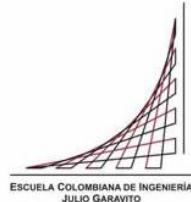


Maestría en Ingeniería Civil

**Comparación de Cuantías de Materiales de Construcción
Para Estructuras Aporticadas y de Sistema Combinado en
Concreto Convencional vs. Concreto Liviano de Acuerdo
con lo Indicado en el Reglamento Colombiano de
Construcción Sismo Resistente NSR-10.**

Ingeniera Diana Carolina Bueno Quintero

Bogotá, D.C., 10 de agosto de 2015



**Comparación de Cuantías de Materiales de Construcción
Para Estructuras Aporticadas y de Sistema Combinado en
Concreto Convencional vs. Concreto Liviano de Acuerdo
con lo Indicado en el Reglamento Colombiano de
Construcción Sismo Resistente NSR-10.**

**Tesis para optar al título de magister en Ingeniería Civil, con
énfasis en Ingeniería estructural**

**Ingeniero Carlos Eugenio Palomino Arias
Director**

Bogotá, D.C., 10 de agosto de 2015



La tesis de maestría titulada “Comparación de cuantías de materiales de construcción para estructuras aporticadas y de sistema combinado en concreto convencional vs. Concreto liviano de acuerdo con lo indicado en el reglamento colombiano de construcciones sismo resistentes NSR-10”, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con Énfasis en Ingeniería Estructural.

Director de la tesis

Ing. Carlos Eugenio Palomino Arias

Jurado

Ing. Jorge Ignacio Segura Franco

Jurado

Ing. Pedro Nel Quiroga

Bogotá, D.C., 10 de Agosto de 2015

Dedicatoria

A la mujer más valiosa del mundo, que me inspiró y alentó durante todo este proceso.

Gracias Mamá

Agradecimientos

A Dios por permitir que culminara de forma exitosa mi proyecto de ser Máster en Estructuras y que solo Él sabe cuánto lo deseaba.

A mi Mamá por absolutamente todo, compañía, motivación, confianza, amor, comprensión y apoyo. Nunca me cansaré de decirte “Gracias por existir”.

Es importante resaltar a todas las personas que de forma directa e indirecta aportaron al desarrollo de esta tesis:

Dr. Armando Palomino (Gerente de P&P Proyectos S.A.S): Por sus consejos y colaboración en la consecución de la información requerida.

Dr. Luis Fernando Orozco (Gerente de Luis Fernando Orozco y Cia.): Por abrirme las puertas de su empresa y facilitarme todos los datos requeridos en su larga experiencia laboral.

Dr. Jorge Segura (Gerente de Jorge Segura Franco y Cia.): Por su apoyo y disposición constante.

A P&P Proyectos S.A.S, por los recursos tecnológicos suministrados así como su experiencia adquirida a lo largo de tantos años de trayectoria, los cuales fueron fundamentales para culminar con éxito este trabajo

A todos los Ingenieros Civiles que intervinieron en el desarrollo de esta tesis.

A mi familia que estuvo apoyándome y motivándome durante todo este proceso.

A mis amigos que siempre estuvieron ahí.

Resumen

De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 y sus decretos reglamentarios 926 del 19 de marzo de 2010, 2525 del 13 de junio de 2010, 092 del 17 de enero de 2011 y 340 del 13 de febrero de 2012 se permite el uso de concreto liviano como material estructural para todos los elementos de una edificación en el cual se deben tener en cuenta unas condiciones tales como:

- La resistencia a la compresión debe ser máximo de 35 MPa. La afectación a todas la ecuaciones requeridas para el diseño en donde se encuentre $\sqrt{f}c$ con un factor λ el cual varía entre 0.75 y 0.85 dependiendo si el tipo de agregado es en su totalidad (fino y grueso) es liviano o únicamente el agregado grueso
- El módulo de elasticidad E está en función de la densidad de equilibrio w_c para valores comprendidos entre 1440 y 2560 kg/m³ y es igual a $w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f}c$

En el país, se ha utilizado el concreto liviano como parte integrante del sistema de resistencia sísmica en aplicaciones menores, como por ejemplo en puentes peatonales aislados, sin embargo la tendencia de construir cada vez edificios más altos, creó el escenario ideal para hacer la comparación de cuantías de las edificaciones utilizando los dos tipos de concreto (concreto Normal y concreto liviano).

Para ello se ubicaron los edificios objeto de estudio de este trabajo en una zona de amenaza sísmica intermedia, más específicamente en la ciudad de Bogotá y en dos tipos de suelo diferentes D y F, en los cuales se construyen bastantes estructuras de este tipo en la ciudad. Las alturas de los edificios establecidas fueron de 5, 10 y 15 pisos, lo cuales comercialmente son muy repetitivos en el medio colombiano. Una vez se hizo la predimensionación teniendo en cuenta un proceso de optimización estructural en el que las derivas estuvieran cercanas al 1% valor máximo permitido por el NSR-10 en todos los edificios y utilizando para todos los edificios y elementos, concretos con resistencia a la compresión f_c de 35 MPa, el cual es límite superior permitido tanto en el ACI-318 como en el NSR-10, se hizo el diseño de todos los elementos estructurales principales (columnas, muros, vigas y cimentación) siguiendo los lineamientos del NSR-10 y se determinaron las cuantías de acero y concreto para cada uno de los elementos

estructurales que conforman los edificios para finalmente hacer la comparación y determinar en cuales casos es mejor utilizar el concreto liviano. Para cada uno de los casos se tomó el tiempo de predimension, análisis estructural, diseño y detallado conforme al que se invertiría en una oficina de consultoría estructural, e incluso los despiecees de los elementos se optimizaron para lograr procesos constructivos más eficientes y ahorro de materiales.

De acuerdo con lo obtenido se puede concluir que el uso de concreto liviano presenta mayores ahorros en concreto y acero en los edificios de mayor altura, sobretodo en el caso específico del de 15 pisos en este estudio, encontrando aún mayores ahorros cuando la edificación se encuentra cimentada sobre un suelo con características tales como: Un suelo rígido que cumpla con el criterio de velocidad de la onda de cortante v_s entre 180 y 359 m/s ó perfiles de suelo rígido que cumplan cualquiera de estas condiciones: Número de golpes del ensayo de penetración estándar N, entre 15 y 49 ó que la resistencia media al corte s_u , entre 50 y 99 kPa.

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción	16
Objetivos.....	18
Capítulo 1 Marco Teórico.....	19
1.1. Historia del concreto liviano.....	19
1.2. Agregados Livianos	26
1.2.1. Agregados Naturales de Origen Volcánico	26
1.2.2. Agregados Orgánicos	26
1.2.3. Agregados Sintéticos.....	28
1.2.3.1. Procedimientos de preparación	30
1.2.3.2. Procedimientos para la expansión del granulado preformado	31
1.2.4. Propiedades de los agregados y de los concretos	34
1.2.4.1. Forma y tamaño de los granos	34
1.2.4.2. Densidad aparente, densidad real y porosidad de los granos.....	35
1.2.4.3. Absorción de agua	36
1.2.4.4. Resistencia a la congelación y descongelación.....	37
1.2.4.5. Materiales perjudiciales	39
1.2.4.6. Resistencia térmica del concreto.....	40
1.2.4.7. Producción de concreto liviano.....	41
1.2.4.8. Características del concreto liviano	42
1.3. Investigaciones en Colombia.....	43
1.4. Producción de concretos livianos en Colombia.....	44
1.5. Normatividad en Colombia	45
1.5.1. NTC 4045. Agregados Livianos para concreto estructural.....	45
1.5.1.1. Composición química	46
1.5.1.2. Propiedades físicas	46
1.5.2. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-resistente NSR-10.....	50
1.5.2.1. Definición de concreto liviano	50
1.5.2.2. Análisis y diseño.....	50
Capítulo 2 Metodología.....	55

2.1.	Condiciones Generales	55
2.2.	Condiciones geotécnicas	58
2.3.	Caracterización sísmica	59
2.4.	Características de los materiales	62
2.5.	Condiciones geométricas	63
2.6.	Ánálisis sísmico.....	65
2.7.	Diseño de elementos estructurales	72
2.8.	Secciones definitivas.....	73
	Capítulo 3 Resultados y Contribución	83
3.1.	Análisis de Resultados	101
	Conclusiones	123
	Bibliografía.....	126
	Anexos	127

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos de gradación en agregados livianos	47
Tabla 2. Requisitos de Masa Unitaria	48
Tabla 3. Requisitos de masa unitaria, Resistencia a la tensión y compresión	49
Tabla 4. Masa de la muestra para ensayo de tamizado en agregados finos	49
Tabla 5. Altura o espesores mínimos de vigas no preeforzadas o losas reforzadas.....	54
Tabla 6. Listado de proyectos y sus características	56
Tabla 7.Capacidad pilotes Ed.10 pisos	58
Tabla 8. Capacidad pilotes Ed.15 pisos	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mohenjo- Daro 2500 A.C. (Indunet)	19
Figura 2. Acueducto Pond du Gard 14 D.C. (Emiliano)	20
Figura 3. Coliseo Romano 80 D.C. (Terraconesis).....	20
Figura 4. Hotel Statler Dallas. (Docomomo)	22
Figura 5. Piedra Pómez. (Alibaba)	26
Figura 6. Conchas de aceite de palma. (aliimg)	28
Figura 7. Proceso en horno rotatorio.(Harperintl)	32
Figura 8. Horno Vertical. (Ghanacrushers).....	33
Figura 9. Horno de cinta. (Cremer-Ofenbau).....	34
Figura 10.Espectro de diseño Lacustre 200	60
Figura 11. Espectro de diseño Piedemonte B	60
Figura 12. Ed.5 pisos Lac 200, todas las columnas de 40 x 80cm – Concreto Normal....	75
Figura 13. Ed.5 pisos Lac 200, todas las columnas de 60 x 60cm – Concreto Liviano....	75
Figura 14. Ed.5 pisos Pied B, todas las columnas de 40 x 90cm – Concreto Normal.....	76
Figura 15. Ed.5 pisos Pied B, todas las columnas de 60 x 80cm – Concreto Liviano	76
Figura 16. Ed.10 pisos Lac 200, todas las columnas de 80 x 120cm – Concreto Normal.	77
Figura 17. Ed.10 pisos Lac 200, todas las columnas de 80 x 150cm – Concreto Liviano.	77
Figura 18. Ed.10 pisos Pied B, todas las columnas de 45x75cm – Concreto Normal.....	78
Figura 19. Ed.10 pisos Pied B, todas las columnas de 60 x 80cm – Concreto Liviano.....	78
Figura 20. Ed.15 pisos Lac 200, todas las columnas de 90 x 170cm, Muros (e=25 , e=40cm) x 800cm Concreto Normal.....	79
Figura 21. Ed.15 pisos Lac 200, todas las columnas de 90 x 250cm, Muros (e=25, e=40cm) x 800cm Concreto Liviano.....	79
Figura 22. Ed.15 pisos Pied B, todas las columnas de 70 x 80cm, Muros de 25 x 800cm – Concreto Normal.....	80
Figura 23. Ed.15 pisos Pied B, todas las columnas de 70 x 80cm, Muros de 25 x 800cm – Concreto Liviano	80
Figura 24. Render Edificio de 5 pisos (apórticado).....	81
Figura 25. Render Edificio de 10 pisos (apórticado).....	81

Figura 26. Render Edificio de 15 pisos (sistema combinado)..... 82

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Cuantía de concreto m^3/m^2 –Vigas aéreas – edificios de 5 pisos	83
Gráfica 2. Cuantía de acero kg/m^2 -Vigas aéreas- edificios de 5 pisos.....	83
Gráfica 3. Cuantía de acero kg/m^3 -Vigas aéreas – edificios de 5 pisos	84
Gráfica 4. Cuantía de concreto m^3/m^2 –Columnas – edificios de 5 pisos.....	84
Gráfica 5. Cuantía de acero kg/m^2 - Columnas – edificios de 5 pisos.....	84
Gráfica 6. Cuantía de acero kg/m^3 – Columnas – edificios de 5 pisos	85
Gráfica 7. Cuantía de concreto m^3/m^2 -Vigas aéreas – edificios de 10 pisos	85
Gráfica 8. Cuantía de acero kg/m^2 -Vigas aéreas – edificios de 10 pisos	85
Gráfica 9. Cuantía de acero kg/m^3 - Vigas aéreas – edificios de 10 pisos	86
Gráfica 10. Cuantía de concreto m^3/m^2 –Columnas- edificios de 10 pisos.....	86
Gráfica 11. Cuantía de acero kg/m^2 - Columnas – edificios de 10 pisos	86
Gráfica 12. Cuantía de acero kg/m^3 - Columnas – edificios de 10 pisos.....	87
Gráfica 13. Cuantía de concreto m^3/m^2 -Vigas aéreas – edificios de 15 pisos	87
Gráfica 14. Cuantía de acero kg/m^2 - Vigas aéreas – edificios de 15 pisos	87
Gráfica 15. Cuantía acero kg/m^3 - Vigas aéreas – edificios de 15 pisos	88
Gráfica 16. Cuantía de concreto m^3/m^2 –Columnas y muros- edificios de 15 pisos	88
Gráfica 17. Cuantía de acero kg/m^2 - Columnas y muros – edificios de 15 pisos	88
Gráfica 18. Cuantía de acero kg/m^3 - Columnas y muros – edificios de 15 pisos	89
Gráfica 19. Volumen total de concreto sin cimentación – edificios de 5 pisos (m^3)	89
Gráfica 20. Volumen total de concreto con cimentación –edificios de 5 pisos (m^3).....	90
Gráfica 21. Volumen total de concreto sin cimentación – edificios de 10 pisos (m^3)	90
Gráfica 22. Volumen total de concreto con cimentación – edificios de10 pisos (m^3).....	91
Gráfica 23. Volumen total de concreto sin cimentación – edificios de 15 pisos (m^3)	91
Gráfica 24. Volumen total de concreto con cimentación – edificios de 15 pisos (m^3)....	92
Gráfica 25. Porcentaje de volumen de cimentación Lac 200 - Concreto normal	92
Gráfica 26. Porcentaje de volumen de cimentación Pied B - Concreto Normal.....	93
Gráfica 27. Porcentaje de volumen de cimentación Lac 200- Concreto Liviano.....	93
Gráfica 28. Porcentaje de volumen de cimentación Pied B - Concreto Liviano.....	94

Gráfica 29. Distribución de% de elementos estructurales con respecto a toda la edificación en edificios de 5 pisos – Lac 200	95
Gráfica 30. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificación en edificios de 5 pisos – Pied B	95
Gráfica 31. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificacion en edificios de 10 pisos- Lac 200.....	96
Gráfica 32. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificacion en edificios de 10 pisos- Pied B	96
Gráfica 33. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificacion en edificios de 15 pisos- Lac 200.....	97
Gráfica 34. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificacion en edificios de 15 pisos- Pied B	97
Gráfica 35. Acero total sin cimentación – edificios de 5 pisos (kg).....	98
Gráfica 36. Acero total con cimentación - edificios de 5 pisos (kg)	98
Gráfica 37. Acero total sin cimentación – edificios de 10 pisos (kg).....	99
Gráfica 38. Acero total con cimentación – Edificios de 10 pisos (kg)	99
Gráfica 39. Acero total sin cimentación – edificios de 15 pisos (kg).....	100
Gráfica 40. Acero total con cimentación –edificios de 15 pisos (kg)	100
Gráfica 41. Áreas de secciones transversales de elementos verticales en edificios 5, 10 y 15 pisos	101
Gráfica 42. Comparación gráfica de las cuantías de acero kg/m ² de los elementos verticales en los edificios de 5,10 y 15 pisos.	103
Gráfica 43. Comparación grafica de las cuantías de acero kg/m ³ de los elementos verticales en los edificios de 5, 10 y 15 pisos	105
Gráfica 44. Comparación gráfica de las cuantías de concreto m ³ /m ² de las vigas en los edificios de 5 ,10 y 15 pisos.....	108
Gráfica 45. Comparación grafica de las cuantías de acero kg/m ² de las vigas en los edificios de 5, 10 y 15 pisos.....	109
Gráfica 46. Comparación gráfica de las cuantías de acero kg/m ³ de las vigas en los edificios de 5, 10 y 15 pisos.....	111

Gráfica 47. Comparación de volúmenes de concreto m ³ en edificios de 5 pisos	113
Gráfica 48. Comparación de volúmenes de concreto m ³ en edificios de 10 pisos.....	114
Gráfica 49. Comparación de volúmenes de concreto m ³ en los edificios de 15 pisos..	115
Gráfica 50. Comparación del acero de refuerzo kg en edificios de 5 pisos.....	117
Gráfica 51. Comparación del acero de refuerzo kg en edificios de 10 pisos.....	118
Gráfica 52. Comparación del acero de refuerzo en edificios de 15 pisos.....	119
Gráfica 53. Volumen de concreto de columnas en edificio de 15 pisos ubicado en Lacustre 200.....	121
Gráfica 54. Volumen de concreto de columnas en edificio de 10 pisos ubicado en Lacustre 200.....	122

Introducción

Las ciudades en Colombia tienen cada vez menos terrenos disponibles para edificar y la demanda de unidades habitacionales y comerciales modificó la tendencia de las constructoras de desarrollar el mercado de casas y construcciones de relativa baja altura, y en cambio se están construyendo edificios de apartamentos y oficinas cada vez más altos. Adicional a lo anterior, con las capacidades portantes del suelo de algunas zonas de la ciudad de Bogotá, las cuales no son muy altas, las empresas promotoras de proyectos y sus firmas constructoras están empezando a interesarse por el tema del concreto liviano. Cuando en Colombia se habla de concreto liviano se tiene la idea de que se está hablando de algo novedoso, lo cual no es cierto. Aunque en el país el concreto liviano no ha sido utilizado en estructuras como parte del sistema de resistencia sísmica en edificaciones importantes, sino más bien en cubiertas, muros y prefabricados, en el mundo se ha ido volviendo cada vez más común su uso por las múltiples ventajas que ofrece como lo es la disminución en el peso de la estructura, lo cual es una ventaja a la hora de diseñar la cimentación, al calcular el efecto sísmico, al cuantificar el volumen de concreto, la cuantía de acero de los elementos, el aumento en la resistencia al fuego y aislamiento acústico.

La utilización de este material liviano es una oportunidad que ofrece el NSR-10 para las construcciones sismo-resistentes y es oportuno analizar las opciones que se tienen para que en un futuro muy cercano y con base en esta investigación inicial, la cual está siendo complementada con otras tesis de maestría de la Universidad Nacional de Colombia, se pueda analizar una mayor población y tipologías de edificación y amenazas sísmicas, y así se motive la producción a mayor escala de concretos livianos en todas las concreteras del país.

Es uno de los objetivos de este estudio analizar los pros y contras del concreto liviano comparado con el concreto normal en estructuras sismo-resistentes en las condiciones particulares de cada una de las variables contempladas en este estudio. De esta manera se podrá establecer cuando es conveniente usar un concreto u otro.

En esta investigación se hará un recorrido por la historia del desarrollo y uso del concreto liviano en el mundo desde sus orígenes y los tipos de agregados livianos que se han utilizado, así como los procesos que se le realizan a los agregados sintéticos y sus características.

Se indicarán las características de los agregados livianos estructurales de acuerdo con la norma técnica NTC 4045.

Se hará un recorrido por el NSR-10 específicamente en lo que concierne al diseño de elementos estructurales, especificado en su capítulo C. Luego se indicarán los hallazgos de forma analítica y gráfica comparando cuantías de los materiales de construcción de los diferentes edificios diseñados de acuerdo con su altura, tipo de suelo y tipo de concreto para poder determinar cómo se ven afectadas las cuantías con las diferentes variaciones. La intención es que al final de este proceso, y basado en las otras investigaciones en curso mencionadas anteriormente, las empresas promotoras y constructoras puedan contar con información y argumentos suficientes para poder seleccionar un tipo de concreto en el momento en que vayan a concebir sus proyectos.

Objetivos

Objetivo General

Comparar el análisis y el diseño estructural, así como las cuantías de los materiales en estructuras regulares aporticadas y de sistema combinado ubicadas en zona de amenaza sísmica intermedia según el NSR-10, en dos tipos de suelo y variando la altura de las estructuras (3 números de niveles diferentes), utilizando concreto normal y concreto liviano.

Objetivos Específicos

- Evaluar las diferencias en los períodos de vibración de las estructuras diseñadas con diferente tipo de concreto y su influencia en la rigidez lateral y las derivas obtenidas.
- Analizar estructuralmente y diseñar los elementos estructurales principales de cada tipología de edificación con el fin de determinar las cuantías de acero y concreto de los elementos de los edificios estudiados, diseñados con diferentes tipo de concreto.
- Calcular el peso de las estructuras con diferente tipo de concreto y comparar.
- Evaluar los cambios presentados en cada una de las estructuras al aumentar el número de pisos y su influencia.

Capítulo 1

Marco Teórico

1.1. Historia del concreto liviano

La utilización del concreto liviano de manera primitiva inició en el año 3000 a.C, en Asia, donde fueron construidas las ciudades de Mohenjo-Daro y Harappa (Figura 1) en la civilización del valle del Indo. Posteriormente, hace unos 2000 años, cuando los romanos construyeron el Panteón, los acueductos (Figura 2), y el Coliseo Romano (Figura 3) en Europa se construyó la catedral de St. Sofía en Estambul (Turquía) en el año 400 d.C En América los primeros en utilizar el concreto liviano fueron los Mayas cuando construyeron las pirámides en México entre los años 600 y 900 d.C. (Chandra - Berntsson, 2002)



Figura 1. Mohenjo- Daro 2500 A.C. (Indunet)



Figura 2. Acueducto Pond du Gard 14 D.C. (Emiliano)



Figura 3. Coliseo Romano 80 D.C. (Terraconesis)

Aunque el concreto liviano que se utiliza hoy en día no está conformado por agregados naturales, en la antigüedad los agregados utilizados eran de origen natural tales como: la piedra pómez, conchas de aceite de palma, escoria, toba, entre otros. Los cuales se utilizaban como agregados finos y gruesos.

El concreto liviano armado no se utilizó en construcciones portantes hasta tiempos recientes, cuando se consiguió fabricar artificialmente los agregados livianos adecuados. En 1917, Stephen J. Hayde desarrolló en América un proceso mediante un horno tubular giratorio para expandir pizarras y arcillas y obtener agregados livianos resistentes con granos de poca densidad. Es por esta razón que Hayde es considerado el padre de la industria del concreto liviano. A partir de ese momento se logró fabricar concretos que a la misma resistencia tenían densidades mucho menores alrededor del 40%. (Institute, 2009)

En 1920, comenzó a funcionar en Kansas City la primera planta comercial, la producción de Haydite (agregados de esquisto expandidos). Para el año 1941, había siete plantas en los EE.UU y una planta en Canadá. En 1952 se fundó el ESCSI - Instituto de expansión de arcilla, esquisto y pizarra.

Para el año 1955, había cincuenta y cinco productores en los EE.UU y Canadá. Al principio se producían 1,7 millones de metros cúbicos y se incrementó a más de tres millones de metros cúbicos en 1958. (Weigler-Karl, 1974). La primera construcción que se realizó con este material fue la construcción de casco de buques en Estados Unidos durante La Primera Guerra Mundial. Luego entre 1920 y 1940, se construyeron el edificio de la Southwestern Bell Telephone (Kansas City), y la calzada superior del puente colgante de la bahía de San Francisco-Oakland.

El desarrollo del concreto liviano vino luego de que se terminó La Segunda Guerra Mundial mediante investigaciones que comprendían un gran número de agregados livianos de diferentes tipos.

En la década de los 50 en EE.UU se construyeron varios edificios con concreto liviano de forma parcial o total, entre estos están el Prudential Life Building de 42 pisos (Chicago), cuyas losas fueron construidas con concreto liviano y el Hotel Statler Hilton de 18 pisos (Dallas) (Figura 4), cuyo armazón y losas fueron de concreto liviano. (Weigler-Karl, 1974)



Figura 4. Hotel Statler Dallas. (Docomomo)

El mayor crecimiento en la producción de agregados livianos en EE.UU se evidenció entre los años 1950 y 1970, en donde se tenía una producción anual de 30.000 m^3 y 20 años después esta producción aumentó exponencialmente y se producían $3'000.000 \text{ m}^3$.

El desarrollo del concreto liviano se evidenció en Estados Unidos y Canadá, mientras que en el resto del mundo estaba aún en un notable retraso, fue solo hasta mediados de 1960 que en Europa se inició la utilización de concreto de alta resistencia. El primer edificio que se construyó en Gran Bretaña fue un edificio de 3 pisos ubicado en Bentford cerca a Londres en 1958. Hoy en día por su economía y por sus ventajas constructivas se presenta como un material con grandes ventajas en muchos campos de utilización.(Chandra - Berntsson, 2002)

En Europa, Dinamarca puede ser considerada como la cuna europea de la arcilla expandida, la cual inicia el proceso con partículas pequeñas premoldeadas de arcilla que luego, por medio de un proceso de horneado, se expanden aumentando su resistencia a la compresión y disminuyendo su densidad, lo que la convierte en un agregado ideal para la fabricación de concreto liviano, en donde las características de resistencia a la compresión es equivalente al concreto con agregados normales pero con un menor peso. Una planta fue construida en 1939 en Rosnes cerca de Kalundborg, produciendo Leca (Agregado de arcilla expandida) en un horno rotatorio. La capacidad de producción anual era entonces de 20.000 m³. Más tarde, la planta se trasladó y tenía seis hornos construidos, con una capacidad de 1,3 millones de m³ por año. Luego otros países europeos iniciaron hasta tener un total de 35 hornos en funcionamiento. A nivel mundial, tras el proceso de Leca (Agregado de arcilla expandida) con una capacidad de 6 millones de m³. La primera planta Alemana de Leca (Agregado de arcilla expandida) se inició en febrero de 1956, cerca de Itzehohe / Mittelholstein. (Chandra - Berntsson, 2002)

En el Reino Unido, hasta la década de 1970, hubo una amplia selección de agregados livianos para la fabricación de concreto estructural liviano. Entre los materiales naturales procesados, no había producción regular en una escala comercial de los agregados como Leca (Agregado de arcilla expandida), Aglite (Agregado de esquisto expandido), y Solite (Agregado de pizarra expandida). Leca tiene una baja densidad y, por lo tanto, de baja resistencia. Debido a esto, es difícil lograr una característica de resistencia del concreto de 20 MPa. Aglite (Agregado de esquisto expandido) y Solite (Agregado de pizarra expandida) poseen una mayor densidad y tienen mayor resistencia.

Estos podrían producir la gama de la resistencia del concreto adecuada para la mayoría de tipos de estructuras de concreto armado y pretensado, aunque la aplicación de concreto utilizando Aglite (Agregado de esquisto expandido) pretensado en estructuras ha sido escasa.(Chandra - Berntsson, 2002)

Concreto hecho con agregado Solite (Agregado de pizarra expandida) puede lograr alta resistencia grado 60 (60 MPa) o incluso de mayor sin mucha dificultad y es, por lo tanto, un componente alternativo adecuado para concreto pretensado.

Los subproductos industriales procesados incluyen Lytag (Ceniza pulverizada de combustible) y espuma de escoria (fabricado a partir de la explosión en horno de escoria fundida).

El concreto hecho con este último es relativamente pesado, en realidad el más pesado de todos, cuya densidad media es de 2000-2300 kg/m³, por lo que el uso de escoria de concreto celular no era muy popular.

Lytag (Ceniza pulverizada de combustible), como Solite (Agregado de pizarra expandida), pueden producir concretos que abarcan una amplia gama de resistencia alta mayores a grado 60.

A mediados de la década de 1970, sin embargo, el número de opciones era limitado. La producción de Solite (Agregado de pizarra expandida) cesó debido a las restricciones ambientales. Muy pronto la fabricación de Aglite (Agregado de esquisto expandido) también se detuvo, principalmente por razones económicas.

La espuma de escoria fue virtualmente retirada del mercado, aunque, en su lugar, inició la producción de perlita expandida, que es un mineral de origen volcánico que contiene agua molecular, y al estar expuesta a grandes temperaturas (800- 950°C) se expande hasta 20 veces su volumen inicial. La perlita puede producir concretos de media a alta resistencia dentro de un rango de densidad de 1700 a 2000 kg / m³.

En 1994, se produjo un nuevo descenso en la fabricación de agregados livianos en el Reino Unido; Leca (Agregado de arcilla expandida) cesó la producción debido a la pérdida de los derechos de extracción de arcilla. Lytag tuvo que cerrar dos fábricas por la falta de cenizas, una consecuencia directa de la política nacional sobre el uso del carbón para la generación de energía térmica. De hecho, la perlita y Lytag (Ceniza pulverizada de combustible) son los

dos únicos agregados livianos utilizados actualmente en el Reino Unido. Sin embargo, hay algunos agregados importados que incluyen Liapor, Granolux, Arlits (arcilla expandida, España), Ardelite (de Holanda) e Isotag.

El desarrollo histórico de Europa era algo similar al de América del Norte, con muchas plantas de arcilla expandida, esquisto y pizarra que se formaron alrededor de la década de 1960. Por ejemplo, en 1955 y 1964 dos plantas comenzaron en Checoslovaquia (Bratislava y Vintirov), donde se celebraron las conferencias internacionales sobre LWA (Sigla en Inglés para los agregados livianos).

A diferencia de los EE.UU, los europeos utilizaron cenizas volantes de centrales térmicas de carbón y produjeron agregados livianos con densidades aparentes entre 800 y 850 kg/m³ para tamaños de grano mayores a 4 mm. (Chandra - Berntsson, 2002)

En Rusia, la era del agregado liviano inició en 1930 cuando Kostyrko produjo el primer agregado liviano llamado Keramsit, la producción se detuvo por La Segunda Guerra Mundial, y fue solo hasta 1955 cuando se instaló el primer horno rotatorio en la ciudad de Volgograd con una producción de 1 m³/h, de ahí en adelante la producción de agregado liviano aumento año a año así: para 1958 se producía 174.000 m³; en 1960 la producción fue de 690.000 m³; en 1962 la producción fue de 2'850.000 m³ y en 1965 la producción fue de 7'750.000 m³. El número de plantas productoras de agregados livianos en 1980 que existían en Rusia era de 300 las cuales producían más de 30'000.000 m³ por año. Estos agregados tenían una densidad promedio de 500 kg/m³. Lo que no era favorable era la cantidad de energía que se consumía para producir 1m³ de agregado para lo cual se requería 97 kg de combustible y 27.5 kWh.

Para 1995 existían en América del Sur dos plantas ubicadas en Argentina y en Venezuela; en el continente africano dos plantas más en Argelia y Egipto; y, en Japón, otras dos plantas. (Chandra - Berntsson, 2002)

1.2. Agregados Livianos

1.2.1. Agregados Naturales de Origen Volcánico

Se producen cuando el agua atrapada en la roca viscosa y sobre calentada se convierte en vapor, explosionando el magma en una piedra espumosa que se enfriá y solidifica. Se convierte en una roca de vidrio espumado que es dura y friable, con una estructura no cristalina y calcinada de forma natural. (Hesspumice)

Este tipo de material se conoce como agregados volcánicos, piedra pómez o pumita, escoria o agregados. Los agregados son producidos por manipulación mecánica de lava, es decir, la trituración, cribado y molienda. (Weigler-Karl, 1974)

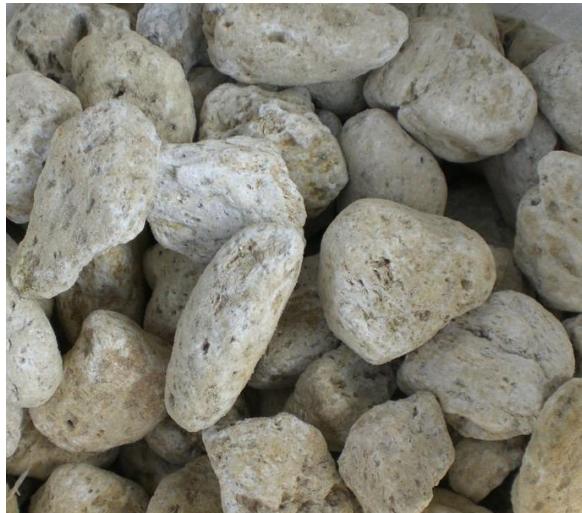


Figura 5. Piedra Pómez. (Alibaba)

1.2.2. Agregados Orgánicos

Los depósitos de petróleo de palma y el uso de residuos agrícolas como agregados para la producción de materiales de construcción tienen varias ventajas prácticas y económicas. La industria de aceite de palma es importante en muchos países como Malasia, Indonesia, Nigeria y Colombia, que es el

primer productor de aceite de palma en América y el cuarto en el mundo. Actualmente, en el país se encuentran sembradas 500.000 hectáreas, lo que significa que en pocos años la producción será de más de 2'000.000 de toneladas de aceite de palma, las cuales producirán una gran cantidad de residuos que podrán ser utilizados en la producción de materiales de construcción. (Portafolio, 2014)

Las conchas de aceite de palma (Figura 6) se producen en grandes cantidades por los molinos de aceite y pueden ser utilizadas como agregados en la producción de concreto liviano. Alrededor de 1,1 toneladas de conchas se producen anualmente por cada hectárea cultivada. Las conchas de aceite de palma son recibidas en piezas trituradas como el resultado del proceso utilizado para liberar el aceite. Las conchas de aceite de palma tienen una densidad aparente de 620 kg/m³ y una gravedad específica de 1,25. Aunque todavía no en la producción comercial de concretos livianos, estos se utilizan localmente por sus ventajas:

1. En la actualidad no tienen ningún valor comercial.
2. Están disponibles a nivel local y el costo del transporte es nominal.

(Weigler-Karl, 1974)



Figura 6. Conchas de aceite de palma. (aliimg)

1.2.3. Agregados Sintéticos

Son producidos por tratamiento térmico de los materiales que tienen propiedades expansivas. Estos materiales se pueden dividir en tres grupos:

1. Los materiales naturales, tales como perlita, vermiculita, arcilla y pizarra.
2. Los productos industriales, como el vidrio.
3. Subproductos industriales, como cenizas volantes, escoria expandida, etc.

Los tipos más comunes de agregados livianos son los producidos a partir de arcillas expansivas.

Las que se realizan a partir de cenizas volantes son conocidas como Lytag. La densidad aparente de los agregados varía mucho dependiendo de las materias primas y el proceso utilizado para su fabricación. De los numerosos agregados livianos existentes solo unos tipos determinados son apropiados para la

fabricación del concreto estructural. En muchos casos, la rigidez y la resistencia propia no son suficientes, como es el caso de la perlita, la piedra pómex y la vermiculita.

Para que los agregados livianos sean utilizados en la fabricación de concreto se deben tener en cuenta estas características:

- La forma de los granos debe ser compacta, redondeada y con la superficie bien cerrada
- Ningún material debe ser nocivo para la pasta de cemento ni para el acero de refuerzo
- Invariabilidad de volumen
- Suficiente resistencia a los fenómenos climatológicos

De los agregados livianos más conocidos están la arcilla y la pizarra expandidas (incluidos la arcilla pizarrosa y la pizarra arcillosa), cuya densidad neta es de 2600 kg/m³ o superior. La pequeña densidad aparente de los granos se debe siempre a su gran porosidad que puede ser del 50% o más de su volumen.

Para conseguir la porosidad en cada uno de los granos se debe hacer un tratamiento a elevadas temperaturas 1100°C o más de acuerdo con el tipo de material, para la inclusión de aire se debe hacer el siguiente procedimiento: (Weigler-Karl, 1974)

1. Formación de gases de determinados componentes de la materia prima o de los aditivos mezclados para conseguir la inclusión de aire. Una parte de los gases originados quedan encerrados en la masa viscosa y la expanden.
2. Mezcla de materia prima reblandecida o ya fundida con agua o vapor. El vapor encerrado o un gas formado en esta mezcla origina, al enfriarse, una estructura celular.
3. Combustión de componentes combustibles de la materia prima.

4. Dependiendo de las circunstancias que se presenten en cada caso se forman de esta manera estructuras de poros finos o grandes. Los poros pueden ser cerrados o comunicarse entre sí.
5. Preparación de la materia prima
6. Los agregados livianos deben presentar la superficie cerrada y muy impermeable. La condición para que esto se cumpla es que desde la inclusión de aire, los granos tengan ya el tamaño deseado y que no tengan que triturarse posteriormente. (Weigler-Karl, 1974)

1.2.3.1. Procedimientos de preparación

1.2.3.1.1 Preparación por la vía seca

Para la obtención de la Pizarra expandida el mineral se tritura hasta el punto preciso para que los granos después de la inclusión de aire alcancen el tamaño deseado.

La forma puntiaguda de la materia prima permanece en el posterior proceso de aireación

Una posibilidad consiste en moler finamente el material preformándolo después al tamaño de grano necesario.

El tamaño de los granos puede determinarse a voluntad, variando la velocidad de giro y la inclinación del eje del plato. Para evitar que los granos se peguen entre sí durante el proceso de inclusión de aire, puede espolvorearse al granulado polvo de mineral, antes de su entrada en horno. (Weigler-Karl, 1974)

1.2.3.1.2 Preparación por la vía húmeda

Se Tritura el material en varias etapas, se homogeniza y se hace una masa plástica moldeable.

De esta masa, mediante prensado, se obtienen piezas moldeadas cilíndricas, cuyas dimensiones tienen ya en cuenta en aumento

de volumen debido a la expansión del aire; o bien, el material pasa directamente, como es el caso del método Leca, a un tambor de secado colocado antes del horno.

Allí es triturado por algunas piezas internas, formándose granos redondeados mediante el movimiento rotatorio del tambor.

Para la uniformidad del agregado liviano es importante que la homogeneidad del material inicial sea suficiente. Las propiedades de los agregados livianos están notablemente influidas por la preparación de la materia prima. Cuando llega al horno una mezcla de granos con diámetros muy distintos, disminuye en general la densidad del grano y con ella su resistencia y rigidez. En cambio cuando se alimenta el horno con tamaños de granos similares, se consiguen agregados livianos cuya densidad de grano es independiente del tamaño del mismo. (Weigler-Karl, 1974)

1.2.3.2. Procedimientos para la expansión del granulado preformado

1.2.3.2.1 Expansión en horno tubular rotatorio

En este procedimiento se usa un horno similar al usado en la fabricación del cemento portland conformado por ladrillos refractarios. Consiste en un cilindro largo dispuesto de forma horizontal con una inclinación de 5°, el cual rota alrededor de su eje. La longitud del horno depende de la composición de la materia prima que será expandida, puede oscilar entre 30 y 60 m de longitud. El material ingresa por un extremo y recorre todo el horno donde gradualmente aumenta la temperatura, es en ese momento donde la expansión toma lugar. Luego el material es

depositado dentro de un enfriador rotatorio donde se enfria con aire frio.

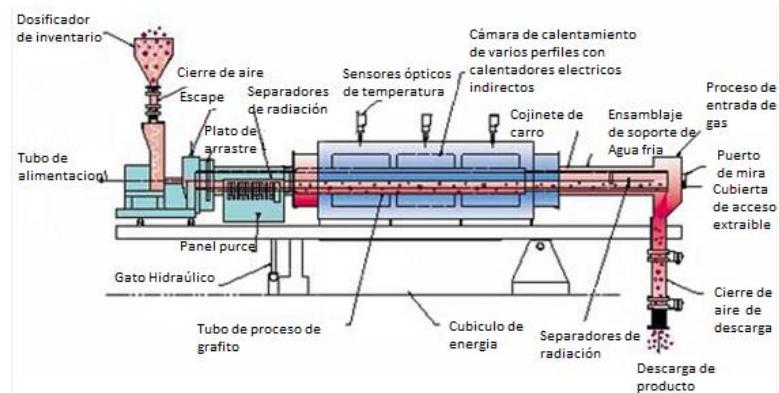


Figura 7. Proceso en horno rotatorio.(Harperint)

1.2.3.2.2 Expansión en horno vertical (Procedimiento de corriente de circulación)

En este procedimiento, los granos de arcilla redondeados producidos previamente mediante un plato granulador llegan en cargas sucesivas a un horno de eje vertical, después de pasar por un tambor de secado. En este punto, el chorro de gases de combustión irrumpen por el centro de la parte inferior de la cámara de combustión, alcanza al material y lo arrastra hacia arriba, hasta que el empuje de expansión del gas es menor que la fuerza de gravedad.

El material cae rodando en la base de la cámara en forma de tolva, donde recibe de nuevo el chorro de humos y se ve otra vez empujado hacia arriba. (Figura 8) Este proceso se repite varias veces.

La combustión dura en total 40 segundos. Este procedimiento de expansión necesita aproximadamente un minuto por operación, incluyendo el tiempo necesario para la carga y extracción del material. (Weigler-Karl, 1974)

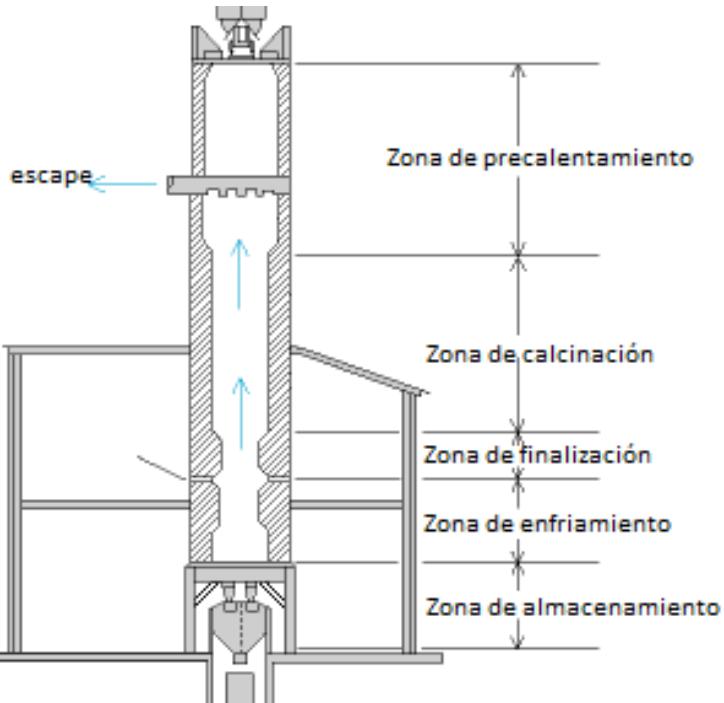


Figura 8. Horno Vertical. (Ghanacrushers)

1.2.3.2.3 Expansión en la cinta de sinterizar

La materia prima se coloca en capas sueltas de aproximadamente 15 a 300 mm de espesor sobre la cinta la cual introduce el material bajo una zona de secado e ignición. La fuente de calor está ubicada en la parte superior lo cual permite que la quema del material inicie desde la parte superior de la capa y continúe hacia abajo, los gases formados producen la expansión del material. En la fabricación de los agregados livianos es adecuada tan solo la sinterización de granos a los que se ha dado previamente una forma conveniente, puesto que, solo así se puede conseguir un

grano redondeado con superficie cerrada. (Figura 9). (Chandra - Berntsson, 2002).

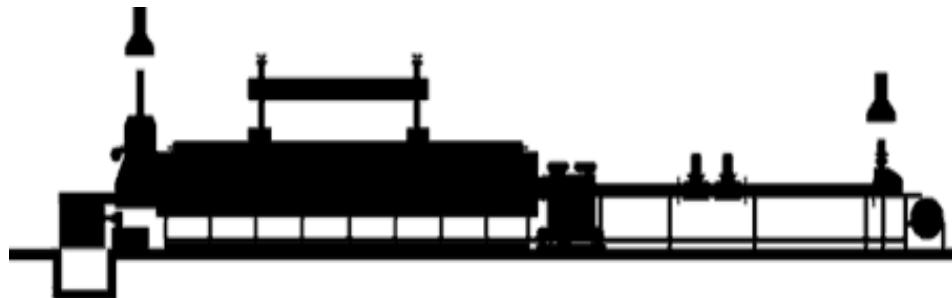


Figura 9. Horno de cinta. (Cremer-Ofenbau)

1.2.4. Propiedades de los agregados y de los concretos

1.2.4.1. Forma y tamaño de los granos

La forma de los granos influye principalmente en las condiciones de manipulación del concreto, en la granulometría del agregado, el contenido de cemento y la cantidad de agua de la mezcla.

Para el concreto liviano el agregado con cantos redondeados proporciona ventajas debido a que se requiere que la superficie del agregado sea cerrada y, de esta manera, evitar que parte del mortero sea absorbido por los agregados debido a su porosidad. A diferencia del concreto normal, los agregados angulares, como piedra triturada, presentan mejor adherencia del material que el de granos redondeados y, por tanto, también aumenta la resistencia, principalmente a la tracción: para el concreto liviano no puede decirse lo mismo. Desde el punto de vista de la calidad no es recomendable una superficie totalmente lisa. Pero tampoco es preciso que la superficie sea tan irregular, ya que en una superficie de grano áspera y de poros abiertos se deposita en los

huecos una cantidad notable de mortero, lo cual no permite que el concreto sea fácil de manejar.

Por otra parte se eleva excesivamente su densidad. Por este motivo los agregados livianos triturados sólo en pocos casos son apropiados para el concreto liviano destinado a la construcción. (Weigler-Karl, 1974)

1.2.4.2. Densidad aparente, densidad real y porosidad de los granos

La densidad aparente de los granos d_{rk} es una de las cualidades principales de los agregados livianos, pues influye de manera predominante en la densidad y la resistencia de los concretos elaborados con ellos. La densidad aparente de un grano se define como la relación entre la masa de dicho grano y el volumen encerrado dentro de la superficie que lo envuelve. Este volumen abarca tanto el volumen del material sólido como el de los poros contenidos en el interior del grano. Los poros situados en las cercanías de la superficie del grano solo deberían incluirse en dicho volumen cuando son tan pequeños que la pasta de cemento no puede introducirse en ellos. La densidad aparente del grano a veces es menor cuanto menor es su tamaño. La reducción de densidad depende del procedimiento de obtención del árido. La densidad aparente de los granos de los agregados secos con grano grande varía prácticamente entre 1/3 y 2/3 del valor de los agregados considerados normales. Para densidades de granos menores, la cantidad de cemento precisa para alcanzar la resistencia necesaria puede crecer de forma poco rentable. Para densidades de grano mayores, la densidad del concreto resulta demasiado grande.

