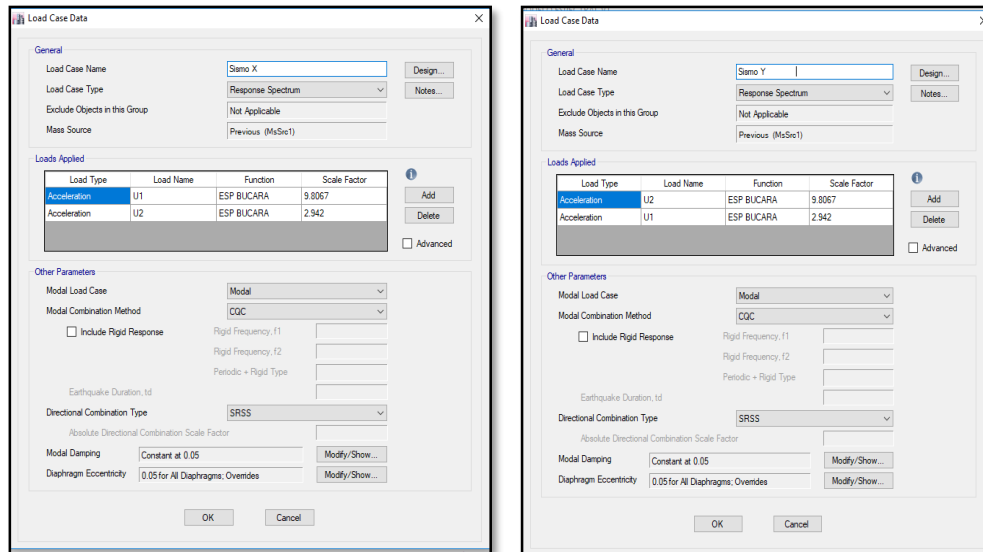


Figura 5 Afectación por sismo teniendo en cuenta efectos ortogonales

4.6.1 Límites de la deriva La norma sismo-resistente colombiana establece los límites de la deriva según la siguiente tabla A.6.4-1: Derivas máximas como porcentaje de h_{pi} . En la siguiente figura, se muestra la deriva máxima del edificio.

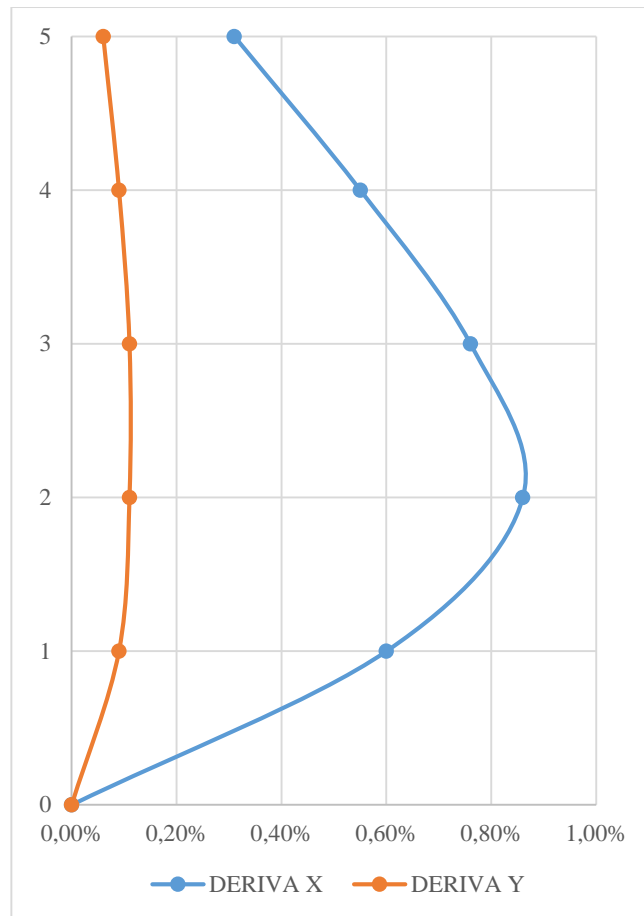


Figura 6 Deriva máxima calculada

Una vez las derivas están dentro de los límites establecidos, se hace un análisis estático para el caso y se usa el método de User Coeficient que permite el software ETABS. De esta manera se puede aplicar el método de análisis directo como lo establece la NSR-10 en F.2.3.1.1

4.6.2 Diseño por estabilidad Dentro de las consideraciones en el diseño por estabilidad contemplado en la NSR-10, usando el método de análisis directo, se debe asegurar la estabilidad para la estructura como un todo y para cada uno de sus elementos. El análisis debe considerar los efectos que sobre la estabilidad de la estructura y sus elementos tiene cada uno de los siguientes factores

- Las deformaciones por flexión, cortante y carga axial en los miembros, y cualquier otra deformación que contribuya a los desplazamientos de la estructura
- Los efectos de segundo orden, incluyendo los efectos **P-Δ** y **P-δ**
- Las imperfecciones geométricas
- La reducción de la rigidez de los miembros por efectos de comportamiento inelástico
- Las incertidumbres en la rigidez y la resistencia

Todos los efectos dependientes de las cargas deben ser calculados para las combinaciones de cargas mayoradas.

4.6.3 Cargas ficticias Las cargas ficticias que establece la NSR-10 F.2.3.2.2.2 se aplicarán como cargas laterales en todos los niveles, en adición a otras cargas laterales cuando las haya.

Estas cargas se emplean en todas las combinaciones de carga y su valor es:

$$N_i = 0.002Y_i$$

N_i = Carga lateral ficticia aplicada en el nivel i , [N]

Y_i = Carga gravitacional aplicada en el nivel i para el caso de carga en consideración, [N]

La norma en el numeral F.2.3.2.3 (2) relaciona un factor adicional, τ_b , que se debe aplicar a la rigidez flexional de todos los miembros. Este valor se puede tomar como $\tau_b = 1.0$ si se incrementa la carga nocional en un **0.001 Y_i** . Por tal razón la carga usada en este modelo es:

$$N_i = 0.003Y_i$$

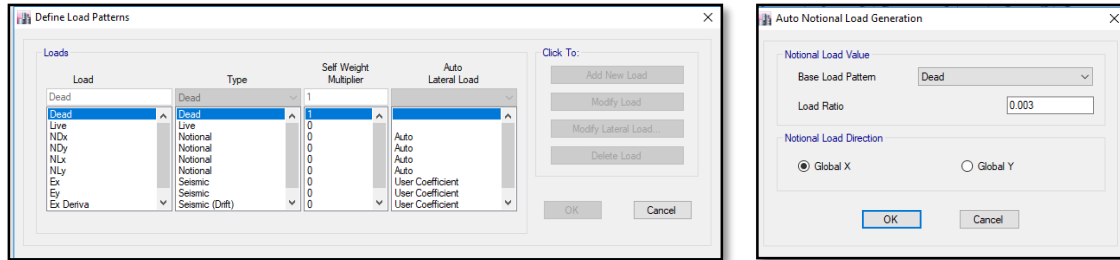


Figura 7 Definición cargas noccionales

4.6.4 Reducción de rigidez Se debe aplicar un factor de 0.8 a todos los valores de los parámetros de rigidez que se considere contribuyan a la estabilidad de la estructura. F.2.3.2.3

4.7 Combinaciones de carga

4.7.1 Combinaciones básicas Las combinaciones de carga usadas son las establecidas por la NSR-10. Las combinaciones de carga se generan automáticamente con el software ETABS, éste tiene en cuenta el incremento adicional que establece la NSR-10 en A.3.3.9, donde lo que se pretende es incrementar o disminuir un valor adicional en las combinaciones, dependiendo de cuál sea la más desfavorable de las situaciones. De este modo en una combinación **1.2D+1.6L** es más crítico sumarle este incremento y en una combinación **0.9D+1.0E** también lo es restarle dicho incremento.

$$E = \frac{\Omega_0 F_s}{R} \pm 0.5 A_a F_a D \quad (\text{A.3.3-2})$$

Donde F_s corresponde a las fuerzas sísmicas obtenidas del análisis, R es el coeficiente de capacidad de disipación de energía correspondiente al sistema estructural de resistencia sísmica $R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$, y D corresponde a la carga muerta que actúa sobre el elemento tal como se define en el Título B del Reglamento y el signo de la parte derecha de la ecuación es el que conduce al mayor valor de E , dependiendo del signo de F_s .