Para el establecimiento de las granulometrías es imprescindible tener valores de la densidad de los granos. El control de esta densidad es un factor decisivo para la uniformidad de los agregados y permite predecir la dispersión de los valores correspondientes a las propiedades del

concreto. Teniendo en cuenta al mismo tiempo la forma y constitución de los granos, la densidad de los mismos proporciona también datos acerca de la resistencia alcanzable en un concreto con un determinado agregado. (Weigler-Karl, 1974)

La densidad real d de un árido se define como la relación entre la masa y el volumen de su parte sólida. Todos los poros que pueden hacerse accesibles, mediante un molido fino, a líquidos muy fluidos, inertes, no se cuentan en este caso al definir el volumen.

La densidad real de los áridos livianos varía entre límites relativamente estrechos (2600 a 3000 kg/m³). En la mayoría de las arcillas y pizarras expandidas de uso frecuente, la densidad real es de 2700 kg/m³ aproximadamente. La densidad real del árido es de un interés marginal en la práctica. Sirve solamente para determinar la porosidad p del árido.

La porosidad es el valor numérico de la relación entre el espacio ocupado por los poros y el volumen encerrado dentro de la superficie del grano. Define el contenido de poros propios del grano. (Weigler-Karl, 1974)

1.2.4.3. Absorción de agua

Por su estructura porosa, los agregados livianos tienen una mayor capacidad de absorción de agua en comparación con los agregados comunes. Es por esto que se debe tener en cuenta en la fabricación del concreto. Esto puede influir en la manejabilidad, la relación a/c , la resistencia y la densidad, y a largo plazo en la retracción y en la fluencia. La absorción de agua se define como la relación entre la masa del agua absorbida en un tiempo determinado y la masa del árido seco.

Se obtiene a partir de la densidad del grano d_{rk} y la densidad del agua d_w y describe la capacidad de absorción de los áridos. (Weigler-Karl, 1974)

Debido a su relevancia en la producción del concreto los agregados antes de ser utilizados en la fabricación del concreto deben

humedecerse, para ello existen diferentes métodos: (Chandra - Berntsson, 2002)

- Sumergir los agregados en agua, algunas veces en agua caliente en el sitio de producción.
- Hacer una aspersión con agua en la pila de agregados.
- Almacenar y agitar los agregados en una pileta de agua
- Pre humedecer los agregados en la mezcladora al inicio del proceso de mezclado.

1.2.4.4. Resistencia a la congelación y descongelación

Debido a los posibles cambios ambientales, en países que tienen estaciones, es necesario que los agregados livianos tengan una resistencia a la congelación, con un daño en los granos menor al 4% en masa. A continuación se describe un procedimiento para medir la resistencia de los agregados al congelamiento.

Para el ensayo se coloca primeramente el agregado, secado a 105°C, durante 2 horas sumergido en agua a unos 20°C. Las cantidades, según el tipo de grano son:

4-8mm	500g
8-16mm	1000g
16-25mm	2000g

(Weigler-Karl, 1974)

Una vez se ha escurrido durante un minuto aproximadamente, se desparrama en una bandeja de plástico o en un recipiente cualquiera, con un fondo de unos 100 cm² de superficie y una altura máxima de 20cm. El agregado húmedo contenido en este recipiente eventualmente debe permanecer por lo menos 6 horas en una cámara de congelamiento que, al iniciar el experimento, ya debe encontrarse a una temperatura de -15 a -20°C, manteniéndola a lo largo de la prueba. Seguidamente, se

coloca el agregado durante una hora dentro de agua a +20°C. Después de escurrir y secar cuidadosamente, se lleva a cabo de nuevo el mismo proceso de congelación. Deben realizarse un total de 20 ciclos de congelación y descongelación. A continuación debe verterse el agregado sobre la criba normalizada de orificios de tamaño el más próximo menor al de los granos más pequeños del agregado examinado (por ejemplo, para un agregado del grupo granulométrico 16-25mm sobre la criba con orificios de 8mm de diámetro) ayudando a cribar con la mano, y si es preciso se aplicará un chorro de agua para eliminar las partículas finas que puedan estar adheridas. Lo que ha permanecido en el cedazo se seca a 105°C y se pesa. Se calcula la cantidad pasada por la criba midiendo la masa inicial y la resultante al final de la prueba, y se indica en % de la masa inicial. Se considerará válido el promedio obtenido de tres ensayos. El aumento de un 10% en volumen que sufre el agua de los poros al congelarse es una de las causas que puede dañar a los agregados livianos. Los agregados en los que la totalidad de sus poros se llenan de agua corren especial peligro. Por fortuna, aún después de mucho tiempo debajo del agua, los poros de la mayoría de los agregados se llenan solo en parte. Los restantes poros, con aire, sirven para absorber el aumento de volumen ocasionado por el hielo. El efecto de expansión que todavía subsista puede ser resistido por el grano, sin que sea destruido, en la mayoría de los casos. (Weigler-Karl, 1974)

El grado de resistencia a la congelación y descongelación viene determinado principalmente por las condiciones de superficie y la estructura de poro de los agregados. Adicionalmente, influye también la textura proveniente del proceso de fabricación (por ejemplo, la estructura laminar de algunas arcillas expandidas). Para cada tipo de árido existe un grado de saturación crítico, a partir del cual se inicia el deterioro. Este grado de saturación tarda tanto más en aparecer, si es que aparece,

cuanto más compactas son la superficie y la estructura interna de los granos.

Los agregados de pizarra expandida, en comparación con los de arcilla expandida, con porosidad similar, presentan a menudo una absorción de agua notablemente menor. El volumen que disponen para compensar la dilatación del agua es, por tanto, mayor. Por ello se destacan como especialmente resistentes a los procesos de congelación y descongelación. (Weigler-Karl, 1974)

1.2.4.5. Materiales perjudiciales

Los agregados no deben reblanecerse con el agua, ni descomponerse, ni formar combinaciones desfavorables con los elementos del cemento; no deben influir negativamente sobre la hidratación ni amenazar la protección contra la corrosión del acero. Según la cantidad y distribución pueden ser nocivos los componentes siguientes:

- Polvos finos: de diámetros menores a 0.063mm, capaces de entrar en suspensión, pueden afectar el concreto si están presentes en cantidades excesivas y son perjudiciales cuando se adhieren a los granos de los agregados.
- Material de origen orgánico: humus y otros ingredientes orgánicos finamente divididos pueden afectar el fraguado del cemento y, cuando aparecen en forma granular, originan coloraciones o bien desconchados por hinchaón en el concreto (por ejemplo, componentes similares al lignito). En los agregados a base de arcillas y pizarras expandidas a altas temperaturas no es fácil encontrar tales tipos de elementos, que se queman durante el proceso de fabricación. El azúcar, materiales similares o sales solubles afectan el fraguado del concreto así estos materiales estén presentes en cantidades mínimas.

- Compuestos de azufre: con pequeñas cantidades de sulfuros o sulfatos se puede ver afectado en gran medida el concreto, ya que con los sulfuros y debido a la presencia de aire y humedad en el concreto, se oxidén pasando a sulfatos. Sulfatos solubles en agua (por ejemplo sulfatos alcalinos) se combinan en presencia de agua con las sales de aluminio del cemento y originan perturbaciones que pueden destruir totalmente el concreto. Las arcillas y pizarras expandidas están libres, en general, de sulfuros y sulfatos perjudiciales.
- Materiales corrosivos: los agregados destinados a concreto liviano para la construcción no deben contener cantidades perjudiciales de sales que originen la corrosión de la armadura, como por ejemplo nitratos y halogenuros (a excepción de fluoruros). En las arcillas y pizarras expandidas no aparecen este tipo de compuestos. (Weigler-Karl, 1974)

1.2.4.6. Resistencia térmica del concreto

Una ventaja importante del concreto reforzado liviano respecto al normal es su mejor comportamiento frente al aislamiento térmico. Esto se debe a la menor conductibilidad térmica de los agregados livianos, lo que viene ocasionado por la porosidad y la correspondientemente menor densidad de los granos. Además, la estructura no cristalina de la mayoría de los agregados livianos resulta ventajosa. Debido a las altas temperaturas alcanzadas en su fabricación, los agregados livianos expandidos son muy refractarios. Al contrario de los agregados que contienen cuarzo, que aumentan repentina y considerablemente su volumen alrededor de los 570°C, debido a un cambio de cristalización, en los agregados expandidos no se producen, incluso a altas temperaturas, cambios de volumen de efecto perjudicial. (Weigler-Karl, 1974).

1.2.4.7. Producción de concreto liviano

Para producir concreto liviano primero es necesario conocer los requerimientos o especificaciones, por lo cual se deben combinar diferentes materiales para satisfacer la manejabilidad y la posterior resistencia del concreto fraguado. Dentro de las características requeridas del concreto se encuentran: manejabilidad, resistencia a la compresión, densidad, resistencia al congelamiento, conductividad térmica, permeabilidad y la durabilidad. También hay requisitos implícitos en la buena calidad del concreto, como la estabilidad frente a la segregación de agregados, homogeneidad después del transporte y compactación.

El diseño de las mezclas entre los dos tipos de concretos no es muy diferente, aunque es necesario tener en cuenta que los agregados livianos absorben más agua de la pasta de cemento debido a su porosidad. Esta absorción de agua se ve reflejada en la disminución en la manejabilidad del concreto liviano en estado fresco; las partículas del agregado de menor densidad pueden segregarse y ascender a la superficie del concreto, al cambiar la densidad de los agregados se puede afectar la densidad y la resistencia del concreto.

Es recomendable conocer el porcentaje de absorción del agregado para tenerlo en cuenta al momento de diseñar el concreto.

- Volumen de la pasta de cemento: Se recomienda que sea entre 0.28 y 0.35 m³ por cada 1 m³ de concreto.
- Consistencia: está relacionada con la pasta de cemento e influye principalmente en la consistencia y manejabilidad del concreto. Inclusive se debe tomar en cuenta la absorción del agregado liviano. Para medir la consistencia se hace la prueba de asentamiento.

- Mezcla inicial: Las cantidades de los componentes del concreto se especifican en peso y en volumen para fabricar 1 m³ de concreto compacto. Pero para el caso de los agregados livianos se aconseja adicionarlos a la mezcla por volumen en vez de por peso teniendo en cuenta que la densidad puede variar.
- Ensayo de mezcla: Si se va a realizar una primera mezcla se debe probar la densidad en fresco y la consistencia. De esta manera se verifica que los resultados obtenidos concuerdan con los teóricos esperados. De presentarse diferencias se harán los ajustes requeridos. Posteriormente se toman muestras en los cilindros para ensayarlos.
- Mezcla final: se prueban la densidad y la resistencia a la compresión a los 28 días. Después de probarlos, las muestras se secan a 105°C, y la sobre densidad es calculada y registrada, de la misma manera se anotan la densidad del concreto fresco y la densidad luego de su almacenamiento. (Chandra - Berntsson, 2002)

1.2.4.8. Características del concreto liviano

- El concreto liviano tiene una menor resistencia en comparación al concreto normal con la misma relación agua/cemento, basado en que las partículas de agregado liviano tienen menor resistencia que la pasta de cemento endurecida.
- Las ventajas de utilizar agregados livianos en la fabricación de concreto se deben a que estos se adhieren a la pasta de cemento y debido a que su coeficiente de expansión térmica y el módulo de elasticidad son muy similares a la pasta de cemento seca.
- Como material compuesto este tipo de concreto es más homogéneo disminuyendo las microfisuras.

- El agua absorbida por el agregado puede ayudar para extender la hidratación del cemento, dilatando y reduciendo las fisuras causadas por la falta de humedad.
- La reducción en la permeabilidad, en la fisuración por contracción y la mejora en durabilidad. (Chandra - Berntsson, 2002)

1.3. Investigaciones en Colombia

En Colombia los trabajos de investigación que se han realizado consisten, principalmente, en el estudio de las arcillas que podrían ser utilizadas como materia prima para la elaboración del agregado grueso liviano y que cumplan los requisitos exigidos en la normatividad vigente para la posterior fabricación de concreto liviano. De acuerdo con la lectura realizada a los trabajos de grado nacionales disponibles, en donde el tema estuviera relacionado con concreto liviano se pueden destacar los siguientes:

1. Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el norte de la sabana de Bogotá. Autor: Diana Carolina Rodríguez Ordoñez. Universidad Nacional de Colombia – Bogotá 2010.
2. Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá. Autor: Diego Roberto Martínez Pineda. Universidad Nacional de Colombia – Bogotá 2010.

En estos dos estudios se realizó todo el proceso de la fabricación de concreto liviano a partir de la extracción de la materia prima principal, que es la arcilla, tomada de la sabana de Bogotá una de la zona norte y otra de la zona sur. Se hacen los estudios del material para determinar cuáles eran aptos para el proceso, posteriormente hacen la fabricación del agregado por dos métodos y determinan las características de cada uno, y finalmente hacen la selección del material que se utilizará para la

fabricación del concreto. Como muestra patrón usan el agregado ALIVEN (Agregado liviano Importado de Venezuela).

Una vez se produce el concreto liviano de la Sabana, se hacen los ensayos respectivos indicados en la Normas, tales como compresión y tensión, y se comparan con los resultados obtenidos utilizando el concreto liviano de Venezuela.

3. Estudio experimental sobre la expansión térmica de arcillas. Autor: Alexandra Giraldo. Universidad Nacional de Colombia – Medellín 2004.

En este estudio se ensayaron muestras de arcilla natural y otras compuestas con cenizas volantes o con carbonato de calcio para ver que tanto se expandían. Para ello se hizo el procedimiento mediante quema lenta y rápida a temperaturas entre 1100 y 1250ºC.

4. Caracterización de fuentes de extracción de arcillas expansivas para la elaboración de agregado liviano mediante cocción. Autor: José Acevedo Ramos. Universidad Cooperativa de Colombia – Medellín.

En este estudio se hace una investigación de todo lo relacionado con las arcillas expansivas, primero basándose en documentación relacionada con las arcillas y sus propiedades, para luego hacer ensayos en el laboratorio y poder clasificar las arcillas que tienen características expansivas de las que no lo son.

1.4. Producción de concretos livianos en Colombia

Se hizo un recorrido por las diferentes concreteras del país tratando de encontrar dentro de su portafolio de productos los tipos de concreto liviano que ofrecen.

En la empresa Cemex se maneja un producto llamado Insularis cuyas propiedades son:

- Baja densidad (1200 a 1900 kg/m³)
- Resistencia a la compresión de 28 MPa
- Menor conductividad térmica

- Disminuye los esfuerzos por dilatación y contracción térmica de las placas de cubierta en edificaciones

Se puede utilizar en:

- Muros
- Placas de entrepisos y cubiertas
- Elementos divisorios como salas de cine y lugares de reunión
- Paneles de concreto prefabricados

Dentro de sus componentes y características se encuentra:

- Relación agua / cemento: 0,36
- Cemento Gris Tipo 1
- Agua
- Grava fina (1/2")
- Arena gruesa
- Aditivo Incorporador de Aire
- Aditivo Acelerante
- Aditivo Plastificante
- Aditivo Superplastificante
- Styropor (Un tipo de poliestireno)

De acuerdo con lo encontrado, en el mercado nacional aún no se cuenta con concreto liviano fabricado con agregados livianos tales que puedan utilizarse en todos los elementos sismo resistentes que conforman una edificación .

1.5. Normatividad en Colombia

1.5.1. NTC 4045. Agregados Livianos para concreto estructural

En esta norma se establecen las características que deben tener los agregados livianos para ser utilizados en el concreto estructural de tal manera que cumplan

con los requisitos de peso y resistencia. En esta norma se contemplan dos tipos de agregados:

- Agregados Procesados: obtenidos por expansión, paletización o sinterización de productos como escorias de alto horno, arcilla, diatomita, cenizas finas, esquisto o pizarra.
- Agregados naturales: aquellos utilizados en su estado natural, tales como piedra pómez o escoria.

1.5.1.1. Composición química

Los agregados se deben someter a ensayos específicos y no se aceptarán si:

- Los agregados se deben someter a ensayo de impurezas orgánicas y si producen un color más oscuro que el estándar.(NTC 127 (ASTM C 40))
- Si el agregado produce manchas fuertes debido a su contenido de hierro igual o superior a 1.5 mg/200g de muestras, expresado como Fe_2O_3 . (ASTM C 641)
- Presentan pérdida por ignición superior al 5%.

1.5.1.2. Propiedades físicas

Los agregados deben cumplir los siguientes requisitos:

- La cantidad de terrones de arcilla debe ser inferior al 2% en masa seca.
- Para asegurar una uniformidad razonable entre los diferentes lotes de agregado liviano, el módulo de finura se debe determinar sobre muestras tomadas de cada lote en los intervalos estipulados por el comprador. Si el módulo de finura del agregado de cualquier lote difiere en más del 7% del de la muestra sometida al ensayo de aceptación, se debe rechazar el agregado,

a menos que se pueda demostrar que se van a producir concretos de las características requeridas.

- La gradación debe cumplir los siguientes requisitos (Tabla 2)

Tabla 1. Requisitos de gradación en agregados livianos

Requisitos de gradación para agregados livianos para concreto estructural									
Designación del tamaño	Porcentaje (por masa) de tamices con orificios cuadrados								
	(1") 25,0 mm	(3/4") 19,0 mm	(1/2") 12,5 mm	(3/8") 9,5 mm	(No. 4) 4,75 mm	(No. 8) 2,36 mm	(No.16) 1,18 mm	(No. 50) 300pm	(No.100) 150 pm
Agregado fino: 4,75 mm a 0				100	85-100		40-80	10-35	5-25
Agregado grueso:									
25 mm a 4,75 mm	95-100		25-60		0-10				
19 mm a 4,75 mm	100	90-100		10-50	0-15				
12,5 mm a 4,75 mm		100	90-100	40-80	0-20	0-10			
9,5 mm a 2,36 mm			100	80-100	5-40	0-20	0-10		
Agregado combinado fino y grueso									
12,5 mm a 0 mm		100	95-100		50-80			5-20	2-15
9,5 mm a 0 mm			100	90-100	65-90	35-65		10-25	5-15

NTC 4045 (ICONTEC, 1997)

- La masa unitaria de los agregados livianos debe cumplir los requisitos presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Requisitos de Masa Unitaria

Designación del tamaño	Masa suelta seca Máx (kg/m ³)
Agregado Fino	1120
Agregado Grueso	880
Agregados finos y combinados	1040

NTC 4045 (ICONTEC, 1997)

- La masa unitaria informada de los lotes de agregados livianos sometidos a los procedimientos de ensayo y muestreo, no debe diferir en más del 10% de la muestra sometida a los ensayos de aceptación.
- Los especímenes de concreto sometidos a ensayo, que contienen agregados livianos, deben cumplir los siguientes requisitos:
 - Resistencia a la compresión NTC 673 (ASTM C 39)
 - Masa unitaria NTC 4022 (ASTM C 567)
 - Resistencia a la tensión de agrietamiento NTC 722 (ASTM C 496). La resistencia a la compresión y la masa unitaria deben ser un promedio de tres especímenes, Debe ser posible elaborar concreto estructural utilizando los agregados livianos bajo ensayo, de manera que en la misma bachada de concreto, se satisfagan uno o más de los requisitos de resistencia a la compresión y de resistencia a la tensión de agrietamiento de la Tabla 3, sin que se exceda los valores de la masa unitaria máxima correspondiente. Valores intermedios para resistencia y masa unitaria, se pueden establecer por interpolación. Ver nota 1.

Tabla 3. Requisitos de masa unitaria, Resistencia a la tensión y compresión

Promedio de la masa unitaria secada con aire, a 28 d, máx (kg/m ³)	Promedio de resistencia a la tensión de agrietamiento a 28 d, min (MPa)	Promedio de la resistencia a la compresión, a 28 d, min. (MPa)
Agregado liviano		
1760	2,2	28
1680	2,1	21
1600	2,0	17
Agregado liviano y arena		
1840	2,3	28
1760	2,1	21
1680	2,1	17

NTC 4045 (ICONTEC, 1997)

Nota. 1. Los materiales que no cumplen los requisitos de resistencia promedio mínima a la tensión de agrietamiento, se pueden utilizar siempre y cuando el diseño se modifique para compensar su valor inferior.

Tabla 4. Masa de la muestra para ensayo de tamizado en agregados finos

Intervalo de la masa nominal del agregado lb/pie ³	Masa de la muestra de ensayo (g) kg/m ³
5-15	80-240
15-25	240-400
25-35	400-560
35-45	560-720
45-55	720-880
55-65	880-1040
65-70	1040-1120

NTC 4045 (ICONTEC, 1997)

La muestra de ensayo para agregados gruesos debe estar compuesta como mínimo de 2380 cm³ del material usado para la determinación de la masa

- Masa unitaria suelta (NTC 92 (ASTM C 29)).
- Terrones de arcilla y partículas deleznables en agregados (ASTM C 142).

1.5.2. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-resistente NSR-10

1.5.2.1. Definición de concreto liviano

En este reglamento se encuentra la definición de los tipos de concreto liviano así:

- Concreto completamente liviano es aquel concreto que contiene agregado fino y grueso de peso liviano y que cumple con lo especificado con la NTC 4045 (ASTM C 330).
- Concreto liviano: concreto que contiene agregado liviano y que tiene una densidad entre 1440 y 1840 kg/m³.
- Concreto liviano con arena de peso normal: su agregado fino es de peso normal.

1.5.2.2. Análisis y diseño

Cuando se utilice el concreto liviano se debe utilizar un factor λ que depende del tipo de concreto liviano establecido por el NSR-10, como multiplicador en todas las ecuaciones donde esté presente $\sqrt{f'c}$. Este factor varía entre 0.75 y 0.85 de acuerdo a si el concreto liviano está conformado por agregados finos y gruesos livianos o si solo el agregado grueso es liviano. Si se especifica la resistencia promedio a la tracción por hendimiento del concreto liviano, f_{ct} , entonces,

$$\lambda = \frac{f_{ct}}{(0.56\sqrt{f'c})} \leq 1.0$$

A continuación se enumeran los capítulos que incluyen dentro de sus fórmulas el factor λ y que deben tenerse en cuenta en el diseño dependiendo del tipo de concreto con el que se van a diseñar los elementos estructurales que conforman los edificios de esta investigación.

1.5.2.2.1 Consideraciones generales. Capítulo C.8.

En este capítulo se encuentra en C.8.5 la ecuación del módulo de elasticidad E_c , en donde se establece la primera diferencia entre el concreto de densidad normal y el concreto liviano así:

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} \text{ (MPa)} - \text{Concreto de densidad normal (Ec.1)}$$

$$E_c = w_c^{1.5} 0.045\sqrt{f'c} \text{ (MPa)} - \text{Concreto Liviano (Ec.2)}$$

Donde w_c es la densidad del concreto (kg/m^3).

De igual manera se deben aumentar los espesores mínimos de las vigas no preeforzadas indicadas en la tabla C.9.5(a) del NSR-10, de acuerdo a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de mayoración} = 1.65 - 0.0003w_c \text{ (Ec.3)}$$

Donde w_c es la densidad del concreto que debe estar entre 1440 y 1840 kg/m^3 .

El factor de mayoración no puede ser en ningún caso menor a 1.09.

1.5.2.2.2 Cortante y torsión. Capítulo C.11

De acuerdo a la filosofía del cortante que se resume en:

$$\phi V_n \geq V_u \text{ (Ec.4)}$$

Donde V_u es la fuerza cortante mayorada en la sección en consideración y V_n es la resistencia nominal al cortante y se calcula así:

$$V_n = V_c + V_s \text{ (Ec.5)}$$

Donde V_c es la resistencia nominal al cortante del concreto y V_s la resistencia nominal del acero.

$$V_c = 0.17\lambda\sqrt{f'c}b_w d \text{ (Ec.6)}$$

Donde V_c es la resistencia a cortante asumida por el concreto, para elementos sometidos únicamente a cortante y flexión que trabajen en una dirección.

b_w es el ancho del alma, en mm

d es la distancia de la fibra extrema a compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción, en mm

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g}\right) \lambda \sqrt{f'c} b_w d \text{ (Ec.7)}$$

Donde N_u es la carga axial mayorada normal a la sección transversal.

A_g es el área bruta de la sección de concreto, en mm^2 .

La ecuación anterior se aplica a elementos sometidos a compresión axial.

Una vez se conoce V_c y V_u , se puede determinar V_s

Es decir lo que le falte a ϕV_c para alcanzar a V_u , corresponderá al refuerzo por corte requerido donde Φ es 0.75.

$$\phi V_s = \frac{d\phi A_v f_y}{s} \quad (\text{Ec.8})$$

La ecuación anterior es para estribos perpendiculares al eje del elemento, donde A_v es el área de refuerzo cortante en mm^2 dentro de una distancia s .

La resistencia al cortante suministrada por el acero de refuerzo debe cumplir la siguiente condición:

$$\phi V_s \leq \phi 0.66 \sqrt{f'_c} db_w \quad (\text{Ec.9})$$

1.5.2.2.3 Longitud de desarrollo y empalmes de refuerzo.

Capítulo C.12

La longitud de desarrollo es directamente proporcional al diámetro de la barra e inversa a $\lambda \sqrt{f'_c}$, por lo tanto se debe tener presente que dependiendo el tipo de concreto a utilizar las longitudes de desarrollo varían.

La importancia del factor λ , radica en que la resistencia a la tracción de los concretos elaborados con agregados livianos es menor a los concretos normales por la forma particular de los agregados livianos la cual es lisa y no presenta aristas que hagan resistencia a las solicitudes tracción o de corte a las cuales puedan estar sometidas durante su vida útil, es por esta razón que la resistencia a cortante de los concretos livianos se puede ver afectada; también por las propiedades de fricción y la resistencia al hendimiento. Por esta razón las longitudes de desarrollo para contrarrestar esta deficiencia del concreto liviano deben ser aumentadas de forma equivalente al valor de λ .

1.5.2.2.4 Control de deflexiones. Capítulo C.9

Con el fin de evitar que las deflexiones afecten la resistencia o el funcionamiento de la estructura en los elementos sometidos a flexión es necesario limitarlas.

Tabla 5. Altura o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas.

Elemento	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Losas macizas en una dirección	l/20	l/24	l/28	l/10
Vigas ó losas nervadas en una dirección	l/16	l/18.5	l/21	l/8

La tabla anterior puede ser utilizada para vigas o losas en una dirección teniendo en cuenta que sobre estos elementos no soporten otros elementos que sean susceptibles de dañarse debido a grandes deflexiones. Los valores de la tabla anterior aplican para elementos construidos con concreto normal.

Para concreto liviano cuya densidad esté entre 1440 y 1840 los valores de la tabla anterior deben afectarse por el siguiente factor: $(1.65 - 0.0003w_c)$, teniendo en cuenta que el resultado no puede ser en ningún caso menor a 1.09.

En elementos sometidos a flexión no hay recomendaciones con respecto al diseño de los elementos, esto se debe a que cuando un elemento está diseñado a flexión el momento de la falla se presenta cuando el acero de tracción alcanza su límite elástico. Lo cual implica que las secciones deben ser subreforzadas para evitar una falla súbita, lo que se presentaría si el material que fallara primero fuera el concreto.

Capítulo 2

Metodología

2.1. Condiciones Generales

Para establecer las condiciones y parámetros de este proyecto se hizo una investigación de diversos proyectos diseñados por la empresa de consultoría en ingeniería estructural colombiana P&P Proyectos S.A.S. A lo largo de su trayectoria de diseños de edificaciones con características similares para una zona de amenaza sísmica intermedia ubicada en la ciudad de Bogotá.

La familia de muestra seleccionada buscaba establecer las alturas libres entre losas de entrepiso que se utilizan normalmente en los proyectos, la separación entre ejes, el número de pisos, el tipo de cimentación, el tipo de suelo, la capacidad portante del suelo y el uso de mayor frecuencia dentro del lote de muestreo.(Ver tabla 6)

De acuerdo con el cuadro que se realizó, se tomó la decisión que para el alcance de este trabajo en zona de amenaza sísmica intermedia se iba a tomar la ciudad de Bogotá y las zonas según la microzonificación en donde se iban a ubicar los edificios serían Lacustre 200 (LAC 200) y Piedemonte B (PIED B) por razones de frecuencias de ocurrencia de cada muestra.

La separación entre los ejes estructurales en planta se asumió de 8.0 m y se escogió una estructura regular de 6 ejes en el sentido X y de 4 ejes en el sentido Y. La altura entre placas se fijó en 3.0 m.

Las estructuras no tienen sótanos y el primer piso corresponde a la placa de contrapiso de la cimentación.

Las estructuras a estudiar van a variar su altura 5 pisos entre ellas siendo la altura del primer edificio de 5 pisos, la siguiente 10 pisos y la última de 15 pisos, nuevamente seleccionadas de acuerdo al mercado más frecuente en el medio de la construcción real colombiana.

En total se van a analizar y diseñar estructuralmente 12 edificios así:

- 2 edificios de 5 pisos en LAC 200 (Uno en concreto normal y otro en concreto liviano)
- 2 edificios de 5 pisos en PIED B (Uno en concreto normal y otro en concreto liviano)
- 2 edificios de 10 pisos en LAC 200 (Uno en concreto normal y otro en concreto liviano)
- 2 edificios de 10 pisos en PIED B (Uno en concreto normal y otro en concreto liviano)
- 2 edificios de 15 pisos en LAC 200 (Uno en concreto normal y otro en concreto liviano);
- 2 edificios de 15 pisos en PIED B (Uno en concreto normal y otro en concreto liviano)

Tabla 6. Listado de proyectos y sus características

Proyecto	Tipo estructura	N.Pisos	Tipo de suelo	Microzonificación	Tipo de cimentación	Luces parqueadero (m)	Dist.Ejes (m)	h piso (m)
1	Muros	16	F	Lacustre 100	Placa pilotes	7.11	7.36	2.65
2	Muros	17	F	Lacustre 100	Pilotes	7.80	8.20	2.65
3	Muros	16	F	Lacustre 200	Placa pilotes	6.90	7.20	2.70
4	Muros	14	E	Lacustre aluvial 300	Placa pilotes	4.80	5.02	2.65
5	Muros	13 y 14	E	Lacustre aluvial 300	Pilotes	7.30, 4.80	7.60, 5.10	2.44
6	Muros	12	F	Lacustre 300	Placa pilotes	7	7.30	2.52
7	Muros	12	F	Lacustre 200	Placa pilotes	7.2	7.50	2.6
8	Muros	17	Est.Local		Pilotes	6.5	6.90	2.45

Proyecto	Tipo estructura	N.Pisos	Tipo de suelo	Microzonificación	Tipo de cimentación	Luces parqueadero (m)	Dist.Ejes (m)	h piso (m)
9	Muros	13	F	Lacustre300	Pilotes	6.00	6.30	2.50
10	Muros	12	Est.Local		Pilotes	7.00	7.30	2.39
12	Pórticos	12 a 16	D	Piedemonte B	Caissons	7.20	7.60	3.50
13	Pórticos	11	D	Piedemonte B	Caissons	7.25	7.72	3.50
14	Pórticos	17	D	Lacustre 300	Placa pilotes	7.25	7.60	3.70
15	Pórticos	8	D	Piedemonte B	Placa pilotes	6.95	7.55	3.50
16	Pórticos	6	F	Lacustre 200	Placa pilotes	7.37	7.87	3.30
17	Pórticos	12	E	Lacustre 100	Placa pilotes	7.40	8.00	3.60
18	Pórticos	15	F	Lacustre 200	Placa pilotes	7.37	7.62	2.90
19	Pórticos	10	D	Piedemonte B	Zapatas	7.30	8.00	3.30
20	Pórticos	30	E	Piedemonte B	Pilotes	6.50	7.50	4.50
21	Pórticos	10	E	Lacustre 100 y 200	Placa Pilotes	7.25	7.75	3.60
22	Pórticos	6	F	Lacustre 200	Placa pilotes	7.40	8.00	3.00
23	Pórticos	17	F	Lacustre 200	Placa pilotes	7.30	8.00	2.90
24	Pórticos	12	S2	1B y 2C	Pilotes	8.60	9.00	3.05
25	Pórticos	15	F	Lacustre 200	Placa pilotes	7.60	8.00	2.85
26	Pórticos	7	D	Lacustre 100	Placa pilotes	7.70	8.00	3.45
27	Pórticos	9	C	Deposito Ladera	Caissons	7.50	8.10	3.10
28	Pórticos	7	S4	Zona 3	Pilotes	6.20	6.60	3.50
31	Pórticos	6	s1	Z1 a Cerros orientales	Zapatas	6.00	6.50	2.80
32	Pórticos	6	s3	Zona 3	Zapatas	8.00	8.40	3.05

Proyecto	Tipo estructura	N.Pisos	Tipo de suelo	Microzonificación	Tipo de cimentación	Luces parqueadero (m)	Dist.Ejes (m)	h piso (m)
33	Pórticos	7	s1	2A Piedemonte	Zapasas	7.40	8.00	2.80
34	Pórticos	12	s1	Z1 cerros	Zapasas	7.80	8.20	2.90
35	Pórticos	5	s1	Piedemonte B	Zapasas	7.40	7.80	3.10

2.2. Condiciones geotécnicas

Una vez se establecieron las condiciones generales como la altura, los tipos de subsuelo y la microzonificación sísmica, se recolectaron los estudios de suelos que cumplieran con estas características y se revisaron las capacidades portantes del terreno teniendo en cuenta que la cimentación para los edificios de 5 pisos se van a cimentar en zapatas y para los edificios de 10 y 15 pisos en pilotes.

De los estudios de suelos revisados se tomaron los siguientes datos como base para la elaboración del diseño de la cimentación.

- Para edificios de 5 pisos: 40t/m^2 como presión admisible del terreno
- Para edificios de 10 pisos:

Tabla 7. Capacidad pilotes Ed. 10 pisos

z		Diámetros (m)	
(m)	0.6	0.7	0.8
40	111	130	148
41	114	133	152
42	117	136	156

- Para edificios de 15 pisos:

Tabla 8. Capacidad pilotes Ed. 15 pisos

z (m)	Diámetros (m)	
	0.7	0.8
60	212	234
61	216	238
62	220	218
63	225	222
64	228	226
65	232	230

- Separación entre pilotes de 3 diámetros entre ejes

2.3. Caracterización sísmica

De acuerdo con lo encontrado en los proyectos revisados se estableció que los edificios se ubicarían en zonas de microzonificación Lacustre 200 (Figura 9) y Piedemonte B (Gráfica 2) debido a la frecuencia de ocurrencia dentro del lote de muestreo con datos reales.

A continuación se presentan los espectros de los dos tipos de suelo que se utilizaran en el desarrollo del proyecto.

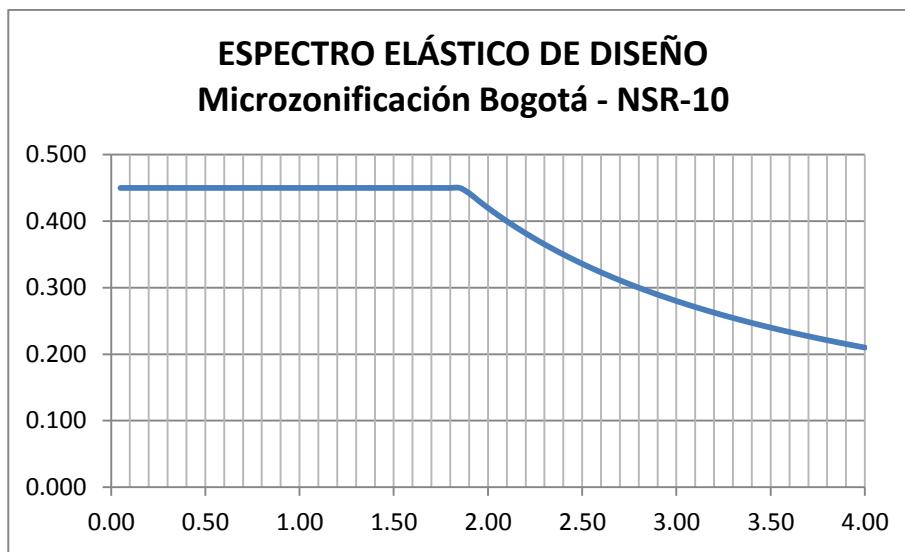


Figura 10. Espectro de diseño Lacustre 200

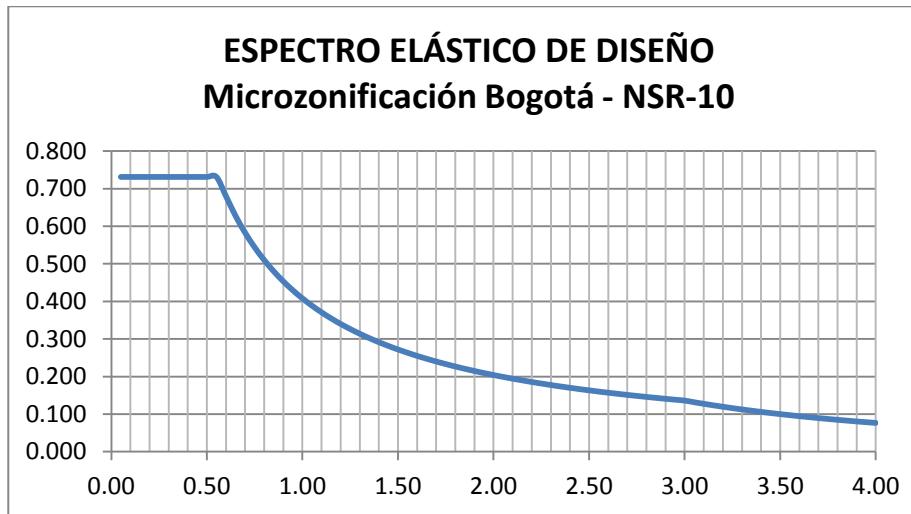


Figura 11. Espectro de diseño Piedemonte B

Uno de los parámetros que afecta el diseño sismo-resistente de una edificación es el grupo de uso. Dicho parámetro en edificios tiene un valor que varía entre 1 y 1.5 e indica la importancia de la edificación, los niveles de seguridad y funcionalidad requeridos. En la NSR-10 existen 4 grupos de uso:

- Grupo IV: Edificaciones indispensables. Son aquellas que deben permanecer en funcionamiento durante y después de un sismo, tales como: hospitales, aeropuertos, estaciones de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de radiodifusión, edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, estructuras que contengan materiales explosivos, tóxicos, entre muchos otros.

Coeficiente de importancia: 1.50

- Grupo III: Edificaciones de atención a la comunidad. Son las estructuras y sus accesos que sirven para atender la emergencia, preservar la salud y la seguridad de las personas tales como: estaciones de bomberos, defensa civil, policía, guarderías y centros educativos y garajes de vehículos de emergencia.

Coeficiente de importancia: 1.25

- Grupo II: Estructura de ocupación especial. Tales como: salones con capacidad para 200 personas, graderías al aire libre con capacidad para más de 2000 personas, almacenes y centros comerciales con más de 500m² por piso, edificios en donde trabajen y vivan más de 3000 personas y edificios gubernamentales.

Coeficiente de importancia: 1.10

- Grupo I: Estructuras de ocupación normal. Cualquier edificación que no corresponda a los otros tres grupos mencionados anteriormente.

Coeficiente de importancia: 1.00

De acuerdo con la descripción anterior, el grupo de uso al que pertenecen las estructuras que se van a diseñar es el grupo de uso I y para cuestiones de cargas vivas, será destinado a oficinas.

2.4. Características de los materiales

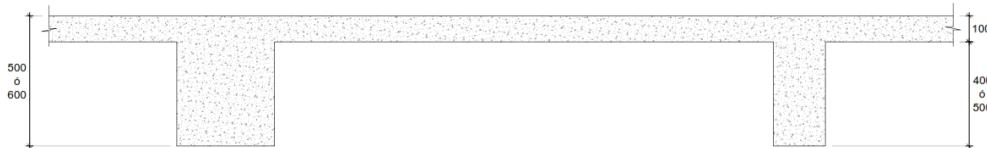
Con el fin de obligar a que la comparación de los edificios fuera bajo las mismas condiciones, se establecieron las siguientes características:

- El concreto para la cimentación de los 12 edificios será de densidad normal y de f'_c de 21 MPa. Esto comprende pilotes, dados, zapatas y vigas de amarre.
- El concreto para todos los elementos como vigas, columnas y losas se estableció de f'_c de 35 MPa. De la práctica profesional se concluye que para edificaciones en altura, un parámetro que afecta el comportamiento estructural y, por ende la configuración estructural, es el efecto de las cargas horizontales y la correspondiente rigidez requerida en los elementos que hacen parte del sistema de resistencia sísmica. Arquitectónicamente se requieren siempre dimensiones de elementos pequeñas. Para contrarrestar dicho efecto, se utilizó el límite máximo permitido de f'_c . Esto se estableció de acuerdo con lo indicado en C.21.1.4.3. de la NSR-10, en donde se limita la resistencia a la compresión f'_c del concreto liviano a 35 MPa a menos que se demuestre a por evidencia experimental resistencias mayores. Pero como aún en Colombia no se ha empezado a producir concreto liviano de forma masiva, se optó por tomar este f'_c de 35 MPa como límite. El f'_c se mantendrá en toda la altura y en todos los elementos estructurales
- Se asumió que el concreto liviano a utilizar tendrá tanto el agregado fino como el agregado grueso livianos y, de esta manera, se estableció que el factor de modificación para todas las ecuaciones donde se encuentre este factor λ corresponderá a 0.75.
- El acero de refuerzo será de resistencia normal, cuya resistencia nominal a la fluencia f_y es de 420 MPa

2.5. Condiciones geométricas

Basados en lo encontrado luego de la recopilación de datos de los diferentes proyectos se pudieron establecer varios parámetros como los siguientes:

- La separación entre los ejes más común y conveniente para la distribución arquitectónica de espacios comunes como lo son los estacionamientos en los primeros niveles es de 8.0 m y para disponer 3 parqueaderos se debe garantizar una separación mínima entre columnas de 7.1 m.
- La altura entre placas de concreto es de 3.5 m
- Los sistemas de entrepiso consisten en lasas aligeradas y el espesor de la losa es de 500 mm para los edificios de 5 pisos y 600 mm para los edificios de 10 y 15 pisos. Está conformada por una losa maciza de 100mm y vigas descolgadas de 500 mm x 500 ó 600 mm, las viguetas tienen una sección transversal de 200 mm x 500 ó 600 mm y están separadas cada 2.5 m



- Para las estructuras de 5 y 10 pisos el sistema estructural será de pórticos de concreto el cual consiste en un pórtico espacial resistente a momentos, sin diagonales y que resiste todas las cargas verticales y las fuerzas horizontales.
- Para las estructuras de 15 pisos el sistema estructural será combinado, el cual consiste en un pórtico tridimensional que incluye muros estructurales, en donde ambos tienen alta ductilidad y resistencia en el que los pórticos no alcanzan a soportar el 25% de la carga horizontal.

Partiendo de estas condiciones geométricas mínimas, el siguiente paso es llevar a cabo la modelación de cada una de las estructuras, garantizando como

primera medida que cumpla con el límite de la deriva establecido en el NSR-10. Como segunda medida está la optimización de las dimensiones de los elementos estructurales para obtener ahorros de materiales basados en sus resistencias nominales.

Las derivas son los desplazamientos horizontales relativos entre dos puntos colocados en la misma línea vertical, en dos pisos o niveles consecutivos de una estructura. Estos desplazamientos se evalúan para las cargas horizontales sin dividirlas por el factor de modificación de respuesta R.

Independientemente del grupo de uso de la edificación la deriva se evalúa para un coeficiente de importancia correspondiente al grupo de uso I el cual equivale a 1.0.

La deriva máxima corresponde a la mayor deriva de las dos direcciones principales en planta, calculada como el valor absoluto de la diferencia algebraica de los desplazamientos horizontales del centro de masa del diafragma del piso i , en la dirección principal en planta bajo estudio con respecto a los del diafragma del piso inmediatamente inferior ($i-1$) en la misma dirección, incluyendo los efectos P-Delta. (Sísmica, 2012).

La deriva máxima de acuerdo con el NSR-10 para pórticos de concreto en función de la altura del piso h_p no debe ser mayor al 1%.

Para las estructuras aporticadas debido a su ductilidad y flexibilidad inherente en caso de ser detalladas adecuadamente, no es sencillo obtener las secciones que satisfagan el límite de la deriva y, por esta razón, para llegar a las secciones de los elementos que se requieren, se deben llevar a cabo una serie de ensayos en donde se van modificando las secciones de forma gradual, realizando el análisis sísmico y revisando las derivas hasta que, para este caso, esté por debajo del 1% pero muy cercano a dicho valor.

En este caso se requirió en promedio modelar 8 veces cada edificio para obtener las secciones más óptimas que cumplieran con los requisitos de las derivas.

2.6. Análisis sísmico

El efecto de las fuerzas sísmicas sobre la estructura debe evaluarse por medio del estudio de un modelo matemático de la estructura que represente adecuadamente las características del sistema estructural.

Los métodos de análisis contemplados en el NSR-10 son:

- Método de la fuerza horizontal equivalente
- Método de análisis dinámico elástico
- Método de análisis dinámico inelástico

A continuación se presenta el análisis sísmico de uno de los 12 edificios, que se realizó por el método de análisis dinámico elástico, en este método la magnitud y distribución de las cargas están en función de las características dinámicas de la estructura y el sismo de diseño.

Para la realización de este análisis se toman los datos obtenidos del programa ETABS, donde previamente se ha modelado el edificio con los datos de entrada tales como el espectro elástico de diseño construido a partir de los parámetros de suelo y el grupo de uso.

Una vez se ha corrido el modelo se toman algunos datos como lo son: el listado de material por piso y por elemento, las alturas de los pisos y el centroide de masa. Con estos datos se inicia el análisis sísmico en donde podemos observar una tabla resumen con las áreas de cada piso, altura de piso, elevación desde el nivel cero, el peso y la relación peso sobre área.

El número de modos de vibración debe garantizar que se incluya por lo menos el 90% de la masa en cada una de las direcciones.

Posteriormente se debe hacer el cálculo del cortante modal en la base en cada una de las direcciones (V_t). Una vez obtenidos estos valores se debe hacer el ajuste a los resultados tal como se indica en el NRS-10, capítulo A.5. Para ello se debe calcular por el método de la fuerza horizontal equivalente el cortante sísmico en la base en cada una de las direcciones V_s .

Teniendo los cortantes calculados por los dos métodos indicados anteriormente se calculan los factores de ajuste como la relación entre V_s/V_t multiplicado por 0.8 ó 0.9, dependiendo si la estructura es regular ó irregular.

Una vez obtenidos estos factores de ajuste los cuales influirán en las fuerzas de diseño de los elementos a través de las combinaciones de carga.

Una vez calculados los factores de ajuste se puede determinar la deriva de la edificación.

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : PIEDEMONTE B		Grupo de Uso : I						
Aa = 0.15	Fa = 1.35	Tc = 0.56	A _d = 0.26					
Av = 0.20	Fv = 1.70	T _t = 3.00	I = 1.00					
El espectro se encuentra en el archivo:		10PIEMB						
Zona de Amenaza Sísmica :		Intermedia						
Sistema Estructural:		Pórticos de concreto - DMO						
Datos para el Análisis Sísmico:	Área (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	V (kN)	V/A ton/m ²	V/A KN/m ²	Masa (kg-s/m)
P10	1232	3.50	31.50	792.3	7922.92	0.64	6.430942	80764
P9	1149	3.50	28.00	1114.9	11149.5	0.97	9.705327	113654
P8	1149	3.50	24.50	1114.9	11149.5	0.97	9.705327	113654
P7	1149	3.50	21.00	1114.9	11149.5	0.97	9.705327	113654
P6	1149	3.50	17.50	1114.9	11149.5	0.97	9.705327	113654
P5	1149	3.50	14.00	1114.9	11149.5	0.97	9.705327	113654
P4	1149	3.50	10.50	1114.9	11149.5	0.97	9.705327	113654
P3	1149	3.50	7.00	1114.9	11149.5	0.97	9.705327	113654
P2	1149	3.50	3.50	1114.9	11149.5	0.97	9.705327	113654
		Σ 9711.9						97118.8

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.95 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 1.70 & \end{array}$$

Período fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{ll} C_u = 1.342 & C_u = 1.75 \cdot 1.2 A_a F_a \\ C_t = 0.047 & \text{Pórticos de concreto - DMO} \\ \alpha = 0.90 & \end{array}$$

$T_a = C_t h^{\alpha}$	= 1.05 seg
$C_u T_a$	= 1.41 seg

$T_x = 1.55$ seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)
 $T_y = 1.55$ seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_x = 1.41$ seg (definitivo)
 $T_y = 1.41$ seg (definitivo)

$S_a = 1.2 A_v F_v I / T$	$S_a = 2.5 A_a F_a I$	$S_a = 1.2 A_v F_v T_a / I^2$	$S_{ax} = 0.29$ (Definitivo) $S_{ay} = 0.29$ (Definitivo) $V_{sx} = 2816.0$ Ton 28160.1 KN $V_{sy} = 2816.0$ Ton 28160.1 KN
$S_{ax} = 0.29$ $S_{ay} = 0.29$	$S_a = 0.73$	$S_{ax} = 0.62$ $S_{ay} = 0.62$	

Cortantes Dinámicos en la Base. (V_{tj}):

$$\begin{array}{lll} V_{tx} = 2224.7 \text{ ton} & 22247.10 \text{ KN} \text{ (Ver página siguiente)} \\ V_{ty} = 2217.4 \text{ ton} & 22173.94 \text{ KN} \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: 1 (1: Regular, 2: Irregular)

-. Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

-. Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$F_x = 2252.8 / 2224.7 = 1.01$$

$$F_y = 2252.8 / 2217.4 = 1.02$$

$$F_x = 1.01 \text{ (Definitivo)}$$

$$F_y = 1.02 \text{ (Definitivo)}$$

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

Mode Number	Mode	Period	TRANSLATION						ROTATION					
			% MASS UX	% MASS UV	% MASS UZ	<% SUM> SumUX	<% SUM> SumUY	<% SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	<% SUM> SumRX	<% SUM> SumRY	<% SUM> SumRZ
1	1.55		0.00	81.17	0.00	0.00	81.17	0.00	99.2	0.0	0.0	99.2	0.0	0.0
2	1.55	81.64	0.00	0.00	81.64	81.18	0.00	0.0	99.1	0.0	0.0	99.2	99.1	0.0
3	1.43		0.04	0.01	0.00	81.68	81.19	0.00	0.0	0.0	81.4	99.2	99.1	81.4
4	0.50		9.71	0.00	0.00	91.39	81.19	0.00	0.0	0.6	0.0	99.2	99.7	81.4
5	0.50		0.00	9.91	0.00	91.39	91.10	0.00	0.5	0.0	0.0	99.7	99.7	81.4
6	0.46		0.00	0.00	0.00	91.39	91.10	0.00	0.0	0.0	9.7	99.7	99.7	91.1
7	0.28		3.71	0.00	0.00	95.10	91.10	0.00	0.0	0.3	0.0	99.7	100.0	91.1
8	0.28		0.00	3.80	0.00	95.10	94.90	0.00	0.3	0.0	0.0	100.0	100.0	91.1
9	0.26		0.00	0.00	0.00	95.10	94.90	0.00	0.0	0.0	3.8	100.0	100.0	94.9
10	0.19		2.02	0.00	0.00	97.12	94.90	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	94.9
11	0.19		0.00	2.09	0.00	97.12	96.99	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	94.9
12	0.17		0.00	0.00	0.00	97.12	96.99	0.00	0.0	0.0	2.1	100.0	100.0	97.0

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	123.8	-16009.4	0	339418	2618	-322171
SX	2	U1	2084423.9	15483.2	0	-327906	44039321	-24564981
SX	3	U1	1000.4	598.0	0	-12848	21486	38
SX	4	U1	689102.8	-469.6	0	-1438	-3173808	-8206449
SX	5	U1	0.1	259.6	0	1084	-1	5203
SX	6	U1	267.6	173.3	0	741	-1246	293
SX	7	U1	263379.6	95.5	0	-588	1375287	-3151115
SX	8	U1	0.1	-161.0	0	834	0	-3222
SX	9	U1	86.2	63.0	0	-328	453	228
SX	10	U1	143499.6	31.7	0	83	-140065	-1701478
SX	11	U1	0.0	-64.0	0	-45	0	-1285
SX	12	U1	38.2	30.4	0	20	-35	158
SX	All	All	2224709.5	632.3	0	12965	44171831	26544976
SY	1	U2	-16009.4	2071016.3	0	-43908097	-338649	41676967
SY	2	U2	15483.2	115.0	0	-2436	327125	-182469
SY	3	U2	598.0	357.5	0	-7680	12844	23
SY	4	U2	-469.6	0.3	0	1	2163	5593
SY	5	U2	259.6	703767.8	0	2939508	-1695	14107602
SY	6	U2	173.3	112.2	0	480	-807	190
SY	7	U2	95.5	0.0	0	0	499	-1142
SY	8	U2	-161.0	269445.4	0	-1396347	-767	5394540
SY	9	U2	63.0	46.1	0	-240	331	167
SY	10	U2	31.7	0.0	0	0	-31	-376
SY	11	U2	-64.0	148374.9	0	103775	15	2978049
SY	12	U2	30.4	24.2	0	16	-28	126
SY	All	All	632.3	2217394.2	0	44018469	12965	44424305

/-----D1-----/ /-----D2-----/
 DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
 CQC 2224709.5 632.3 632.3 2217394.2

Vtx= 2224.7 Ton 22247.1 KN
 Vty= 2217.4 Ton 22173.9 KN

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SX	1	1.552	0.05	1	2.58	0.00	0.0	0.263
SX	2	1.551	0.05	1	2.58	0.00	0.0	0.263
SX	3	1.434	0.05	1	2.79	0.00	0.0	0.284
SX	4	0.499	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	5	0.496	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	6	0.460	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	7	0.284	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	8	0.279	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	9	0.259	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	10	0.190	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	11	0.185	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	12	0.172	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SY	1	1.552	0.05	1	0.00	2.58	0.0	0.263
SY	2	1.551	0.05	1	0.00	2.58	0.0	0.263
SY	3	1.434	0.05	1	0.00	2.79	0.0	0.284
SY	4	0.499	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	5	0.496	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	6	0.460	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	7	0.284	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	8	0.279	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	9	0.259	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	10	0.190	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	11	0.185	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	12	0.172	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	/----CENTER OF MASS----/ ORDINATE-X ORDINATE-Y				/-CENTER OF RIGIDITY--/ ORDINATE-X ORDINATE-Y					
		MASS	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR	
P10	D1	80763.7	80763.7	20.00	12.00	80763.7	80763.7	20.00	12.00	20.00	11.99
P9	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	194418.0	194418.0	20.02	11.96	20.00	11.99
P8	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	308072.2	308072.2	20.03	11.94	20.00	11.99
P7	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	421726.4	421726.4	20.03	11.94	20.00	11.99
P6	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	535380.6	535380.6	20.03	11.94	20.00	11.99
P5	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	649034.9	649034.9	20.03	11.93	20.00	11.99
P4	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	762689.1	762689.1	20.03	11.93	20.00	12.00
P3	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	876343.3	876343.3	20.03	11.93	20.00	12.00
P2	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	989997.6	989997.6	20.03	11.93	20.00	12.00

DERIVA PORTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

Δ_a = Deriva del análisis.

Δ_p = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

102
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	Δ_a (cm)	Δ_p (cm)	%
P10	3.50	0.2032	0.0037	0.65	3.50	OK 0.19
P9	3.50	0.1967	0.0036	1.18	3.50	OK 0.34
P8	3.50	0.1849	0.0035	1.71	3.50	OK 0.49
P7	3.50	0.1678	0.0032	2.18	3.50	OK 0.62
P6	3.50	0.1460	0.0029	2.61	3.50	OK 0.75
P5	3.50	0.1199	0.0024	3.01	3.50	OK 0.86
P4	3.50	0.0898	0.0018	3.34	3.50	OK 0.95
P3	3.50	0.0564	0.0011	3.40	3.50	OK 0.97
P2	3.50	0.0224	0.0004	2.24	3.50	OK 0.64

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

102
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	Δ_a (cm)	Δ_p (cm)	%
P10	3.50	0.0014	0.2058	0.72	3.50	OK 0.21
P9	3.50	0.0014	0.1986	1.24	3.50	OK 0.35
P8	3.50	0.0013	0.1862	1.77	3.50	OK 0.51
P7	3.50	0.0012	0.1685	2.23	3.50	OK 0.64
P6	3.50	0.0011	0.1462	2.67	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.0009	0.1195	3.06	3.50	OK 0.87
P4	3.50	0.0007	0.0889	3.36	3.50	OK 0.96
P3	3.50	0.0004	0.0553	3.37	3.50	OK 0.96
P2	3.50	0.0002	0.0216	2.16	3.50	OK 0.62

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

107
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	Δ_a (cm)	Δ_p (cm)	%
P10	3.50	0.2032	0.0053	0.65	3.50	OK 0.19
P9	3.50	0.1967	0.0050	1.18	3.50	OK 0.34
P8	3.50	0.1849	0.0047	1.71	3.50	OK 0.49
P7	3.50	0.1678	0.0042	2.18	3.50	OK 0.62
P6	3.50	0.1460	0.0037	2.61	3.50	OK 0.75
P5	3.50	0.1199	0.0030	3.01	3.50	OK 0.86
P4	3.50	0.0898	0.0022	3.34	3.50	OK 0.95
P3	3.50	0.0564	0.0014	3.40	3.50	OK 0.97
P2	3.50	0.0224	0.0005	2.24	3.50	OK 0.64

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**107**
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P10	3.50	0.0014	0.2104	0.75	3.50	OK 0.21
P9	3.50	0.0014	0.2029	1.28	3.50	OK 0.37
P8	3.50	0.0013	0.1901	1.81	3.50	OK 0.52
P7	3.50	0.0012	0.1720	2.29	3.50	OK 0.65
P6	3.50	0.0011	0.1491	2.72	3.50	OK 0.78
P5	3.50	0.0009	0.1219	3.12	3.50	OK 0.89
P4	3.50	0.0007	0.0907	3.43	3.50	OK 0.98
P3	3.50	0.0004	0.0564	3.44	3.50	OK 0.98
P2	3.50	0.0002	0.0220	2.20	3.50	OK 0.63

$$\Delta\alpha = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

 $\Delta\alpha$ = Deriva del análisis. $\Delta\rho$ = Deriva permitida.
(0.01 h)SISMO EN XColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**110**
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P10	3.50	0.2071	0.0037	0.68	3.50	OK 0.19
P9	3.50	0.2003	0.0036	1.20	3.50	OK 0.34
P8	3.50	0.1883	0.0035	1.75	3.50	OK 0.50
P7	3.50	0.1708	0.0032	2.22	3.50	OK 0.63
P6	3.50	0.1486	0.0029	2.66	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.1220	0.0024	3.06	3.50	OK 0.87
P4	3.50	0.0914	0.0018	3.40	3.50	OK 0.97
P3	3.50	0.0574	0.0011	3.46	3.50	OK 0.99
P2	3.50	0.0228	0.0004	2.28	3.50	OK 0.65

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**110**
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P10	3.50	0.0023	0.2058	0.72	3.50	OK 0.21
P9	3.50	0.0022	0.1986	1.24	3.50	OK 0.35
P8	3.50	0.0020	0.1862	1.77	3.50	OK 0.51
P7	3.50	0.0018	0.1685	2.23	3.50	OK 0.64
P6	3.50	0.0015	0.1462	2.67	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.0012	0.1195	3.06	3.50	OK 0.87
P4	3.50	0.0009	0.0889	3.36	3.50	OK 0.96
P3	3.50	0.0005	0.0553	3.37	3.50	OK 0.96
P2	3.50	0.0002	0.0216	2.16	3.50	OK 0.62

SISMO EN X		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		125 3			
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%	
P10	3.50	0.2071	0.0053	0.68	3.50	OK	0.19
P9	3.50	0.2003	0.0050	1.20	3.50	OK	0.34
P8	3.50	0.1883	0.0047	1.75	3.50	OK	0.50
P7	3.50	0.1708	0.0042	2.22	3.50	OK	0.63
P6	3.50	0.1486	0.0037	2.66	3.50	OK	0.76
P5	3.50	0.1220	0.0030	3.06	3.50	OK	0.87
P4	3.50	0.0914	0.0022	3.40	3.50	OK	0.97
P3	3.50	0.0574	0.0014	3.46	3.50	OK	0.99
P2	3.50	0.0228	0.0005	2.28	3.50	OK	0.65

SISMO EN Y		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		125 5			
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%	
P10	3.50	0.0023	0.2104	0.75	3.50	OK	0.21
P9	3.50	0.0022	0.2029	1.28	3.50	OK	0.37
P8	3.50	0.0020	0.1901	1.81	3.50	OK	0.52
P7	3.50	0.0018	0.1720	2.29	3.50	OK	0.65
P6	3.50	0.0015	0.1491	2.72	3.50	OK	0.78
P5	3.50	0.0012	0.1219	3.12	3.50	OK	0.89
P4	3.50	0.0009	0.0907	3.43	3.50	OK	0.98
P3	3.50	0.0005	0.0564	3.44	3.50	OK	0.98
P2	3.50	0.0002	0.0220	2.20	3.50	OK	0.63

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta\rho$

		<u>Max en X</u> <u>Max en Y</u>	0.99 0.98
Max en x=	0.97		
Max en y=	0.96	102 107	Max en x= 0.97 Max en y= 0.98
		110 125	Max en x= 0.99 Max en v= 0.98

2.7. Diseño de elementos estructurales

Una vez se tienen las secciones que cumplen con el requisito inicial de las derivas se inicia con el diseño de los elementos estructurales, los cuales deben diseñarse de acuerdo a lo establecido en el NSR-10. En este caso se inició con

el diseño de las columnas para verificar que las secciones adoptadas cumplieran con los requisitos de cuantía máxima del 4%, y de sobre-esfuerzos de cortante; de lo contrario, se debían cambiar las secciones y volver al análisis sísmico de tal manera que se tuvieran en cuenta las nuevas secciones de los elementos. Ahora sí, con las secciones de los elementos definitivos se inicia el diseño de la estructura, comenzando por la cimentación que en el caso de los edificios de 5 pisos son zapatas y para los edificios de 10 y 15 pisos son pilotes y dados como se mencionó anteriormente. Luego de tener la cimentación diseñada se inicia con el diseño de las vigas y columnas, y, utilizando el programa DC CAD, se despiezan los elementos teniendo en cuenta que los traslapos de las barras son diferentes en el concreto normal con respecto al concreto liviano. Los muros de concreto requeridos para la edificación de 15 pisos se diseñan mediante la utilización de hojas de cálculo electrónicas. Los despiecees se realizan manualmente garantizando que no se presenten desperdicios de material y teniendo en cuenta las longitudes máximas de la barras, tal como se hacen los despiecees para obra. Una vez se tienen los elementos completamente diseñados, se determina la cantidad de materiales (acero y concreto) de cada uno de los elementos, se alimenta una tabla que al final de todo el proceso servirá para hacer las diferentes comparaciones y así poder concluir cuando es conveniente o no utilizar el concreto liviano en edificaciones con parámetros similares a los analizados en el presente proyecto.

2.8. Secciones definitivas

A continuación se indican gráficamente las geometrías de las secciones transversales finales obtenidas en cada uno de los edificios. Es importante indicar que para los edificios de 5 pisos el espesor de la losa final es de 500 mm. Para los edificios de 10 pisos el espesor de la losa se subió a 600 mm para rigidizar más la estructura y evitar que las secciones de las columnas se aumentaran, para esto se realizaron pruebas variando el espesor de la losa a 550, 600 y 650 mm, con el fin de estudiar la influencia que tenían en el espesor y

se determinó que lo más conveniente era utilizar un espesor de 600 mm en los edificios de 10 y 15 pisos.

En las siguientes imágenes se puede apreciar que la disposición de las columnas varía de un edificio a otro. Esto se realizó de forma consciente buscando rigidizar el edificio en el sentido que era más flexible y, de esta manera, tener las derivas cercanas al 1% y cercanas entre sí.

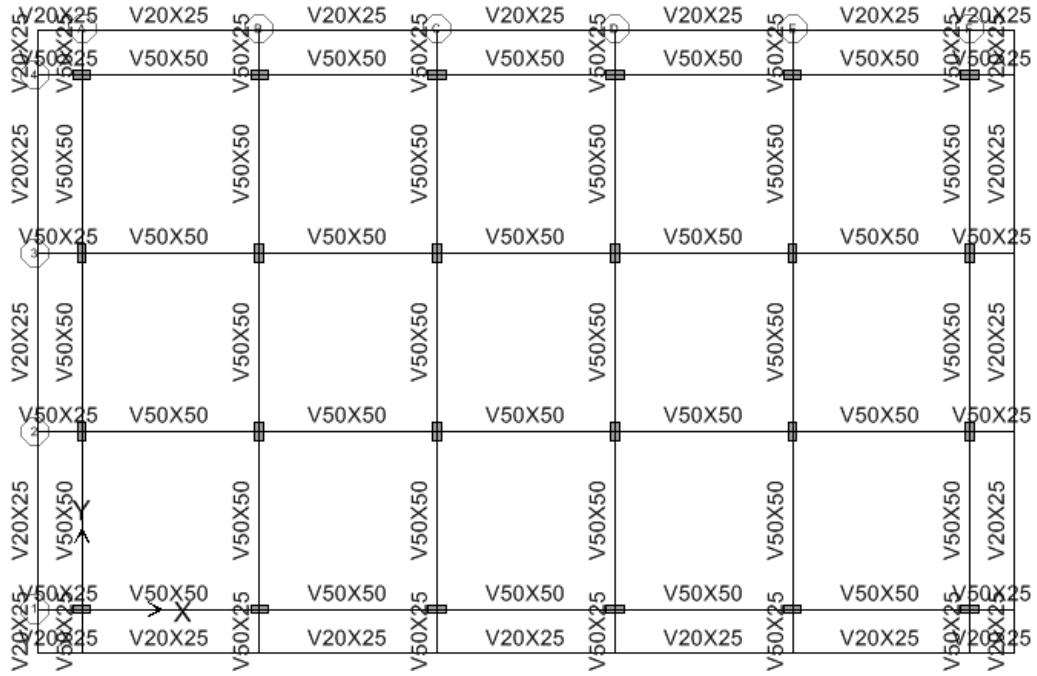


Figura 12. Ed.5 pisos Lac 200, todas las columnas de 40 x 80cm – Concreto Normal

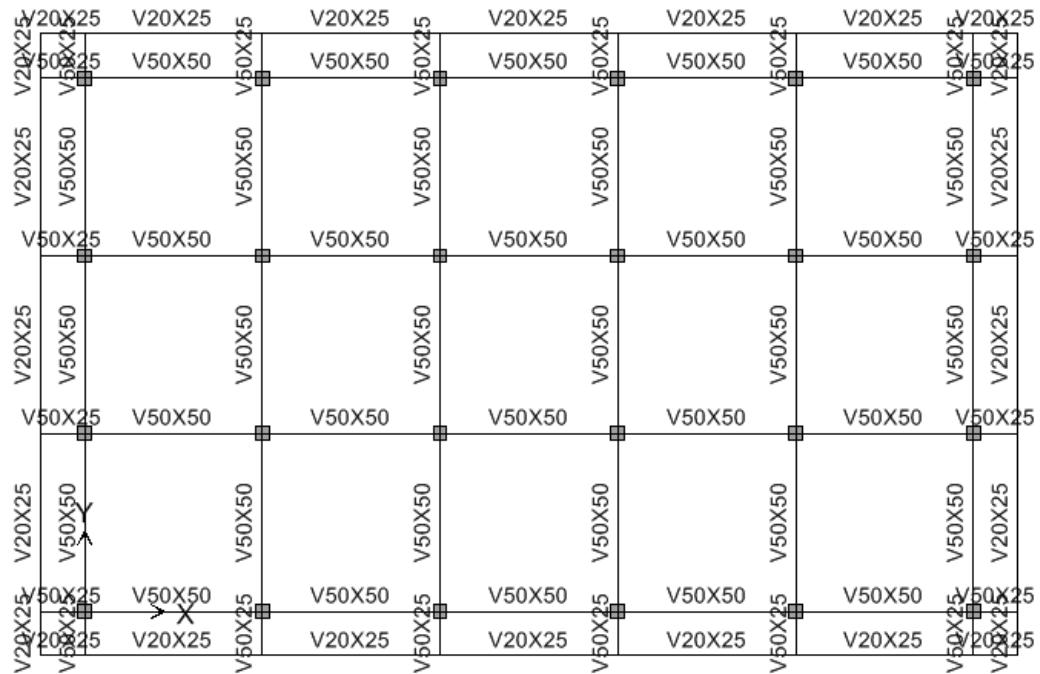


Figura 13. Ed.5 pisos Lac 200, todas las columnas de 60 x 60cm – Concreto Liviano

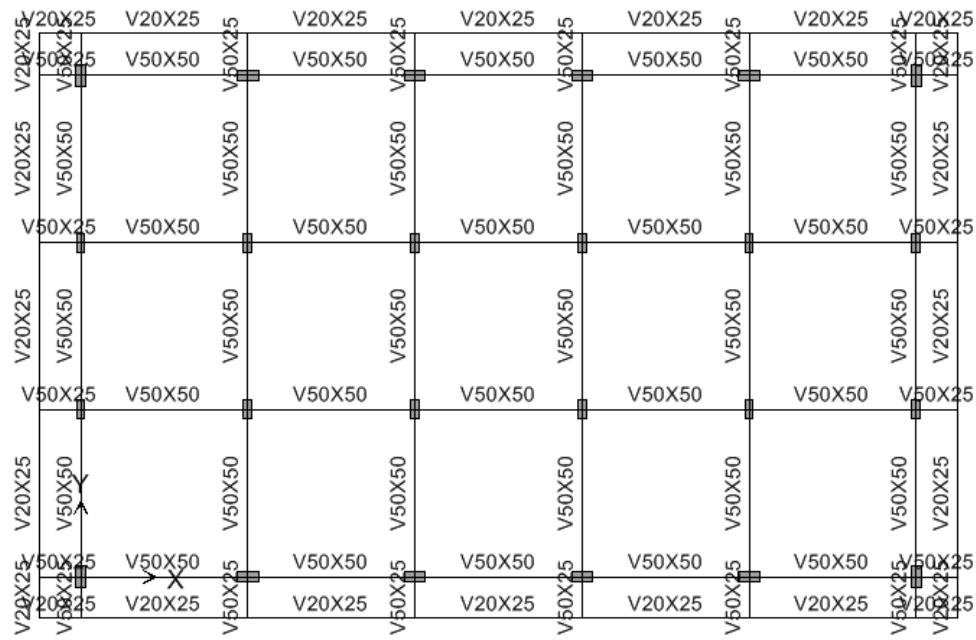


Figura 14. Ed.5 pisos Pied B, todas las columnas de 40 x 90cm – Concreto Normal

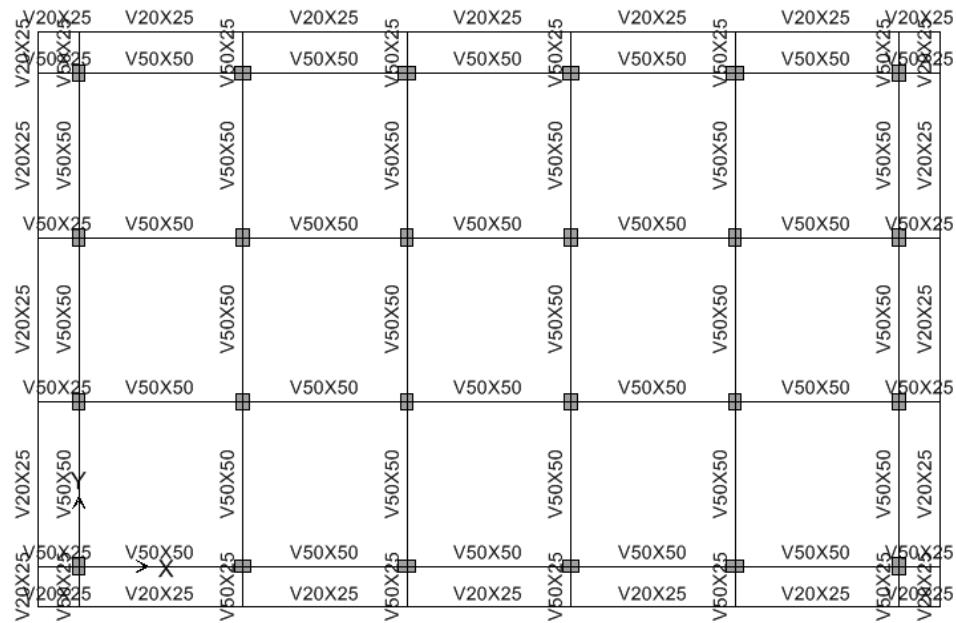


Figura 15. Ed.5 pisos Pied B, todas las columnas de 60 x 80cm – Concreto Liviano

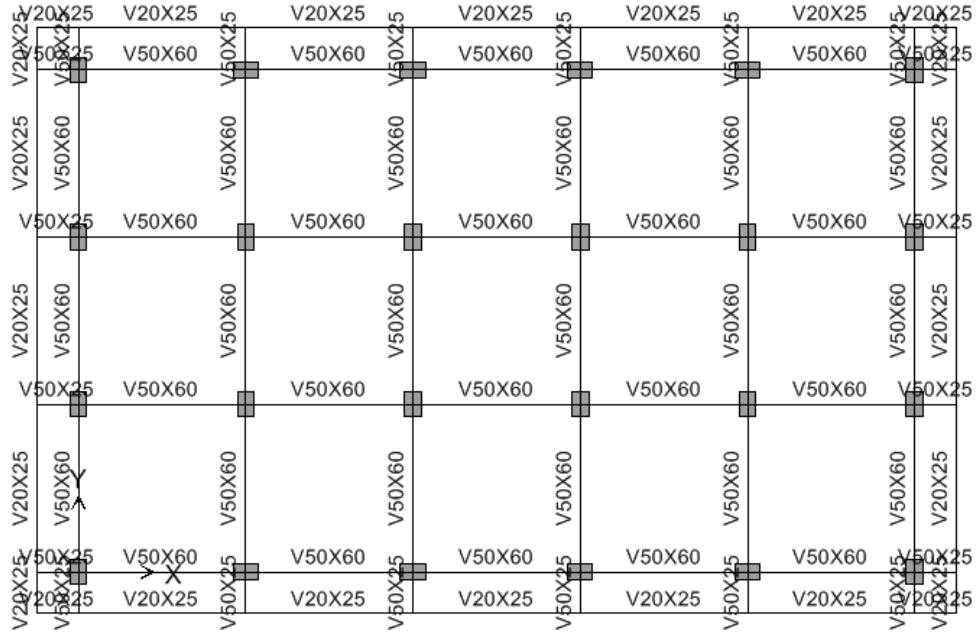


Figura 16. Ed.10 pisos Lac 200, todas las columnas de 80 x 120cm – Concreto Normal

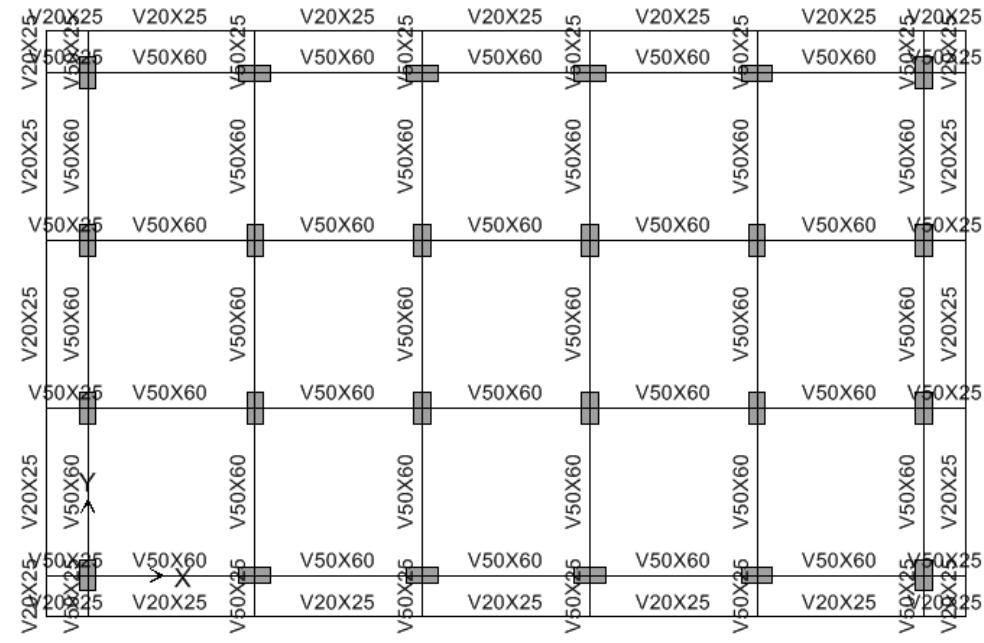


Figura 17. Ed.10 pisos Lac 200, todas las columnas de 80 x 150cm – Concreto Liviano

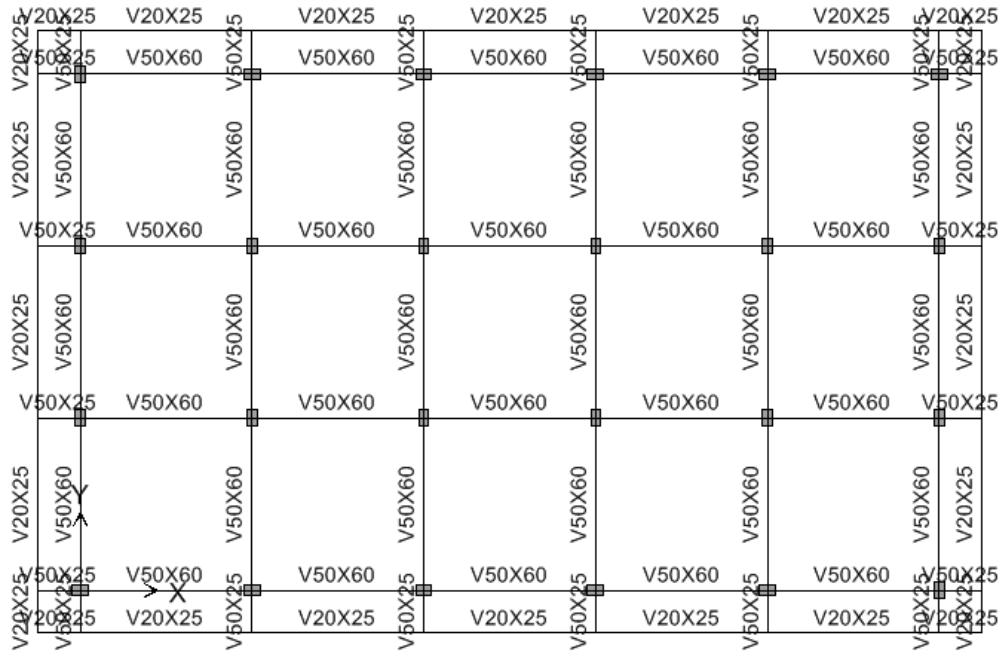


Figura 18. Ed.10 pisos Pied B, todas las columnas de 45x75cm – Concreto Normal

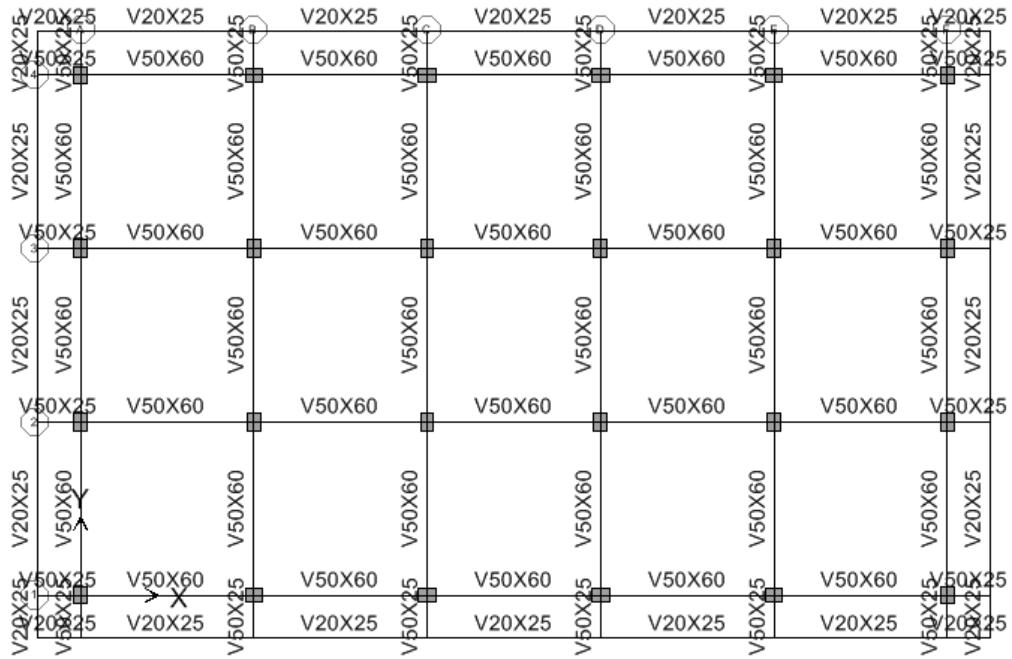


Figura 19. Ed.10 pisos Pied B, todas las columnas de 60 x 80cm – Concreto Liviano

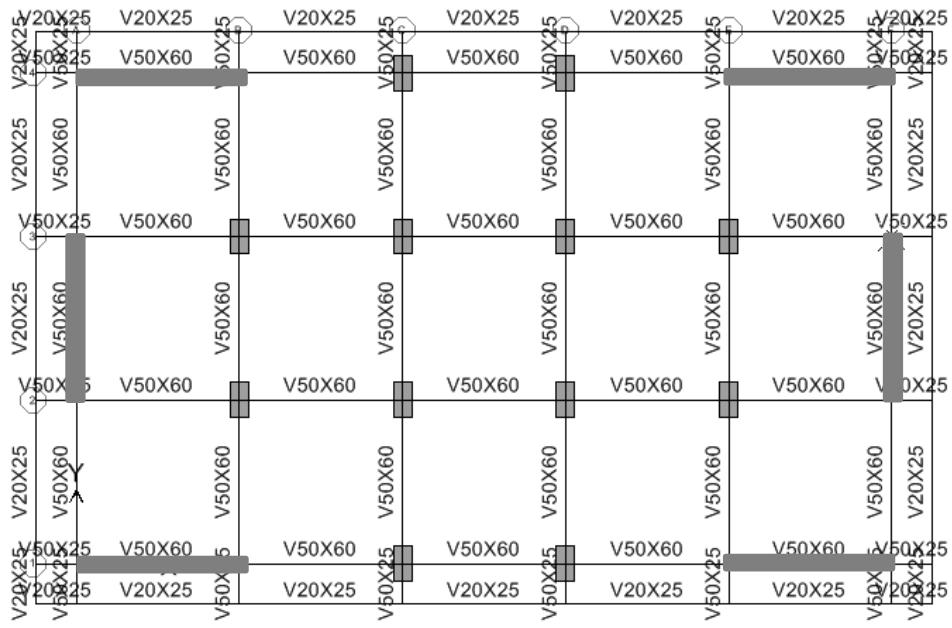


Figura 20. Ed.15 pisos Lac 200, todas las columnas de 90 x 170cm, Muros (e=25 , e=40cm)
x 800cm Concreto Normal

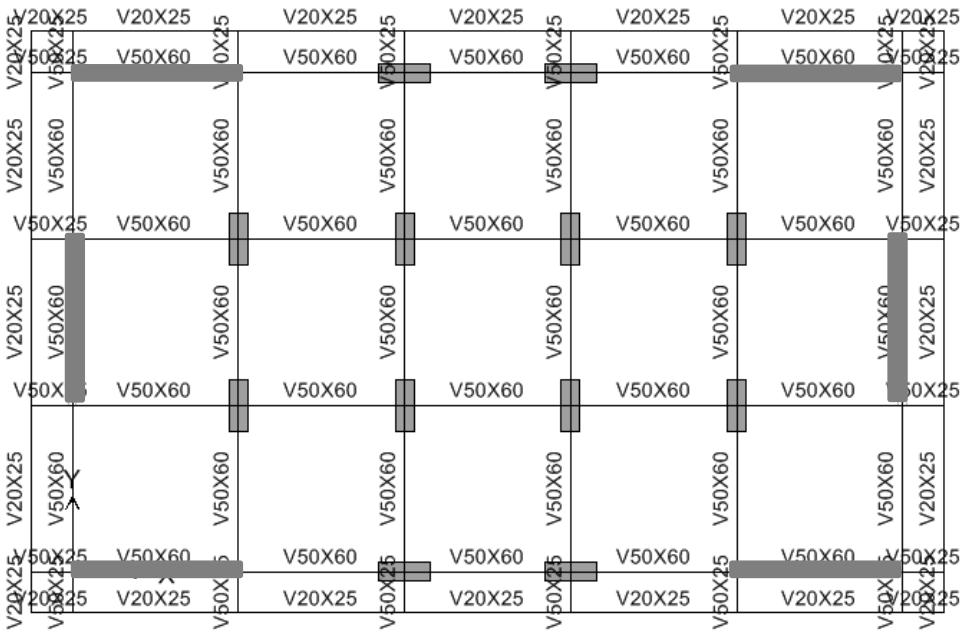


Figura 21. Ed.15 pisos Lac 200, todas las columnas de 90 x 250cm, Muros (e=25, e=40cm)
x 800cm Concreto Liviano

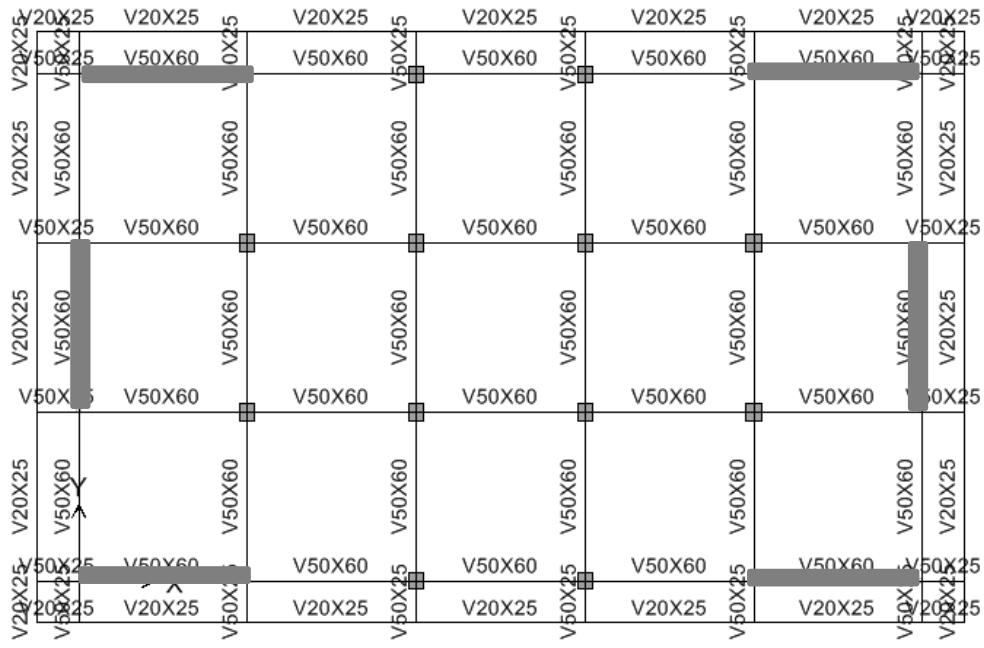


Figura 22. Ed.15 pisos Pied B, todas las columnas de 70 x 80cm, Muros de 25 x 800cm – Concreto Normal

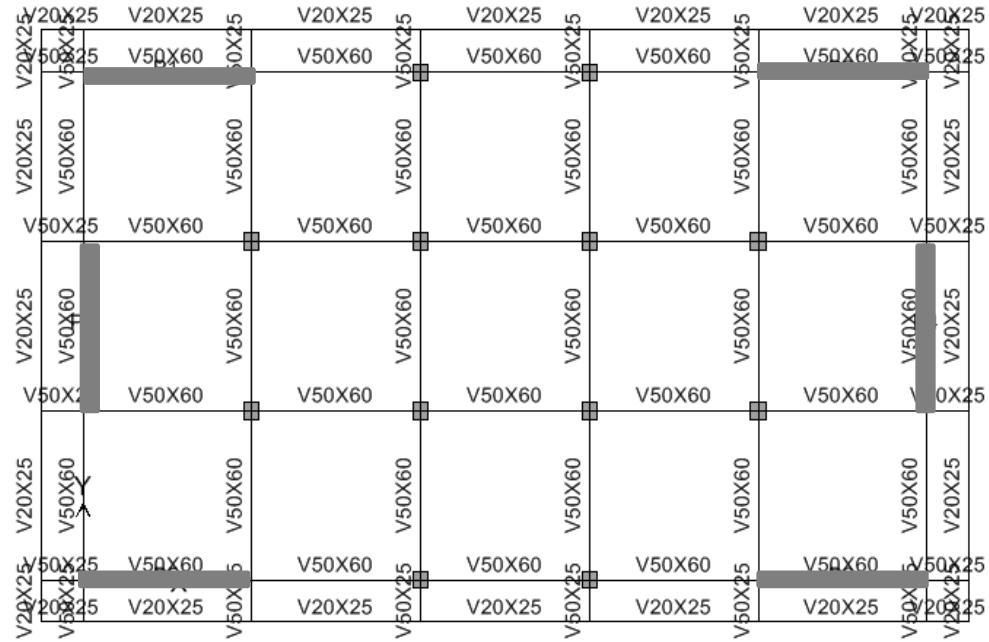


Figura 23. Ed.15 pisos Pied B, todas las columnas de 70 x 80cm, Muros de 25 x 800cm – Concreto Liviano

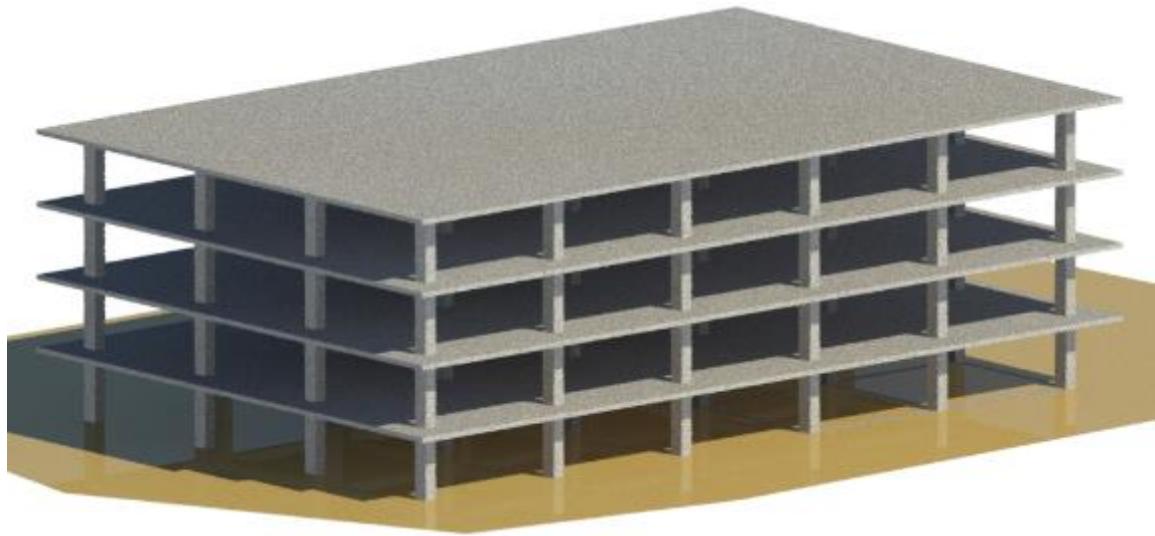


Figura 24. Render Edificio de 5 pisos (apórticado)