Figura 8. Uso del coeficiente de sobre-resistencia

Fuente: NSR-10 Capítulo A.3

Donde $0.5 A_a F_a = 0.2 S_{ds}$ ($S_{ds} = S_a$), de esta manera tenemos:

Incremento de +/- = $0.2 * 0.719 = 0.144$ en cada combinación que tenga carga muerta

4.8 Resultados modelos ETABS

4.8.1 Modelo 1

4.8.1.1 Columnas: Fuerzas axiales máximas Los valores de máximas fuerzas axiales se obtienen en las columnas centrales B2 y B3 como se muestra a continuación, para la combinación **1.2D+1.6L**

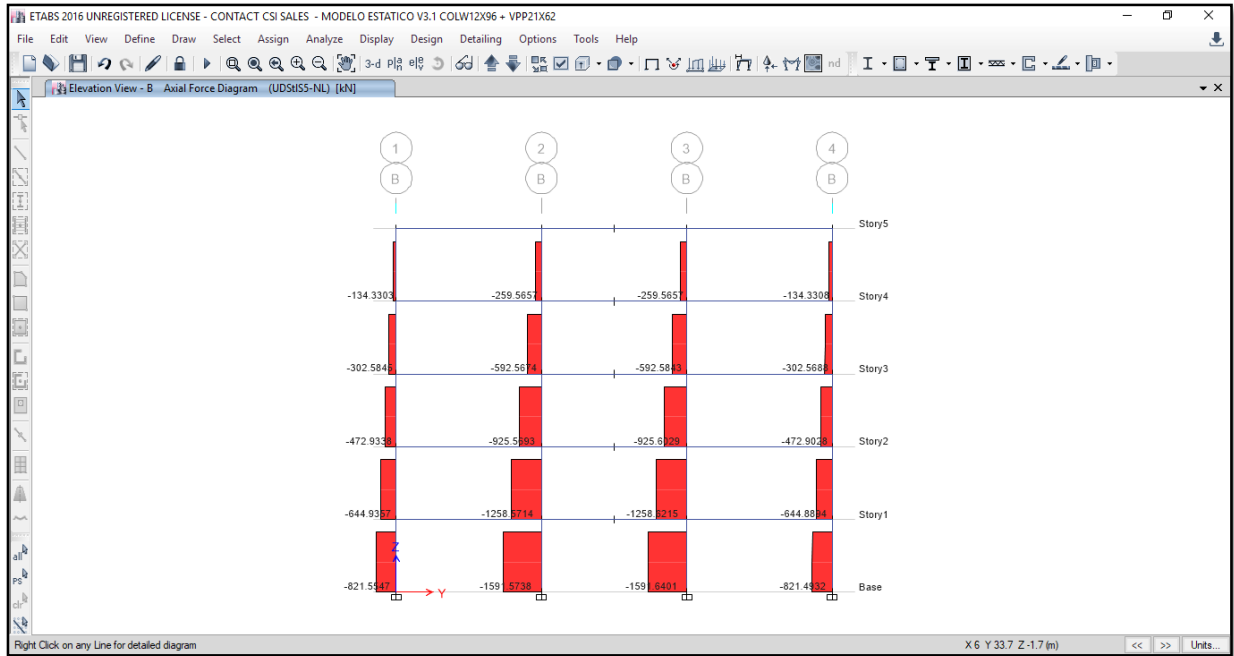


Figura 9. Diagramas de fuerzas axiales máximas del modelo 1. (Columnas)

$P_u \text{ max} = -1591.57 \text{ [KN]}$

Chequeo de $P_u/P_y \leq 0.5$ de acuerdo con NSR-10 F.2.3.2.3 (2)

(2) Un factor adicional, τ_b , se aplicará a la rigidez flexional de todos los miembros cuyas rigideces flexionales se considere contribuyan a la estabilidad de la estructura.

(a) Cuando $P_u/P_y \leq 0.5$

$\tau_b = 1.0$ (F.2.3.2-2a)

(b) Cuando $P_u/P_y > 0.5$

$\tau_b = 4 \left[P_u/P_y (1 - P_u/P_y) \right]$ (F.2.3.2-2b)

Figura 10. Factor adicional a la rigidez flexional

Fuente: NSR-10 Capítulo F.2

$$P_u = 1591.57 \text{ [KN]}$$

$$P_y = A f_y$$

$$A = 18200 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F_y = 350$$

[Mpa]

$$P_u/P_y = 0.25 \leq 0.5 \Rightarrow \tau_b = 1.0$$

4.8.1.2 Columnas: Cortantes máximos Los valores de máximos cortantes se obtienen en las columnas B1 y B4 como se muestra a continuación, para la combinación **1.2D+L+Ex**

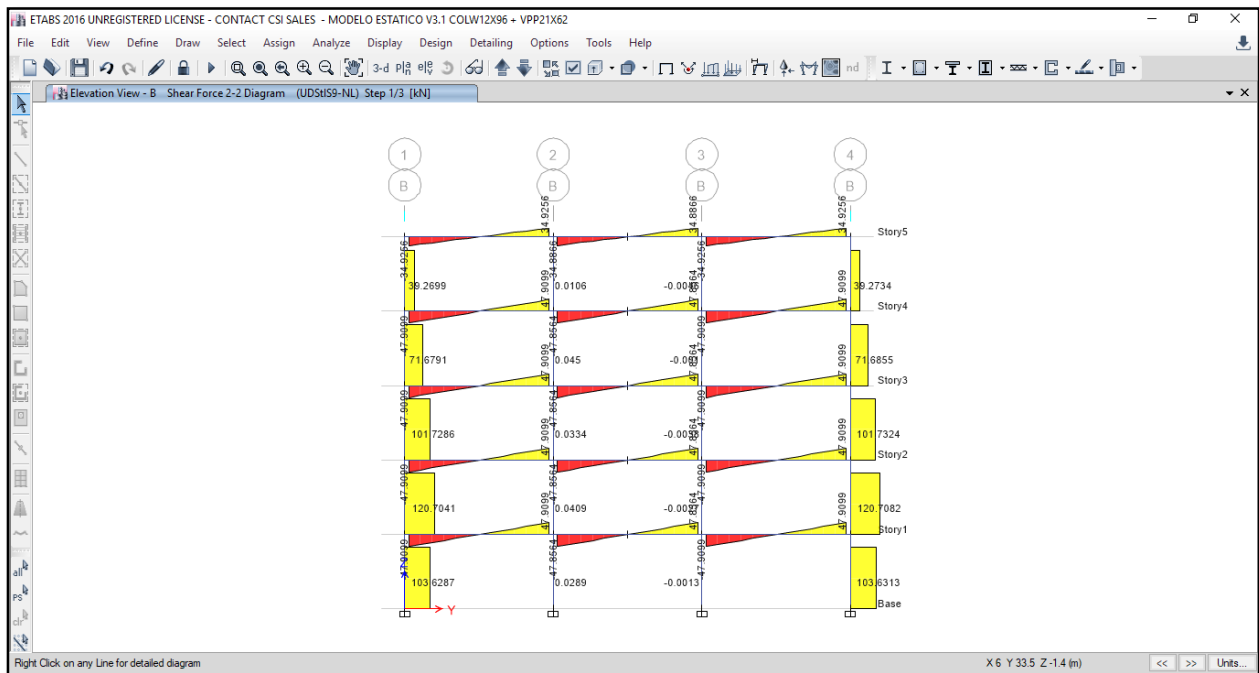


Figura 11. Diagramas de cortantes máximos del modelo 1. (Columnas)

$$V_u \text{ max} = 103.62 \text{ [KN]}$$

4.8.1.3 Columnas: Momentos máximos Los valores de momentos máximos se obtienen en las columnas B1 y B4 como se muestra a continuación, para la combinación **1.2D+L+Ex**

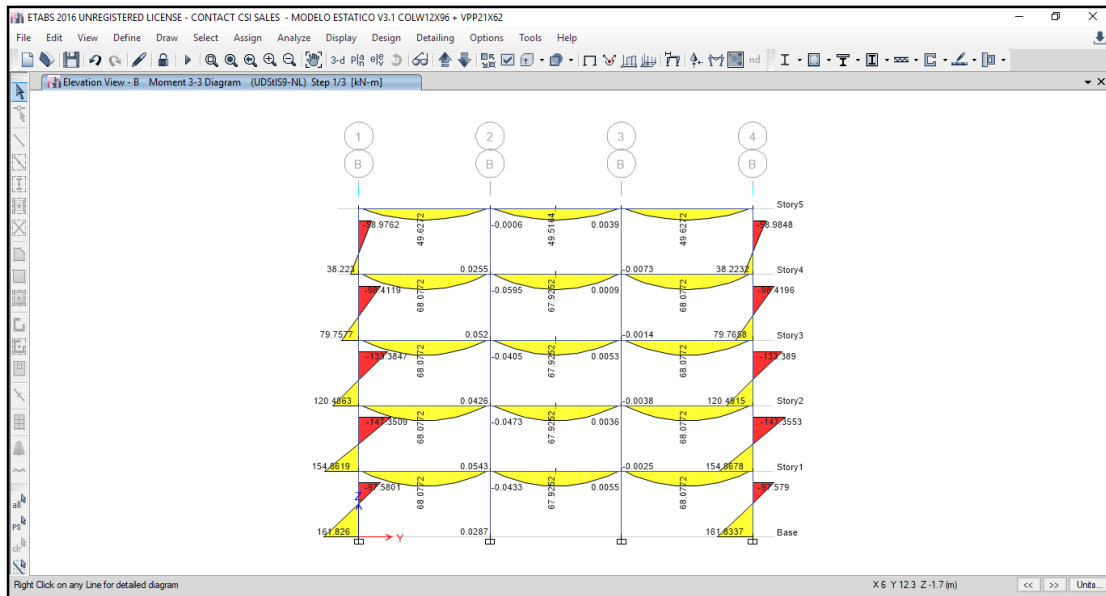


Figura 12. Diagramas de momentos máximos del modelo1. (Columnas)

Mu max =161.82 [KN.m]

A continuación, se presentan la tabla para todas las columnas con mayores solicitaciones.

Tabla 6.

Relaciones D/C, columnas en diferentes combinaciones modelo 1.

Columna	COLUMNA PERFIL: W 12X96			PISO:1			PRM R=7.0		
	COMBO: 1.2D+1.6L			PAC R=5.0			COMBO:1.2D+L+Ex		
	Pu [KN]	Pn [KN]	D/C	Vu [KN]	Vn [KN]	D/C	Mu [KN.m]	Mn [KN.m]	D/C
A1	420.51	5355.18	7.85%	56.32	951.76	5.9%	120.51	763.14	15.79%
A2	811.29	5355.18	15.15%	0.00	951.76	0.0%	0.00	763.14	0.00%
A3	811.29	5355.18	15.15%	0.00	951.76	0.0%	0.00	763.14	0.00%
A4	420.51	5355.18	7.85%	56.32	951.76	5.9%	120.51	763.14	15.79%
B1	821.55	5355.18	15.34%	103.62	951.76	10.9%	161.82	763.14	21.20%
B2	1591.57	5355.18	29.72%	0.00	951.76	0.0%	0.00	763.14	0.00%
B3	1591.57	5355.18	29.72%	0.00	951.76	0.0%	0.00	763.14	0.00%
B4	821.55	5355.18	15.34%	103.62	951.76	10.9%	161.82	763.14	21.20%
C1	437.79	5355.18	8.18%	86.68	951.76	9.1%	147.04	763.14	19.27%
C2	811.50	5355.18	15.15%	0.00	951.76	0.0%	0.00	763.14	0.00%

COLUMNA PERFIL: W 12X96			PISO:1			PRM R=7.0			
COMBO: 1.2D+1.6L			PAC R=5.0			COMBO:1.2D+L+Ex			
Columna	Pu [KN]	Pn [KN]	D/C	Vu [KN]	Vn [KN]	D/C	Mu [KN.m]	Mn [KN.m]	D/C
C3	811.50	5355.18	15.15%	0.00	951.76	0.0%	0.00	763.14	0.00%
C4	437.79	5355.18	8.18%	86.68	951.76	9.1%	147.04	763.14	19.27%

De esta manera quedan seleccionadas las columnas que servirán de control (B1, B2, B3 y B4), para los modelos 2, 3, y 4.

Tabla 7.

Relaciones D/C, columnas de control modelo 1. Cortante y momento

COLUMNA PERFIL: W 12X96			PISO:1		COMBO:1.2D+L+Ex	
COLUMNA	Vu[KN]	Vn[KN]	D/C	Mu[KN.m]	Mn[KN.m]	D/C
B1	103.62	951.76	10.9%	161.82	763.14	21.20%

Tabla 8.

Relaciones D/C, columnas de control modelo 1. Carga axial

COLUMNA PERFIL: W 12X96		PISO:1	COMBO:1.2D+1.6L
COLUMNA	Pu [KN]	Pn [KN]	D/C
B2	1591.57	5355.18	29.72%

4.8.1.4 Vigas: Momentos máximos Los valores de momentos máximos se obtienen en las vigas del eje 2 y 3 como se muestra a continuación, para la combinación **1.2D+1.6L**