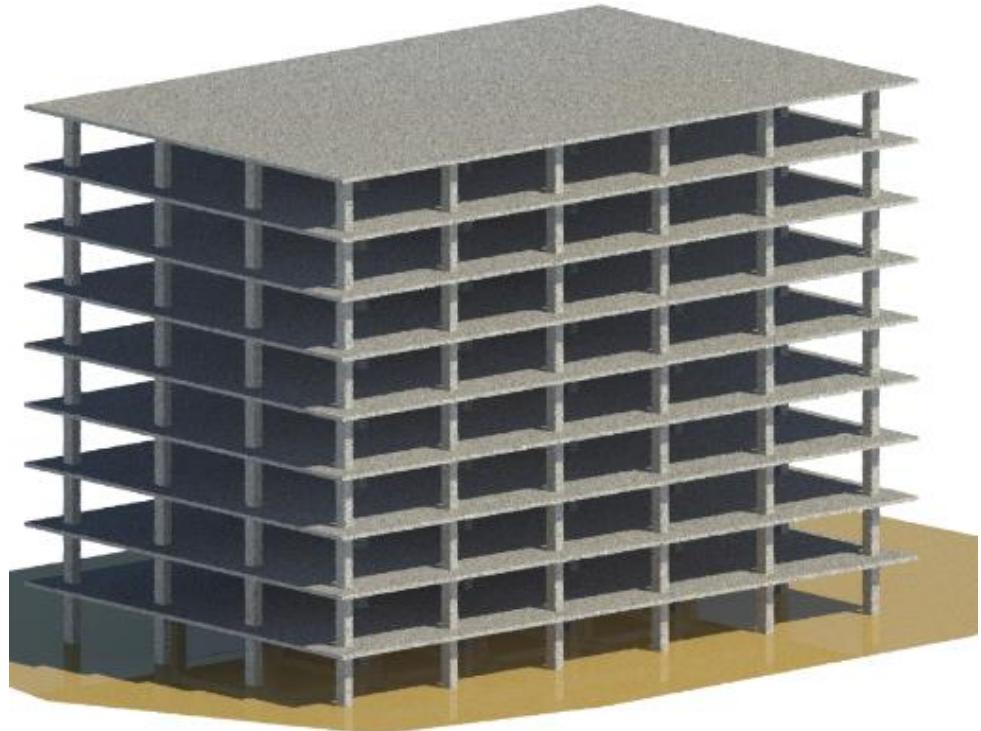


Figura 25. Render Edificio de 10 pisos (apórticado)

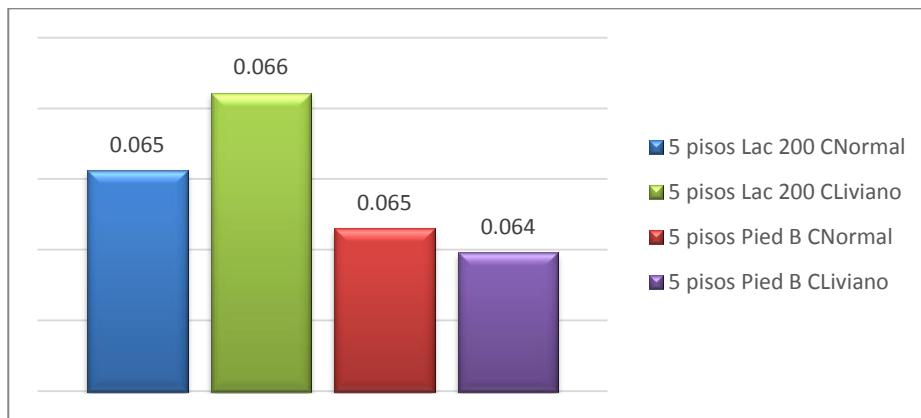


Figura 26. Render Edificio de 15 pisos (sistema combinado)

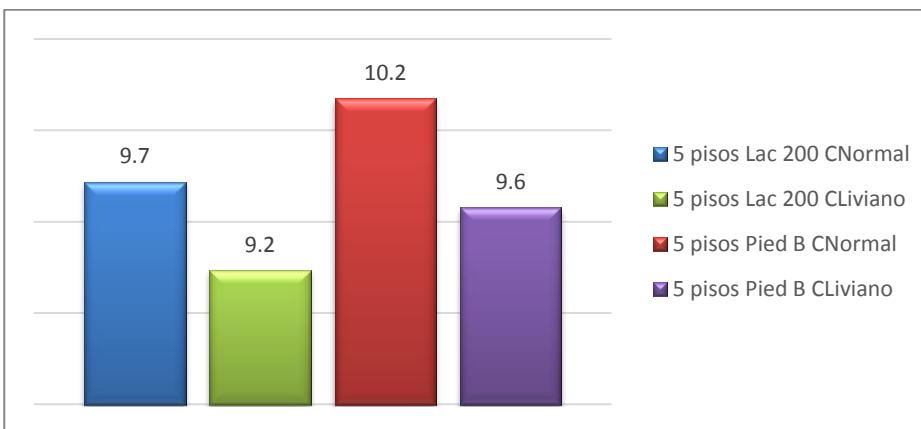
Capítulo 3

Resultados y Contribución

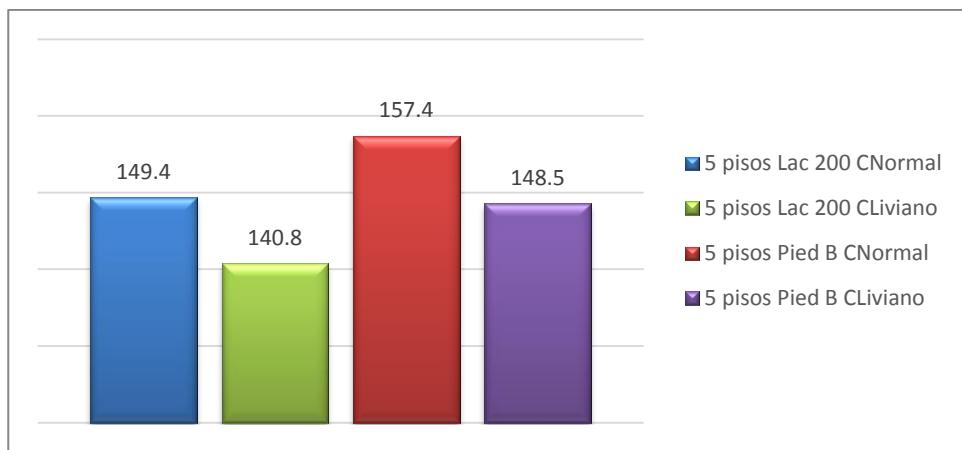
A continuación se presentan de forma gráfica los resultados del estudio realizado:



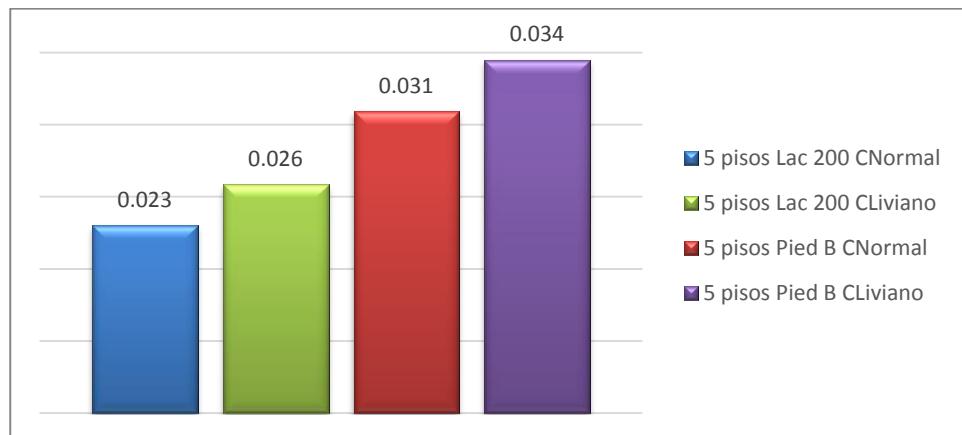
Gráfica 1. Cuantía de concreto m^3/m^2 –Vigas aéreas – edificios de 5 pisos



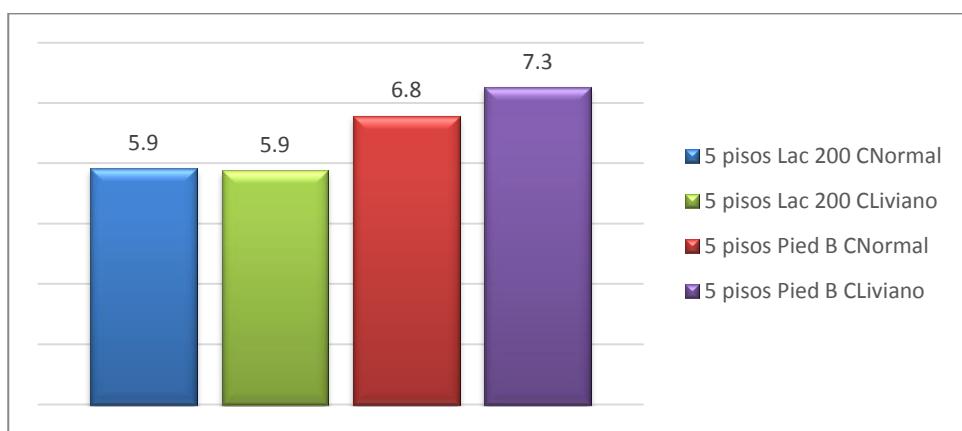
Gráfica 2. Cuantía de acero kg/m^2 -Vigas aéreas- edificios de 5 pisos



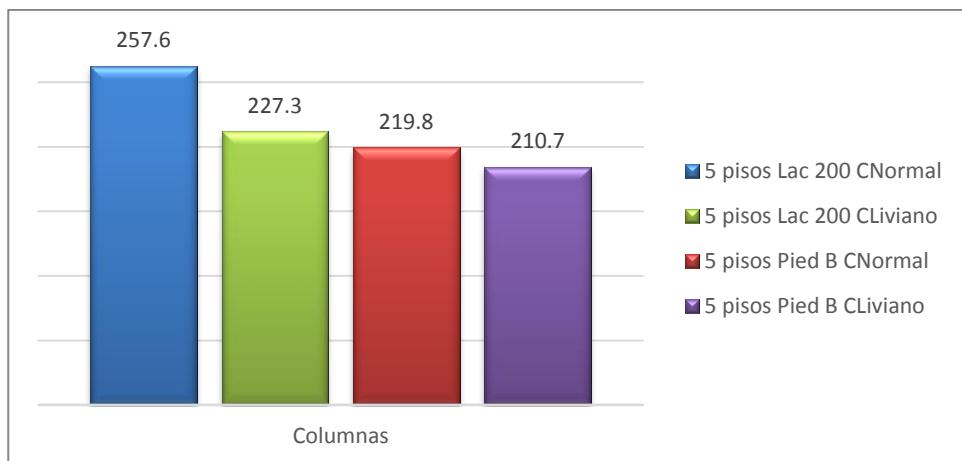
Gráfica 3. Cuantía de acero kg/m³ -Vigas aéreas – edificios de 5 pisos



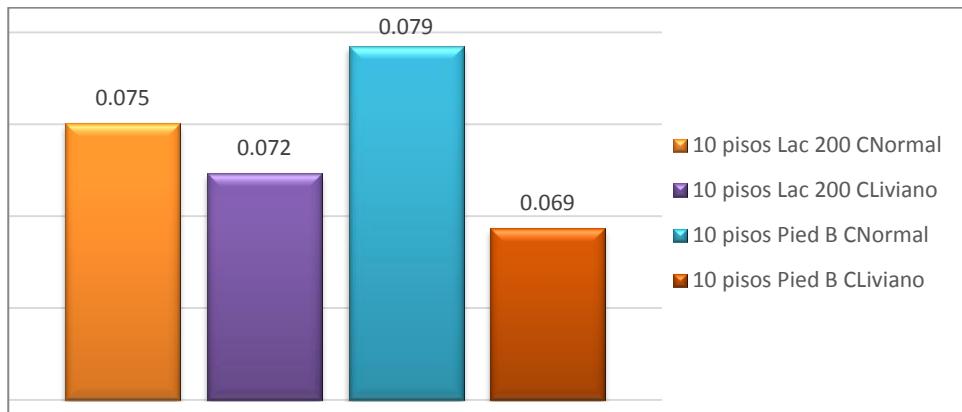
Gráfica 4. Cuantía de concreto m³/m² –Columnas – edificios de 5 pisos



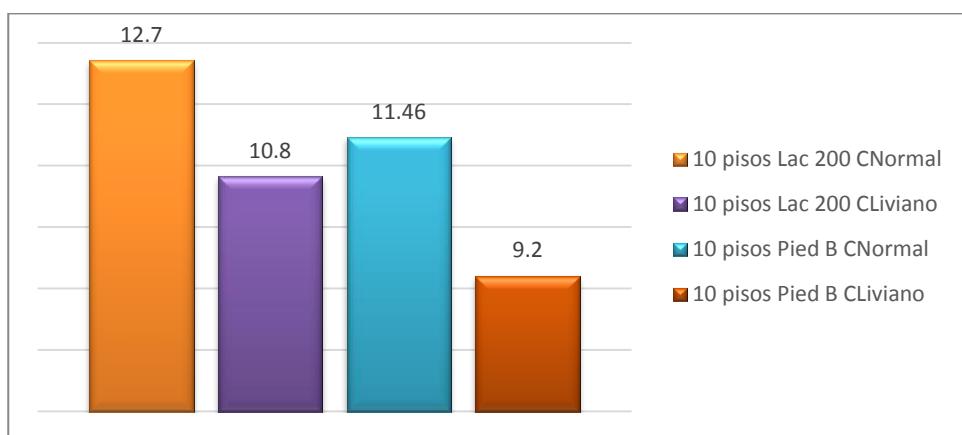
Gráfica 5. Cuantía de acero kg/m²- Columnas – edificios de 5 pisos



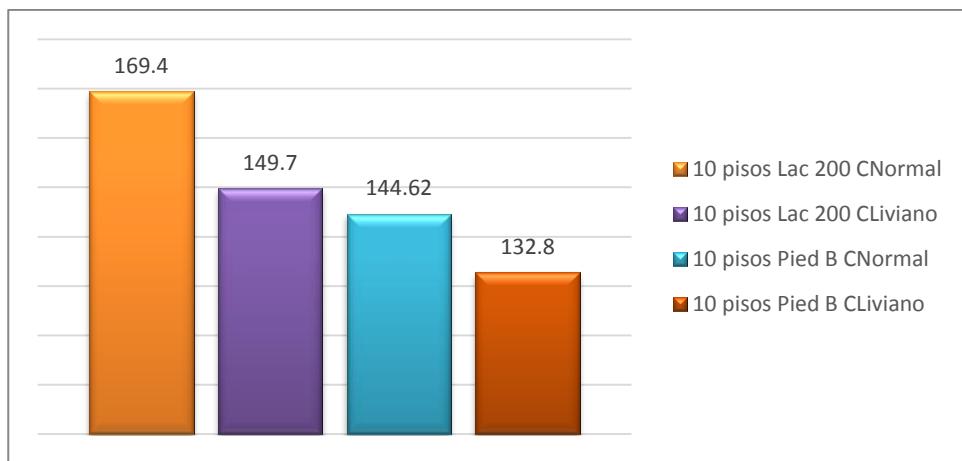
Gráfica 6. Cuantía de acero kg/m^3 – Columnas – edificios de 5 pisos



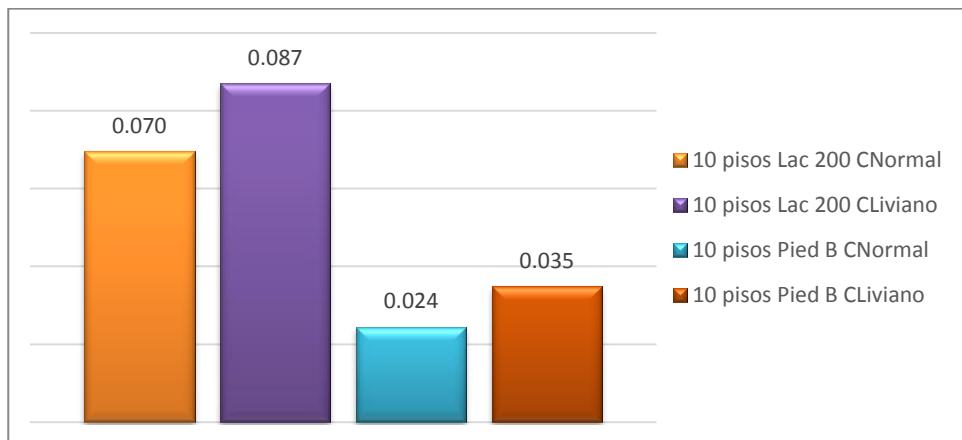
Gráfica 7. Cuantía de concreto m^3/m^2 -Vigas aéreas – edificios de 10 pisos



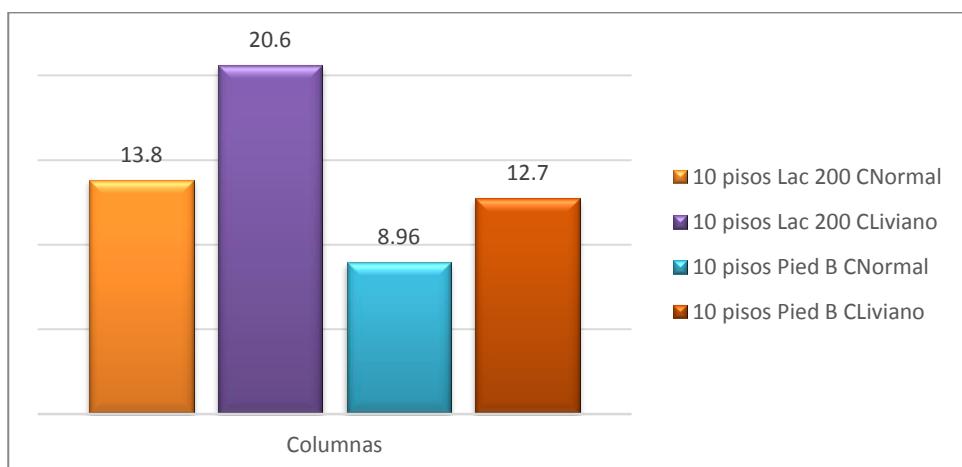
Gráfica 8. Cuantía de acero kg/m^2 -Vigas aéreas – edificios de 10 pisos



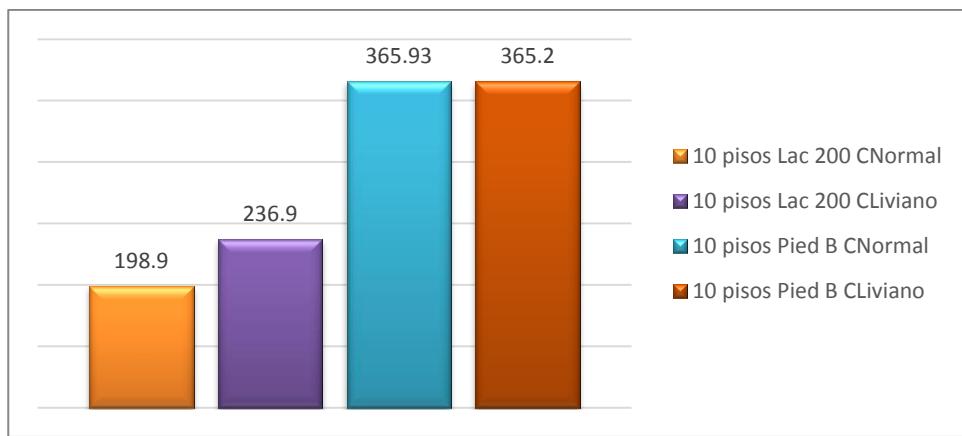
Gráfica 9. Cuantía de acero kg/m³- Vigas aéreas – edificios de 10 pisos



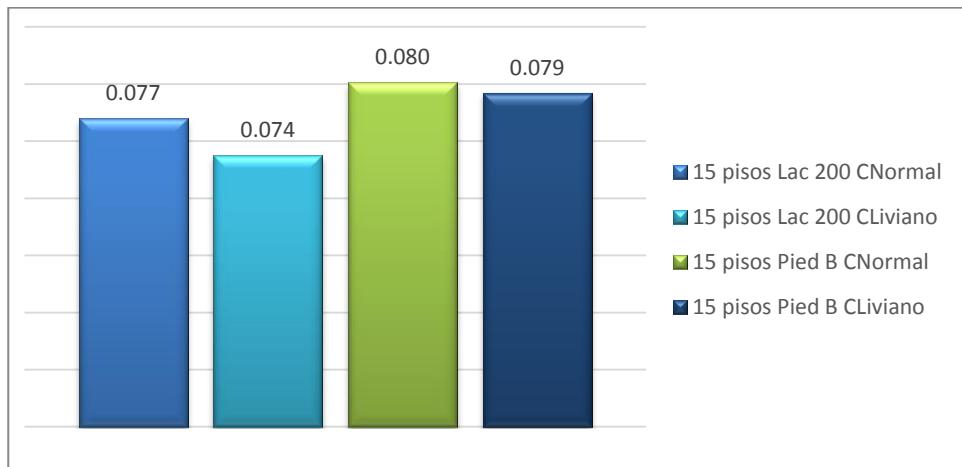
Gráfica 10. Cuantía de concreto m³/m² –Columnas- edificios de 10 pisos



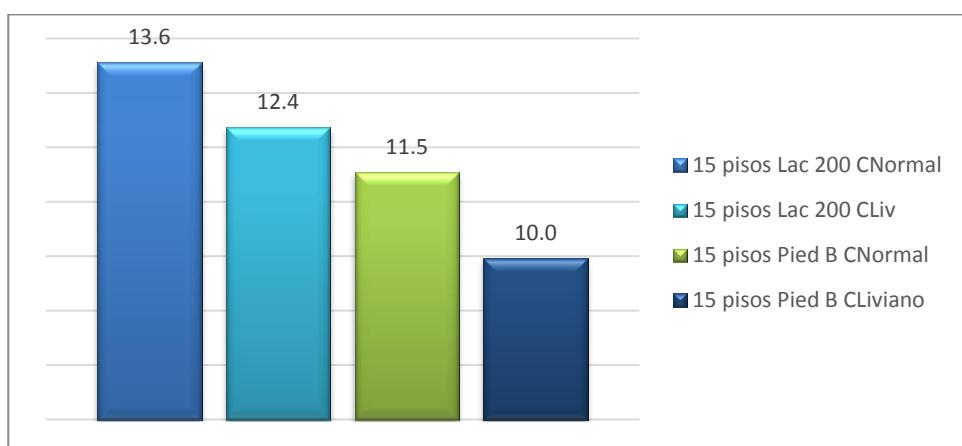
Gráfica 11. Cuantía de acero kg/m² - Columnas – edificios de 10 pisos



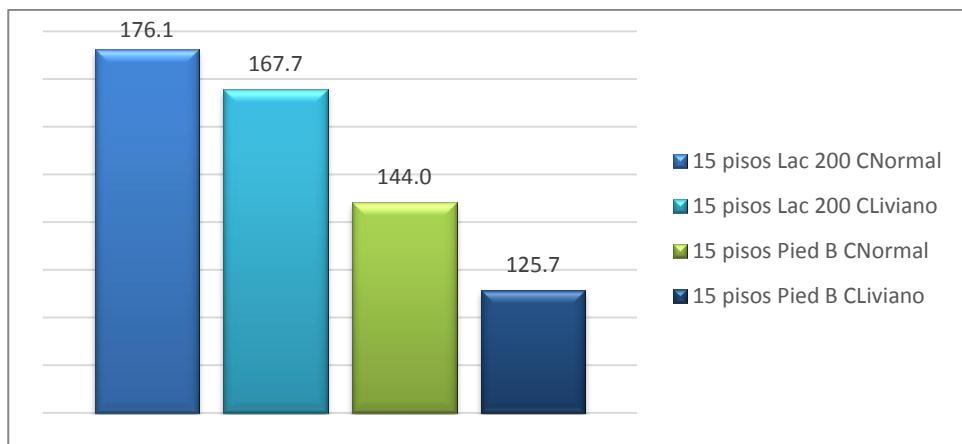
Gráfica 12. Cuantía de acero kg/m³- Columnas – edificios de 10 pisos



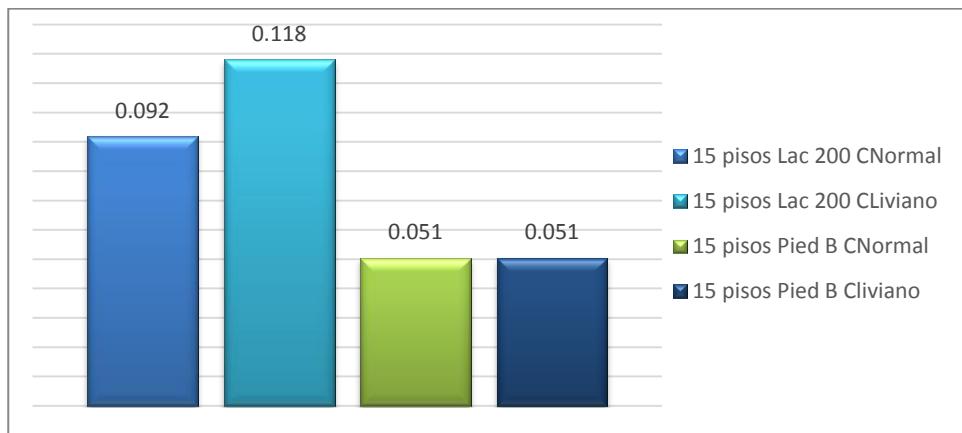
Gráfica 13. Cuantía de concreto m³/m² -Vigas aéreas – edificios de 15 pisos



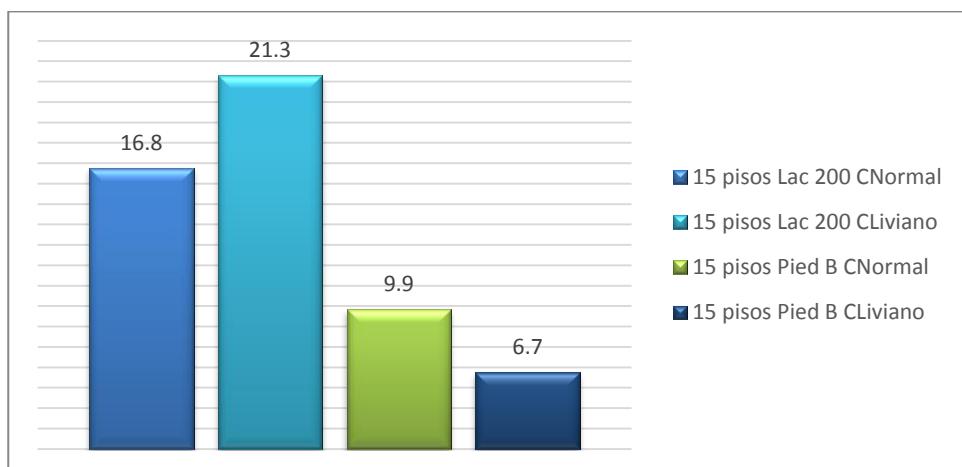
Gráfica 14. Cuantía de acero kg/m² - Vigas aéreas – edificios de 15 pisos



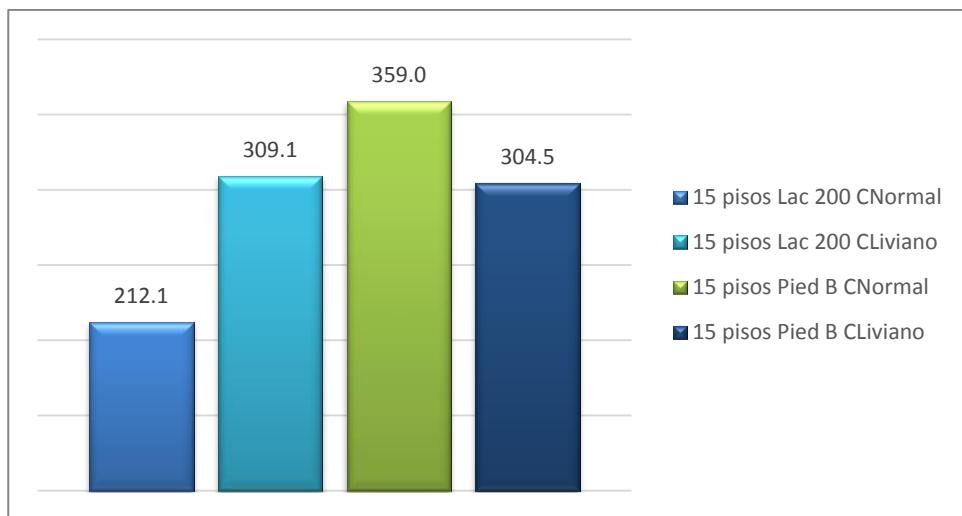
Gráfica 15. Cuantía acero kg/m³- Vigas aéreas – edificios de 15 pisos



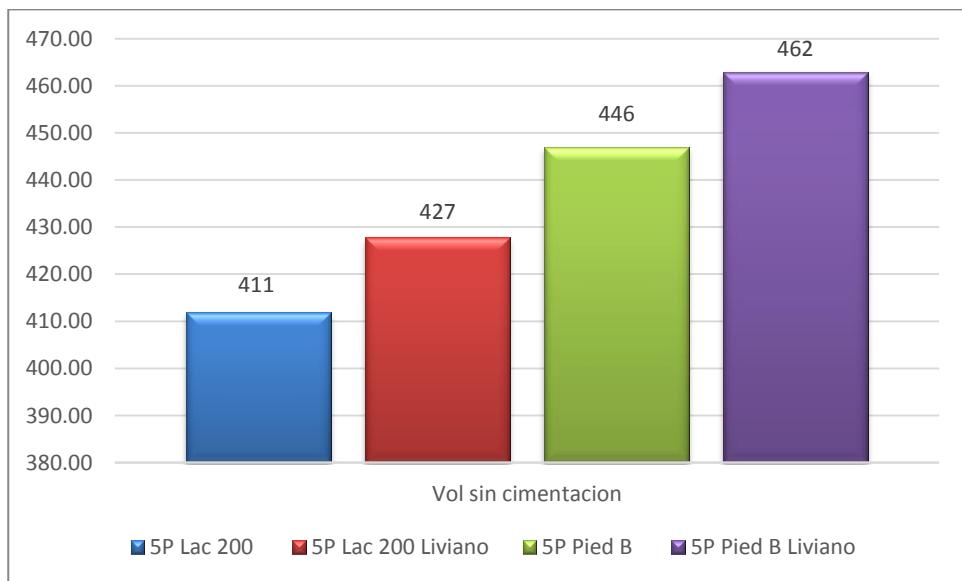
Gráfica 16. Cuantía de concreto m³/m² –Columnas y muros- edificios de 15 pisos



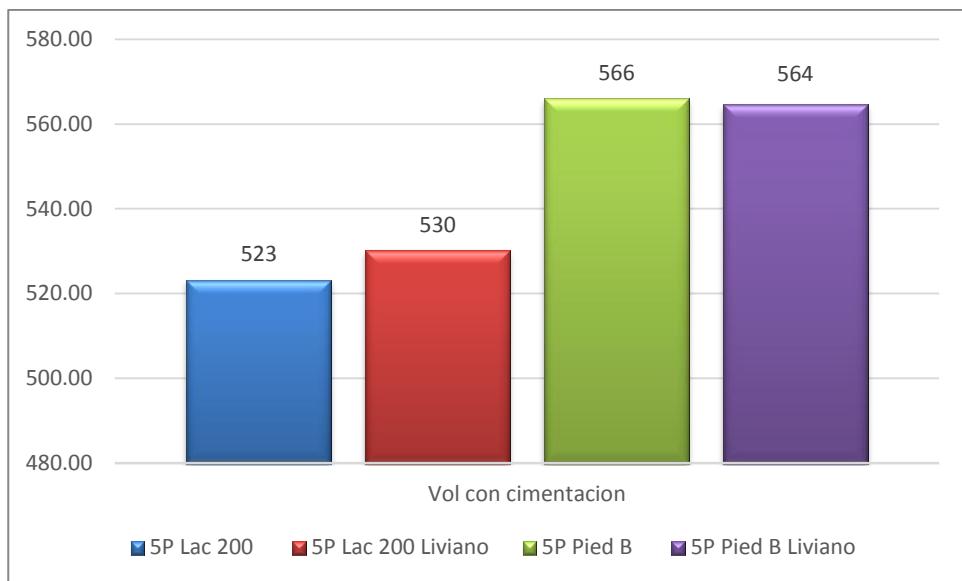
Gráfica 17. Cuantía de acero kg/m²- Columnas y muros – edificios de 15 pisos



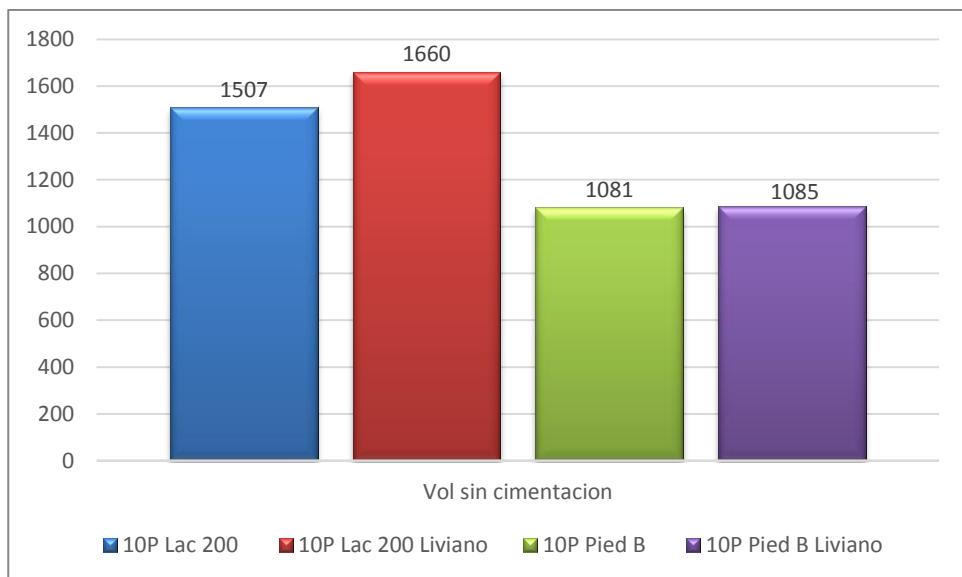
Gráfica 18. Cuantía de acero kg/m³ - Columnas y muros – edificios de 15 pisos



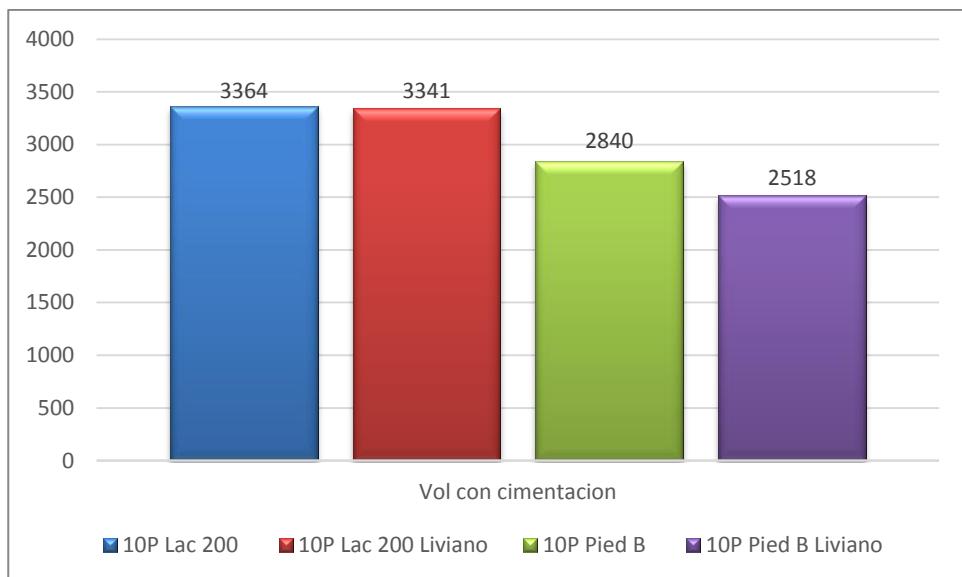
Gráfica 19. Volumen total de concreto sin cimentación – edificios de 5 pisos (m³)



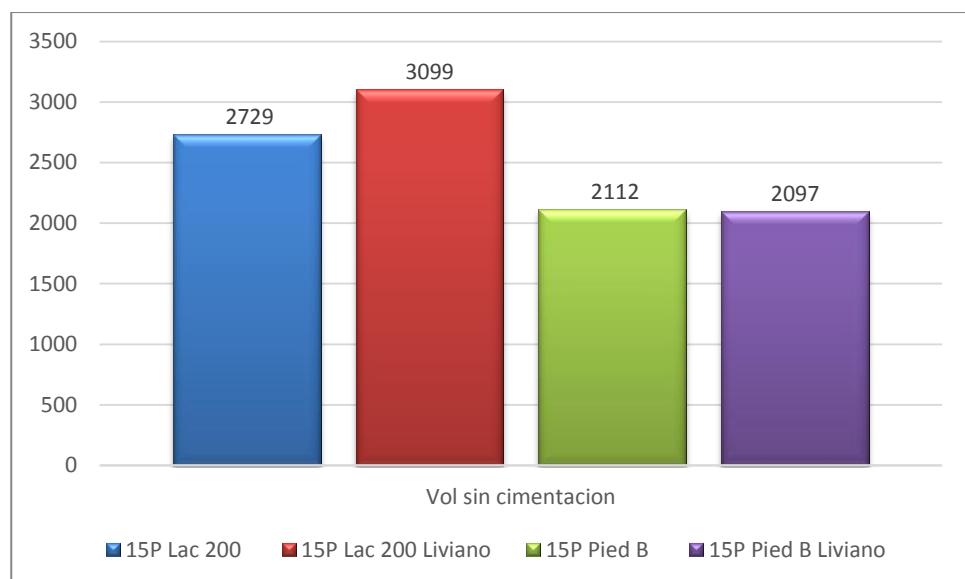
Gráfica 20. Volumen total de concreto con cimentación –edificios de 5 pisos (m^3)



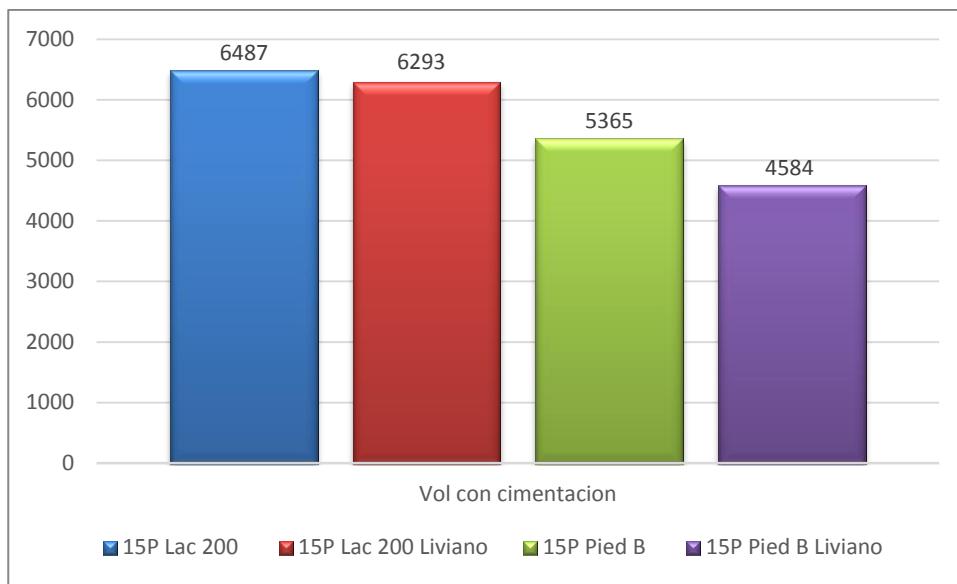
Gráfica 21. Volumen total de concreto sin cimentación – edificios de 10 pisos (m^3)



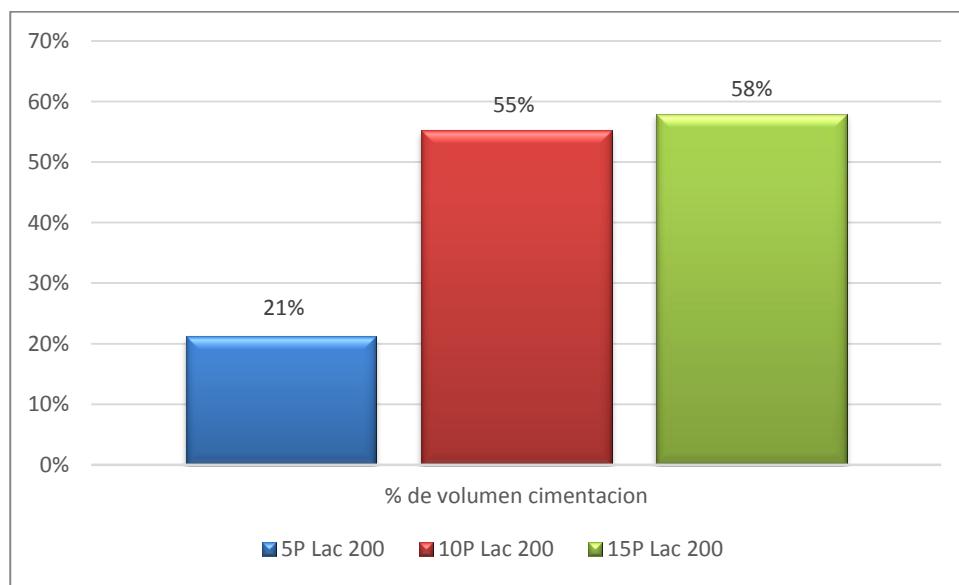
Gráfica 22. Volumen total de concreto con cimentación – edificios de 10 pisos
(m³)



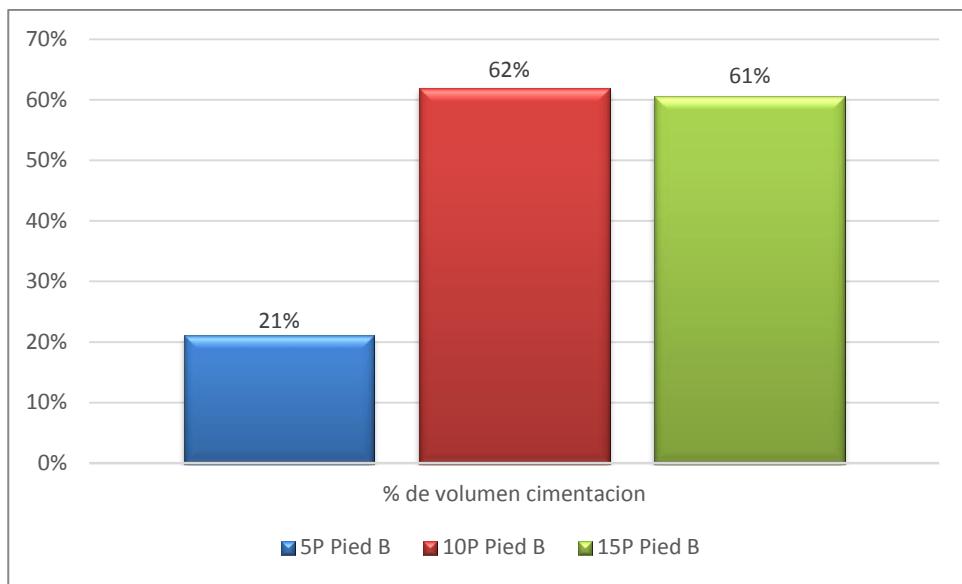
Gráfica 23. Volumen total de concreto sin cimentación – edificios de 15 pisos
(m³)



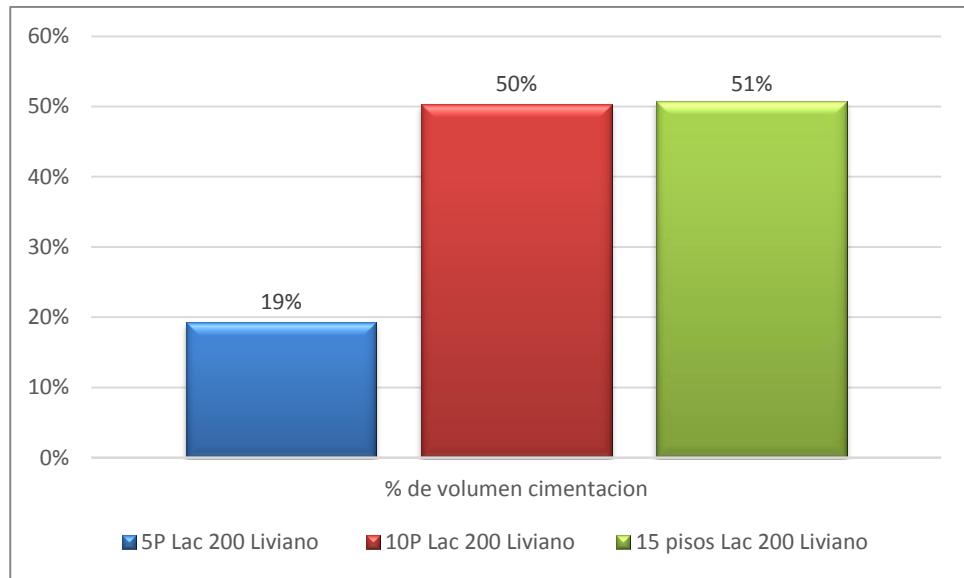
Gráfica 24. Volumen total de concreto con cimentación – edificios de 15 pisos (m³)



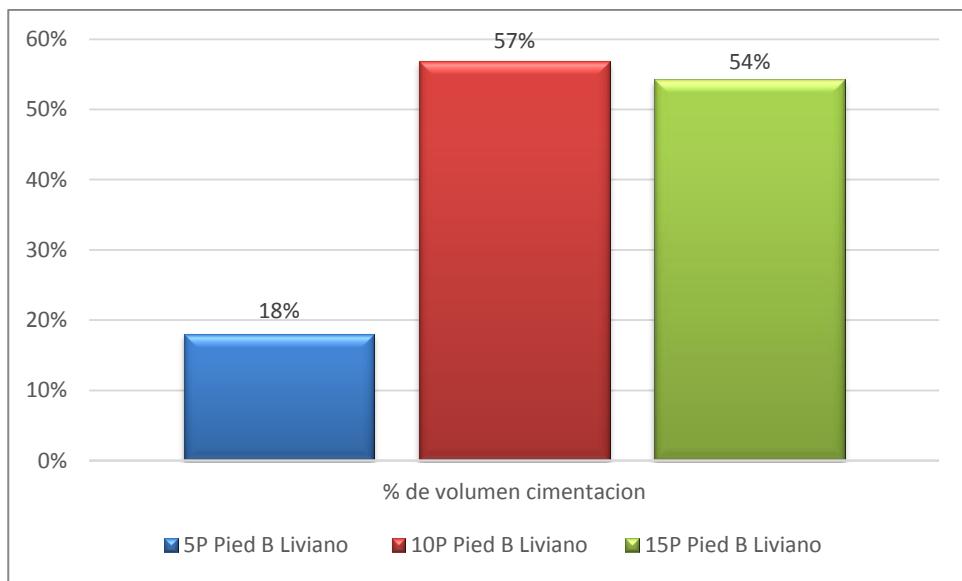
Gráfica 25. Porcentaje de volumen de cimentación Lac 200 - Concreto normal



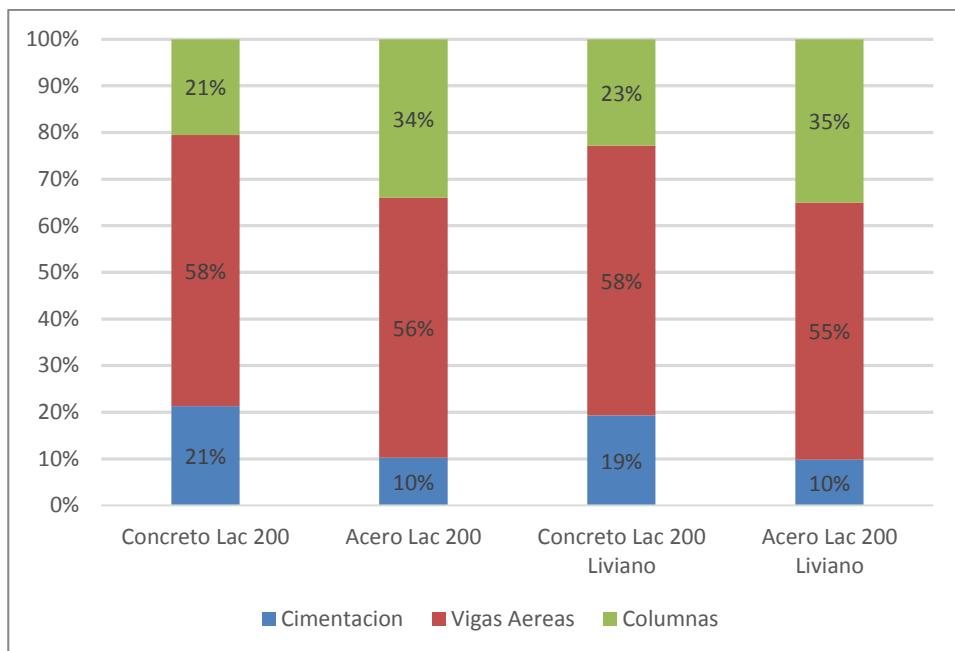
Gráfica 26. Porcentaje de volumen de cimentación Pied B - Concreto Normal



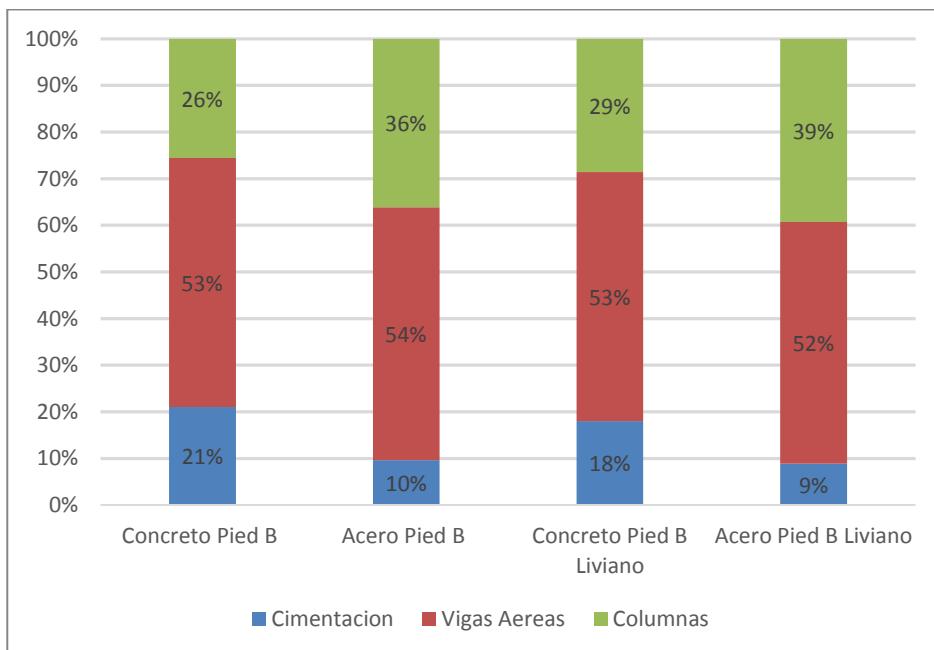
Gráfica 27. Porcentaje de volumen de cimentación Lac 200- Concreto Liviano



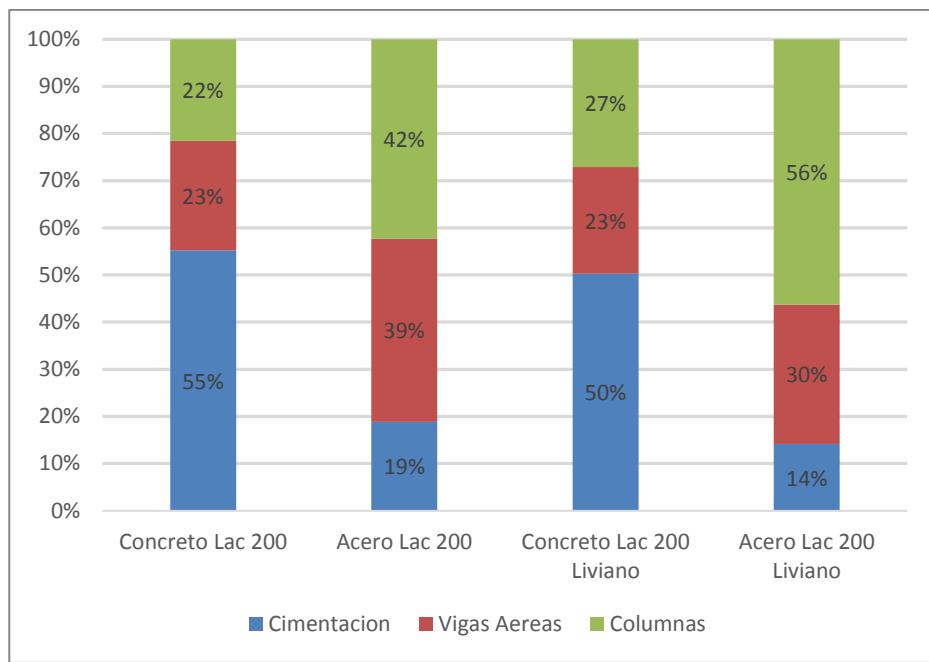
Gráfica 28. Porcentaje de volumen de cimentación Pied B - Concreto Liviano



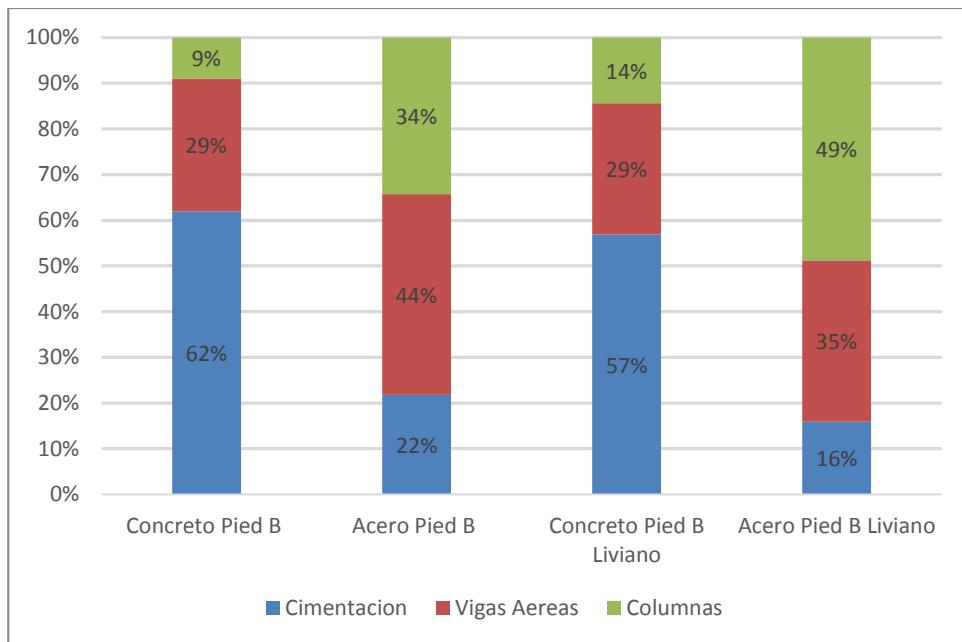
Gráfica 29. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificación en edificios de 5 pisos – Lac 200



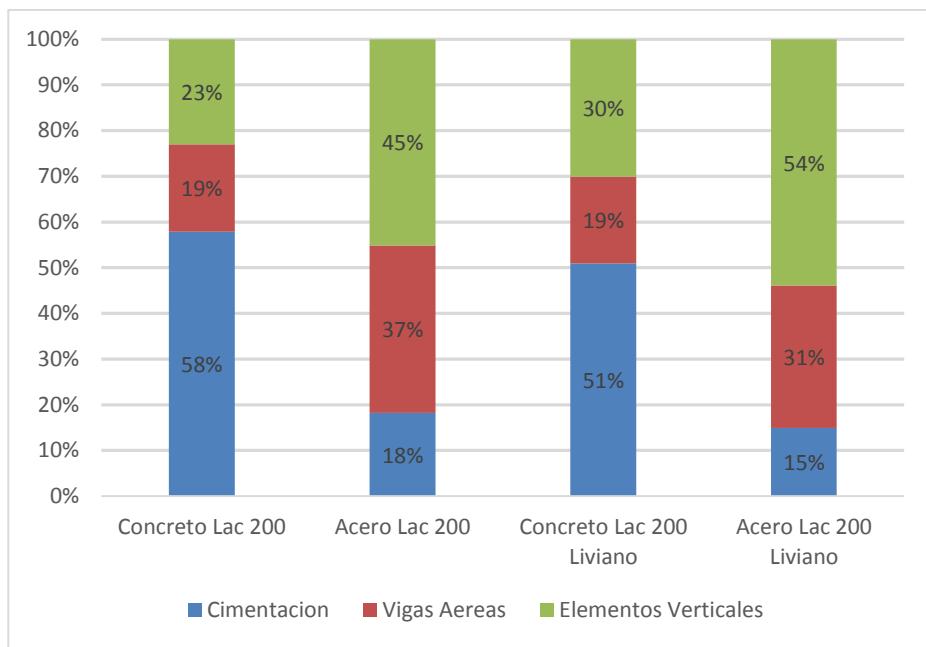
Gráfica 30. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificación en edificios de 5 pisos – Pied B



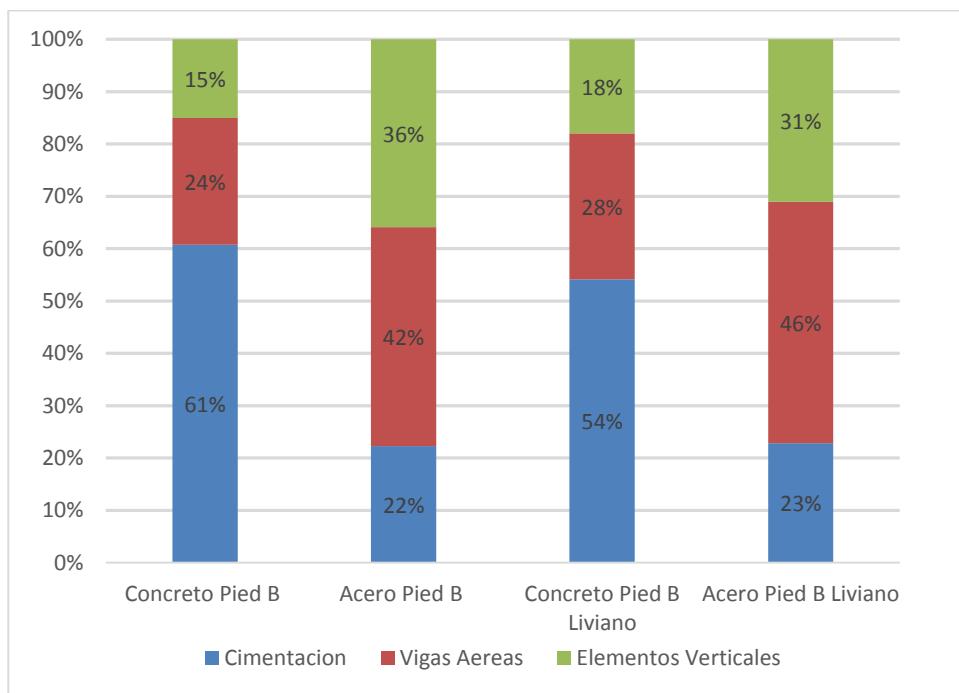
Gráfica 31. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificación en edificios de 10 pisos- Lac 200



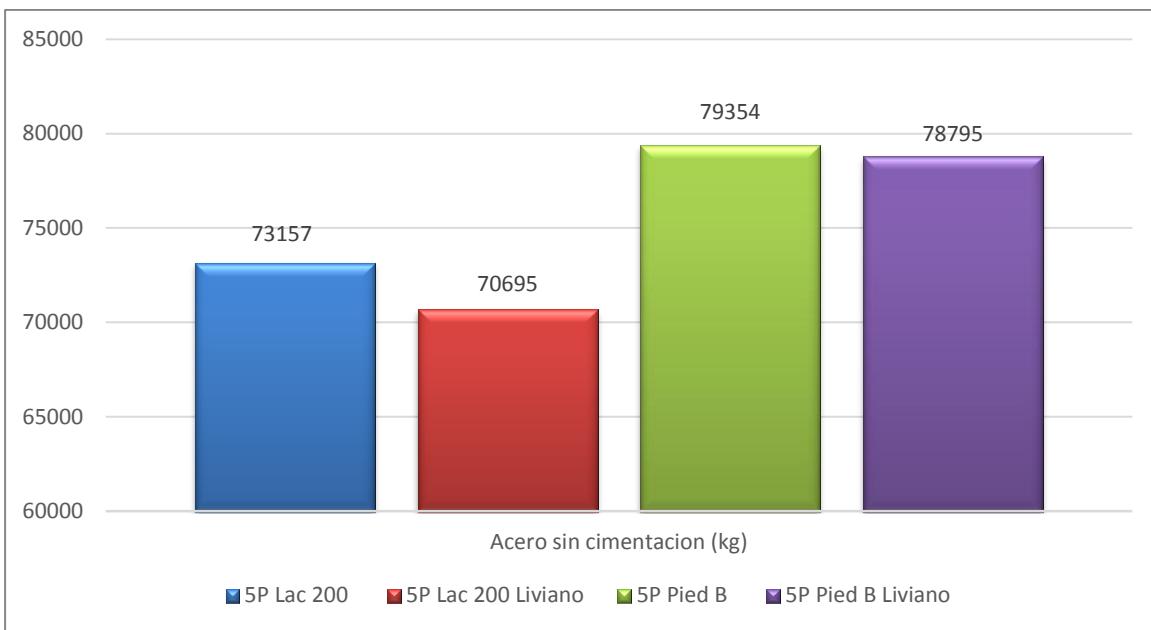
Gráfica 32. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificación en edificios de 10 pisos- Pied B



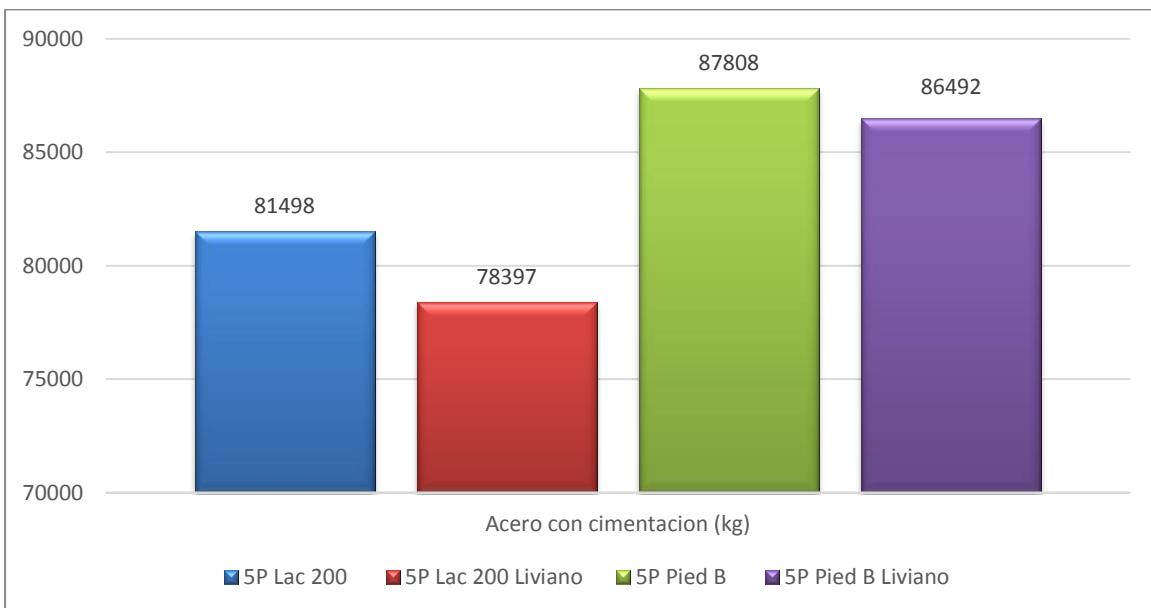
Gráfica 33. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificación en edificios de 15 pisos- Lac 200



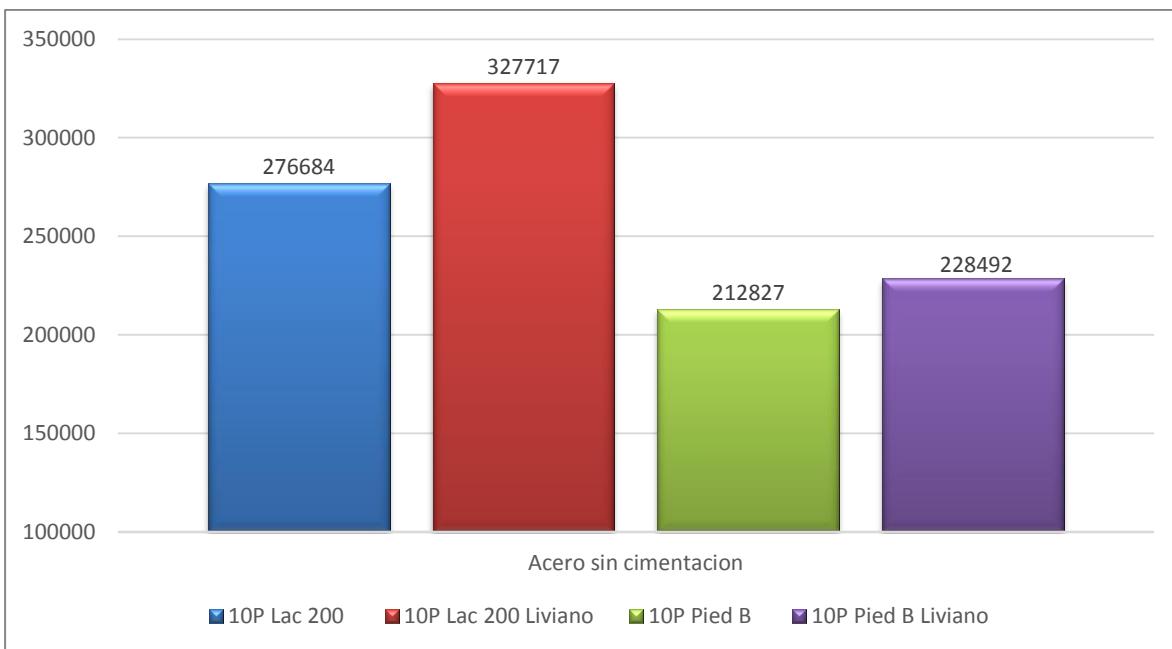
Gráfica 34. Distribución de % de elementos estructurales con respecto a toda la edificación en edificios de 15 pisos- Pied B



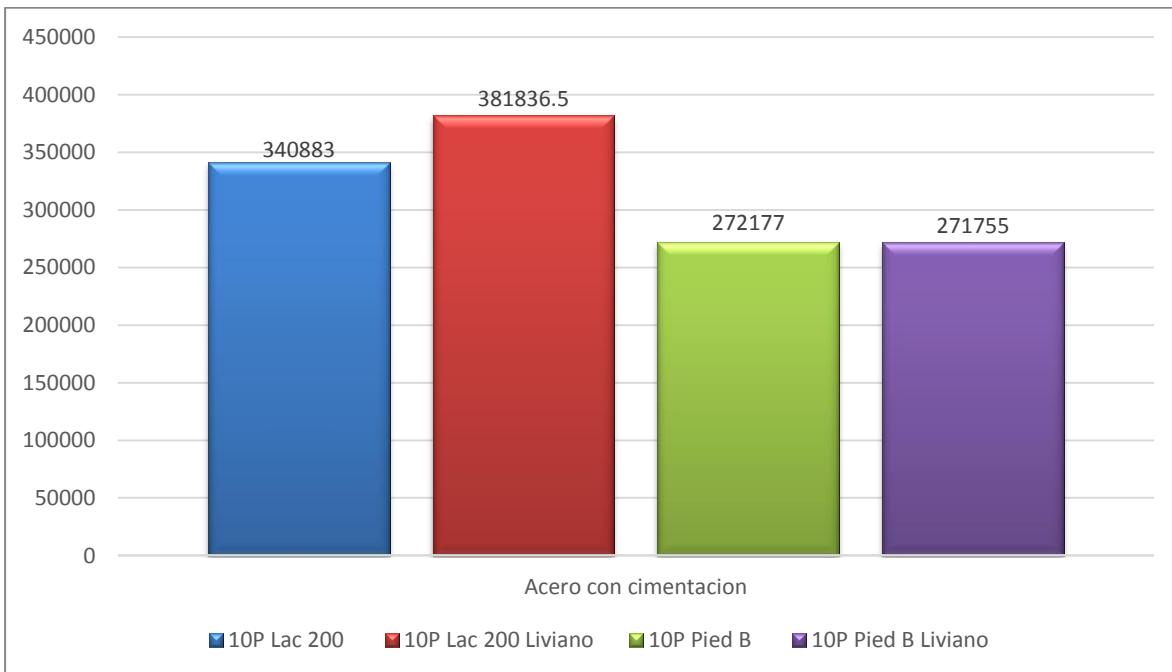
Gráfica 35. Acero total sin cimentación – edificios de 5 pisos (kg)



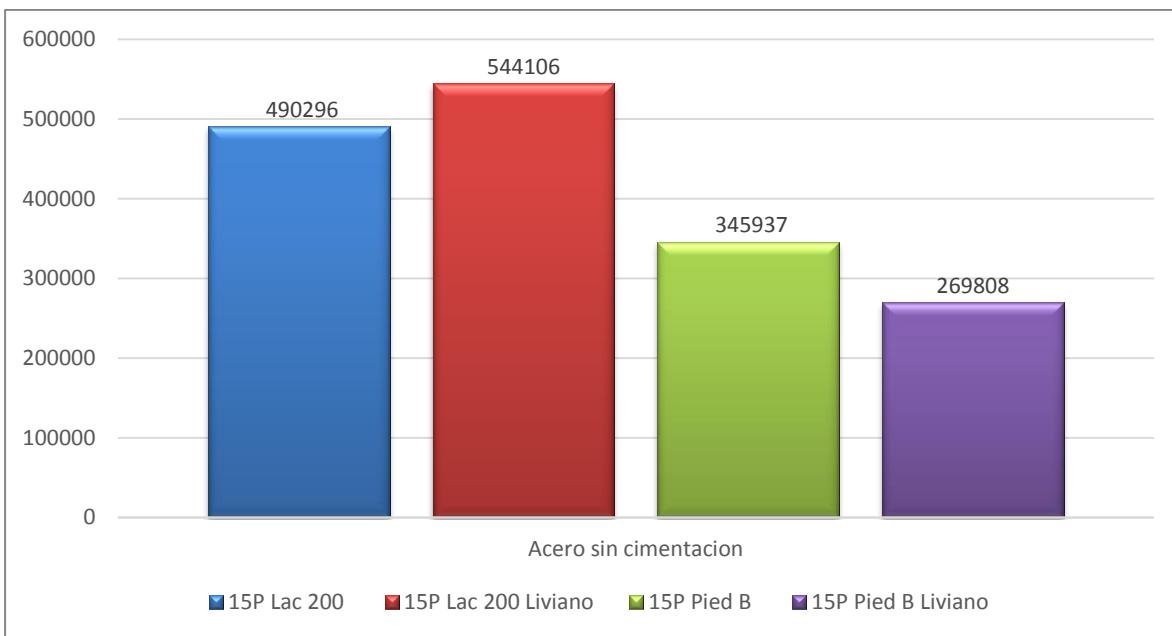
Gráfica 36. Acero total con cimentación - edificios de 5 pisos (kg)



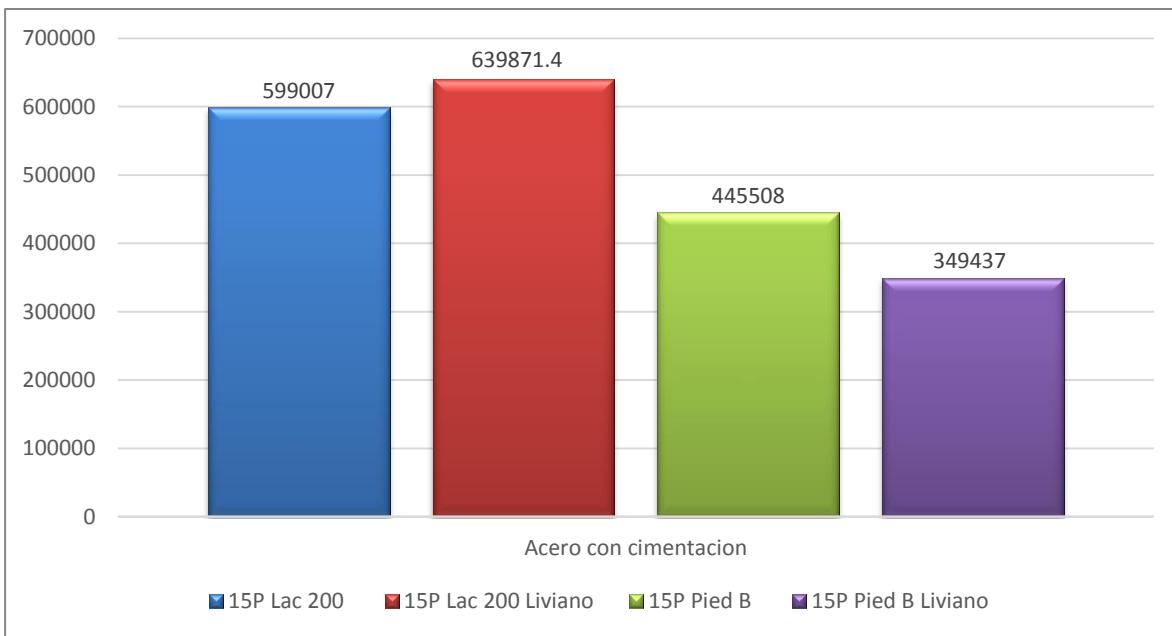
Gráfica 37. Acero total sin cimentación – edificios de 10 pisos (kg)



Gráfica 38. Acero total con cimentación – Edificios de 10 pisos (kg)



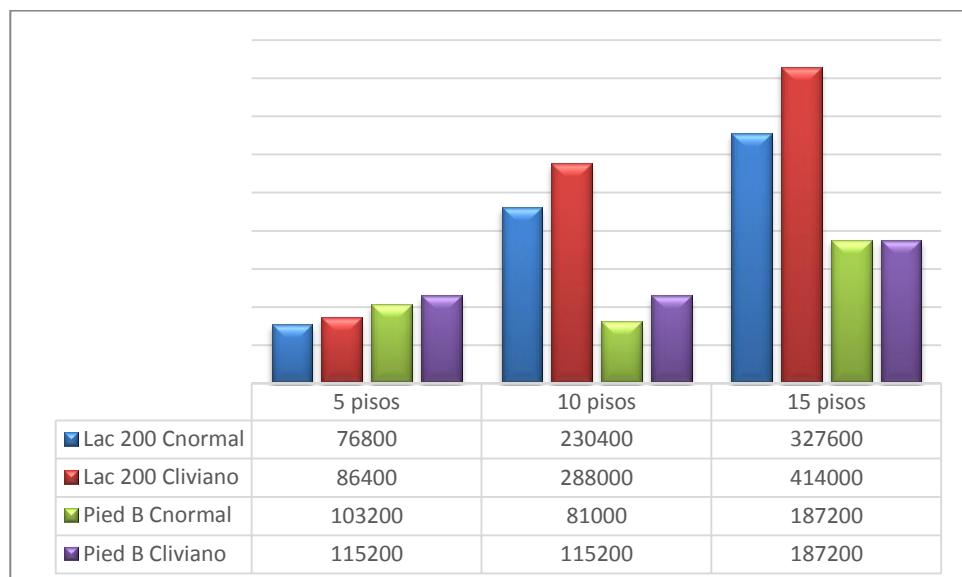
Gráfica 39. Acero total sin cimentación – edificios de 15 pisos (kg)



Gráfica 40. Acero total con cimentación –edificios de 15 pisos (kg)

3.1. Análisis de Resultados

1. Elementos de soporte vertical: de acuerdo a las diferentes secciones de elementos verticales (columnas y muros) utilizadas en el desarrollo de este proyecto es posible comparar sus secciones en función del tipo de suelo



Gráfica 41. Áreas de secciones transversales de elementos verticales en edificios 5, 10 y 15 pisos

De acuerdo con la gráfica anterior se pueden extraer varios resultados: el primero es que en los edificios de 5 pisos las secciones son mayores en Pied B, pero no en los otros edificios de 10 y 15 pisos, esto es debido a la variación de los espectros de diseño de los dos tipos de suelo. En los edificios de 5 pisos ambos periodos dan en la meseta pero el valor de S_a es mayor en Pied B. En los otros edificios al aumentar el periodo el valor de S_a se invierte siendo mayor ahora en Lac 200 por la longitud de la meseta como se aprecia en las Figuras 10 y 11. El segundo resultado es que al utilizar concreto liviano se aumentan las secciones transversales de los elementos verticales debido a su menor masa la

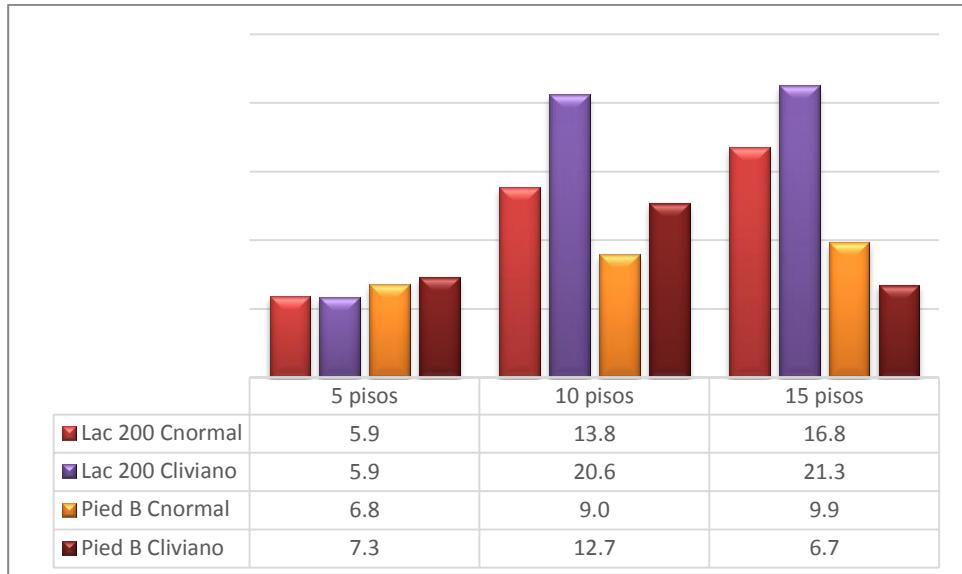
cual hace que se incremente el periodo y se vuelva más flexible la estructura para lo cual es necesario aumentar las secciones para rigidizar las estructuras. El tercer resultado es que para los edificios de 15 pisos en Pied B no se presenta ninguna variación entre los dos tipos de concreto esto se debe a que al ser un edificio con sistema combinado, el aporte de la rigidez dada por los muros es tal, que hace que no se requiera aumentar las secciones de las columnas.

Las variaciones porcentuales de las secciones en los edificios de 5 pisos, independientemente de la ubicación del edificio, equivale a un 13% más grandes las columnas cuando se utiliza concreto liviano.

Para los edificios de 10 pisos la variación es notoria y varía dependiendo del tipo de suelo presentándose un aumento del 25% en Lac 200 y del 42% en Pied B de los edificios construidos con concreto liviano.

Finalmente para los edificios de 15 pisos la variación que se presenta es del 26% en Lac 200 en los edificios construidos con concreto liviano.

2. De igual forma se puede hacer la comparación de la cuantía de acero kg por m^2 de construcción en los elementos verticales entre los tres edificios para determinar qué aspectos inciden en la cuantía, dependiendo del número de pisos, del tipo de concreto y de su ubicación así:



Gráfica 42. Comparación gráfica de las cuantías de acero kg/m² de los elementos verticales en los edificios de 5,10 y 15 pisos.

De acuerdo con la gráfica anterior se puede ver que en general la cuantía de acero por m² de construcción es mayor independientemente del tipo de suelo en las columnas con concreto liviano, debido a que las secciones de las columnas con concreto liviano son mayores además que el factor λ interviene en el diseño afectando los traslapos y el cortante en los elementos.

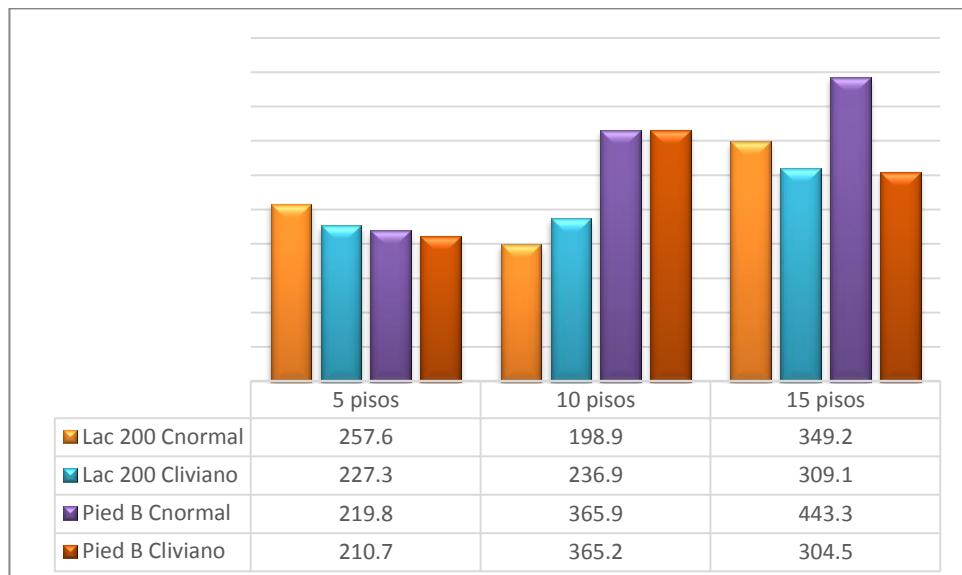
Al observar los resultados de cada edificio se encuentra que:

- En los edificios de 5 pisos se puede apreciar una variación del 7% en la cuantía de acero kg/m² siendo mayor la del concreto liviano si el edificio está ubicado en Piedemonte B. Para el otro tipo de suelo Lacustre 200, no hay variación en esta cuantía.
- Si se comparan además los edificios de 5 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo, se encuentra que para el concreto normal y el concreto liviano la cuantía es mayor en un 15% y 24% respectivamente si el edificio está ubicado en

Piedemonte B, esto se debe a que para este periodo el S_a es mayor en este tipo de suelo.

- En los edificios de 10 pisos se puede apreciar una variación del 49% en la cuantía de acero kg/m^2 siendo mayor la del concreto liviano si el edificio está ubicado en Piedemonte B. Para el otro tipo de suelo Lacustre 200 la variación es del 42% también del concreto liviano. Esto se debe a que el valor S_a disminuyó en Piedemonte por la forma del espectro de diseño para el periodo del edificio.
- Si se comparan los edificios de 10 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se encuentra que para el concreto normal y el concreto liviano la cuantía es mayor en un 54% y 62% respectivamente si el edificio está ubicado en Lacustre 200, esto se debe a que para este periodo el S_a presenta una variación ya que la meseta en Piedemonte B es corta y el valor de S_a disminuye lo cual implica menores fuerzas sobre los elementos.
- En los edificios de 15 pisos se puede apreciar una variación del 27% en la cuantía de acero kg/m^2 siendo mayor la del concreto liviano si el edificio está ubicado en Lacustre 200. Para el otro tipo de suelo Piedemonte B, la variación es inversa siendo mayor para concreto normal 46% en esta cuantía. Debido a que, como se vio en la gráfica 36, la variación de las secciones únicamente se presentó en Lacustre 200. Para Piedemonte B las secciones se mantuvieron iguales lo cual me lleva a revisar los factores de ajuste del análisis sísmico para estos edificios encontrando que, efectivamente, presenta unos factores mucho mayores el edificio de Piedemonte B con concreto normal en comparación con el de concreto liviano.

- Si comparamos los edificios de 15 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo, se encuentra que para el concreto normal y el concreto liviano la cuantía es mayor en un 70% y 216% respectivamente si el edificio está ubicado en Lacustre 200, esto se debe a que para este periodo el S_a presenta una variación, ya que la meseta en Piedemonte B es corta y el valor de S_a disminuye lo cual implica menores fuerzas sobre los elementos.
3. Para los elementos verticales también es necesario comparar la cuantía de acero por m^3 de concreto para determinar de qué manera influye el tipo de suelo y el tipo de concreto. A continuación se presenta una gráfica que resume los resultados obtenidos:



Gráfica 43. Comparación grafica de las cuantías de acero kg/m^3 de los elementos verticales en los edificios de 5, 10 y 15 pisos

De acuerdo con la gráfica anterior se puede ver que en los edificios de 5 y 15 pisos, independientemente del tipo de suelo, la cuantía de acero por

m^3 de concreto es mayor si los elementos verticales están construidos en concreto normal. Caso contrario se observa en el edificio de 10 pisos, ya que, en el que se encuentra localizado en Lacustre 200 la cuantía es mayor para el concreto liviano, y en Piedemonte B puedo usar un concreto u otro ya que la cuantía no varía.

Si se mira por separado cada uno de los componentes que conforman la cuantía para establecer un patrón, se encuentra que para los edificios de 5 pisos el factor predominante es el concreto que es mayor en el concreto liviano y como está en el denominador hace que la cuantía baje, lo cual hace más conveniente usar concreto liviano.

En el edificio de 10 pisos, a pesar de que hay mayor concreto en los edificios livianos, también es relevante el acero que se encuentra en estos y es por eso que la cuantía es mayor si se usa concreto liviano.

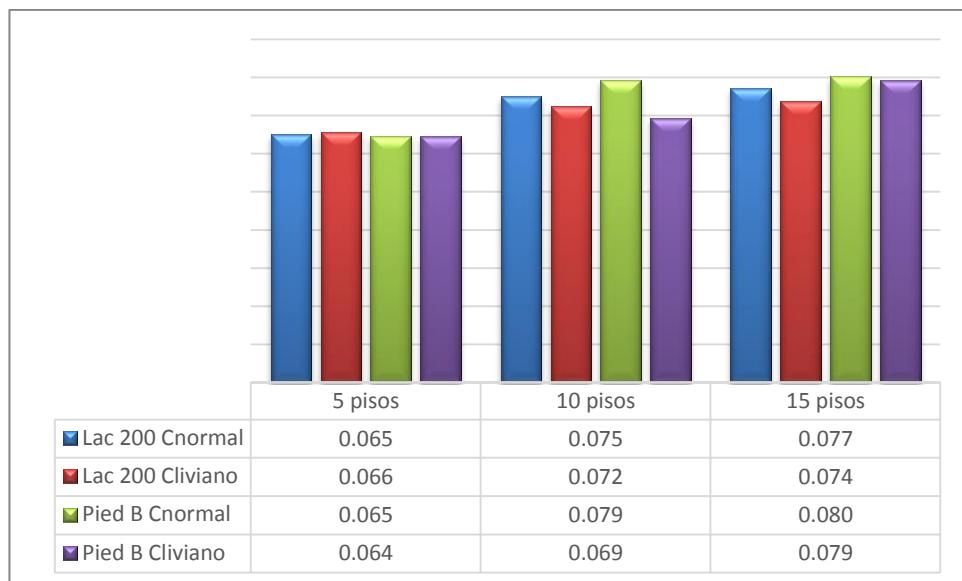
En los edificios de 15 pisos tienen relevancia tanto el acero como el concreto teniendo como resultado final mayores cuantías cuando se usa concreto normal.

Si se analiza cada uno de los resultados por edificios se tiene:

- Para los edificios de 5 pisos se puede apreciar una variación del 4% en la cuantía de acero kg/m^3 siendo mayor la del concreto normal si el edificio está ubicado en Piedemonte B. Para el otro tipo de suelo, Lacustre 200, la variación es del 13% mayor para concreto normal esta cuantía.
- Si se comparan además los edificios de 5 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se encuentra que para el concreto normal y concreto liviano la cuantía es mayor en un 17% y 8% respectivamente si el edificio está ubicado en Lacustre 200, esto se debe a que para este periodo el S_a es mayor en este tipo de suelo.
- En los edificios de 10 pisos se puede apreciar una variación del 19% en la cuantía de acero kg/m^3 siendo mayor la del concreto

liviano si el edificio está ubicado en Lacustre 200. Para el otro tipo de suelo, Piedemonte B, no hay variación en esta cuantía.

- Si se comparan además los edificios de 10 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se encuentra que para el concreto normal y concreto liviano la cuantía es mayor en un 84% y 54% respectivamente si el edificio está ubicado en Piedemonte B.
 - Para los edificios de 15 pisos se puede apreciar una variación del 46% en la cuantía de acero kg/m^3 siendo mayor la del concreto normal si el edificio está ubicado en Piedemonte B, para el otro tipo de suelo, Lacustre 200, la variación es del 13% mayor para concreto normal esta cuantía.
 - Si además se comparan los edificios de 15 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se encuentra que para el concreto normal y concreto liviano la cuantía es mayor en un 27% y 2% respectivamente si el edificio está ubicado en Piedemonte B y Lacustre 200 respectivamente.
4. Elementos tipo viga: el siguiente análisis se hará sobre las vigas que hacen parte del sistema de resistencia sísmica de acuerdo a las cuantías m^3/m^2 , mostradas anteriormente.



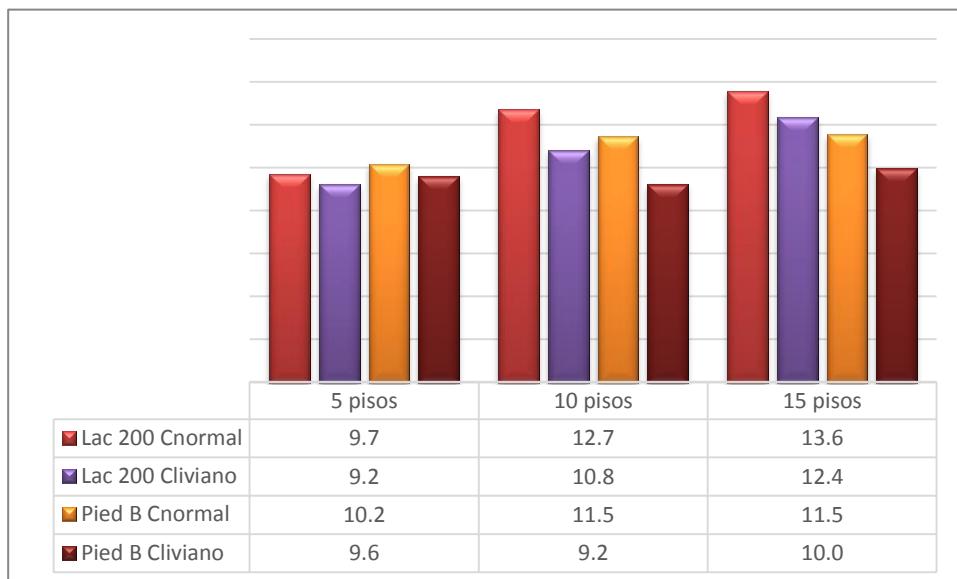
Gráfica 44. Comparación gráfica de las cuantías de concreto m^3/m^2 de las vigas en los edificios de 5 ,10 y 15 pisos

De lo anterior se puede decir que para el edificio de 5 pisos las variaciones presentes son prácticamente cero, es decir, para edificios de 5 pisos las secciones planteadas inicialmente no se modificaron con ninguno de los dos tipos de concreto por lo tanto queda a elección la utilización de concreto normal o concreto liviano para las vigas. Por otro lado, en los edificios de 10 y 15 pisos se puede ver una tendencia, y es que las vigas con concreto normal presentan un aumento de la cuantía de concreto por la diferencia en masa entre los entrepisos en los diferentes tipos de concreto.

A continuación se analizan los resultados de forma puntual en los edificios que presentan variación.

- Para los edificios de 10 pisos se puede apreciar una variación del 4% y 14% en la cuantía de concreto m^3/m^2 siendo mayor la del concreto normal para los edificios ubicados en Lacustre 200 y Piedemonte B, respectivamente.