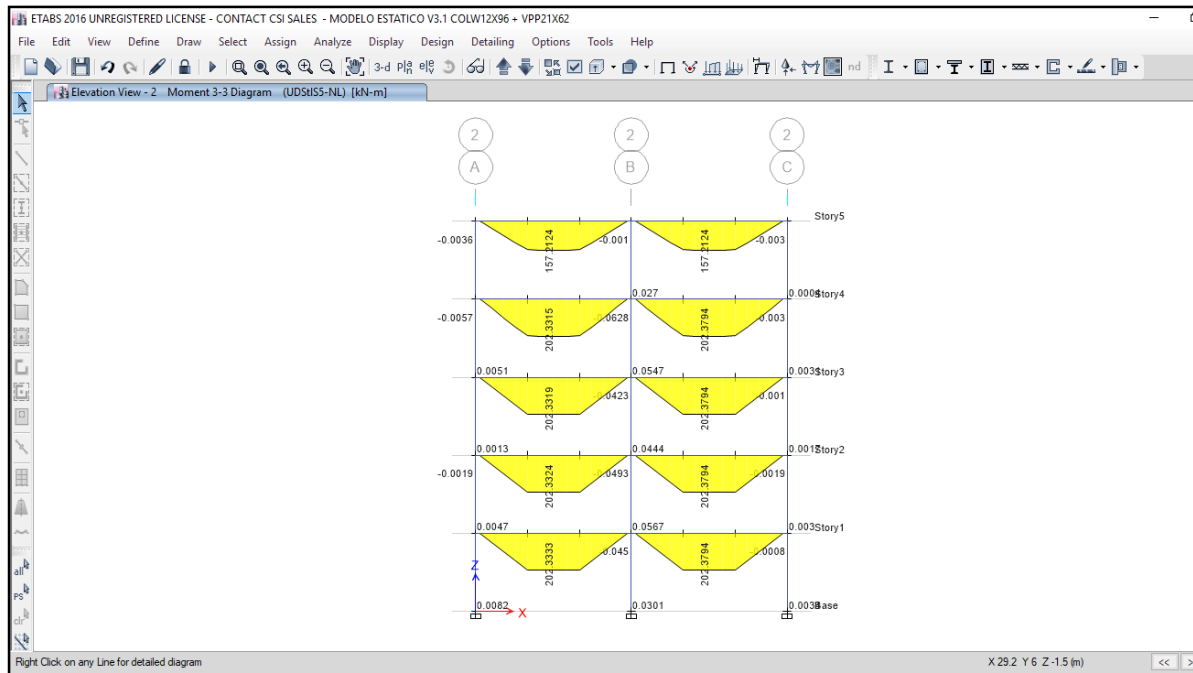


Figura 13. Diagramas de momentos máximos del modelo1. (Vigas)

En el que se tiene como momento mayorado máximo:

$$Mu_{max} = 202.37 \text{ [KN.m]}$$

4.8.1.5 Vigas: Cortantes máximos Los valores de máximos cortantes se obtienen en las vigas del eje 2 y 3 como se muestra a continuación, para la combinación **1.2D+1.6L**

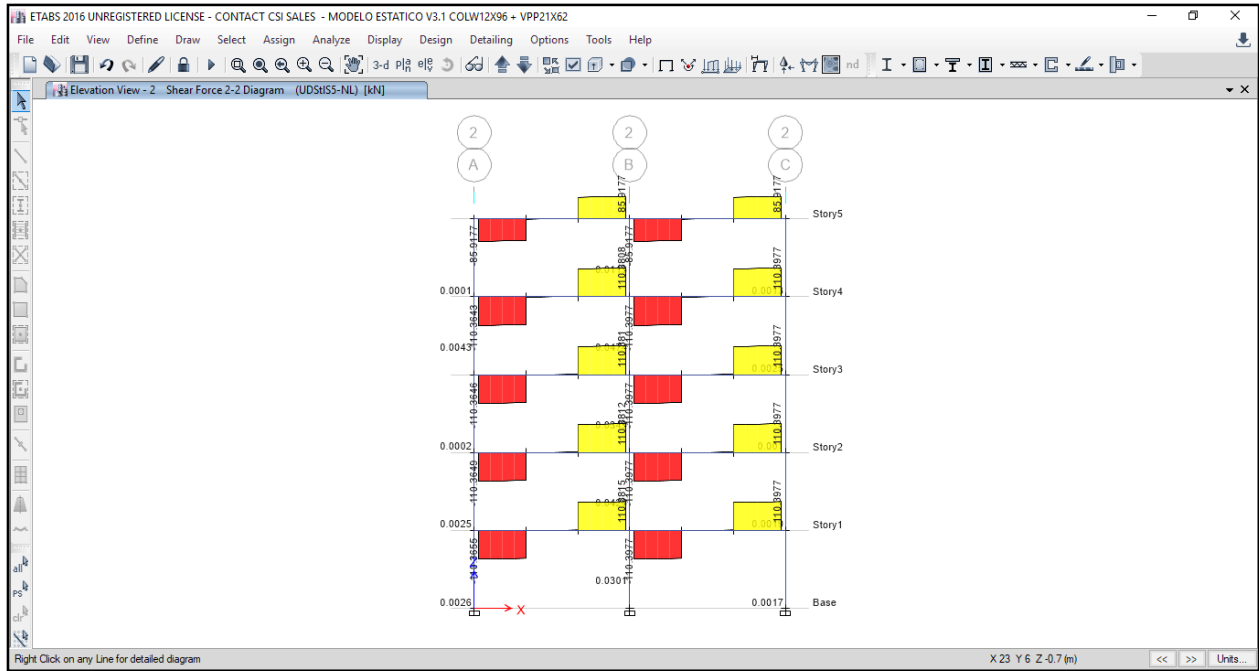


Figura 14. Diagramas de cortantes máximos del modelo1. (Vigas)

Cortante mayorado máximo:

$$V_u \text{ max} = 110.39 \text{ [KN]}$$

A continuación, se presentan la tabla para todas las vigas principales en cada uno de los pisos para la combinación con valores máximos.

Tabla 9.

Relaciones D/C, vigas en única combinación modelo 1.

VIGA PERFIL: W 21X62					COMBO:1.2D+1.6L			
Piso	EJE	Mu+[KN.m]	Mu-[KN.m]	Mn[KN.m]	D/C	Vu[KN]	Vn[KN]	D/C
5	1	31.72	48.80	747.56	6.5%	44.50	1144.56	3.9%
	2	157.21	0.00	747.56	21.0%	85.91	1144.56	7.5%
	3	157.21	0.00	747.56	21.0%	85.91	1144.56	7.5%
	4	31.72	48.80	747.56	6.5%	44.50	1144.56	3.9%
4	1	39.39	63.21	747.56	8.5%	59.33	1144.56	5.2%
	2	202.37	0.00	747.56	27.1%	110.39	1144.56	9.6%

VIGA PERFIL: W 21X62					COMBO:1.2D+1.6L			
Piso	EJE	Mu+[KN.m]	Mu- [KN.m]	Mn[KN.m]	D/C	Vu[KN]	Vn[KN]	D/C
3	3	202.37	0.00	747.56	27.1%	110.39	1144.56	9.6%
	4	39.39	63.21	747.56	8.5%	59.33	1144.56	5.2%
	1	39.39	68.15	747.56	9.1%	59.33	1144.56	5.2%
	2	202.37	0.00	747.56	27.1%	110.39	1144.56	9.6%
2	3	202.37	0.00	747.56	27.1%	110.39	1144.56	9.6%
	4	39.39	68.15	747.56	9.1%	59.33	1144.56	5.2%
	1	39.39	72.81	747.56	9.7%	59.33	1144.56	5.2%
	2	202.37	0.00	747.56	27.1%	110.39	1144.56	9.6%
1	3	202.37	0.00	747.56	27.1%	110.39	1144.56	9.6%
	4	39.39	72.81	747.56	9.7%	59.33	1144.56	5.2%
	1	39.39	78.99	747.56	10.6%	59.33	1144.56	5.2%
	2	202.37	0.00	747.56	27.1%	110.39	1144.56	9.6%
	3	202.37	0.00	747.56	27.1%	110.39	1144.56	9.6%
	4	39.39	78.99	747.56	10.6%	59.33	1144.56	5.2%

De esta manera quedan seleccionadas las vigas principales que servirán de control para los modelos posteriores. Debido a que las mayores solicitaciones son para la combinación **1.2D+1.6L** no afecta el cambio del coeficiente de disipación de energía (R), en los modelos 2, 3 y 4. Es decir, la relación D/C no varía.

Tabla 10.

Relaciones D/C, vigas de control modelo 1. Cortante y momento

VIGA PERFIL: W 21X62			COMBO:1.2D+1.6L			
VIGA	Mu[KN.m]	Mn[KN.m]	D/C	Vu[KN]	Vn[KN]	D/C
EJE 2	202.37	747.56	27.1%	110.39	1144.56	9.6%

4.8.1.6 Riostras: Axiales máximos Los valores de fuerzas axiales máximos se obtienen en los ejes A y C, piso 2 como se muestra a continuación, para la combinación **1.2D+L+Ey**

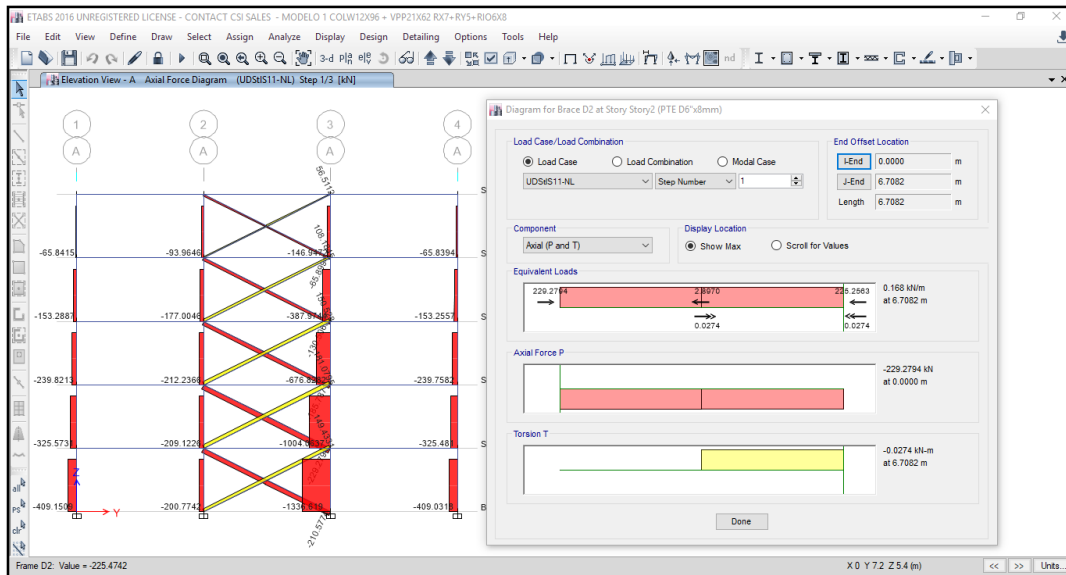


Figura 15. Diagramas de axiales máximos en las riostras del modelo1.

Carga mayorada máxima: $P_u \text{ max} = 229.95 \text{ [KN]}$ (Compresión)

A continuación, se presentan la tabla para todas las riostras en todos los pisos con mayores solicitaciones.

Tabla 11.

Relaciones D/C, riostras en única combinación modelo 1.

RIOSTRA PTE Ø6"x 8mm		COMBO:1.2D+L+Ey				D/C
PISO	EJE	Pu+[KN] Tensión	Pu-[KN] Compresión	Pnc[KN] Compresión	Pnt[KN] Tensión	
5	A	56.50	65.89	328.50	1028.87	20.1%
	C	56.50	65.89	328.50	1028.87	20.1%
4	A	108.16	130.48	328.50	1028.87	39.7%
	C	108.16	130.48	328.50	1028.87	39.7%
3	A	150.50	187.76	328.50	1028.87	57.2%
	C	150.50	187.76	328.50	1028.87	57.2%
2	A	181.05	229.95	328.50	1028.87	70.0%
	C	181.05	229.95	328.50	1028.87	70.0%
1	A	149.41	210.56	328.50	1028.87	64.1%
	C	149.41	210.56	328.50	1028.87	64.1%

De esta manera queda seleccionada la riostra que servirá de control (Eje A, piso 2), para los modelos 2, 3, y 4.

Tabla 12.

Relaciones D/C, riostra de control modelo 1. Carga axial

RIOSTRA PTE Ø6"x 8mm				COMBO:1.2D+L+Ey		
PISO	EJE	Pu+[KN]	Pu-[KN]	Pnc[KN]	Pnt[KN]	D/C
		Tensión	Compresión	Compresión	Tensión	
2	A	181.05	229.95	328.50	1028.87	70.0%

4.8.2 Modelo 2 Se realiza el modelo 2 haciendo una disminución de una unidad en el coeficiente de disipación de energía R, conservando los mismos perfiles del modelo 1, quedando de la siguiente manera.

PRM: R= 6 PAC: R= 4

4.8.2.1 Columnas A continuación, se presentan la tabla para todas las columnas con mayores solicitaciones, teniendo en cuenta solo las columnas de control señaladas en el modelo 1. (B1, B2, B3 y B4).

Tabla 13.

Relaciones D/C, columnas en diferentes combinaciones modelo 2.

Columna	COLUMNA PERFIL: W 12X96			PISO:1		PRM R=6.0		PAC R=4.0	
	Pu [KN]	Pn [KN]	D/C	Vu[KN]]	Vn[KN]	D/C	Mu[KN.m]	Mn[KN.m]	D/C
	COMBO: 1.2D+1.6L			COMBO:1.2D+L+Ex					
B1	821.55	5355.18	15.34%	120.73	951.76	12.7%	188.53	763.14	24.70%
B2	1591.57	5355.18	29.72%	0.00	951.76	0.0%	0.00	763.14	0.00%
B3	1591.57	5355.18	29.72%	0.00	951.76	0.0%	0.00	763.14	0.00%
B4	821.55	5355.18	15.34%	120.73	951.76	12.7%	188.53	763.14	24.70%

En el cortante hay un aumento de 1.8% en el modelo 2, respecto al modelo 1.

En el momento hay un aumento de 3.5% en el modelo 2, respecto al modelo 1.

En la carga axial no se presenta aumento en el modelo 2, respecto al modelo 1.

4.8.2.2 Vigas principales Las relaciones de D/C no varían en las vigas principales.

4.8.2.3 Riostras

Tabla 14.

Relaciones D/C, riostras combinación única modelo 2.

RIOSTRA PTE Ø6"x 8mm				COMBO:1.2D+L+Ey		
PISO	EJE	Pu+[KN]	Pu-[KN]	Pnc[KN]	Pnt[KN]	D/C
		Tensión	Compresión	Compresión	Tensión	
2	A	231.88	280.80	328.50	1028.87	85.3%

Para la carga axial, se presenta aumento del 15.3% en el modelo 2, respecto al modelo 1.

4.8.3 Modelo 3 Se realiza el modelo 3 haciendo una disminución de una unidad en el coeficiente de disipación de energía R, conservando los mismos perfiles del modelo 1, quedando de la siguiente manera.

PRM: R= 5 PAC: R= 3

4.8.3.1 Columnas A continuación, se presentan la tabla para todas las columnas con mayores solicitaciones, teniendo en cuenta solo las columnas de control señaladas en el modelo 1. (B1, B2, B3 y B4).

Tabla 15. Relaciones D/C, columnas en diferentes combinaciones modelo 3.

COLUMNA PERFIL: W 12X96									
PISO:1									
PRM R=5.0									
PAC R=3.0									
Columna	COMBO: 1.2D+1.6L			COMBO:1.2D+L+Ex					
	Pu [KN]	Pn [KN]	D/C	Vu [KN]	Vn [KN]	D/C	Mu [KN.m]	Mn [KN.m]	D/C
B1	821.55	5355.18	15.34%	144.00	951.76	15.1%	226.24	763.14	29.7%
B2	1591.57	5355.18	29.72%	0.00	951.76	0.0%	0.00	763.14	0.00%
B3	1591.57	5355.18	29.72%	0.00	951.76	0.0%	0.00	763.14	0.00%
B4	821.55	5355.18	15.34%	144.87	951.76	15.1%	226.24	763.14	29.7%

Para el cortante hay un aumento de 2.4% en el modelo 3, respecto al modelo 2.