- Si se comparan además los edificios de 10 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se encuentra que para el concreto normal es mayor en un 6% si el edificio está en Piedemonte, y para el concreto liviano la cuantía es mayor en un 4% si el edificio está ubicado en Lacustre 200.
 - Para los edificios de 15 pisos se puede apreciar una variación del 4% y 1% en la cuantía de concreto m^3/m^2 siendo mayor la del concreto normal para los edificios ubicados en Lacustre 200 y Piedemonte B, respectivamente.
 - Si se compara además los edificios de 15 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se puede encontrar que el concreto normal es mayor en un 4% si el edificio está en Piedemonte y para el concreto liviano la cuantía es mayor en un 7% para el mismo tipo de suelo.
5. Se puede hacer el análisis de los resultados de la cuantía de acero kg/m^2 para los edificios de acuerdo con la gráfica siguiente:



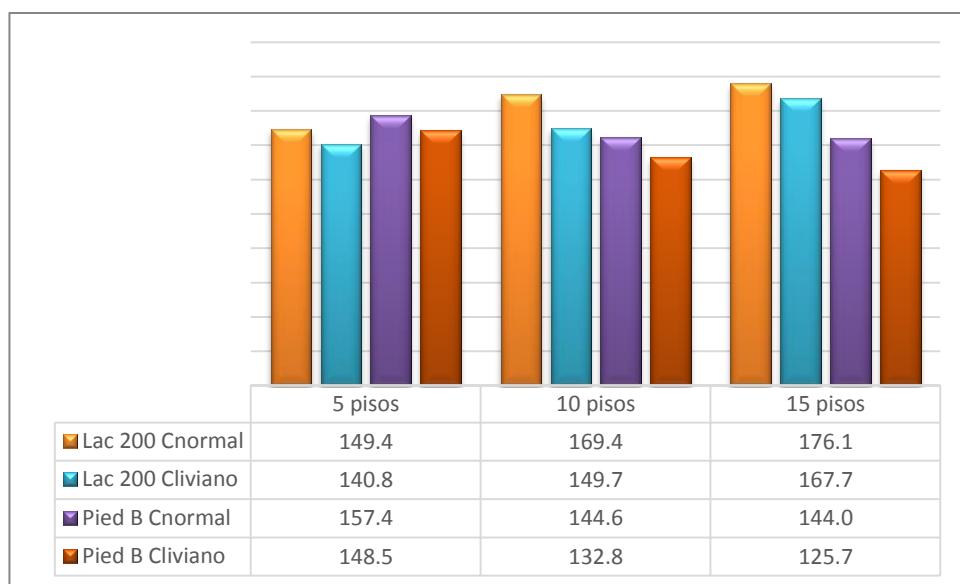
Gráfica 45. Comparación grafica de las cuantías de acero kg/m^2 de las vigas en los edificios de 5, 10 y 15 pisos

De acuerdo con la gráfica anterior es claro que para los tres edificios de 5, 10 y 15 pisos se presentan ahorros en la cuantía si se utiliza concreto liviano en las vigas. También que el peso de la losa de entrepiso reduce de forma tal las solicitudes que, a pesar de que las vigas diseñadas en concreto liviano tienen en cuenta el factor λ que aumenta los requerimientos de cortante y longitud de desarrollo, no supera la cuantía de las vigas con concreto normal. A continuación se indican las variaciones porcentuales de cada uno de los edificios:

- Para los edificios de 5 pisos se puede apreciar una variación del 5% y 6% en la cuantía de acero kg/m^2 siendo mayor la del concreto normal para los edificios ubicados en Lacustre 200 y Piedemonte B, respectivamente.
- Al comparar además los edificios de 5 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se encuentra que para el concreto normal es mayor en un 5% si el edificio está en Piedemonte B; y para el concreto liviano la cuantía es mayor en un 4% si está ubicado en Piedemonte B.
- Para los edificios de 10 pisos se puede apreciar una variación del 17% y 25% en la cuantía de acero kg/m^2 siendo mayor la del concreto normal para los edificios ubicados en Lacustre 200 y Piedemonte B, respectivamente.
- Si se compara además los edificios de 10 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se encuentra que para el concreto normal es mayor en un 11% si el edificio está en Lacustre 200; y para el concreto liviano la cuantía es mayor en un 4% si está ubicado en Lacustre 200.
- Para los edificios de 15 pisos se puede observar una variación del 10% y 16% en la cuantía de acero kg/m^2 siendo mayor la del

concreto normal para los edificios ubicados en Lacustre 200 y Piedemonte B, respectivamente.

- Al comparar además los edificios de 15 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se encuentra que el concreto normal es mayor en un 17% si el edificio está en Lacustre 200 y para el concreto liviano la cuantía es mayor en un 24% si está ubicado en Lacustre 200.
6. Para finalizar el análisis de las cuantías en las vigas es hora estudiar lo que sucede con la cuantía de acero kg/m^3 y así establecer la tendencia.



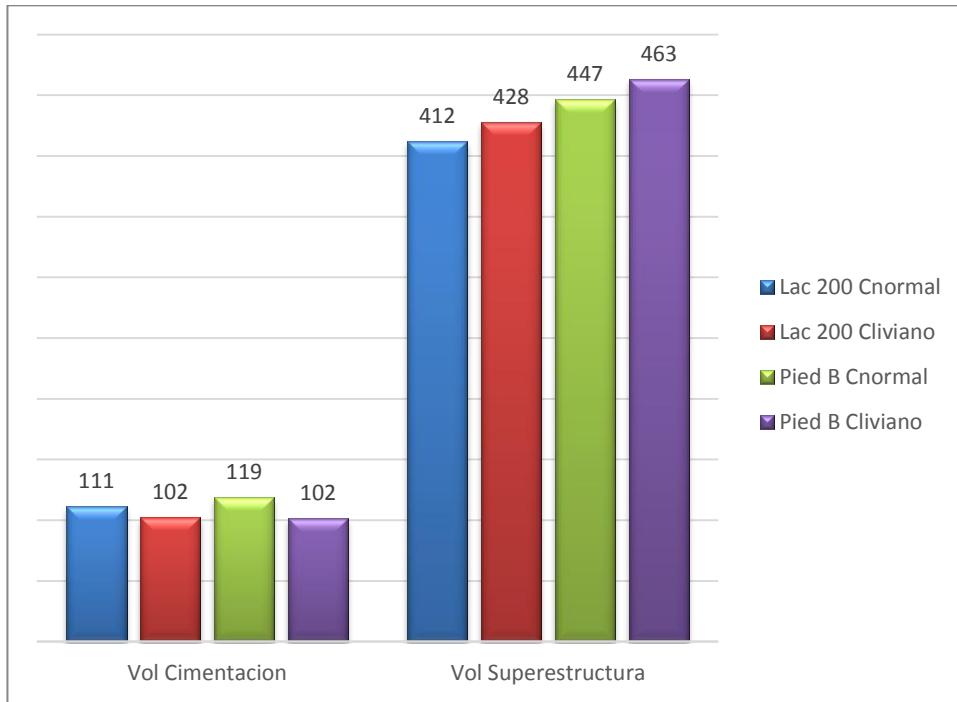
Gráfica 46. Comparación gráfica de las cuantías de acero kg/m^3 de las vigas en los edificios de 5, 10 y 15 pisos.

Esta gráfica que presenta la misma tendencia de la cuantía kg/m^2 analizada en el numeral anterior, en donde la utilización del concreto liviano presenta disminución en las cuantías en todos los edificios, confirma que la carga muerta en los edificios con concreto liviano es determinante en este resultado aun por encima de las solicitudes sísmicas a las cuales se ven

sometidas las vigas. Ahora se presentan las variaciones porcentuales de cada edificio.

- Para los edificios de 5 pisos se puede apreciar una variación del 6% en la cuantía de acero kg/m^3 siendo mayor la del concreto normal para los edificios ubicados en Lacustre 200 y Piedemonte B.
 - Si se comparan además los edificios de 5 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se encuentra que para el concreto normal es mayor en un 5% si el edificio está en Piedemonte B y para el concreto liviano la cuantía es mayor en un 4% si está ubicado en Piedemonte B.
 - Para los edificios de 10 pisos se puede ver una variación del 13% y 9% en la cuantía de acero kg/m^3 siendo mayor la del concreto normal para los edificios ubicados en Lacustre 200 y Piedemonte B, respectivamente.
 - Si se compara además los edificios de 10 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se puede encontrar que para el concreto normal es mayor en un 17% si el edificio está en Lacustre 200, y para el concreto liviano la cuantía es mayor un 13% si está ubicado en Lacustre 200.
 - Para los edificios de 15 pisos se puede ver una variación del 5% y 15% en la cuantía de acero kg/m^3 siendo mayor la del concreto normal para los edificios ubicados en Lacustre 200 y Piedemonte B, respectivamente.
 - Si se comparan además los edificios de 15 pisos con el mismo tipo de concreto pero variando el tipo de suelo se encuentra que para el concreto normal es mayor en un 22% si el edificio está en Lacustre 200, y para el concreto liviano la cuantía es mayor un 33% si está ubicado en Lacustre 200.
7. Adicionalmente al análisis de las cuantías de los elementos, es importante saber la cantidad de concreto que se requiere en la

construcción de los edificios para poder tomar la decisión de usar un tipo de concreto de acuerdo a la altura del edificio o al tipo de suelo donde se vaya a construir. A continuación se analizaran los resultados obtenidos en los edificios de 5 pisos.

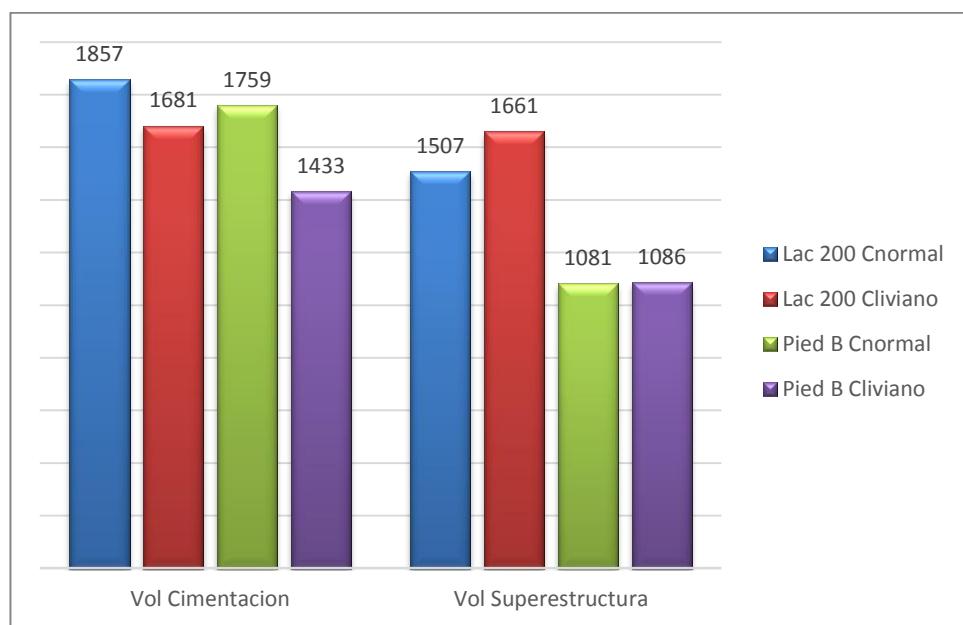


Gráfica 47. Comparación de volúmenes de concreto m^3 en edificios de 5 pisos

De acuerdo con lo anterior es posible concluir que el volumen de la cimentación para los cuatro edificios analizados es muy similar y corresponden al 20% del volumen total de la edificación. Por consiguiente, el volumen de la estructura superior es del 80%. Ahora se analizaran las variaciones del volumen total de concreto entre edificios:

- Con respecto a las variaciones volumétricas entre edificios localizados en el mismo suelo pero con diferente concreto la diferencia máxima es de $7 m^3$ si está ubicado en lacustre. La cual no es un argumento definitivo para escoger un tipo de concreto basándose en el volumen.

- Si se comparan ahora edificios con el mismo tipo de concreto en diferentes tipos de suelo, se ve que las variaciones aumentan donde para concreto normal hay 43 m³ más si se construye en Piedemonte B; y para concreto liviano 34 m³ más si se construye también en Piedemonte.
8. Para los edificios de 10 pisos se hizo el mismo análisis obteniendo lo siguiente:

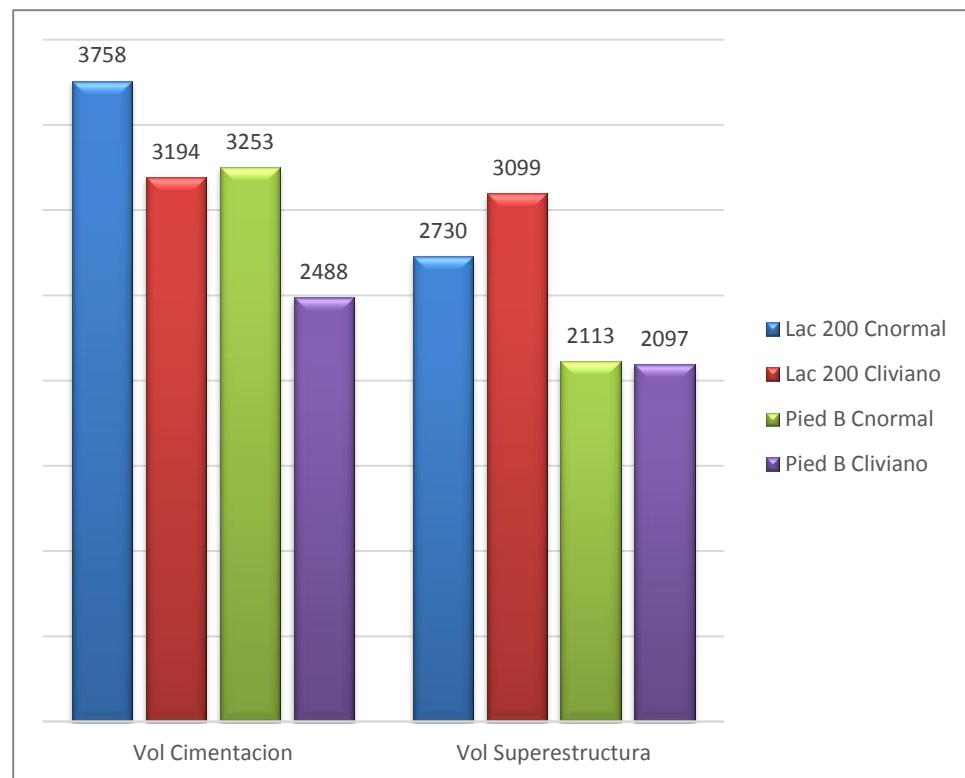


Gráfica 48. Comparación de volúmenes de concreto m³ en edificios de 10 pisos

Claramente la cimentación toma mayor relevancia en estos edificios con respecto al volumen total del edificio teniendo un porcentaje de 55% en Lacustre 200 con concreto normal, 50% en Lacustre 200 con concreto liviano, para Piedemonte el porcentaje es de 62% y 57% si el edificio está construido en concreto normal y concreto liviano respectivamente. De la gráfica se puede concluir que el edificio que menor concreto contiene es el que está ubicado en Piedemonte con concreto liviano. A continuación se hará el análisis del concreto total de cada uno de los edificios.

- Si el edificio está localizado en el mismo suelo pero con diferente concreto el aumento es de $22m^3$ o en porcentaje es del 1% del concreto normal si está ubicado en Lacustre 200. La diferencia aumenta a $322m^3$ o en porcentaje es un 13% mayor si se usa concreto normal en Piedemonte B.
- Si se compara ahora edificios con el mismo concreto en diferente tipo de suelo, se ve que las variaciones aumentan donde para concreto normal hay $524 m^3$ o 18% más si se construye en Lacustre 200 y para concreto liviano $823m^3$ o 33% más si se construye también en Lacustre 200.

9. Para edificios de 15 pisos se encuentra lo siguiente basados en la siguiente gráfica.

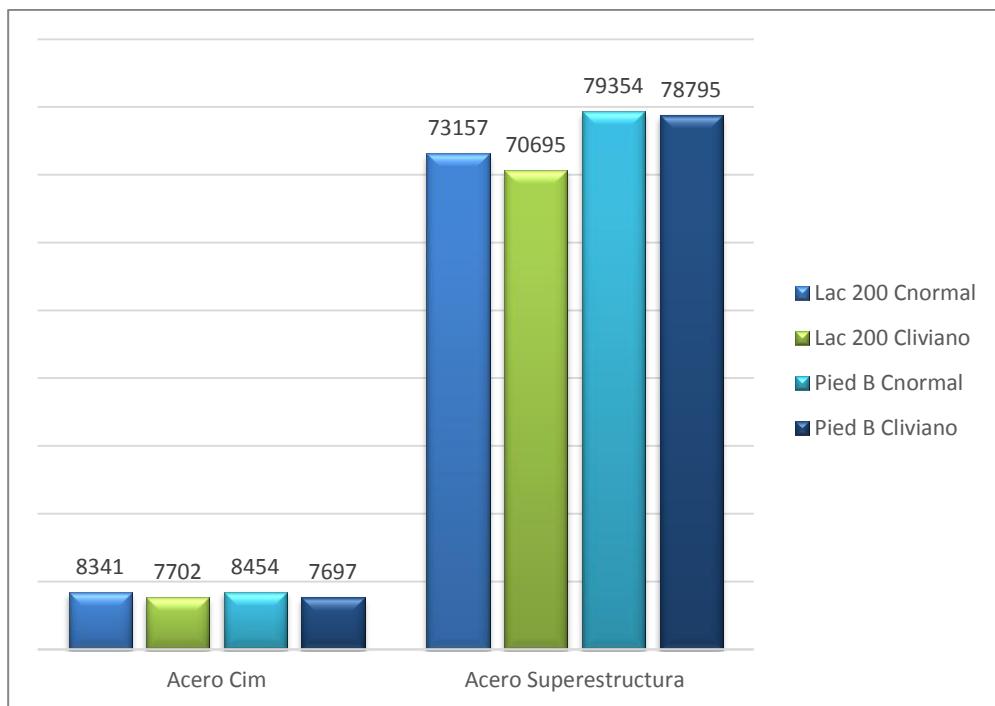


Gráfica 49. Comparación de volúmenes de concreto m^3 en los edificios de 15 pisos

Se mantiene la misma tendencia que en los edificios de 10 pisos donde la cimentación tiene una gran participación en el volumen total de la edificación con los siguientes porcentajes: 58% y 51% si el edificio está ubicado en Lacustre 200 y está construido en concreto normal y liviano, respectivamente. 61% y 54% si está ubicado en Piedemonte y los concretos son normal y liviano, respectivamente. A simple vista se observa que el edificio de 15 pisos construido con concreto liviano y ubicado en Piedemonte B, es el que requiere menos concreto. Ahora se hará el análisis detallado del total del concreto de los edificios:

- Si el edificio está localizado en el mismo suelo pero con diferente concreto el aumento es del 195 m^3 o en porcentaje es del 3% del concreto normal si está ubicado en Lacustre 200. La diferencia aumenta a 781 m^3 o 17% requiriendo más concreto normal en Piedemonte B.
- Si se compara ahora edificios con el mismo concreto en diferente tipo de suelo, se ve que las variaciones aumentan donde para concreto normal hay 1123 m^3 o 21% más si se construye en Lacustre 200 y para concreto liviano 1708m^3 o 37% más si se construye también en Lacustre 200.

10. De la misma manera que se analizaron los volúmenes de los diferentes edificios ahora se analizarán los pesos de los aceros de los edificios comenzando por los edificios de 5 pisos.



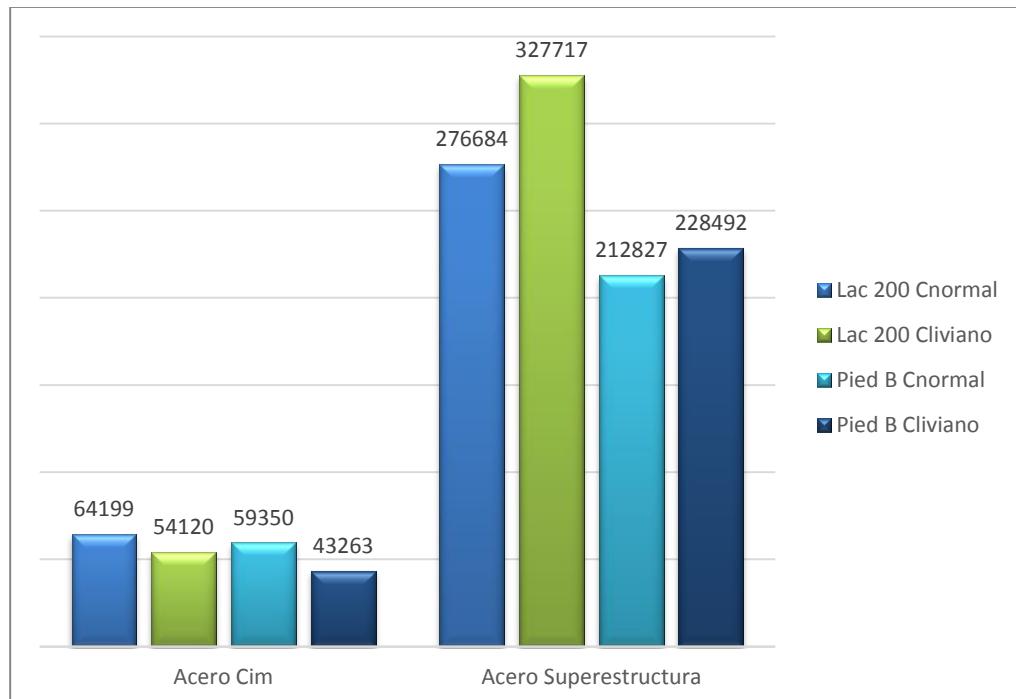
Gráfica 50. Comparación del acero de refuerzo kg en edificios de 5 pisos

De la gráfica anterior se puede observar que la variación entre los diferentes edificios de 5 pisos no es determinante para inclinarse por un material o un tipo de suelo. También se observa que el acero de la cimentación es el 10% del total del acero de la estructura. De forma detenida se pueden ver las variaciones del total de acero de los edificios así:

- Si el edificio está localizado en el mismo suelo pero con diferente concreto el aumento es de 3101 kg o 4 % en la cantidad de acero si el edificio se construye en concreto normal y está ubicado en Lacustre 200. La diferencia disminuye a 1316 kg o 2% mayor si se usa concreto normal en Piedemonte B.
- Si se compara ahora edificios con el mismo concreto en diferente tipo de suelo, se ve que las variaciones aumentan donde para concreto normal hay 6310 kg o 8% más si se construye en

Piedemonte B y para concreto liviano 8095 kg o 10% más si se construye también en Piedemonte B.

11. Si se realiza el mismo ejercicio ahora para los edificios de 10 pisos se tiene:



Gráfica 51. Comparación del acero de refuerzo kg en edificios de 10 pisos

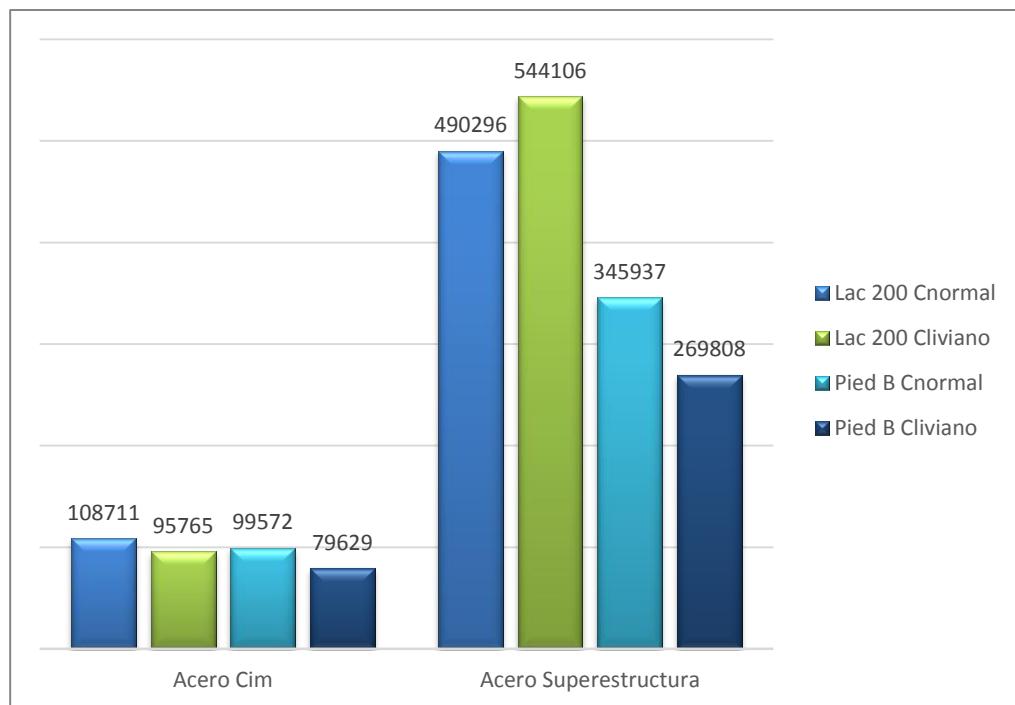
Se observa a partir de esta grafica que el acero de la cimentación no supera el 22% del total del acero de la estructura superior, por lo tanto es muy importante definir el material a usar en el edificio a partir de los resultados de la estructura superior. Si solo se ve la estructura superior, independientemente de la ubicación del edificio, requiere mayor cantidad de acero cuando se utiliza concreto liviano. De forma puntual se indican los resultados del total del acero de la edificación:

- Si el edificio está localizado en el mismo suelo pero con diferente concreto el aumento es de 40954 kg o 12 % en la cantidad de acero si el edificio se construye en concreto liviano y está ubicado

en Lacustre 200. La diferencia disminuye a 422 kg o 0.2% mayor si se usa concreto normal en Piedemonte B.

- Si ahora se comparan edificios con el mismo concreto en diferentes tipos de suelo, se pueden ver que las variaciones aumentan donde para concreto normal hay 68706 kg o 25% más si se construye en Lacustre 200 y para concreto liviano 110081 kg o 41% más si se construye también en Lacustre 200.

12. Para terminar de analizar el acero de todos los edificios es hora de ver qué pasa en los edificios de 15 pisos:



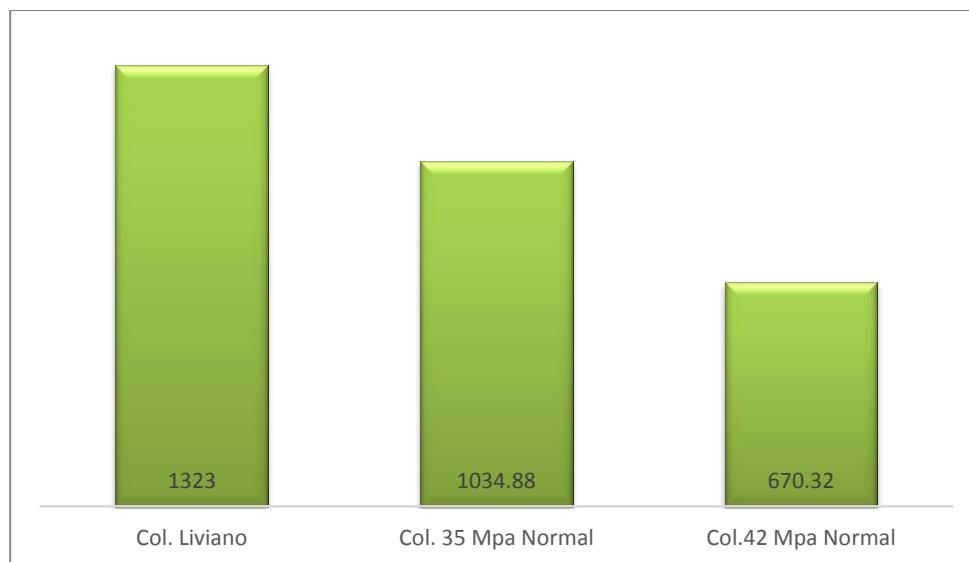
Gráfica 52. Comparación del acero de refuerzo en edificios de 15 pisos

Al igual que en los edificios de 10 pisos el acero de la cimentación esta alrededor de un 23% del total del edificio. Es decir que el acero de la superestructura es realmente el que define cuando es conveniente usar

un concreto o no. Analizando el total del acero de la estructura se obtiene lo siguiente:

- Si el edificio está localizado en el mismo suelo pero con diferente concreto el aumento es de 40864 kg o 7 % en la cantidad de acero si el edificio se construye en concreto liviano y está ubicado en Lacustre 200. La diferencia aumenta 96072 kg o 27% mayor si se usa concreto normal en Piedemonte B.
- Si se observan ahora edificios con el mismo concreto en diferentes tipos de suelo, se puede ver que las variaciones aumentan donde para concreto normal hay 153499 kg o 34% más si se construye en Lacustre 200 y para concreto liviano 290434 kg o 83% más si se construye también en Lacustre 200.

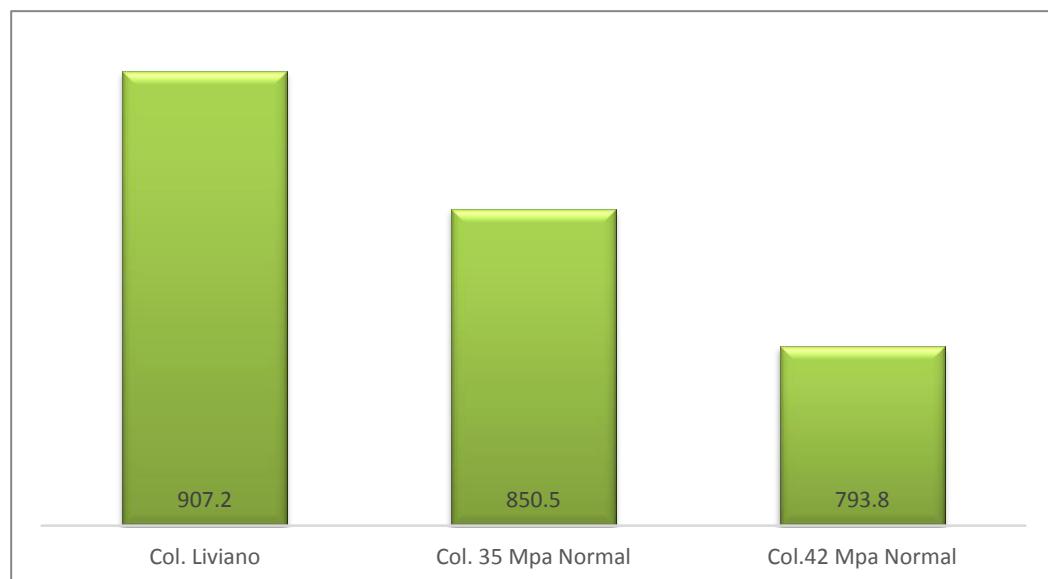
13. Como ejercicio adicional a todo el estudio desarrollado anteriormente, se tomó el edificio de 15 pisos ubicado en Lacustre 200, el cual resultó ser el más crítico en cuanto a comportamiento sísmico se refiere, pero esta vez se utilizaron los dos tipos de concreto en el mismo edificio, el concreto de densidad normal de 35 MPa para los elementos verticales (muros y columnas) y concreto liviano de 35 MPa para los elementos horizontales (vigas y placas) para determinar la influencia que tendría sobre las secciones de las columnas y el ahorro en el volumen de concreto. Al cambiar tanto la masa de las columnas y muros, como el módulo de elasticidad del concreto de las columnas y muros se observó que con las secciones de concreto que se tenían para cuando eran con concreto liviano, las derivas bajaron de 0.99% a 0.94%. El siguiente paso consistió en ajustar las secciones, optimizándolas con el fin de que las derivas otra vez estuvieran muy cercanas al 1%. Se realizó el mismo ejercicio aumentando a 42 MPa la resistencia del concreto.



Gráfica 53. Volumen de concreto de columnas en edificio de 15 pisos ubicado en Lacustre 200

De acuerdo con la gráfica se encuentra una disminución del 12% y del 50%, si se usa concreto normal de 35 MPa y 42 MPa.

14. Realizando el mismo ejercicio descrito en el numeral anterior, ahora para 10 pisos se obtienen como resultados una disminución del 13% si el concreto es de 42 MPa y del 7% si el concreto es de 35 MPa en las secciones de las columnas.



Gráfica 54. Volumen de concreto de columnas en edificio de 10 pisos ubicado en Lacustre 200

Conclusiones

- Los periodos (T) de las estructuras livianas son menores a las estructuras normales, debido a la menor masa del material lo cual implica una menor rigidez y mayores desplazamientos. Para contrarrestar esto los elementos verticales deben tener mayores secciones en relación con los edificios de concreto normal.
- La forma del espectro de diseño influye de forma directa en el estudio, como se pudo observar en los dos tipos de suelo, ya que, para Lacustre 200 tener una meseta que corresponde a un $S_a=0.45\text{ g}$, que va hasta un periodo de 1.85 s es tan larga no permitió ninguna variación en el S_a para las tres alturas de los edificios. Cosa diferente ocurre con Piedemonte B cuya la meseta de aunque está más alta y corresponde a $S_a= 0.73\text{ g}$, su longitud es corta, va solo hasta un periodo de 0.55 s, en el cual se pudo ver la disminución en el S_a a medida que el edificio crecía.
- Para el análisis y diseño de los elementos estructurales con concreto liviano el NRS-10, incluye un factor λ , que depende del tipo de concreto liviano, el cual es un factor que mayora las ecuaciones donde se encuentre $\sqrt{f'c}$. Esto refleja la gran diferencia entre los dos tipos de concreto que aunque su resistencia a la compresión es igual, no lo es su resistencia a la tracción ni su adherencia entre este y el acero.
- El concreto liviano utilizado en los elementos horizontales (vigas), independientemente del tipo de suelo o del número de pisos del edificio presenta siempre una disminución en las cuantías de acero y de concreto. Esto sucede por la menor densidad del concreto liviano, que es más importante que las solicitudes sísmicas a las cuales están sometidas.
- En edificios de 5 pisos los ahorros en materiales que se presentan al utilizar concreto normal o concreto liviano son mínimos por lo que para este tipo de edificios decisión de usar un tipo u otro queda en manos del gestor de proyectos basado en otras variables diferentes a las cuantías de materiales.

- Se encuentra ventajosa la utilización de concreto liviano en edificios de diez pisos ya que se presenta un ahorro del 10% en el volumen de concreto a pesar que no se presente ahorro en el acero y, más aún, en los de 15 pisos, donde se presentan ahorros en concreto del 15% y en acero del 22% lo cual es muy apreciable. Esto sucede si los edificios están ubicados en un suelo rígido que cumpla con el criterio de velocidad de la onda de cortante v_s entre 180 y 359 m/s ó perfiles de suelo rígido que cumplan cualquiera de estas condiciones: Número de golpes del ensayo de penetración estándar N , entre 15 y 49 ó que la resistencia media al corte s_u , entre 50 y 99 kPa, como lo es Piedemonte B.
- Se observa que el volumen de concreto de la cimentación aumenta a medida que se aumenta el número de pisos, teniendo para un edificio de 5 pisos un volumen total del 20% del total de la edificación, en cambio para los edificios de diez y quince pisos más del 50%. El acero aunque también aumenta a medida que crece el edificio, no supera el 22% del total de acero de toda la edificación.
- El aumento de la flexibilidad de los edificios al utilizar concreto liviano implica el aumento en las secciones de los elementos verticales (muros y columnas), los mayores responsables en la rigidización de la estructura, por lo tanto, se recomienda para una próxima investigación la utilización en un mismo edificio de los dos tipos de concreto. El concreto normal para los elementos verticales y el concreto liviano en los elementos horizontales y ver la influencia que tiene este cambio en las rigideces, secciones, volúmenes y cantidades de acero.
- Se recomienda que los edificios localizados en suelos arcillosos de rigidez mediana a blanda cuyo espesor sea de más de 36 m, ó con arcillas de muy alta plasticidad mayor a 75, similares a las de Lacustre 200, de pórticos con diez o más pisos se rigidicen para evitar secciones de columnas grandes así esto implique el cambio de sistema estructural.
- Se sugiere para darle continuidad a este mismo tema, analizar edificios de alturas similares en otras zonas de amenaza sísmica, edificios de alturas mayores a quince pisos, en zonas de amenaza sísmica diferentes como DMI y

DES, así como edificaciones con otros sistemas estructurales diferentes tales como muros estructurales, sistemas duales.

Bibliografía

- Alibaba. (s.f.). www.alibaba.com. Obtenido de
http://img.alibaba.com/photo/119859824/Pumice_stones_for_stone_wash_and_constructions.jpg
- aliimg.(s.f.). Obtenido de
http://i00.i.aliimg.com/photo/v0/50007999552/Palm_kernel_shells_and_nuts_for_sales.jpg_220x220.jpg
- Aliven. (s.f.). www.aliven.com.ve. Obtenido de <http://www.aliven.com.ve>
- Arcillex. (s.f.). www.arcillex.com.ar. Obtenido de <http://www.arcillex.com.ar>
- Bogotá, A. M. (2006). *Decreto 193 de 2006*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Concretre, C. (s.f.). www.cellularconcreteinc.com. Obtenido de
<http://cellularconcreteinc.com>
- cremer-ofenbau. (s.f.). [cremer-ofenbau.de](http://cremer-ofenbau.de/images/2/b2_8_s.gif). Obtenido de http://cremer-ofenbau.de/images/2/b2_8_s.gif
- Chandra - Berntsson, S. L. (2002). *Lightweight aggregate concrete*. Göteborg (Sweden): Noyes Publications.
- Docomomo. (s.f.). www.docomomo-us.org. Obtenido de http://docomomo-us.org/files/StatlerHilton2-450_0.jpg
- Emiliano. (s.f.). [Taringa.net](http://k34.kn3.net/taringa/3/7/4/7/6/0//emiliano/9E7.jpg?9490). Obtenido de
<http://k34.kn3.net/taringa/3/7/4/7/6/0//emiliano/9E7.jpg?9490>
- Ghanacrushers. (s.f.). www.ghanacrushers.com. Obtenido de
<http://www.ghanacrushers.com/wp-content/uploads/2011/11/vertical-shaft-kiln.gif>
- Harperintl. (s.f.). harperintl.es. Obtenido de <http://harperintl.es/technology/images/rotary-furnace-3.jpg>
- Hesspumice. (s.f.). www.hesspumice.com. Obtenido de
http://www.hesspumice.com/_spanish/pumice-pages/why-pumice/pumice-defined.html
- ICONTEC. (26 de 11 de 1997). *Agregados Livianos para concreto estructural NTC 4045*. Bogotá, Colombia: ICONTEC.

- Indunet. (s.f.). www.indunet.org. Obtenido de
http://www.hindunet.org/hindu_history/sarasvati/sarasvati_river/moen_new.jpg
- Institute, A. C. (08 de 01 de 2009). [www.concrete.org](http://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&i=56662). Obtenido de
<http://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&i=56662>
- Laterlite. (s.f.). www.laterlite.es. Obtenido de <http://www.laterlite.es>
- Martinez, D. (2010). *Concreto liviano estructural con arcilla expandida termicamente extraida de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá (tesis de maestría)*. Maestria en ingenieria. Universidad Nacional de Colombia.
- Portafolio. (18 de 09 de 2014). [www.portafolio.com](http://www.portafolio.co/especiales/portafolio-21-aniversario/colombia-productor-aceite-palma-2014). Obtenido de
<http://www.portafolio.co/especiales/portafolio-21-aniversario/colombia-productor-aceite-palma-2014>
- Rochel, R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Rodriguez, D. (2010). *Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraida de canteras localizadas en el norte de la sabana de Bogotá (Tesis de Maestria)*. Maestria en Ingenieria Civil. Universidad Nacional de Colombia.
- Segura, J. (2011). *Estructuras de concreto I*. Bogotá: Ayala Avila & Cia.
- Sísmica, A. C. (2012). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. Bogotá: Asociacion Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Terraconesis. (s.f.). www.terraconensis.com. Obtenido de
http://www.tarraconensis.com/roma%20antigua/fotos%20antiguas%20roma/colis eo_roma_02.jpg
- Weigler-Karl, H. -S. (1974). *Hormigones Ligeros Armados*. España: Gustavo Gili.

ANEXO 1. ANÁLISIS SÍSMICOS EDIFICIOS DE 5 PISOS

ANEXO 1. Análisis Sísmico Edificios de 5 pisos

PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA LAC200 5 PISOS LIVIANO

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : LACUSTRE-200

Grupo de Uso : I

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.20
Fv = 3.50

Tc = 1.87
Tl = 4.00

A0 = 0.18
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo: 10LAC200

Zona de Amenaza Sísmica : Intermedia

Sistema Estructural: Pórticos de concreto - DMO

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P5	1232	3.50	14.00	582.2	0.47	59349
P4	1149	3.50	10.50	903.1	0.79	92064
P3	1149	3.50	7.00	903.1	0.79	92064
P2	1149	3.50	3.50	903.1	0.79	92064
				Σ 3291.7		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.20 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 3.50 & \end{array}$$

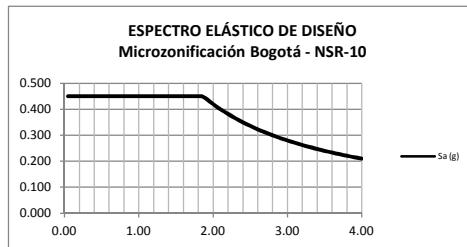
Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

Cu = 1.2 Cu = 1.75 - 1.2A_vF_v	
C_t = 0.047 Pórticos de concreto - DMO	Ta = C_t h^\alpha = 0.51 seg
\alpha = 0.90	Cu * Ta = 0.61 seg

$$\begin{array}{lll} T_x = 0.77 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \\ T_y = 0.80 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} T_x = 0.61 & \text{seg (definitivo)} \\ T_y = 0.61 & \text{seg (definitivo)} \end{array}$$

Sa = 1.2 AvFv I / T	Sa = 2.5 Aa Fa I	Sa = 1.2 AvFv T_L I / T^2	Sax = 0.45 (Definitivo) Say = 0.45 (Definitivo) Vsx = 1481.2 Ton Vsy = 1481.2 Ton
Sax = 1.39 Say = 1.39	Sa = 0.45	Sax = 9.14 Say = 9.14	



Cortantes Dinámicos en la Base. (Vtj) :

$$\begin{array}{lll} V_{tx} = 1232.7 \text{ ton} & & (\text{Ver página siguiente}) \\ V_{ty} = 1228.2 \text{ ton} & & \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: 1 (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 1185.0 & / & 1232.7 = 0.96 \\ F_y = 1185.0 & / & 1228.2 = 0.96 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} F_x = 1.00 & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.00 & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 5 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS/ANALISIS SISMICO
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UV	% MASS UZ	< % SUM> SumUX	< % SUM> SumUY	< % SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	< % SUM> SumRX	< % SUM> SumRY	< % SUM> SumRZ
1	0.80	0.00	81.81	0.00	0.00	81.81	0.00	99.6	0.0	0.0	99.6	0.0	0.0
2	0.77	81.85	0.00	0.00	81.85	81.81	0.00	0.0	99.2	0.3	99.6	99.2	0.4
3	0.76	0.34	0.01	0.00	82.18	81.83	0.00	0.0	0.4	81.8	99.6	99.6	82.1
4	0.24	0.00	11.91	0.00	82.18	93.74	0.00	0.0	0.0	0.0	99.7	99.6	82.1
5	0.23	11.67	0.00	0.00	93.85	93.74	0.00	0.0	0.0	0.0	99.7	99.7	82.2
6	0.22	0.04	0.00	0.00	93.89	93.74	0.00	0.0	0.0	11.7	99.7	99.7	93.9
7	0.12	0.00	4.73	0.00	93.89	98.47	0.00	0.3	0.0	0.0	100.0	99.7	93.9
8	0.12	4.61	0.00	0.00	98.50	98.47	0.00	0.0	0.3	0.0	100.0	100.0	93.9
9	0.12	0.02	0.00	0.00	98.52	98.47	0.00	0.0	0.0	4.6	100.0	100.0	98.5
10	0.08	0.00	1.52	0.00	98.52	100.00	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.5
11	0.08	1.47	0.00	0.00	99.99	100.00	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.5
12	0.07	0.01	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.0	0.0	1.5	100.0	100.0	100.0

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 5 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	0.3	611.7	0	-6102	3	12248
SX	2	U1	1212337.6	-1595.3	0	16169	12065689	-14509011
SX	3	U1	4980.9	983.8	0	-10066	50101	-39785
SX	4	U1	0.1	132.9	0	56	0	2666
SX	5	U1	172819.4	-276.1	0	-113	-95333	-2054550
SX	6	U1	595.9	143.2	0	56	-306	-4190
SX	7	U1	0.6	201.7	0	-482	1	4027
SX	8	U1	68230.1	-305.3	0	725	164586	-824196
SX	9	U1	323.2	103.4	0	-242	769	-1806
SX	10	U1	6.0	366.4	0	-305	5	7282
SX	11	U1	21824.3	-419.8	0	351	17080	-267238
SX	12	U1	127.0	53.4	0	-46	102	-436
SX	All	All	1232738.7	277.7	0	2753	12114822	14721220
SY	1	U2	611.7	1211840.0	0	-12088345	5982	24263323
SY	2	U2	-1595.3	2.1	0	-21	-15877	19092
SY	3	U2	983.8	194.3	0	-1988	9895	-7858
SY	4	U2	132.9	176471.4	0	74100	-78	3539931
SY	5	U2	-276.1	0.4	0	0	152	3282
SY	6	U2	143.2	34.4	0	13	-74	-1007
SY	7	U2	201.7	70076.0	0	-167549	490	1399478
SY	8	U2	-305.3	1.4	0	-3	-736	3687
SY	9	U2	103.4	33.1	0	-78	246	-578
SY	10	U2	366.4	22561.7	0	-18800	286	448391
SY	11	U2	-419.8	8.1	0	-7	-329	5141
SY	12	U2	53.4	22.4	0	-19	43	-183
SY	All	All	277.7	1228226.3	0	12091092	2702	24600473

/-----D1-----/ /-----D2-----/
DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
CQC **1232738.7** **277.7** **277.7** **1228226.3**

Vtx= **1232.7 Ton**
Vty= **1228.2 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 5 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS SISMICO
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC			Sa
					U1	U2	U3	
SX	1	0.804	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	2	0.774	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	3	0.757	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	4	0.237	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	5	0.230	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	6	0.224	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	7	0.120	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	8	0.118	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	9	0.115	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	10	0.077	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	11	0.077	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	12	0.075	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SY	1	0.804	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	2	0.774	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	3	0.757	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	4	0.237	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	5	0.230	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	6	0.224	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	7	0.120	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	8	0.118	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	9	0.115	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	10	0.077	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	11	0.077	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	12	0.075	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 5 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS,0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS	/---CENTER OF MASS---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y				/---CENTER OF RIGIDITY---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y			
			XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
Story	Diaphragm	MassX	MassY							
P5	D1	59349.2	59349.2	20.00	12.00	59349.2	59349.2	20.00	12.00	20.00
P4	D1	92063.9	92063.9	20.04	11.92	151413.1	151413.1	20.02	11.95	20.00
P3	D1	92063.9	92063.9	20.04	11.92	243477.0	243477.0	20.03	11.94	20.00
P2	D1	92063.9	92063.9	20.04	11.92	335540.9	335540.9	20.03	11.93	20.00

DERIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102 3			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0883	0.0018	1.47	3.50	OK	0.42
P4	3.50	0.0736	0.0015	2.44	3.50	OK	0.70
P3	3.50	0.0492	0.0010	2.97	3.50	OK	0.85
P2	3.50	0.0195	0.0004	1.95	3.50	OK	0.56
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102 5			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0004	0.0955	1.64	3.50	OK	0.47
P4	3.50	0.0004	0.0791	2.65	3.50	OK	0.76
P3	3.50	0.0002	0.0526	3.19	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0001	0.0207	2.07	3.50	OK	0.59
<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107 3			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0883	0.0018	1.47	3.50	OK	0.42
P4	3.50	0.0736	0.0015	2.44	3.50	OK	0.70
P3	3.50	0.0492	0.0010	2.97	3.50	OK	0.85
P2	3.50	0.0195	0.0004	1.95	3.50	OK	0.56
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107 5			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0004	0.0966	1.65	3.50	OK	0.47
P4	3.50	0.0004	0.0801	2.68	3.50	OK	0.77
P3	3.50	0.0002	0.0533	3.24	3.50	OK	0.93
P2	3.50	0.0001	0.0209	2.09	3.50	OK	0.60

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

110
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0891	0.0018	1.48	3.50	OK	0.42
P4	3.50	0.0743	0.0015	2.46	3.50	OK	0.70
P3	3.50	0.0497	0.0010	3.00	3.50	OK	0.86
P2	3.50	0.0197	0.0004	1.97	3.50	OK	0.56

SISMO EN Y Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

110
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0004	0.0955	1.64	3.50	OK	0.47
P4	3.50	0.0004	0.0791	2.65	3.50	OK	0.76
P3	3.50	0.0003	0.0526	3.19	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0001	0.0207	2.07	3.50	OK	0.59

SISMO EN X Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

125
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0891	0.0018	1.48	3.50	OK	0.42
P4	3.50	0.0743	0.0015	2.46	3.50	OK	0.70
P3	3.50	0.0497	0.0010	3.00	3.50	OK	0.86
P2	3.50	0.0197	0.0004	1.97	3.50	OK	0.56

SISMO EN Y Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

125
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0004	0.0966	1.65	3.50	OK	0.47
P4	3.50	0.0004	0.0801	2.68	3.50	OK	0.77
P3	3.50	0.0003	0.0533	3.24	3.50	OK	0.93
P2	3.50	0.0001	0.0209	2.09	3.50	OK	0.60

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

		<u>Max en X</u> <u>Max en Y</u>	0.86 0.93
Max en x=	0.85		
Max en y=	0.91	102 107	
		110 125	
Max en x=	0.86		
Max en y=	0.91		
Max en x=	0.85		
Max en y=	0.93		

PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA LAC200 5 PISOS NORMAL

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **LACUSTRE-200**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.20
Fv = 3.50

Tc = 1.87
Tl = 4.00

A₀ = 0.18
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo:

10LAC200

Zona de Amenaza Sísmica :

Intermedia

Sistema Estructural:

Pórticos de concreto - DMO

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P5	1232	3.50	14.00	1096.8	0.89	111809
P4	1149	3.50	10.50	1076.9	0.94	109778
P3	1149	3.50	7.00	1076.9	0.94	109778
P2	1149	3.50	3.50	1076.9	0.94	109778
	Σ 4678.4			Σ 4327.6		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.20 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 3.50 & \end{array}$$

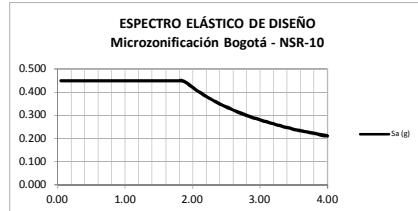
Período fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{ll} C_u = 1.2 & C_u = 1.75 - 1.2A_v F_v \\ C_t = 0.047 & \text{Pórticos de concreto - DMO} \\ \alpha = 0.90 & \end{array} \quad \boxed{\begin{array}{ll} T_a = C_t h^\alpha & = 0.51 \text{ seg} \\ C_u \cdot T_a & = 0.61 \text{ seg} \end{array}}$$

$$\begin{array}{ll} T_x = 0.83 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \\ T_y = 0.84 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} T_x = 0.61 & \text{seg (definitivo)} \\ T_y = 0.61 & \text{seg (definitivo)} \end{array}$$

$S_a = 1.2 A_v F_v T / I$	$S_a = 2.5 A_a F_a I$	$S_a = 1.2 A_v F_v T_L I / I^2$	$S_{ax} = 0.45 \text{ (Definitivo)}$
$S_{ax} = 1.39$	$S_a = 0.45$	$S_{ax} = 9.14$	$S_{ay} = 0.45 \text{ (Definitivo)}$
$S_{ay} = 1.39$		$S_{ay} = 9.14$	$V_{sx} = 1947.4 \text{ Ton}$



Cortantes Dinámicos en la Base. (V_{tj}):

$$\begin{array}{ll} V_{tx} = 1618.0 & \text{ton} \\ V_{ty} = 1616.3 & \text{ton} \end{array} \quad (\text{Ver página siguiente})$$

Regularidad de la Estructura: 1 (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 1557.9 & / & 1618.0 = 0.96 \\ F_y = 1557.9 & / & 1616.3 = 0.96 \\ F_x = 1.00 & & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.00 & & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 5 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	<% SUM> SumUX	<% SUM> SumUY	<% SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	<% SUM> SumRX	<% SUM> SumRY	<% SUM> SumRZ
1	0.84	0.00	81.90	0.00	0.00	81.90	0.00	99.7	0.0	0.0	99.7	0.0	0.0
2	0.83	82.00	0.00	0.00	82.00	81.90	0.00	0.0	99.7	0.0	99.7	99.7	0.0
3	0.77	0.01	0.00	0.00	82.01	81.91	0.00	0.0	0.0	81.8	99.7	99.7	81.8
4	0.24	0.00	11.96	0.00	82.01	93.87	0.00	0.0	0.0	0.0	99.7	99.7	81.8
5	0.24	11.88	0.00	0.00	93.89	93.87	0.00	0.0	0.0	0.0	99.7	99.7	81.8
6	0.22	0.00	0.00	0.00	93.89	93.87	0.00	0.0	0.0	12.0	99.7	99.7	93.8
7	0.12	0.04	4.66	0.00	93.93	98.53	0.00	0.2	0.0	0.0	100.0	99.7	93.8
8	0.12	4.63	0.04	0.00	98.56	98.57	0.00	0.0	0.2	0.0	100.0	100.0	93.8
9	0.11	0.00	0.00	0.00	98.57	98.57	0.00	0.0	0.0	4.7	100.0	100.0	98.5
10	0.08	1.43	0.00	0.00	100.00	98.57	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.5
11	0.08	0.00	1.43	0.00	100.00	100.00	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.5
12	0.07	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.0	0.0	1.5	100.0	100.0	100.0

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 5 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS.