Para el momento hay un aumento de 5.0% en el modelo 3, respecto al modelo 2.

Para la carga axial no se presenta aumento en el modelo 3, respecto al modelo 2.

4.8.3.2 Vigas principales Las relaciones de D/C no varían en las vigas principales.

4.8.3.3 Riostras

Tabla 16.

Relaciones D/C, riostras combinación única modelo 3.

RIOSTRA PTE Ø6"x 8mm				COMBO:1.2D+L+Ey		
PISO	EJE	Pu+[KN]	Pu-[KN]	Pnc[KN]	Pnt[KN]	D/C
		Tensión	Compresión	Compresión	Tensión	
2	A	316.56	364.76	328.50	1028.87	111%

En la carga axial supera la capacidad de la riostra un 11%, lo que indica que el elemento falla por compresión. Cambiar sección de la riostra.

La nueva sección seleccionada es un perfil tubular estructural PTE Ø8-5/8"x 10 mm

Tabla 17.

Relaciones D/C, riostras combinación única modelo 3.1.

RIOSTRA PTE Ø8-5/8"x 10mm				COMBO:1.2D+L+Ey		
PISO	EJE	Pu+[KN]	Pu-[KN]	Pnc[KN]	Pnt[KN]	D/C
		Tensión	Compresión	Compresión	Tensión	
2	A	229.23	386.35	1075.87	1862.33	35.9%

Para la carga axial, se presenta una disminución del 75.1% en el modelo 3.1, respecto al modelo 3, una vez cambiadas las secciones.

Tabla 18.

Relación de perfil cambiado

PERFIL	A	Øext	Espesor	W	D/t
PTE	(mm ²)	(mm)	(mm)	(KN/m)	
Ø8-5/8"x 10mm	6128.96	219.1	10.0	0.532	23.56

Fuente: Tabla de perfiles

4.8.4 Modelo 4 Se realiza el modelo 4 haciendo una disminución de una unidad en el coeficiente de disipación de energía R, conservando los mismos perfiles del modelo 3.1, quedando de la siguiente manera.

PRM: R= 4 PAC: R= 2

4.8.4.1 Columnas A continuación, se presentan la tabla para todas las columnas con mayores solicitaciones, teniendo en cuenta solo las columnas de control señaladas en el modelo 1. (B1, B2, B3 y B4).

Tabla 19.

Relaciones D/C, columnas en diferentes combinaciones modelo 4.

COLUMNA PERFIL: W 12X96			PISO:1			PRM R=4.0			
PAC R=2.0									
Columna	COMBO: 1.2D+1.6L			COMBO:1.2D+L+Ex					
	Pu [KN]	Pn [KN]	D/C	Vu [KN]	Vn [KN]	D/C	Mu [KN.m]	Mn [KN.m]	D/C
B1	821.55	5355.1	15.34%	181.09	951.76	19.0%	282.80	763.14	37.10%
B2	1591.5	5355.1	29.72%	0.00	951.76	0.00%	0.00	763.14	0.00%
B3	1591.5	5355.1	29.72%	0.00	951.76	0.00%	0.00	763.14	0.00%
B4	821.55	5355.1	15.34%	181.09	951.76	19.0%	282.80	763.14	37.10%

En el cortante hay un aumento de 3.9% en el modelo 4, respecto al modelo 3.

En el momento hay un aumento de 7.4% en el modelo 4, respecto al modelo 3.

En la carga axial no se presenta aumento en el modelo 4, respecto al modelo 3.

4.8.4.2 Vigas principales Las relaciones de D/C no varían en las vigas principales.

4.8.4.3 Riostras

Tabla 20.

Relaciones D/C, riostras combinación única modelo 4.

RIOSTRA PTE Ø8-5/8"x 10mm						
COMBO:1.2D+L+Ey						
PISO	EJE	Pu+[KN]	Pu-[KN]	Pnc[KN]	Pnt[KN]	D/C
		Tensión	Compresión	Compresión	Tensión	
2	A	468.87	556.05	1075.87	1862.33	51.7%

Respecto a carga axial se presenta aumento del 15.8% en el modelo 4, respecto al modelo 3.1

4.9 Tabla resultados de los modelos

4.9.1 Análisis columnas

Tabla 21.

Relaciones D/C, todos los modelos (Columnas)

COLUMNA	MODELO 1			MODELO 2		
	CASO CARGA			CASO CARGA		
W12X96	AXIAL	CORTANTE	MOMENTO AXIAL	AXIAL	CORTANTE	MOMENTO
	COMBINACIÓN			COMBINACIÓN		
	1.2D+1.6L	1.2D+L+Ex	1.2D+L+Ex	1.2D+1.6L	1.2D+L+Ex	1.2D+L+Ex
	D/C			D/C		
B1	N/A	10.90%	21.20%	N/A	12.70%	24.70%
B2	29.72%	N/A	N/A	29.72%	N/A	N/A
B3	29.72%	N/A	N/A	29.72%	N/A	N/A
B4	N/A	10.90%	21.20%	N/A	12.70%	24.70%

COLUMNA	MODELO 3			MODELO 4		
	CASO CARGA			CASO CARGA		
W12X96	AXIAL	CORTANTE	MOMENTO AXIAL	AXIAL	CORTANTE	MOMENTO
	COMBINACIÓN			COMBINACIÓN		
	1.2D+1.6L	1.2D+L+Ex	1.2D+L+Ex	1.2D+1.6L	1.2D+L+Ex	1.2D+L+Ex
	D/C			D/C		
B1	N/A	15.10%	29.70%	N/A	19.00%	37.10%
B2	29.72%	N/A	N/A	29.72%	N/A	N/A
B3	29.72%	N/A	N/A	29.72%	N/A	N/A
B4	N/A	15.10%	29.70%	N/A	19.00%	37.10%

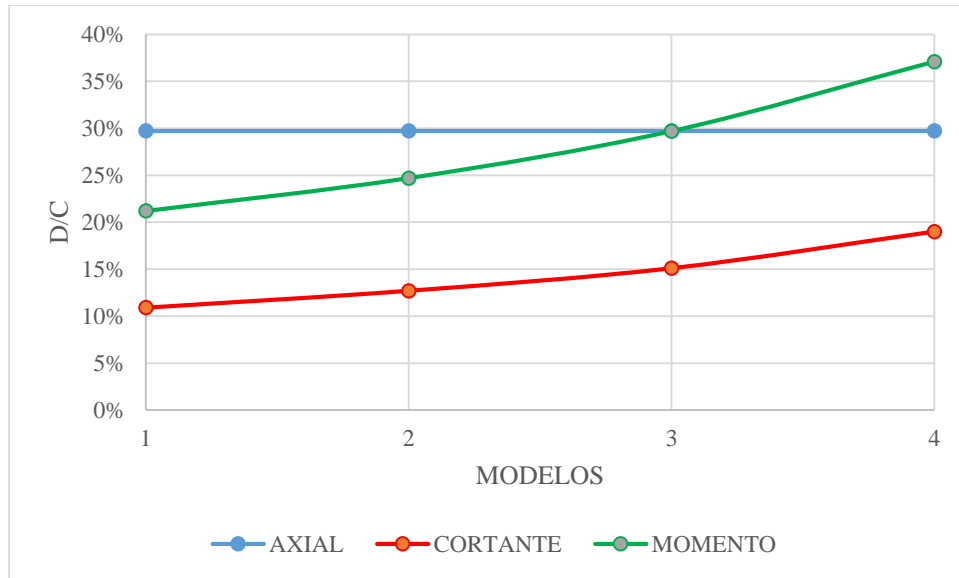


Figura 16 Gráfica de relación D/C de los Modelos respecto a las columnas

- La diferencia respecto a D/C por carga axial en B2 y B3 es de cero (0) en los 4 modelos
- La diferencia respecto a D/C por cortante en B1 y B2 entre el modelo 1 y el modelo 4 es de 8.1%, en una variación casi constante entre los diferentes modelos.
- La diferencia respecto a D/C por momento en B1 y B2 entre el modelo 1 y el modelo 4 es de 15.9%, en una variación que aumenta a medida que se disminuye el (R).

4.9.2 Análisis vigas

Tabla 22.

Relaciones D/C, todos los modelos (Vigas)

VIGA	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
W21X62	COMBO: 1.2D+1.6L							
	CASO CARGA		CASO CARGA		CASO CARGA		CASO CARGA	
	V	M	V	M	V	M	V	M
	D/C		D/C		D/C		D/C	
EJE 2	9.60%	27.10%	9.60%	27.10%	9.60%	27.10%	9.60%	27.10%

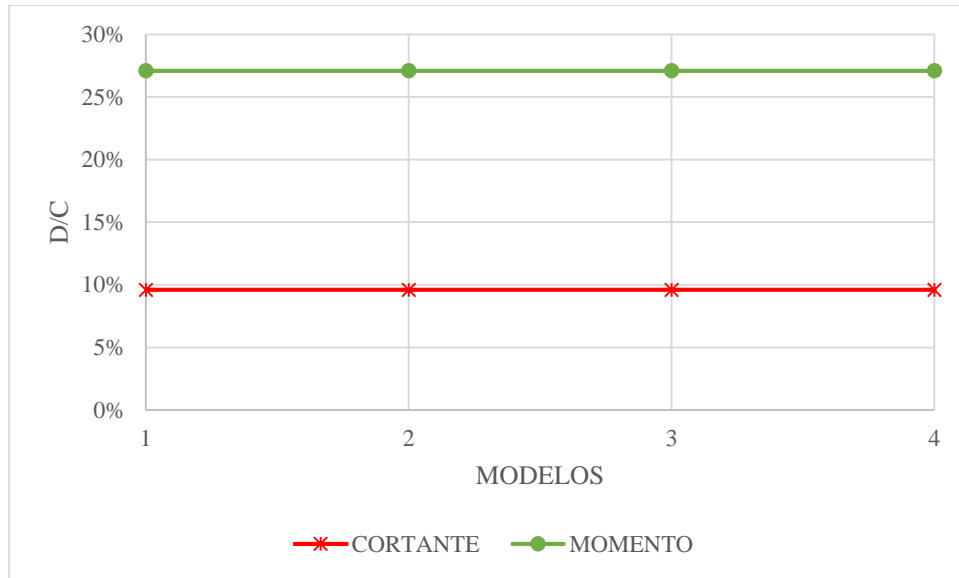


Figura 17 Gráfica de relación D/C de los Modelos respecto a las vigas

- Las vigas principales de sometidas a mayores cargas están afectadas por una combinación que es independiente de la variación del coeficiente de disipación de energía, por lo tanto, su nivel de desempeño es el mismo en todos los modelos.

4.9.3 Análisis riostras

Tabla 23.

Relaciones D/C, todos los modelos (Riostra)

RIOSTRA	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3.1	MODELO 4
COMBO: 1.2D+L+Ey				
CASO CARGA AXIAL	CASO CARGA AXIAL	CASO CARGA AXIAL	CASO CARGA AXIAL	CASO CARGA AXIAL
D/C	D/C	D/C	D/C	D/C
PISO 2	70.00%	85.30%	35.90%	51.70%

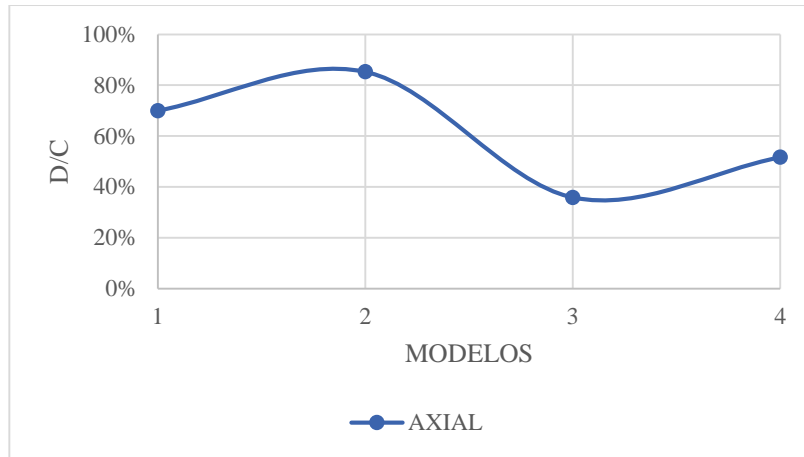


Figura 18 Gráfica de relación D/C de los Modelos respecto a las riostras

- La riostra del modelo inicial son perfiles PTE Ø6"x 8 mm, los cuales sobre pasan su relación D/C en los modelos 3 y 4, por tal motivo se cambia el perfil por uno de mayor capacidad a perfiles PTE Ø8-5/8"x 10 mm.

4.9.4 Variación del volumen de acero

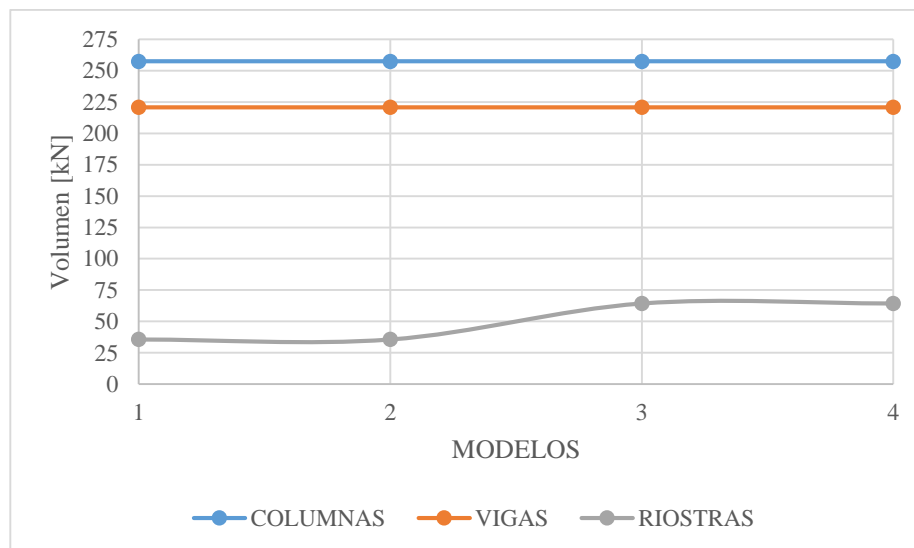


Figura 19 Gráfica de volúmenes de acero

5. Conclusiones

- El cambio de volumen de acero de la estructura entre los modelos del 1 al 4, para la configuración estructural planteada es del 5 %, debido al cambio de la sección de las riostras en el modelo 3.
- Los límites de la NSR-10 respecto a la deriva, controlan el diseño de la estructura, para el sistema estructural planteado, ya que con la variación de R en cada modelo, la relación D/C en las columnas y vigas nunca supera la unidad, por esto no existe la necesidad de variar los perfiles.
- Para el sistema estructural planteado, se evidencia que la variación del factor de reducción sísmico R no es relevante para el diseño, puesto que no es proporcional contra la variación de la cantidad del volumen de acero.