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	0.9	1216.9	0	-12905	10	24355
SX	2	U1	1596816.8	-1374.2	0	14654	16922702	-19112677
SX	3	U1	278.5	157.6	0	-1748	3113	-175
SX	4	U1	1.6	601.7	0	140	0	12057
SX	5	U1	231285.9	-639.1	0	-145	-63093	-2754221
SX	6	U1	73.9	37.3	0	4	-8	-128
SX	7	U1	751.9	8257.7	0	-18190	1645	156193
SX	8	U1	90247.3	-8279.8	0	18237	197494	-1247425
SX	9	U1	44.6	22.0	0	-47	95	-94
SX	10	U1	27864.9	1127.8	0	-1008	25060	-308094
SX	11	U1	46.3	-1135.5	0	1015	42	-23330
SX	12	U1	15.9	7.7	0	-7	15	-34
SX	All	All	1618038.9	185.1	0	1905	16926055	19336945
SY	1	U2	1216.9	1594952.0	0	-16913800	12802	31921005
SY	2	U2	-1374.2	1.2	0	-13	-14563	16448
SY	3	U2	157.6	89.2	0	-989	1762	-99
SY	4	U2	601.7	232987.9	0	54170	-170	4668955
SY	5	U2	-639.1	1.8	0	0	174	7610
SY	6	U2	37.3	18.8	0	2	-4	-64
SY	7	U2	8257.7	90693.4	0	-199785	18072	1715463
SY	8	U2	-8279.8	759.6	0	-1673	-18119	114446
SY	9	U2	22.0	10.9	0	-23	47	-46
SY	10	U2	1127.8	45.6	0	-41	1014	-12469
SY	11	U2	-1135.5	27864.4	0	-24919	-1021	572515
SY	12	U2	7.7	3.7	0	-3	7	-17
SY	All	All	185.1	1616322.3	0	16915721	1896	32365607

/-----D1-----/ /-----D2-----/
 DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
 CQC **1618038.9** **185.1** **185.1** **1616322.3**

Vtx= **1618.0 Ton**
 Vty= **1616.3 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 5 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SX	1	0.837	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	2	0.828	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	3	0.771	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	4	0.243	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	5	0.242	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	6	0.223	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	7	0.119	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	8	0.119	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	9	0.109	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	10	0.076	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	11	0.075	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	12	0.069	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SY	1	0.837	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	2	0.828	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	3	0.771	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	4	0.243	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	5	0.242	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	6	0.223	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	7	0.119	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	8	0.119	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	9	0.109	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	10	0.076	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	11	0.075	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	12	0.069	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 5 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS_0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS	/----CENTER OF MASS----/				/-CENTER OF RIGIDITY--/				
			ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
P5	D1	111809.3	111809.3	20.00	12.00	111809.3	111809.3	20.00	12.00	20.00	11.99
P4	D1	109778.1	109778.1	20.04	11.92	221587.4	221587.4	20.02	11.96	20.00	11.99
P3	D1	109778.1	109778.1	20.04	11.92	331365.5	331365.5	20.03	11.95	20.00	12.00
P2	D1	109778.1	109778.1	20.04	11.92	441143.6	441143.6	20.03	11.94	20.00	12.00

DERIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

$\Delta\beta$ = Deriva permitida.
(0.01 h)

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102			
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\beta$ (cm)	%	
P5	3.50	0.0979	0.0013	1.83	3.50	OK	0.52
P4	3.50	0.0796	0.0011	2.75	3.50	OK	0.79
P3	3.50	0.0521	0.0007	3.17	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0204	0.0003	2.04	3.50	OK	0.58
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102			
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\beta$ (cm)	%	
P5	3.50	0.0006	0.1000	1.88	3.50	OK	0.54
P4	3.50	0.0005	0.0812	2.81	3.50	OK	0.80
P3	3.50	0.0003	0.0531	3.24	3.50	OK	0.93
P2	3.50	0.0001	0.0207	2.07	3.50	OK	0.59
<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107			
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\beta$ (cm)	%	
P5	3.50	0.0979	0.0013	1.83	3.50	OK	0.52
P4	3.50	0.0796	0.0010	2.75	3.50	OK	0.79
P3	3.50	0.0521	0.0007	3.17	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0204	0.0003	2.04	3.50	OK	0.58
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107			
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\beta$ (cm)	%	
P5	3.50	0.0006	0.1010	1.90	3.50	OK	0.54
P4	3.50	0.0005	0.0820	2.84	3.50	OK	0.81
P3	3.50	0.0003	0.0536	3.27	3.50	OK	0.93
P2	3.50	0.0001	0.0209	2.09	3.50	OK	0.60

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta\beta$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

$\Delta\rho$ = Deriva permitida.
(0.01 h)

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		110		
		δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P5	3.50	0.0988	0.0013	1.85	3.50	OK 0.53
P4	3.50	0.0803	0.0011	2.77	3.50	OK 0.79
P3	3.50	0.0526	0.0007	3.20	3.50	OK 0.91
P2	3.50	0.0206	0.0003	2.06	3.50	OK 0.59

<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		110		
		δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P5	3.50	0.0006	0.1000	1.88	3.50	OK 0.54
P4	3.50	0.0005	0.0812	2.81	3.50	OK 0.80
P3	3.50	0.0003	0.0531	3.24	3.50	OK 0.93
P2	3.50	0.0001	0.0207	2.07	3.50	OK 0.59

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		125		
		δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P5	3.50	0.0988	0.0013	1.85	3.50	OK 0.53
P4	3.50	0.0803	0.0010	2.77	3.50	OK 0.79
P3	3.50	0.0526	0.0007	3.20	3.50	OK 0.91
P2	3.50	0.0206	0.0003	2.06	3.50	OK 0.59

<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		125		
		δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P5	3.50	0.0006	0.1010	1.90	3.50	OK 0.54
P4	3.50	0.0005	0.0820	2.84	3.50	OK 0.81
P3	3.50	0.0003	0.0536	3.27	3.50	OK 0.93
P2	3.50	0.0001	0.0209	2.09	3.50	OK 0.60

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta\rho$

		<u>Max en X</u> <u>Max en Y</u>	0.91 0.93
Max en x=	0.91		
Max en y=	0.93	102 107	Max en x= 0.91 Max en y= 0.93
		110 125	Max en x= 0.91 Max en y= 0.93

PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA PIEMB 5 PISOS LIVIANO

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTE B**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.95
Fv = 1.70

Tc = 0.56
Tl = 3.00

A0 = 0.26
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo: **10PIEMB**

Zona de Amenaza Sísmica :

Intermedia

Sistema Estructural:

Pórticos de concreto - DMO

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P5	1232	3.50	14.00	589.1	0.48	60049
P4	1149	3.50	10.50	918.9	0.80	93671
P3	1149	3.50	7.00	918.9	0.80	93671
P2	1149	3.50	3.50	918.9	0.80	93671
				Σ 3345.8		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.95 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 1.70 & \end{array}$$

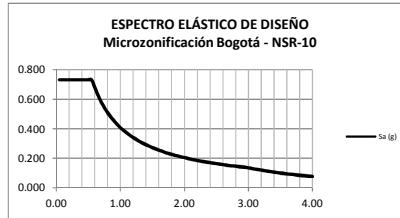
Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

Cu = 1.342 Cu = 1.75 - 1.2A_vF_v		
C_t = 0.047 Pórticos de concreto - DMO		Ta = C_t h^{\alpha} = 0.51 seg
$\alpha = 0.90$		Cu * Ta = 0.68 seg

$$\begin{array}{ll} T_x = 0.71 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \\ T_y = 0.71 \text{ seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} T_x = 0.68 \text{ seg (definitivo)} \\ T_y = 0.68 \text{ seg (definitivo)} \end{array}$$

Sa = 1.2 AvFv I / T	Sa = 2.5 Aa Fa I	Sa = 1.2 AvFv T_L I / T^2	Sax = 0.60 (Definitivo)
Sax = 0.60	Sa = 0.73	Sax = 2.66	Say = 0.60 (Definitivo)
Say = 0.60		Say = 2.66	Vs_x = 2012.8 Ton



Cortantes Dinámicos en la Base. (Vtj) :

$$\begin{array}{ll} V_{tx} = 1591.1 \text{ ton} & (\text{Ver página siguiente}) \\ V_{ty} = 1582.4 \text{ ton} & \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: 1 (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 1610.2 / 1591.1 = 1.01 \\ F_y = 1610.2 / 1582.4 = 1.02 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} F_x = 1.01 & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.02 & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 5 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	< % SUM> SumUX	< % SUM> SumUY	< % SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	< % SUM> SumRX	< % SUM> SumRY	< % SUM> SumRZ
1	0.71	80.56	0.00	0.00	80.56	0.00	0.00	0.0	99.6	0.0	0.0	99.6	0.0
2	0.71	0.00	79.64	0.00	80.56	79.65	0.00	99.6	0.0	0.0	99.6	99.6	0.0
3	0.66	0.02	0.01	0.00	80.58	79.65	0.00	0.0	0.0	79.8	99.6	99.7	79.8
4	0.20	12.66	0.00	0.00	93.24	79.65	0.00	0.0	0.0	0.0	99.6	99.7	79.8
5	0.20	0.00	13.29	0.00	93.24	92.95	0.00	0.0	0.0	0.0	99.7	99.7	79.8
6	0.18	0.00	0.00	0.00	93.25	92.95	0.00	0.0	0.0	13.2	99.7	99.7	93.0
7	0.10	5.11	0.00	0.00	98.35	92.95	0.00	0.0	0.3	0.0	99.7	100.0	93.0
8	0.09	0.00	5.34	0.00	98.35	98.28	0.00	0.3	0.0	0.0	100.0	100.0	93.0
9	0.09	0.00	0.00	0.00	98.35	98.29	0.00	0.0	0.0	5.3	100.0	100.0	98.3
10	0.06	1.65	0.00	0.00	100.00	98.29	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.3
11	0.06	0.00	1.71	0.00	100.00	100.00	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.3
12	0.05	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.0	0.0	1.7	100.0	100.0	100.0

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 5 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS/SISMICO
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	1552625.6	5841.8	0	-58940	15598170	-18426212
SX	2	U1	24.3	-6115.5	0	61789	244	-122765
SX	3	U1	439.8	272.8	0	-2843	4597	209
SX	4	U1	309700.5	120.0	0	-42	11372	-3670909
SX	5	U1	0.1	-167.8	0	61	0	-3369
SX	6	U1	59.6	47.8	0	-20	10	253
SX	7	U1	124880.7	32.9	0	-74	283590	-1495910
SX	8	U1	0.0	-63.1	0	139	0	-1264
SX	9	U1	28.8	30.0	0	-65	63	255
SX	10	U1	40278.1	10.7	0	-11	39981	-477816
SX	11	U1	0.0	-23.5	0	25	0	-471
SX	12	U1	10.5	12.7	0	-14	11	129
SX	All	All	1591120.5	269.2	0	2670	15604473	19000002
SY	1	U2	5841.8	22.0	0	-222	58689	-69329
SY	2	U2	-6115.5	1540218.9	0	-15561729	-61545	30918919
SY	3	U2	272.8	169.3	0	-1764	2852	130
SY	4	U2	120.0	0.1	0	0	4	-1422
SY	5	U2	-167.8	325131.1	0	-117997	-12	6525998
SY	6	U2	47.8	38.4	0	-16	8	203
SY	7	U2	32.9	0.0	0	0	75	395
SY	8	U2	-63.1	130506.0	0	-288347	-141	2612050
SY	9	U2	30.0	31.2	0	-68	66	265
SY	10	U2	10.7	0.0	0	0	11	-127
SY	11	U2	-23.5	41916.5	0	-45023	-24	841196
SY	12	U2	12.7	15.3	0	-17	13	156
SY	All	All	269.2	1582417.8	0	15567249	2663	31694731

/-----D1-----/ /-----D2-----/
DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
CQC **1591120.5** **269.2** **269.2** **1582417.8**

Vtx= **1591.1 Ton**
Vty= **1582.4 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 5 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS SISMICO
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC			Sa
					U1	U2	U3	
SX	1	0.709	0.05	1	5.65	0.00	0.0	0.576
SX	2	0.706	0.05	1	5.67	0.00	0.0	0.578
SX	3	0.658	0.05	1	6.09	0.00	0.0	0.621
SX	4	0.203	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	5	0.197	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	6	0.185	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	7	0.099	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	8	0.093	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	9	0.088	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	10	0.062	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	11	0.057	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	12	0.054	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SY	1	0.709	0.05	1	0.00	5.65	0.0	0.576
SY	2	0.706	0.05	1	0.00	5.67	0.0	0.578
SY	3	0.658	0.05	1	0.00	6.09	0.0	0.621
SY	4	0.203	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	5	0.197	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	6	0.185	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	7	0.099	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	8	0.093	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	9	0.088	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	10	0.062	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	11	0.057	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	12	0.054	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 5 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS,0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS	/---CENTER OF MASS---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y				/---CENTER OF RIGIDITY---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y			
			XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
Story	Diaphragm	MassX	MassY							
P5	D1	60049.4	60049.4	20.00	12.00	60049.4	60049.4	20.00	12.00	20.00
P4	D1	93671.3	93671.3	20.04	11.92	153720.7	153720.7	20.02	11.95	20.00
P3	D1	93671.3	93671.3	20.04	11.92	247392.0	247392.0	20.03	11.94	20.00
P2	D1	93671.3	93671.3	20.04	11.92	341063.3	341063.3	20.03	11.93	20.00

DERIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102 3			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0973	0.0014	1.85	3.50	OK	0.53
P4	3.50	0.0788	0.0011	2.76	3.50	OK	0.79
P3	3.50	0.0512	0.0007	3.17	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0195	0.0003	1.95	3.50	OK	0.56
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102 5			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0004	0.0987	2.02	3.50	OK	0.58
P4	3.50	0.0003	0.0785	2.84	3.50	OK	0.81
P3	3.50	0.0002	0.0501	3.14	3.50	OK	0.90
P2	3.50	0.0001	0.0187	1.87	3.50	OK	0.53
<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107 3			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0973	0.0014	1.85	3.50	OK	0.53
P4	3.50	0.0788	0.0011	2.76	3.50	OK	0.79
P3	3.50	0.0512	0.0007	3.17	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0195	0.0003	1.95	3.50	OK	0.56
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107 5			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0004	0.0997	2.03	3.50	OK	0.58
P4	3.50	0.0003	0.0794	2.88	3.50	OK	0.82
P3	3.50	0.0002	0.0506	3.17	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0001	0.0189	1.89	3.50	OK	0.54

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		110 3			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0984	0.0014	1.87	3.50	OK	0.53
P4	3.50	0.0797	0.0011	2.80	3.50	OK	0.80
P3	3.50	0.0517	0.0007	3.20	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0197	0.0003	1.97	3.50	OK	0.56

<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		110 5			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0004	0.0987	2.02	3.50	OK	0.58
P4	3.50	0.0003	0.0785	2.84	3.50	OK	0.81
P3	3.50	0.0002	0.0501	3.14	3.50	OK	0.90
P2	3.50	0.0001	0.0187	1.87	3.50	OK	0.53

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		125 3			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0984	0.0014	1.87	3.50	OK	0.53
P4	3.50	0.0797	0.0011	2.80	3.50	OK	0.80
P3	3.50	0.0517	0.0007	3.20	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0197	0.0003	1.97	3.50	OK	0.56

<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		125 5			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P5	3.50	0.0004	0.0997	2.03	3.50	OK	0.58
P4	3.50	0.0003	0.0794	2.88	3.50	OK	0.82
P3	3.50	0.0002	0.0506	3.17	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0001	0.0189	1.89	3.50	OK	0.54

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

Max en X **0.91**
Max en Y **0.91**

Max en x= 0.91
Max en y= 0.90

102	107
110	125

Max en x= 0.91
Max en y= 0.91

PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA PIEMB 5 PISOS NORMAL

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTE B**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.95
Fv = 1.70

Tc = 0.56
Tl = 3.00

A0 = 0.26
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo: **10PIEMB**

Zona de Amenaza Sísmica :

Intermedia

Sistema Estructural:

Pórticos de concreto - DMO

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P5	1232	3.50	14.00	739.7	0.60	75404
P4	1149	3.50	10.50	1071.8	0.93	109256
P3	1149	3.50	7.00	1071.8	0.93	109256
P2	1149	3.50	3.50	1071.8	0.93	109256
	Σ 4678.4			Σ 3955.1		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.95 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 1.70 & \end{array}$$

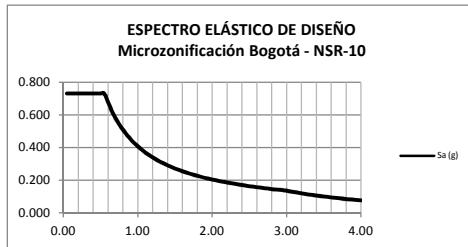
Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

Cu = 1.342	Cu = 1.75 - 1.2A_vF_v	
C_t = 0.047	Pórticos de concreto - DMO	Ta = C_t h^\alpha = 0.51 seg
α = 0.90		Cu * Ta = 0.68 seg

$$\begin{array}{lll} T_x = 0.69 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \\ T_y = 0.66 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} T_x = 0.68 & \text{seg (definitivo)} \\ T_y = 0.66 & \text{seg (definitivo)} \end{array}$$

Sa = 1.2 AvFv I / T	Sa = 2.5 Aa Fa I	Sa = 1.2 AvFv T_L I / T^2	Sax = 0.60 (Definitivo) Say = 0.61 (Definitivo)
Sax = 0.60 Say = 0.61	Sa = 0.73	Sax = 2.66 Say = 2.77	Vsx = 2379.3 Ton Vsy = 2427.6 Ton



Cortantes Dinámicos en la Base. (Vtj) :

$$\begin{array}{lll} V_{tx} = 1921.3 \text{ ton} & & (\text{Ver página siguiente}) \\ V_{ty} = 1983.2 \text{ ton} & & \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: 1 (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 1903.5 & / & 1921.3 = 0.99 \\ F_y = 1942.1 & / & 1983.2 = 0.98 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} F_x = 1.00 & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.00 & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 5 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	< % SUM> SumUX	< % SUM> SumUY	< % SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	< % SUM> SumRX	< % SUM> SumRY	< % SUM> SumRZ
1	0.69	80.41	0.00	0.00	80.41	0.00	0.00	0.0	99.7	0.0	0.0	99.7	0.0
2	0.66	0.00	79.62	0.00	80.41	79.62	0.00	99.6	0.0	0.0	99.6	99.7	0.0
3	0.60	0.00	0.00	0.00	80.42	79.62	0.00	0.0	0.0	79.1	99.6	99.7	79.1
4	0.20	12.82	0.00	0.00	93.24	79.62	0.00	0.0	0.0	0.0	99.6	99.7	79.1
5	0.19	0.00	13.36	0.00	93.24	92.98	0.00	0.0	0.0	0.0	99.7	99.7	79.1
6	0.17	0.00	0.00	0.00	93.24	92.98	0.00	0.0	0.0	13.7	99.7	99.7	92.8
7	0.10	5.14	0.00	0.00	98.38	92.98	0.00	0.0	0.3	0.0	99.7	100.0	92.8
8	0.09	0.00	5.34	0.00	98.38	98.32	0.00	0.3	0.0	0.0	100.0	100.0	92.8
9	0.08	0.00	0.00	0.00	98.38	98.32	0.00	0.0	0.0	5.5	100.0	100.0	98.3
10	0.06	1.62	0.00	0.00	100.00	98.32	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.3
11	0.05	0.00	1.68	0.00	100.00	100.00	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.3
12	0.05	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.0	0.0	1.7	100.0	100.0	100.0

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 5 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS.SISMICO
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	1876097.6	280.8	0	-2819	19043796	-22407716
SX	2	U1	0.1	-382.3	0	3900	1	-7657
SX	3	U1	108.0	99.2	0	-1059	1196	695
SX	4	U1	370659.9	29.0	0	-12	45826	-4397460
SX	5	U1	0.0	-43.3	0	17	0	-869
SX	6	U1	15.2	14.3	0	-7	5	107
SX	7	U1	148706.7	11.6	0	-26	329601	-1781842
SX	8	U1	0.0	-19.4	0	42	0	-388
SX	9	U1	7.8	7.6	0	-16	17	57
SX	10	U1	46775.2	4.1	0	-4	47154	-555328
SX	11	U1	0.0	-6.9	0	7	0	-139
SX	12	U1	2.9	2.8	0	-3	3	23
SX	All	All	1921311.1	179.9	0	1810	19047856	22948129
SY	1	U2	280.8	0.0	0	0	2850	-3354
SY	2	U2	-382.3	1935816.5	0	-19745481	-3966	38769709
SY	3	U2	99.2	91.1	0	-973	1098	638
SY	4	U2	29.0	0.0	0	0	4	-343
SY	5	U2	-43.3	386231.9	0	-154610	-8	7749723
SY	6	U2	14.3	13.5	0	-7	5	100
SY	7	U2	11.6	0.0	0	0	26	139
SY	8	U2	-19.4	154354.0	0	-336380	-42	3088667
SY	9	U2	7.6	7.3	0	-15	16	55
SY	10	U2	4.1	0.0	0	0	4	-49
SY	11	U2	-6.9	48627.7	0	-52267	-7	975513
SY	12	U2	2.8	2.8	0	-3	3	22
SY	All	All	179.9	1983163.3	0	19750676	1843	39717200

/-----D1-----/ /-----D2-----/
DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
CQC **1921311.1** **179.9** **179.9** **1983163.3**

Vtx= **1921.3 Ton**
Vty= **1983.2 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 5 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS SISMICO
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC			Sa
					U1	U2	U3	
SX	1	0.692	0.05	1	5.79	0.00	0.0	0.590
SX	2	0.665	0.05	1	6.03	0.00	0.0	0.615
SX	3	0.602	0.05	1	6.65	0.00	0.0	0.678
SX	4	0.198	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	5	0.186	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	6	0.166	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	7	0.096	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	8	0.088	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	9	0.077	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	10	0.060	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	11	0.054	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	12	0.047	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SY	1	0.692	0.05	1	0.00	5.79	0.0	0.590
SY	2	0.665	0.05	1	0.00	6.03	0.0	0.615
SY	3	0.602	0.05	1	0.00	6.65	0.0	0.678
SY	4	0.198	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	5	0.186	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	6	0.166	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	7	0.096	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	8	0.088	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	9	0.077	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	10	0.060	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	11	0.054	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	12	0.047	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 5 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS,0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS	/---CENTER OF MASS---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y				/---CENTER OF RIGIDITY---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y			
			XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
Story	Diaphragm	MassX	MassY							
P5	D1	75404.4	75404.4	20.00	12.00	75404.4	75404.4	20.00	12.00	20.00
P4	D1	109256.3	109256.3	20.04	11.92	184660.7	184660.7	20.02	11.95	20.00
P3	D1	109256.3	109256.3	20.04	11.92	293917.0	293917.0	20.03	11.94	20.00
P2	D1	109256.3	109256.3	20.04	11.92	403173.3	403173.3	20.03	11.94	20.00

DERIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102			
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)		%
P5	3.50	0.1023	0.0008	2.00	3.50	OK	0.57
P4	3.50	0.0823	0.0006	2.91	3.50	OK	0.83
P3	3.50	0.0532	0.0004	3.30	3.50	OK	0.94
P2	3.50	0.0202	0.0002	2.02	3.50	OK	0.58
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102			
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)		%
P5	3.50	0.0003	0.0961	1.99	3.50	OK	0.57
P4	3.50	0.0003	0.0762	2.78	3.50	OK	0.79
P3	3.50	0.0002	0.0484	3.04	3.50	OK	0.87
P2	3.50	0.0001	0.0180	1.80	3.50	OK	0.51
<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107			
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)		%
P5	3.50	0.1023	0.0008	2.00	3.50	OK	0.57
P4	3.50	0.0823	0.0006	2.91	3.50	OK	0.83
P3	3.50	0.0532	0.0004	3.30	3.50	OK	0.94
P2	3.50	0.0202	0.0002	2.02	3.50	OK	0.58
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107			
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)		%
P5	3.50	0.0003	0.0970	2.01	3.50	OK	0.57
P4	3.50	0.0003	0.0769	2.80	3.50	OK	0.80
P3	3.50	0.0002	0.0489	3.07	3.50	OK	0.88
P2	3.50	0.0001	0.0182	1.82	3.50	OK	0.52

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

110
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P5	3.50	0.1032	0.0008	2.02	3.50	OK 0.58
P4	3.50	0.0830	0.0006	2.94	3.50	OK 0.84
P3	3.50	0.0536	0.0004	3.32	3.50	OK 0.95
P2	3.50	0.0204	0.0002	2.04	3.50	OK 0.58

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

110
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P5	3.50	0.0003	0.0961	1.99	3.50	OK 0.57
P4	3.50	0.0002	0.0762	2.78	3.50	OK 0.79
P3	3.50	0.0002	0.0484	3.04	3.50	OK 0.87
P2	3.50	0.0001	0.0180	1.80	3.50	OK 0.51

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

125
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P5	3.50	0.1032	0.0008	2.02	3.50	OK 0.58
P4	3.50	0.0830	0.0006	2.94	3.50	OK 0.84
P3	3.50	0.0536	0.0004	3.32	3.50	OK 0.95
P2	3.50	0.0204	0.0002	2.04	3.50	OK 0.58

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

125
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P5	3.50	0.0003	0.0970	2.01	3.50	OK 0.57
P4	3.50	0.0002	0.0769	2.80	3.50	OK 0.80
P3	3.50	0.0002	0.0489	3.07	3.50	OK 0.88
P2	3.50	0.0001	0.0182	1.82	3.50	OK 0.52

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
- % Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

Max en X **0.95**
Max en Y **0.88**

Max en x= 0.94
Max en y= 0.87

102	107
110	125

Max en x= 0.95
Max en y= 0.87

Max en x= 0.94
Max en y= 0.88

Max en x= 0.95
Max en y= 0.88

ANEXO 2. ANÁLISIS SÍSMICOS EDIFICIOS DE 10 PISOS

ANEXO 2. Análisis Sísmico edificios 10 pisos

PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA LAC200 10 PISOS LIVIANO

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **LACUSTRE-200**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.20
Fv = 3.50

Tc = 1.87
Tl = 4.00

A0 = 0.18
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo: **10LAC200**

Zona de Amenaza Sísmica : **Intermedia**

Sistema Estructural: **Pórticos de concreto - DMO**

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P10	1232	3.50	31.50	676.0	0.55	68908
P9	1149	3.50	28.00	1057.0	0.92	107744
P8	1149	3.50	24.50	1057.0	0.92	107744
P7	1149	3.50	21.00	1057.0	0.92	107744
P6	1149	3.50	17.50	1057.0	0.92	107744
P5	1149	3.50	14.00	1057.0	0.92	107744
P4	1149	3.50	10.50	1057.0	0.92	107744
P3	1149	3.50	7.00	1057.0	0.92	107744
P2	1149	3.50	3.50	1057.0	0.92	107744
	Σ 10422			Σ 9131.8		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.20 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 3.50 & \end{array}$$

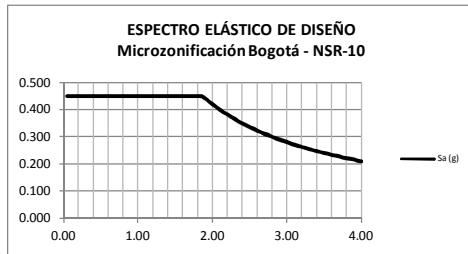
Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

Cu = 1.2	Cu = $1.75 - 1.2A_vF_v$	
C _t = 0.047	Pórticos de concreto - DMO	T _a = C _t h ^α = 1.05 seg
α = 0.90		Cu * Ta = 1.26 seg

$$\begin{array}{ll} T_x = 1.20 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \\ T_y = 1.15 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} T_x = 1.20 & \text{seg (definitivo)} \\ T_y = 1.15 & \text{seg (definitivo)} \end{array}$$

S _a = 1.2 A _v F _v I / T	S _a = 2.5 A _a F _a I	S _a = 1.2 A _v F _v T _L I / T ²	S _{ax} = 0.45 (Definitivo) S _{ay} = 0.45 (Definitivo)
S _{ax} = 0.70 S _{ay} = 0.73	S _a = 0.45	S _{ax} = 2.34 S _{ay} = 2.55	V _{sx} = 4109.3 Ton V _{sy} = 4109.3 Ton



Cortantes Dinámicos en la Base. (V_t) :

$$\begin{array}{ll} V_{tx} = 3194.9 \text{ ton} & (\text{Ver página siguiente}) \\ V_{ty} = 3148.0 \text{ ton} & \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: 1 (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 3287.4 & / & 3194.9 = 1.03 \\ F_y = 3287.4 & / & 3148.0 = 1.04 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} F_x = 1.03 & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.04 & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 10 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	<% SUM> SumUX	<% SUM> SumUY	<% SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	<% SUM> SumRX	<% SUM> SumRY	<% SUM> SumRZ
1	1.20	76.54	0.00	0.00	76.54	0.00	0.00	0.0	99.6	0.0	0.0	99.6	0.0
2	1.15	0.00	75.23	0.00	76.54	75.23	0.00	99.6	0.0	0.0	99.6	99.6	0.0
3	1.05	0.01	0.01	0.00	76.55	75.23	0.00	0.0	0.0	75.4	99.6	99.6	75.4
4	0.35	11.51	0.00	0.00	88.06	75.23	0.00	0.0	0.0	0.0	99.6	99.6	75.4
5	0.32	0.00	12.29	0.00	88.06	87.53	0.00	0.0	0.0	0.0	99.6	99.6	75.4
6	0.30	0.00	0.00	0.00	88.06	87.53	0.00	0.0	0.0	12.2	99.6	99.6	87.6
7	0.17	5.09	0.00	0.00	93.15	87.53	0.00	0.0	0.3	0.0	99.6	99.9	87.6
8	0.15	0.00	5.42	0.00	93.15	92.95	0.00	0.3	0.0	0.0	99.9	99.9	87.6
9	0.14	0.00	0.00	0.00	93.15	92.95	0.00	0.0	0.0	5.4	99.9	99.9	93.0
10	0.10	2.86	0.00	0.00	96.01	92.95	0.00	0.0	0.0	0.0	99.9	100.0	93.0
11	0.09	0.00	3.00	0.00	96.01	95.94	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	93.0
12	0.08	0.00	0.00	0.00	96.01	95.95	0.00	0.0	0.0	3.0	100.0	100.0	96.0
13	0.07	1.76	0.00	0.00	97.78	95.95	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	96.0
14	0.06	0.00	1.82	0.00	97.78	97.76	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	96.0
15	0.05	0.00	0.00	0.00	97.78	97.76	0.00	0.0	0.0	1.8	100.0	100.0	97.8
16	0.05	1.11	0.00	0.00	98.89	97.76	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	97.8
17	0.04	0.00	1.13	0.00	98.89	98.90	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	97.8
18	0.04	0.00	0.00	0.00	98.89	98.90	0.00	0.0	0.0	1.1	100.0	100.0	98.9
19	0.04	0.67	0.00	0.00	99.56	98.90	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.9
20	0.03	0.00	0.68	0.00	99.56	99.57	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	98.9

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 10 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS.

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	3145225.3	754.0	0	-16418	68326765	-37532463
SX	2	U1	0.4	-1052.0	0	23054	8	-21076
SX	3	U1	338.2	298.0	0	-6633	7550	1931
SX	4	U1	472915.9	51.9	0	-26	-310416	-5627697
SX	5	U1	0.0	-87.7	0	36	0	-1758
SX	6	U1	31.0	35.9	0	-14	-19	350
SX	7	U1	209275.8	12.6	0	-58	1012077	-2504334
SX	8	U1	0.0	-26.3	0	122	0	-527
SX	9	U1	9.0	13.7	0	-63	45	166
SX	10	U1	117677.7	5.9	0	-10	172035	-1398120
SX	11	U1	0.0	-13.6	0	24	0	-272
SX	12	U1	4.3	7.6	0	-14	7	101
SX	13	U1	72388.2	3.7	0	-9	174047	-867001
SX	14	U1	0.0	-8.8	0	20	0	-176
SX	15	U1	2.6	4.9	0	-11	6	68
SX	16	U1	45794.6	2.7	0	-4	62383	-544002
SX	17	U1	0.0	-6.1	0	9	0	-122
SX	18	U1	1.4	3.1	0	-5	2	46
SX	19	U1	27715.5	2.2	0	-3	45473	-331798
SX	20	U1	0.0	-4.0	0	6	0	-81
SX	All	All	3194864.9	503.4	0	10951	68338131	38138250
SY	1	U2	754.0	0.2	0	-4	16380	-8998
SY	2	U2	-1052.0	3091328.3	0	-67742621	-23033	61930505
SY	3	U2	298.0	262.7	0	-5846	6654	1702
SY	4	U2	51.9	0.0	0	0	-34	-617
SY	5	U2	-87.7	505105.7	0	-208124	56	10126751
SY	6	U2	35.9	41.4	0	-16	-22	404
SY	7	U2	12.6	0.0	0	0	61	-151
SY	8	U2	-26.3	222677.6	0	-1028710	-129	4457438
SY	9	U2	13.7	20.7	0	-96	68	251
SY	10	U2	5.9	0.0	0	0	9	-70
SY	11	U2	-13.6	123213.9	0	-219529	-21	2471293
SY	12	U2	7.6	13.4	0	-25	12	179
SY	13	U2	3.7	0.0	0	0	9	-44
SY	14	U2	-8.8	74659.9	0	-172627	-21	1494155
SY	15	U2	4.9	9.5	0	-22	12	132
SY	16	U2	2.7	0.0	0	0	4	-32
SY	17	U2	-6.1	46597.6	0	-68042	-8	934660
SY	18	U2	3.1	6.9	0	-10	4	101
SY	19	U2	2.2	0.0	0	0	4	-26
SY	20	U2	-4.0	27777.6	0	-44343	-7	555971
SY	All	All	503.4	3147994.8	0	67757013	10942	63057380

/-----D1-----/ /-----D2-----/
 DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
 CQC **3194864.9** **503.4** **503.4** **3147994.8**

Vtx= **3194.9 Ton**
 Vty= **3148.0 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 10 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SX	1	1.199	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	2	1.148	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	3	1.047	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	4	0.348	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	5	0.323	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	6	0.296	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	7	0.171	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	8	0.152	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	9	0.140	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	10	0.100	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	11	0.087	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	12	0.080	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	13	0.065	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	14	0.056	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	15	0.052	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	16	0.046	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	17	0.040	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	18	0.037	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	19	0.035	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	20	0.030	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SY	1	1.199	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	2	1.148	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	3	1.047	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	4	0.348	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	5	0.323	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	6	0.296	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	7	0.171	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	8	0.152	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	9	0.140	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	10	0.100	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	11	0.087	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	12	0.080	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	13	0.065	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	14	0.056	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	15	0.052	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	16	0.046	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	17	0.040	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	18	0.037	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	19	0.035	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	20	0.030	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 10 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS_0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS	/----CENTER OF MASS----/				/-CENTER OF RIGIDITY--/				
			ORDINATE-X	ORDINATE-Y	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	ORDINATE-X
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
P10	D1	68907.8	68907.8	20.00	12.00	68907.8	68907.8	20.00	12.00	20.00	11.99
P9	D1	107744.3	107744.3	20.03	11.93	176652.1	176652.1	20.02	11.96	20.00	11.99
P8	D1	107744.3	107744.3	20.03	11.93	284396.4	284396.4	20.03	11.95	20.00	11.99
P7	D1	107744.3	107744.3	20.03	11.93	392140.7	392140.7	20.03	11.94	20.00	11.99
P6	D1	107744.3	107744.3	20.03	11.93	499884.9	499884.9	20.03	11.94	20.00	12.00
P5	D1	107744.3	107744.3	20.03	11.93	607629.2	607629.2	20.03	11.94	20.00	12.00
P4	D1	107744.3	107744.3	20.03	11.93	715373.5	715373.5	20.03	11.94	20.00	12.00
P3	D1	107744.3	107744.3	20.03	11.93	823117.8	823117.8	20.03	11.94	20.00	12.00
P2	D1	107744.3	107744.3	20.03	11.93	930862.1	930862.1	20.03	11.93	20.00	12.00

DERIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

102
3

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.2243	0.0026	1.34	3.50	OK	0.38
P9	3.50	0.2109	0.0025	1.78	3.50	OK	0.51
P8	3.50	0.1931	0.0023	2.30	3.50	OK	0.66
P7	3.50	0.1701	0.0020	2.82	3.50	OK	0.81
P6	3.50	0.1419	0.0017	3.23	3.50	OK	0.92
P5	3.50	0.1096	0.0013	3.45	3.50	OK	0.99
P4	3.50	0.0751	0.0009	3.36	3.50	OK	0.96
P3	3.50	0.0415	0.0005	2.78	3.50	OK	0.79
P2	3.50	0.0137	0.0002	1.37	3.50	OK	0.39

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

102
5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.0010	0.2129	1.52	3.50	OK	0.43
P9	3.50	0.0010	0.1977	1.87	3.50	OK	0.53
P8	3.50	0.0009	0.1790	2.33	3.50	OK	0.67
P7	3.50	0.0008	0.1557	2.74	3.50	OK	0.78
P6	3.50	0.0007	0.1283	3.05	3.50	OK	0.87
P5	3.50	0.0005	0.0978	3.19	3.50	OK	0.91
P4	3.50	0.0003	0.0659	3.01	3.50	OK	0.86
P3	3.50	0.0002	0.0358	2.42	3.50	OK	0.69
P2	3.50	0.0001	0.0116	1.16	3.50	OK	0.33

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

107
3

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.2243	0.0026	1.34	3.50	OK	0.38
P9	3.50	0.2109	0.0025	1.78	3.50	OK	0.51
P8	3.50	0.1931	0.0023	2.30	3.50	OK	0.66
P7	3.50	0.1701	0.0020	2.82	3.50	OK	0.81
P6	3.50	0.1419	0.0017	3.23	3.50	OK	0.92
P5	3.50	0.1096	0.0013	3.45	3.50	OK	0.99
P4	3.50	0.0751	0.0009	3.36	3.50	OK	0.96
P3	3.50	0.0415	0.0005	2.78	3.50	OK	0.79
P2	3.50	0.0137	0.0002	1.37	3.50	OK	0.39

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**107**
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.0010	0.2157	1.54	3.50	OK	0.44
P9	3.50	0.0010	0.2003	1.90	3.50	OK	0.54
P8	3.50	0.0009	0.1813	2.35	3.50	OK	0.67
P7	3.50	0.0008	0.1578	2.78	3.50	OK	0.79
P6	3.50	0.0007	0.1300	3.09	3.50	OK	0.88
P5	3.50	0.0005	0.0991	3.23	3.50	OK	0.92
P4	3.50	0.0003	0.0668	3.06	3.50	OK	0.87
P3	3.50	0.0002	0.0362	2.45	3.50	OK	0.70
P2	3.50	0.0001	0.0117	1.17	3.50	OK	0.33

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

 $\Delta\alpha$ = Deriva del análisis. Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)SISMO EN XColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**110**
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.2270	0.0026	1.36	3.50	OK	0.39
P9	3.50	0.2134	0.0025	1.80	3.50	OK	0.51
P8	3.50	0.1954	0.0023	2.33	3.50	OK	0.67
P7	3.50	0.1721	0.0020	2.86	3.50	OK	0.82
P6	3.50	0.1435	0.0017	3.26	3.50	OK	0.93
P5	3.50	0.1109	0.0013	3.49	3.50	OK	1.00
P4	3.50	0.0760	0.0009	3.40	3.50	OK	0.97
P3	3.50	0.0420	0.0005	2.81	3.50	OK	0.80
P2	3.50	0.0139	0.0002	1.39	3.50	OK	0.40