Referencias Bibliográficas

- Arroyo E, D y Terán G, A (2002), factores de reducción de fuerzas sísmicas para el diseño de estructuras con sistemas pasivos de disipación de energía. Revista de Ingeniería Sísmica No. 66 73-93. Doi: <http://dx.doi.org/10.18867/ris-0>
- Bertero V., Anderson J., Krawinkler H., y Miranda E., (1991). Design guidelines for ductility and drift limits: Review of state-of-the-practice and of the art on ductility and drift-based earthquake-resistant design of buildings, Reporto n Task1, A CURE e-Kajima Research Report.
- Colombia, Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010
- Kuwamura, H., y Galambos, T, V. (1989). Earthquake load for structural reliability. J. Struct. Engrg., ASCE, 115(6), 1446-1462.
- Pall, A. S., and Marsh, C. (1982). "Response of friction damped braced frames." J. Struct. Engrg., ASCE, 108(6), 1313-1323.
- Valencia R, D y Valencia C, G. (2008), Evaluación del coeficiente de disipación de energía, R, para algunos tipos de estructuras de acero. Revista ingeniería e investigación, Vol. 28 (No. 1), 41-49. DOI: 10.15446/ing.investig
- Zahrah, T. F., and Hall, W. J. (1984). "Earthquake energy absorption in SDOF structures." J. Struct. Engrg., ASCE, 110(8), 1757-1772.

Apéndices

Apéndice A Propiedades geométricas elementos estructurales principales modelo 1

Tabla 24 Propiedades geométricas perfiles

• Columnas									
<i>PERFIL</i>	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>d</i>	<i>tw</i>	<i>b</i>	<i>tf</i>	<i>Rx</i>	<i>Ry</i>	<i>hi</i>
<i>W12X96</i>	(mm ²)	(KN/m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
	18200.0	1.43	323.0	14.0	310.0	22.90	138.0	78.50	277.2
• Vigas principales									
<i>PERFIL</i>	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>d</i>	<i>tw</i>	<i>b</i>	<i>tf</i>	<i>Rx</i>	<i>Ry</i>	<i>hi</i>
<i>W21X62</i>	(mm ²)	(KN/m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
	11800.0	0.90	533.0	10.20	209.0	15.60	217.0	45.0	501.8
• Riostras									
<i>PERFIL</i>	<i>A</i>	<i>Øext</i>	<i>Espesor</i>	<i>W</i>	<i>D/t</i>				
<i>PTEØ6"x8mm</i>	(mm ²)	(mm)	(mm)	(KN/m)					
	3388.22	152.40	8.0	0.30	20.48				

Fuente: Tabla de perfiles

Propiedades geométricas elementos no estructurales principales modelo 1

Tabla 25 Propiedades geométricas perfiles no estructurales

• Viguetas									
PERFIL	A	W	d	tw	b	tf	Rx	Ry	hi
<i>W14X30</i>	(mm ²)	(KN/m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
	5710.0	0.44	351.0	6.86	171.0	9.78	146.0	37.80	331.44
• Lámina metálica colaborante									
PERFIL	CALIBRE	PESO	ESPESOR TOTAL LOSA			CONSUMO TEÓRICO CONCRETO			
<i>Lámina 2"</i>	22	(KN/m ²)	(mm)			(m ³ /m ²)			
<i>Cal 22</i>	0.75(mm)	0.0757	100.0			0.072			

Fuente: Tabla de perfiles proveedores metálicos

Apéndice B. Combinaciones relacionadas

Tabla 26. Relación de combinaciones automáticas ETABS Vs B.2.4.2

<i>ETABS</i>	<i>NSR-10 B.2.4.2</i>
<i>UDStID1-NL</i>	D
<i>UDStID2-NL</i>	D+L
<i>UDStIS1-NL</i>	1.4D+1.4ND_x
<i>UDStIS2-NL</i>	1.4D -1.4ND_x
<i>UDStIS3-NL</i>	1.4D+1.4ND_y
<i>UDStIS4-NL</i>	1.4D -1.4ND_y
<i>UDStIS5-NL</i>	1.2D+1.6L+1.2ND_x+1.6NL_x
<i>UDStIS6-NL</i>	1.2D+1.6L -1.2ND_x -1.6NL_x
<i>UDStIS7-NL</i>	1.2D+1.6L+1.2ND_y+1.6NL_y
<i>UDStIS8-NL</i>	1.2D+1.6L -1.2ND_y -1.6NL_y
<i>UDStIS9-NL</i>	1.2D+1L+1E_x
<i>UDStIS10-NL</i>	1.2D+1L -1E_x
<i>UDStIS11-NL</i>	1.2D+1L+1E_y
<i>UDStIS12-NL</i>	1.2D+1L -1E_y
<i>UDStIS13-NL</i>	0.9D+E_x
<i>UDStIS14-NL</i>	0.9D -E_x
<i>UDStIS15-NL</i>	0.9D+E_y
<i>UDStIS16-NL</i>	0.9D -E_y

Apéndice C. ETABS 2016 Diseño Columna B2 y B3

AISC 360-10 Steel Section Check (Strength Summary)

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (m)	Combo	Element Type	Section	Classification
Story1	C3	9	0	1.2D+1.6L	Special Moment Frame	W12X96	Compact

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (m)	LLRF	Stress Ratio Limit
3.00000	0.42	0.95

Analysis and Design Parameters

Provision	Analysis	2nd Order	Reduction
LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau-b Fixed

Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_r / P_y$	$\alpha P_r / P_e$	τ_b	EA factor	EI factor
0.249	0.044	1	0.8	0.8

Design Code Parameters

Φ_b	Φ_c	Φ_{TY}	Φ_{TF}	Φ_V	Φ_{V-RI}	Φ_{VT}
0.9	0.9	0.9	0.75	0.9	1	1

Section Properties

A (m ²)	J (m ⁴)	I ₃₃ (m ⁴)	I ₂₂ (m ⁴)	A _{v3} (m ²)	A _{v2} (m ²)
0.0182	0.000003	0.000347	0.000112	0.0142	0.0045

Design Properties

S ₃₃ (m ³)	S ₂₂ (m ³)	Z ₃₃ (m ³)	Z ₂₂ (m ³)	r ₃₃ (m)	r ₂₂ (m)	C _w (m ⁶)
0.00215	0.000725	0.002409	0.001106	0.13805	0.07859	0

Material Properties

E (kN/m ²)	f _y (kN/m ²)	R _y	α
2000000000	352000	1.1	NA

Stress Check forces and Moments

Location (m)	P _u (kN)	M _{u33} (kN-m)	M _{u22} (kN-m)	V _{u2} (kN)	V _{u3} (kN)	T _u (kN-m)
0	-1591.5738	0.0301	-1.7115	0.0301	-0.4679	-1.859E-06

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1a)

	L Factor	K ₁	K ₂	B ₁	B ₂	C _m
Major Bending	0.822	1	1	1	1	0.333
Minor Bending	0.822	1	1	1	1	0.654

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L _{ltb}	K _{ltb}	C _b
0.822	1	2.2

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1a)

D/C Ratio	$(P_r / P_c) + (8/9)(M_{r33} / M_{c33}) + (8/9)(M_{r22} / M_{c22})$
=	
0.302 =	0.297 + 3.503E-05 + 0.004

Axial Force and Capacities

P_u Force (kN)	φP_{nc} Capacity (kN)	φP_{nt} Capacity (kN)
1591.5738	5355.186	5763.7046

Moments and Capacities

	M_u Moment (kN-m)	φM_n Capacity (kN-m)	φM_n No LTBD (kN-m)
Major Bending	0.0301	763.139	763.139
Minor Bending	1.7115	350.421	

Shear Design

	V_u Force (kN)	φV_n Capacity (kN)	Stress Ratio
Major Shear	0.0301	951.7607	3.166E-05
Minor Shear	0.4679	2692.999	1.737E-04