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**110**
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.0010	0.2129	1.52	3.50	OK	0.43
P9	3.50	0.0009	0.1977	1.87	3.50	OK	0.53
P8	3.50	0.0009	0.1790	2.33	3.50	OK	0.67
P7	3.50	0.0008	0.1557	2.74	3.50	OK	0.78
P6	3.50	0.0006	0.1283	3.05	3.50	OK	0.87
P5	3.50	0.0005	0.0978	3.19	3.50	OK	0.91
P4	3.50	0.0003	0.0659	3.01	3.50	OK	0.86
P3	3.50	0.0002	0.0358	2.42	3.50	OK	0.69
P2	3.50	0.0001	0.0116	1.16	3.50	OK	0.33

SISMO EN XColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**125**
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.2270	0.0026	1.36	3.50	OK	0.39
P9	3.50	0.2134	0.0025	1.80	3.50	OK	0.51
P8	3.50	0.1954	0.0023	2.33	3.50	OK	0.67
P7	3.50	0.1721	0.0020	2.86	3.50	OK	0.82
P6	3.50	0.1435	0.0017	3.26	3.50	OK	0.93
P5	3.50	0.1109	0.0013	3.49	3.50	OK	1.00
P4	3.50	0.0760	0.0009	3.40	3.50	OK	0.97
P3	3.50	0.0420	0.0005	2.81	3.50	OK	0.80
P2	3.50	0.0139	0.0002	1.39	3.50	OK	0.40

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**125**
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%	
P10	3.50	0.0010	0.2157	1.54	3.50	OK	0.44
P9	3.50	0.0009	0.2003	1.90	3.50	OK	0.54
P8	3.50	0.0009	0.1813	2.35	3.50	OK	0.67
P7	3.50	0.0008	0.1578	2.78	3.50	OK	0.79
P6	3.50	0.0006	0.1300	3.09	3.50	OK	0.88
P5	3.50	0.0005	0.0991	3.23	3.50	OK	0.92
P4	3.50	0.0003	0.0668	3.06	3.50	OK	0.87
P3	3.50	0.0002	0.0362	2.45	3.50	OK	0.70
P2	3.50	0.0001	0.0117	1.17	3.50	OK	0.33

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta\rho$ **Max en X**
Max en Y**1.00****0.92**Max en x= 0.99
Max en y= 0.91Max en x= 0.99
Max en y= 0.92Max en x= 1.00
Max en y= 0.91Max en x= 1.00
Max en y= 0.92

PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA LAC200 10 PISOS NORMAL

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **LACUSTRE-200**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.20
Fv = 3.50

Tc = 1.87
Tl = 4.00

A0 = 0.18
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo: **10LAC200**

Zona de Amenaza Sísmica :

Intermedia

Sistema Estructural:

Pórticos de concreto - DMO

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P10	1232	3.50	31.50	841.8	0.68	85812
P9	1149	3.50	28.00	1226.0	1.07	124977
P8	1149	3.50	24.50	1226.0	1.07	124977
P7	1149	3.50	21.00	1226.0	1.07	124977
P6	1149	3.50	17.50	1226.0	1.07	124977
P5	1149	3.50	14.00	1226.0	1.07	124977
P4	1149	3.50	10.50	1226.0	1.07	124977
P3	1149	3.50	7.00	1226.0	1.07	124977
P2	1149	3.50	3.50	1226.0	1.07	124977
	Σ 10422			Σ 10650.0		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.20 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 3.50 & \end{array}$$

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

Cu = 1.2	Cu = $1.75 - 1.2A_a F_v$	
C _t = 0.047	Pórticos de concreto - DMO	T _a = C _t h ^α = 1.05 seg
α = 0.90		Cu * Ta = 1.26 seg

T_x = 1.21 seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)
T_y = 1.20 seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

T_x = 1.21 seg (definitivo)
T_y = 1.20 seg (definitivo)

S _a = 1.2 A _v F _v I / T	S _a = 2.5 A _a F _a I	S _a = 1.2 A _v F _v T _L I / T ²	S _{aX} = 0.45 (Definitivo) S _{aY} = 0.45 (Definitivo) V _{sX} = 4792.5 Ton V _{sY} = 4792.5 Ton
S _{aX} = 0.69 S _{aY} = 0.70	S _a = 0.45	S _{aX} = 2.28 S _{aY} = 2.31	

ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO
Microzonificación Bogotá - NSR-10

Cortantes Dinámicos en la Base. (V_{tj}) :

$$\begin{array}{ll} V_{tx} = 3777.3 \text{ ton} & (\text{Ver página siguiente}) \\ V_{ty} = 3735.9 \text{ ton} & \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: **1** (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % 0.00 #DIV/0!
Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10) 0

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 3834.0 & / & 3777.3 = 1.02 \\ F_y = 3834.0 & / & 3735.9 = 1.03 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} F_x = 1.02 & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.03 & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
 0001 - ED.BOGOTA LAC200 10 PISOS NORMAL
 ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
 ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

Mode Number	Period	TRANSLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	<% SUM> SumUX	<% SUM> SumUY	<% SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	<% SUM> SumRX	<% SUM> SumRY	<% SUM> SumRZ
1	1.21	77.78	0.00	0.00	77.78	0.00	0.00	0.0	99.5	0.0	0.0	99.5	0.0
2	1.20	0.00	76.82	0.00	77.78	76.82	0.00	99.6	0.0	0.0	99.6	99.5	0.0
3	1.11	0.02	0.01	0.00	77.80	76.82	0.00	0.0	0.0	0.0	77.0	99.6	99.5
4	0.36	10.88	0.00	0.00	88.67	76.82	0.00	0.0	0.1	0.0	99.6	99.6	77.0
5	0.35	0.00	11.38	0.00	88.67	88.20	0.00	0.0	0.0	0.0	99.6	99.6	77.0
6	0.33	0.00	0.00	0.00	88.67	88.20	0.00	0.0	0.0	0.0	11.2	99.6	99.6
7	0.18	4.74	0.00	0.00	93.41	88.20	0.00	0.0	0.3	0.0	99.6	100.0	88.3
8	0.17	0.00	4.99	0.00	93.41	93.19	0.00	0.3	0.0	0.0	99.9	100.0	88.3
9	0.16	0.00	0.00	0.00	93.41	93.19	0.00	0.0	0.0	5.0	99.9	100.0	93.2
10	0.11	2.70	0.00	0.00	96.11	93.19	0.00	0.0	0.0	0.0	99.9	100.0	93.2
11	0.10	0.00	2.82	0.00	96.11	96.02	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	93.2
12	0.10	0.00	0.00	0.00	96.11	96.02	0.00	0.0	0.0	2.8	100.0	100.0	96.0

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
 0001 - ED.BOGOTA LAC200 10 PISOS NORMAL
 ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
 ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	3727400.3	8500.8	0	-185011	80673579	-44335349
SX	2	U1	22.5	-9098.6	0	198226	487	-182502
SX	3	U1	928.0	597.8	0	-13212	20464	891
SX	4	U1	521231.3	222.1	0	185	-876500	-6200165
SX	5	U1	0.2	-291.4	0	-253	0	-5843
SX	6	U1	85.5	69.5	0	64	-140	376
SX	7	U1	227048.2	39.8	0	-193	1142958	-2717332
SX	8	U1	0.0	-66.9	0	325	0	-1339
SX	9	U1	25.7	27.2	0	-132	129	236
SX	10	U1	129432.8	15.7	0	-21	139490	-1537640
SX	11	U1	0.0	-32.4	0	46	0	-650
SX	12	U1	12.6	15.7	0	-23	15	164
SX	All	All	3777273.9	767.1	0	16610	80695460	45103100
SY	1	U2	8500.8	19.4	0	-422	183967	-101113
SY	2	U2	-9098.6	3681391.2	0	-80204123	-197170	73842105
SY	3	U2	597.8	385.1	0	-8512	13184	574
SY	4	U2	222.1	0.1	0	0	-374	-2642
SY	5	U2	-291.4	545162.8	0	473743	487	10931955
SY	6	U2	69.5	56.5	0	52	-114	305
SY	7	U2	39.8	0.0	0	0	200	476
SY	8	U2	-66.9	239253.6	0	-1163848	-337	4789256
SY	9	U2	27.2	28.8	0	-140	137	250
SY	10	U2	15.7	0.0	0	0	17	-187
SY	11	U2	-32.4	135359.6	0	-190055	-38	2715127
SY	12	U2	15.7	19.5	0	-28	19	204
SY	All	All	767.1	3735927.6	0	80218933	16530	74830520

/-----D1-----/ /-----D2-----/
 DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
 CQC **3777273.9** **767.1** **767.1** **3735927.6**

Vtx= **3777.3 Ton**
 Vty= **3735.9 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
 0001 - ED.BOGOTA LAC200 10 PISOS NORMAL
 ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
 ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SX	1	1.213	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	2	1.205	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	3	1.109	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	4	0.363	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	5	0.353	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	6	0.326	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	7	0.185	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	8	0.174	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	9	0.162	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	10	0.111	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	11	0.103	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	12	0.096	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SY	1	1.213	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	2	1.205	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	3	1.109	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	4	0.363	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.00
SY	5	0.353	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.000
SY	6	0.326	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	7	0.185	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	8	0.174	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	9	0.162	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	10	0.111	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	11	0.103	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	12	0.096	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 10 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS,0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS	/---CENTER OF MASS---/				/---CENTER OF RIGIDITY---/				
			ORDINATE-X	ORDINATE-Y	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR	
P10	D1	85811.5	85811.5	20.00	12.00	85811.5	85811.5	20.00	12.00	20.00	11.99
P9	D1	124976.8	124976.8	20.03	11.93	210788.4	210788.4	20.02	11.96	20.00	11.99
P8	D1	124976.8	124976.8	20.03	11.93	335765.2	335765.2	20.03	11.95	20.00	11.99
P7	D1	124976.8	124976.8	20.03	11.93	460742.0	460742.0	20.03	11.94	20.00	11.99
P6	D1	124976.8	124976.8	20.03	11.93	585718.8	585718.8	20.03	11.94	20.00	11.99
P5	D1	124976.8	124976.8	20.03	11.93	710695.7	710695.7	20.03	11.94	20.00	11.99
P4	D1	124976.8	124976.8	20.03	11.93	835672.5	835672.5	20.03	11.94	20.00	12.00
P3	D1	124976.8	124976.8	20.03	11.93	960649.3	960649.3	20.03	11.94	20.00	12.00
P2	D1	124976.8	124976.8	20.03	11.93	1085626.2	1085626.2	20.03	11.94	20.00	12.00

DERIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

102
3

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.2215	0.0039	1.13	3.50	OK	0.32
P9	3.50	0.2102	0.0037	1.59	3.50	OK	0.45
P8	3.50	0.1943	0.0034	2.17	3.50	OK	0.62
P7	3.50	0.1726	0.0030	2.71	3.50	OK	0.77
P6	3.50	0.1455	0.0026	3.16	3.50	OK	0.90
P5	3.50	0.1139	0.0020	3.45	3.50	OK	0.99
P4	3.50	0.0794	0.0014	3.46	3.50	OK	0.99
P3	3.50	0.0448	0.0008	2.96	3.50	OK	0.85
P2	3.50	0.0152	0.0003	1.52	3.50	OK	0.43

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

102
5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.0016	0.2211	1.30	3.50	OK	0.37
P9	3.50	0.0015	0.2081	1.73	3.50	OK	0.49
P8	3.50	0.0014	0.1908	2.26	3.50	OK	0.65
P7	3.50	0.0012	0.1682	2.76	3.50	OK	0.79
P6	3.50	0.0010	0.1406	3.17	3.50	OK	0.91
P5	3.50	0.0008	0.1089	3.40	3.50	OK	0.97
P4	3.50	0.0005	0.0749	3.33	3.50	OK	0.95
P3	3.50	0.0003	0.0416	2.78	3.50	OK	0.79
P2	3.50	0.0001	0.0138	1.38	3.50	OK	0.39

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

107
3

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.2215	0.0039	1.13	3.50	OK	0.32
P9	3.50	0.2102	0.0037	1.59	3.50	OK	0.45
P8	3.50	0.1943	0.0034	2.17	3.50	OK	0.62
P7	3.50	0.1726	0.0030	2.71	3.50	OK	0.77
P6	3.50	0.1455	0.0025	3.16	3.50	OK	0.90
P5	3.50	0.1139	0.0020	3.45	3.50	OK	0.99
P4	3.50	0.0794	0.0014	3.46	3.50	OK	0.99
P3	3.50	0.0448	0.0008	2.96	3.50	OK	0.85
P2	3.50	0.0152	0.0003	1.52	3.50	OK	0.43

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

107
5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.0016	0.2240	1.32	3.50	OK	0.38
P9	3.50	0.0015	0.2108	1.75	3.50	OK	0.50
P8	3.50	0.0014	0.1933	2.28	3.50	OK	0.65
P7	3.50	0.0012	0.1705	2.80	3.50	OK	0.80
P6	3.50	0.0010	0.1425	3.22	3.50	OK	0.92
P5	3.50	0.0008	0.1103	3.44	3.50	OK	0.98
P4	3.50	0.0005	0.0759	3.38	3.50	OK	0.97
P3	3.50	0.0003	0.0421	2.81	3.50	OK	0.80
P2	3.50	0.0001	0.0140	1.40	3.50	OK	0.40

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:

110

3

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.2244	0.0039	1.14	3.50	OK	0.33
P9	3.50	0.2130	0.0037	1.62	3.50	OK	0.46
P8	3.50	0.1968	0.0034	2.19	3.50	OK	0.63
P7	3.50	0.1749	0.0030	2.74	3.50	OK	0.78
P6	3.50	0.1475	0.0026	3.21	3.50	OK	0.92
P5	3.50	0.1154	0.0020	3.50	3.50	OK	1.00
P4	3.50	0.0804	0.0014	3.50	3.50	OK	1.00
P3	3.50	0.0454	0.0008	3.00	3.50	OK	0.86
P2	3.50	0.0154	0.0003	1.54	3.50	OK	0.44

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:

110

5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.0016	0.2211	1.30	3.50	OK	0.37
P9	3.50	0.0015	0.2081	1.73	3.50	OK	0.49
P8	3.50	0.0014	0.1908	2.26	3.50	OK	0.65
P7	3.50	0.0012	0.1682	2.76	3.50	OK	0.79
P6	3.50	0.0010	0.1406	3.17	3.50	OK	0.91
P5	3.50	0.0008	0.1089	3.40	3.50	OK	0.97
P4	3.50	0.0005	0.0749	3.33	3.50	OK	0.95
P3	3.50	0.0003	0.0416	2.78	3.50	OK	0.79
P2	3.50	0.0001	0.0138	1.38	3.50	OK	0.39

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:

125

3

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.2244	0.0039	1.14	3.50	OK	0.33
P9	3.50	0.2130	0.0037	1.62	3.50	OK	0.46
P8	3.50	0.1968	0.0034	2.19	3.50	OK	0.63
P7	3.50	0.1749	0.0030	2.74	3.50	OK	0.78
P6	3.50	0.1475	0.0025	3.21	3.50	OK	0.92
P5	3.50	0.1154	0.0020	3.50	3.50	OK	1.00
P4	3.50	0.0804	0.0014	3.50	3.50	OK	1.00
P3	3.50	0.0454	0.0008	3.00	3.50	OK	0.86
P2	3.50	0.0154	0.0003	1.54	3.50	OK	0.44

SISMO EN Y

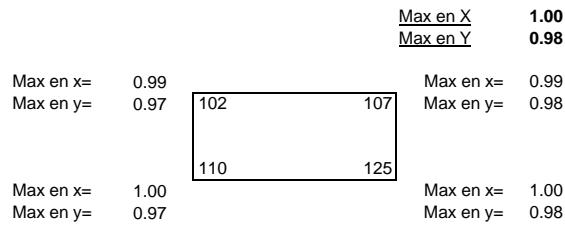
Columna Eje Vertical:

125

5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.0016	0.2240	1.32	3.50	OK	0.38
P9	3.50	0.0015	0.2108	1.75	3.50	OK	0.50
P8	3.50	0.0014	0.1933	2.28	3.50	OK	0.65
P7	3.50	0.0012	0.1705	2.80	3.50	OK	0.80
P6	3.50	0.0010	0.1425	3.22	3.50	OK	0.92
P5	3.50	0.0008	0.1103	3.44	3.50	OK	0.98
P4	3.50	0.0005	0.0759	3.38	3.50	OK	0.97
P3	3.50	0.0003	0.0421	2.81	3.50	OK	0.80
P2	3.50	0.0001	0.0140	1.40	3.50	OK	0.40

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$



PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA PIEMB 10 PISOS LIVIANO

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTE B**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.95
Fv = 1.70

Tc = 0.56
Tl = 3.00

A0 = 0.26
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo:

10PIEMB

Zona de Amenaza Sísmica :

Intermedia

Sistema Estructural:

Pórticos de concreto - DMO

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P10	1232	3.50	31.50	613.5	0.50	62541
P9	1149	3.50	28.00	960.7	0.84	97930
P8	1149	3.50	24.50	960.7	0.84	97930
P7	1149	3.50	21.00	960.7	0.84	97930
P6	1149	3.50	17.50	960.7	0.84	97930
P5	1149	3.50	14.00	960.7	0.84	97930
P4	1149	3.50	10.50	960.7	0.84	97930
P3	1149	3.50	7.00	960.7	0.84	97930
P2	1149	3.50	3.50	960.7	0.84	97930
	Σ 10422			Σ 8299.1		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.95 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 1.70 & \end{array}$$

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

$$C_u = 1.342 \quad C_u = 1.75 - 1.2A_a F_v$$

$$C_t = 0.047 \quad \text{Pórticos de concreto - DMO}$$

$$\alpha = 0.90$$

$T_a = C_t h^\alpha$	=	1.05	seg
$C_u T_a$	=	1.41	seg

$T_x = 1.49$ seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)
 $T_y = 1.51$ seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

$T_x = 1.41$ seg (definitivo)
 $T_y = 1.41$ seg (definitivo)

$S_a = 1.2 A_v F_v I / T$	$S_a = 2.5 A_a F_a I$	$S_a = 1.2 A_v F_v T_L I / T^2$	$S_{ax} = 0.29$ (Definitivo) $S_{ay} = 0.29$ (Definitivo)
$S_{ax} = 0.29$	$S_a = 0.73$	$S_{ax} = 0.62$	$V_{sx} = 2406.4$ Ton $V_{sy} = 2406.4$ Ton

ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO
Microzonificación Bogotá - NSR-10

The graph shows the spectral acceleration $S_a(g)$ on the y-axis (ranging from 0.000 to 0.800) versus the period T on the x-axis (ranging from 0.00 to 4.00). The curve is flat at $S_a(g) \approx 0.700$ for $T \leq 0.50$, then drops sharply, leveling off at $S_a(g) \approx 0.100$ for $T \geq 2.00$.

Cortantes Dinámicos en la Base. (V_{tj}):

$$\begin{array}{lll} V_{tx} = 1955.6 & \text{ton} & (\text{Ver página siguiente}) \\ V_{ty} = 1921.9 & \text{ton} & \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: 1 (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste:

$$\begin{array}{lll} F_x = 1925.1 & / & 1955.6 = 0.98 \\ F_y = 1925.1 & / & 1921.9 = 1.00 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} F_x = 1.00 & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.00 & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 10 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	<% SUM> SumUX	<% SUM> SumUY	<% SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	<% SUM> SumRX	<% SUM> SumRY	<% SUM> SumRZ
1	1.51	0.00	80.10	0.00	0.00	80.10	0.00	99.3	0.0	0.0	99.3	0.0	0.0
2	1.49	80.69	0.00	0.00	80.69	80.10	0.00	0.0	99.1	0.1	99.3	99.1	0.1
3	1.41	0.07	0.02	0.00	80.76	80.12	0.00	0.0	0.1	80.3	99.3	99.2	80.4
4	0.47	0.00	10.13	0.00	80.76	90.25	0.00	0.3	0.0	0.0	99.6	99.2	80.4
5	0.47	9.88	0.00	0.00	90.64	90.25	0.00	0.0	0.4	0.0	99.6	99.7	80.4
6	0.44	0.01	0.00	0.00	90.65	90.26	0.00	0.0	0.0	9.9	99.6	99.7	90.3
7	0.26	3.93	0.00	0.00	94.58	90.26	0.00	0.0	0.3	0.0	99.6	100.0	90.3
8	0.26	0.00	4.07	0.00	94.58	94.32	0.00	0.3	0.0	0.0	100.0	100.0	90.3
9	0.24	0.00	0.00	0.00	94.58	94.32	0.00	0.0	0.0	4.0	100.0	100.0	94.3
10	0.17	2.19	0.00	0.00	96.77	94.32	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	94.4
11	0.17	0.00	2.29	0.00	96.77	96.61	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	94.4
12	0.16	0.00	0.00	0.00	96.78	96.61	0.00	0.0	0.0	2.3	100.0	100.0	96.6

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 10 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS.

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	5.1	3022.1	0	-64075	107	60480
SX	2	U1	1832613.2	-3812.7	0	81025	38683140	-21941273
SX	3	U1	1709.8	787.3	0	-16888	36488	-4630
SX	4	U1	17.9	3313.5	0	11352	-71	66226
SX	5	U1	599663.7	-3530.1	0	-12121	-2368899	-7203219
SX	6	U1	399.7	216.7	0	763	-1586	-406
SX	7	U1	238503.5	470.8	0	-2474	1268491	-2844830
SX	8	U1	1.2	-547.5	0	2882	6	-10973
SX	9	U1	114.1	76.8	0	-406	608	171
SX	10	U1	133015.8	96.6	0	14	-61914	-1575822
SX	11	U1	0.1	-138.9	0	-15	0	-2789
SX	12	U1	47.5	37.9	0	3	-17	198
SX	All	All	1955584.4	669.4	0	13526	38790096	23331326
SY	1	U2	3022.1	1791156.4	0	-37976731	63621	35846166
SY	2	U2	-3812.7	7.9	0	-169	-80480	45649
SY	3	U2	787.3	362.5	0	-7776	16802	-2132
SY	4	U2	3313.5	614828.8	0	2106445	-13087	12288405
SY	5	U2	-3530.1	20.8	0	71	13945	42404
SY	6	U2	216.7	117.5	0	414	-860	-220
SY	7	U2	470.8	0.9	0	-5	2504	-5615
SY	8	U2	-547.5	246701.1	0	-1298588	-2913	4944436
SY	9	U2	76.8	51.7	0	-273	409	115
SY	10	U2	96.6	0.1	0	0	-45	-1144
SY	11	U2	-138.9	138936.9	0	15341	58	2789535
SY	12	U2	37.9	30.2	0	2	-14	158
SY	All	All	669.4	1921894.8	0	38051060	13444	38507152

/-----D1-----/ /-----D2-----/
DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
CQC **1955584.4** **669.4** **669.4** **1921894.8**

Vtx= **1955.6 Ton**
Vty= **1921.9 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 10 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SX	1	1.514	0.05	1	2.64	0.00	0.0	0.269
SX	2	1.491	0.05	1	2.68	0.00	0.0	0.274
SX	3	1.405	0.05	1	2.84	0.00	0.0	0.290
SX	4	0.475	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	5	0.472	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	6	0.442	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	7	0.262	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	8	0.259	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	9	0.242	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	10	0.171	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	11	0.166	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	12	0.156	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SY	1	1.514	0.05	1	0.00	2.64	0.0	0.269
SY	2	1.491	0.05	1	0.00	2.68	0.0	0.274
SY	3	1.405	0.05	1	0.00	2.84	0.0	0.290
SY	4	0.475	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	5	0.472	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	6	0.442	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	7	0.262	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	8	0.259	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	9	0.242	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	10	0.171	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	11	0.166	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	12	0.156	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 10 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS_0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS	/----CENTER OF MASS----/				/-CENTER OF RIGIDITY--/				
			ORDINATE-X	ORDINATE-Y	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	ORDINATE-X
Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
P10	D1	62540.6	62540.6	20.00	12.00	62540.6	62540.6	20.00	12.00	20.00	11.99
P9	D1	97929.8	97929.8	20.04	11.92	160470.4	160470.4	20.02	11.95	20.00	11.99
P8	D1	97929.8	97929.8	20.04	11.92	258400.2	258400.2	20.03	11.94	20.00	11.99
P7	D1	97929.8	97929.8	20.04	11.92	356330.0	356330.0	20.03	11.94	20.00	11.99
P6	D1	97929.8	97929.8	20.04	11.92	454259.8	454259.8	20.03	11.93	20.00	11.99
P5	D1	97929.8	97929.8	20.04	11.92	552189.6	552189.6	20.03	11.93	20.00	11.99
P4	D1	97929.8	97929.8	20.04	11.92	650119.4	650119.4	20.03	11.93	20.00	12.00
P3	D1	97929.8	97929.8	20.04	11.92	748049.2	748049.2	20.03	11.93	20.00	12.00
P2	D1	97929.8	97929.8	20.04	11.92	845979.0	845979.0	20.04	11.93	20.00	12.00

DERIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102 3			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.1985	0.0046	0.67	3.50	OK	0.19
P9	3.50	0.1918	0.0045	1.18	3.50	OK	0.34
P8	3.50	0.1800	0.0043	1.70	3.50	OK	0.49
P7	3.50	0.1630	0.0039	2.18	3.50	OK	0.62
P6	3.50	0.1412	0.0034	2.63	3.50	OK	0.75
P5	3.50	0.1149	0.0028	3.02	3.50	OK	0.86
P4	3.50	0.0847	0.0020	3.29	3.50	OK	0.94
P3	3.50	0.0518	0.0012	3.22	3.50	OK	0.92
P2	3.50	0.0196	0.0005	1.96	3.50	OK	0.56
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102 5			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.0013	0.2007	0.76	3.50	OK	0.22
P9	3.50	0.0013	0.1931	1.25	3.50	OK	0.36
P8	3.50	0.0012	0.1806	1.76	3.50	OK	0.50
P7	3.50	0.0012	0.1630	2.25	3.50	OK	0.64
P6	3.50	0.0010	0.1405	2.69	3.50	OK	0.77
P5	3.50	0.0008	0.1136	3.06	3.50	OK	0.87
P4	3.50	0.0006	0.0830	3.30	3.50	OK	0.94
P3	3.50	0.0004	0.0500	3.15	3.50	OK	0.90
P2	3.50	0.0001	0.0185	1.85	3.50	OK	0.53
<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107 3			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.1985	0.0046	0.67	3.50	OK	0.19
P9	3.50	0.1918	0.0045	1.18	3.50	OK	0.34
P8	3.50	0.1800	0.0042	1.70	3.50	OK	0.49
P7	3.50	0.1630	0.0039	2.18	3.50	OK	0.62
P6	3.50	0.1412	0.0034	2.63	3.50	OK	0.75
P5	3.50	0.1149	0.0027	3.02	3.50	OK	0.86
P4	3.50	0.0847	0.0020	3.29	3.50	OK	0.94
P3	3.50	0.0518	0.0012	3.22	3.50	OK	0.92
P2	3.50	0.0196	0.0005	1.96	3.50	OK	0.56
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107 5			
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P10	3.50	0.0013	0.2036	0.78	3.50	OK	0.22
P9	3.50	0.0013	0.1958	1.26	3.50	OK	0.36
P8	3.50	0.0012	0.1832	1.79	3.50	OK	0.51
P7	3.50	0.0012	0.1653	2.28	3.50	OK	0.65
P6	3.50	0.0010	0.1425	2.72	3.50	OK	0.78
P5	3.50	0.0008	0.1153	3.10	3.50	OK	0.89
P4	3.50	0.0006	0.0843	3.35	3.50	OK	0.96
P3	3.50	0.0004	0.0508	3.20	3.50	OK	0.91
P2	3.50	0.0001	0.0188	1.88	3.50	OK	0.54

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

Δα = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

110
3

	Alt. piso	δ x (m)	δ y (m)	Δα (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.2013	0.0046	0.69	3.50	OK 0.20
P9	3.50	0.1944	0.0045	1.18	3.50	OK 0.34
P8	3.50	0.1826	0.0043	1.73	3.50	OK 0.49
P7	3.50	0.1653	0.0039	2.22	3.50	OK 0.63
P6	3.50	0.1431	0.0034	2.66	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.1165	0.0028	3.06	3.50	OK 0.87
P4	3.50	0.0859	0.0020	3.34	3.50	OK 0.95
P3	3.50	0.0525	0.0012	3.27	3.50	OK 0.93
P2	3.50	0.0198	0.0005	1.98	3.50	OK 0.57

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

110
5

	Alt. piso	δ x (m)	δ y (m)	Δα (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.0013	0.2007	0.76	3.50	OK 0.22
P9	3.50	0.0013	0.1931	1.25	3.50	OK 0.36
P8	3.50	0.0012	0.1806	1.76	3.50	OK 0.50
P7	3.50	0.0011	0.1630	2.25	3.50	OK 0.64
P6	3.50	0.0010	0.1405	2.69	3.50	OK 0.77
P5	3.50	0.0008	0.1136	3.06	3.50	OK 0.87
P4	3.50	0.0006	0.0830	3.30	3.50	OK 0.94
P3	3.50	0.0004	0.0500	3.15	3.50	OK 0.90
P2	3.50	0.0001	0.0185	1.85	3.50	OK 0.53

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

125
3

	Alt. piso	δ x (m)	δ y (m)	Δα (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.2013	0.0046	0.69	3.50	OK 0.20
P9	3.50	0.1944	0.0045	1.18	3.50	OK 0.34
P8	3.50	0.1826	0.0042	1.73	3.50	OK 0.49
P7	3.50	0.1653	0.0039	2.22	3.50	OK 0.63
P6	3.50	0.1431	0.0034	2.66	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.1165	0.0027	3.06	3.50	OK 0.87
P4	3.50	0.0859	0.0020	3.34	3.50	OK 0.95
P3	3.50	0.0525	0.0012	3.27	3.50	OK 0.93
P2	3.50	0.0198	0.0005	1.98	3.50	OK 0.57

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

125
5

	Alt. piso	δ x (m)	δ y (m)	Δα (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.0013	0.2036	0.78	3.50	OK 0.22
P9	3.50	0.0013	0.1958	1.26	3.50	OK 0.36
P8	3.50	0.0012	0.1832	1.79	3.50	OK 0.51
P7	3.50	0.0011	0.1653	2.28	3.50	OK 0.65
P6	3.50	0.0010	0.1425	2.72	3.50	OK 0.78
P5	3.50	0.0008	0.1153	3.10	3.50	OK 0.89
P4	3.50	0.0006	0.0843	3.35	3.50	OK 0.96
P3	3.50	0.0004	0.0508	3.20	3.50	OK 0.91
P2	3.50	0.0001	0.0188	1.88	3.50	OK 0.54

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = Δα/Δp

Max en X **0.95**
Max en Y **0.96**

Max en x= 0.94
Max en y= 0.94

102	107
110	125

Max en x= 0.94
Max en y= 0.96

Max en x= 0.95
Max en y= 0.94

Max en x= 0.95
Max en y= 0.96

PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA PIEMB 10 PISOS NORMAL

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTE B**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.95
Fv = 1.70

Tc = 0.56
Tl = 3.00

A0 = 0.26
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo:

10PIEMB

Zona de Amenaza Sísmica :

Intermedia

Sistema Estructural:

Pórticos de concreto - DMO

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P10	1232	3.50	31.50	792.3	0.64	80764
P9	1149	3.50	28.00	1114.9	0.97	113654
P8	1149	3.50	24.50	1114.9	0.97	113654
P7	1149	3.50	21.00	1114.9	0.97	113654
P6	1149	3.50	17.50	1114.9	0.97	113654
P5	1149	3.50	14.00	1114.9	0.97	113654
P4	1149	3.50	10.50	1114.9	0.97	113654
P3	1149	3.50	7.00	1114.9	0.97	113654
P2	1149	3.50	3.50	1114.9	0.97	113654
	Σ 10422			Σ 9711.9		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.95 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 1.70 & \end{array}$$

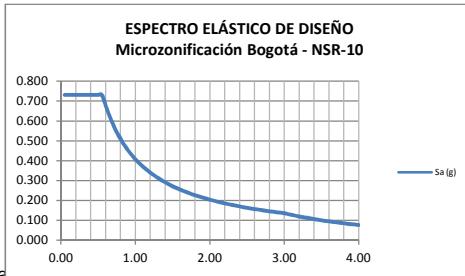
Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

Cu = 1.342	Cu = $1.75 - 1.2A_v F_v$	
C _t = 0.047	Pórticos de concreto - DMO	T _a = C _t h ^α = 1.05 seg
α = 0.90		Cu * Ta = 1.41 seg

T_x = 1.55 seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)
T_y = 1.55 seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

T_x = 1.41 seg (definitivo)
T_y = 1.41 seg (definitivo)

S _a = 1.2 A _v F _v I / T	S _a = 2.5 A _a F _a I	S _a = 1.2 A _v F _v T _L I / T ²	S _{aX} = 0.29 (Definitivo) S _{aY} = 0.29 (Definitivo)
S _{aX} = 0.29 S _{aY} = 0.29	S _a = 0.73	S _{aX} = 0.62 S _{aY} = 0.62	V _{sX} = 2816.0 Ton V _{sY} = 2816.0 Ton



Cortantes Dinámicos en la Base:

$$\begin{array}{ll} V_{tx} = 2224.7 \text{ ton} & (\text{Ver página siguiente}) \\ V_{ty} = 2217.4 \text{ ton} & \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: **1** (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (V_s) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 2252.8 & / & 2224.7 = 1.01 \\ F_y = 2252.8 & / & 2217.4 = 1.02 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} F_x = 1.01 & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.02 & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
 0001 - ED.BOGOTA PIEMB 10 PISOS NORMAL
 ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
 ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
			% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	<% SUM> SumUX	<% SUM> SumUY	<% SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	<% SUM> SumRX	<% SUM> SumRY	<% SUM> SumRZ
1	1.55	0.00	81.17	0.00	0.00	81.17	0.00	99.2	0.0	0.0	99.2	0.0	0.0	0.0
2	1.55	81.64	0.00	0.00	81.64	81.18	0.00	99.1	0.0	0.0	99.2	99.1	0.0	0.0
3	1.43	0.04	0.01	0.00	81.68	81.19	0.00	0.0	0.0	0.0	81.4	99.2	99.1	81.4
4	0.50	9.71	0.00	0.00	91.39	81.19	0.00	0.0	0.6	0.0	99.2	99.7	81.4	81.4
5	0.50	0.00	9.91	0.00	91.39	91.10	0.00	0.5	0.0	0.0	99.7	99.7	81.4	81.4
6	0.46	0.00	0.00	0.00	91.39	91.10	0.00	0.0	0.0	9.7	99.7	99.7	91.1	91.1
7	0.28	3.71	0.00	0.00	95.10	91.10	0.00	0.0	0.3	0.0	99.7	100.0	91.1	91.1
8	0.28	0.00	3.80	0.00	95.10	94.90	0.00	0.3	0.0	0.0	100.0	100.0	91.1	91.1
9	0.26	0.00	0.00	0.00	95.10	94.90	0.00	0.0	0.0	3.8	100.0	100.0	94.9	94.9
10	0.19	2.02	0.00	0.00	97.12	94.90	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	94.9	94.9
11	0.19	0.00	2.09	0.00	97.12	96.99	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	94.9	94.9
12	0.17	0.00	0.00	0.00	97.12	96.99	0.00	0.0	0.0	2.1	100.0	100.0	97.0	97.0

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 10 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	123.8	-16009.4	0	339418	2618	-322171
SX	2	U1	2084423.9	15483.2	0	-327906	44039321	-24564981
SX	3	U1	1000.4	598.0	0	-12848	21486	38
SX	4	U1	689102.8	-469.6	0	-1438	-3173808	-8206449
SX	5	U1	0.1	259.6	0	1084	-1	5203
SX	6	U1	267.6	173.3	0	741	-1246	293
SX	7	U1	263379.6	95.5	0	-588	1375287	-3151115
SX	8	U1	0.1	-161.0	0	834	0	-3222
SX	9	U1	86.2	63.0	0	-328	453	228
SX	10	U1	143499.6	31.7	0	83	-140065	-1701478
SX	11	U1	0.0	-64.0	0	-45	0	-1285
SX	12	U1	38.2	30.4	0	20	-35	158
SX	All	All	2224709.5	632.3	0	12965	44171831	26544976
SY	1	U2	-16009.4	2071016.3	0	-43908097	-338649	41676967
SY	2	U2	15483.2	115.0	0	-2436	327125	-182469
SY	3	U2	598.0	357.5	0	-7680	12844	23
SY	4	U2	-469.6	0.3	0	1	2163	5593
SY	5	U2	259.6	703767.8	0	2939508	-1695	14107602
SY	6	U2	173.3	112.2	0	480	-807	190
SY	7	U2	95.5	0.0	0	0	499	1142
SY	8	U2	-161.0	269445.4	0	-1396347	-767	5394540
SY	9	U2	63.0	46.1	0	-240	331	167
SY	10	U2	31.7	0.0	0	0	-31	-376
SY	11	U2	-64.0	148374.9	0	103775	15	2978049
SY	12	U2	30.4	24.2	0	16	-28	126
SY	All	All	632.3	2217394.2	0	44018469	12965	44424305

/-----D1-----/ /-----D2-----/
DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
CQC **2224709.5** **632.3** **632.3** **2217394.2**

Vtx= **2224.7 Ton**
Vty= **2217.4 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
 0001 - ED.BOGOTA PIEMB 10 PISOS NORMAL
 ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
 ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC		Sa
					U1	U2	
SX	1	1.552	0.05	1	2.58	0.00	0.0
SX	2	1.551	0.05	1	2.58	0.00	0.0
SX	3	1.434	0.05	1	2.79	0.00	0.0
SX	4	0.499	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	5	0.496	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	6	0.460	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	7	0.284	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	8	0.279	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	9	0.259	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	10	0.190	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	11	0.185	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	12	0.172	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SY	1	1.552	0.05	1	0.00	2.58	0.0
SY	2	1.551	0.05	1	0.00	2.58	0.0
SY	3	1.434	0.05	1	0.00	2.79	0.0
SY	4	0.499	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	5	0.496	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	6	0.460	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	7	0.284	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	8	0.279	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	9	0.259	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	10	0.190	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	11	0.185	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	12	0.172	0.05	1	0.00	7.17	0.0

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS

0001 - ED.BOGOTA PIEMB 10 PISOS NORMAL

ARCHIVO:ETABS,0001MODELO.OUT

ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS	/---CENTER OF MASS---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y				/---CENTER OF RIGIDITY--/ ORDINATE-X ORDINATE-Y				
			XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR	
P10	D1	80763.7	80763.7	20.00	12.00	80763.7	80763.7	20.00	12.00	20.00	11.99
P9	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	194418.0	194418.0	20.02	11.96	20.00	11.99
P8	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	308072.2	308072.2	20.03	11.94	20.00	11.99
P7	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	421726.4	421726.4	20.03	11.94	20.00	11.99
P6	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	535380.6	535380.6	20.03	11.94	20.00	11.99
P5	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	649034.9	649034.9	20.03	11.93	20.00	11.99
P4	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	762689.1	762689.1	20.03	11.93	20.00	12.00
P3	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	876343.3	876343.3	20.03	11.93	20.00	12.00
P2	D1	113654.2	113654.2	20.04	11.92	989997.6	989997.6	20.03	11.93	20.00	12.00

DERIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102			
		Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.2032	0.0037	0.65	3.50	OK	0.19
P9	3.50	0.1967	0.0036	1.18	3.50	OK	0.34
P8	3.50	0.1849	0.0035	1.71	3.50	OK	0.49
P7	3.50	0.1678	0.0032	2.18	3.50	OK	0.62
P6	3.50	0.1460	0.0029	2.61	3.50	OK	0.75
P5	3.50	0.1199	0.0024	3.01	3.50	OK	0.86
P4	3.50	0.0898	0.0018	3.34	3.50	OK	0.95
P3	3.50	0.0564	0.0011	3.40	3.50	OK	0.97
P2	3.50	0.0224	0.0004	2.24	3.50	OK	0.64
SISMO EN Y		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102			
		Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.0014	0.2058	0.72	3.50	OK	0.21
P9	3.50	0.0014	0.1986	1.24	3.50	OK	0.35
P8	3.50	0.0013	0.1862	1.77	3.50	OK	0.51
P7	3.50	0.0012	0.1685	2.23	3.50	OK	0.64
P6	3.50	0.0011	0.1462	2.67	3.50	OK	0.76
P5	3.50	0.0009	0.1195	3.06	3.50	OK	0.87
P4	3.50	0.0007	0.0889	3.36	3.50	OK	0.96
P3	3.50	0.0004	0.0553	3.37	3.50	OK	0.96
P2	3.50	0.0002	0.0216	2.16	3.50	OK	0.62
SISMO EN X		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107			
		Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.2032	0.0053	0.65	3.50	OK	0.19
P9	3.50	0.1967	0.0050	1.18	3.50	OK	0.34
P8	3.50	0.1849	0.0047	1.71	3.50	OK	0.49
P7	3.50	0.1678	0.0042	2.18	3.50	OK	0.62
P6	3.50	0.1460	0.0037	2.61	3.50	OK	0.75
P5	3.50	0.1199	0.0030	3.01	3.50	OK	0.86
P4	3.50	0.0898	0.0022	3.34	3.50	OK	0.95
P3	3.50	0.0564	0.0014	3.40	3.50	OK	0.97
P2	3.50	0.0224	0.0005	2.24	3.50	OK	0.64
SISMO EN Y		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107			
		Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.0014	0.2104	0.75	3.50	OK	0.21
P9	3.50	0.0014	0.2029	1.28	3.50	OK	0.37
P8	3.50	0.0013	0.1901	1.81	3.50	OK	0.52
P7	3.50	0.0012	0.1720	2.29	3.50	OK	0.65
P6	3.50	0.0011	0.1491	2.72	3.50	OK	0.78
P5	3.50	0.0009	0.1219	3.12	3.50	OK	0.89
P4	3.50	0.0007	0.0907	3.43	3.50	OK	0.98
P3	3.50	0.0004	0.0564	3.44	3.50	OK	0.98
P2	3.50	0.0002	0.0220	2.20	3.50	OK	0.63

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		110		
				3		
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.2071	0.0037	0.68	3.50	OK 0.19
P9	3.50	0.2003	0.0036	1.20	3.50	OK 0.34
P8	3.50	0.1883	0.0035	1.75	3.50	OK 0.50
P7	3.50	0.1708	0.0032	2.22	3.50	OK 0.63
P6	3.50	0.1486	0.0029	2.66	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.1220	0.0024	3.06	3.50	OK 0.87
P4	3.50	0.0914	0.0018	3.40	3.50	OK 0.97
P3	3.50	0.0574	0.0011	3.46	3.50	OK 0.99
P2	3.50	0.0228	0.0004	2.28	3.50	OK 0.65
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		110		
				5		
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.0023	0.2058	0.72	3.50	OK 0.21
P9	3.50	0.0022	0.1986	1.24	3.50	OK 0.35
P8	3.50	0.0020	0.1862	1.77	3.50	OK 0.51
P7	3.50	0.0018	0.1685	2.23	3.50	OK 0.64
P6	3.50	0.0015	0.1462	2.67	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.0012	0.1195	3.06	3.50	OK 0.87
P4	3.50	0.0009	0.0889	3.36	3.50	OK 0.96
P3	3.50	0.0005	0.0553	3.37	3.50	OK 0.96
P2	3.50	0.0002	0.0216	2.16	3.50	OK 0.62
<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		125		
				3		
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.2071	0.0053	0.68	3.50	OK 0.19
P9	3.50	0.2003	0.0050	1.20	3.50	OK 0.34
P8	3.50	0.1883	0.0047	1.75	3.50	OK 0.50
P7	3.50	0.1708	0.0042	2.22	3.50	OK 0.63
P6	3.50	0.1486	0.0037	2.66	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.1220	0.0030	3.06	3.50	OK 0.87
P4	3.50	0.0914	0.0022	3.40	3.50	OK 0.97
P3	3.50	0.0574	0.0014	3.46	3.50	OK 0.99
P2	3.50	0.0228	0.0005	2.28	3.50	OK 0.65
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		125		
				5		
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P10	3.50	0.0023	0.2104	0.75	3.50	OK 0.21
P9	3.50	0.0022	0.2029	1.28	3.50	OK 0.37
P8	3.50	0.0020	0.1901	1.81	3.50	OK 0.52
P7	3.50	0.0018	0.1720	2.29	3.50	OK 0.65
P6	3.50	0.0015	0.1491	2.72	3.50	OK 0.78
P5	3.50	0.0012	0.1219	3.12	3.50	OK 0.89
P4	3.50	0.0009	0.0907	3.43	3.50	OK 0.98
P3	3.50	0.0005	0.0564	3.44	3.50	OK 0.98
P2	3.50	0.0002	0.0220	2.20	3.50	OK 0.63

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa. % Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

		<u>Max en X</u>	<u>0.99</u>
		<u>Max en Y</u>	<u>0.98</u>
Max en x=	0.97		Max en x= 0.97
Max en y=	0.96	102	Max en y= 0.98
		107	
		110	Max en x= 0.99
			Max en y= 0.98
		125	

ANEXO 3. ANÁLISIS SÍSMICOS EDIFICIOS DE 15 PISOS

ANEXO 3. Análisis Sísmico Edificios de 15 pisos

PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA LAC200 15 PISOS LIVIANO

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : LACUSTRE-200

Grupo de Uso : I

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.20
Fv = 3.50

Tc = 1.87
Tl = 4.00

A0 = 0.18
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo: 10LAC200

Zona de Amenaza Sísmica :

Intermedia

Sistema Estructural:

Pórticos de concreto - DMO combinado

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P15	1232	3.50	49.00	720.2	0.58	73415
P14	1149	3.50	45.50	1140.1	0.99	116220
P13	1149	3.50	42.00	1140.1	0.99	116220
P12	1149	3.50	38.50	1140.1	0.99	116220
P11	1149	3.50	35.00	1140.1	0.99	116220
P10	1149	3.50	31.50	1140.1	0.99	116220
P9	1149	3.50	28.00	1140.1	0.99	116220
P8	1149	3.50	24.50	1140.1	0.99	116220
P7	1149	3.50	21.00	1140.1	0.99	116220
P6	1149	3.50	17.50	1140.1	0.99	116220
P5	1149	3.50	14.00	1140.1	0.99	116220
P4	1149	3.50	10.50	1140.1	0.99	116220
P3	1149	3.50	7.00	1140.1	0.99	116220
P2	1149	3.50	3.50	1140.1	0.99	116220
Σ 16166				Σ 15541.8		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.20 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 3.50 & \end{array}$$

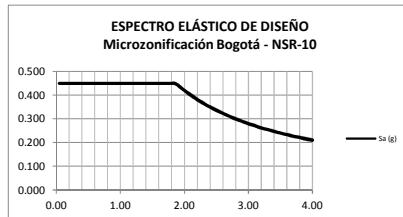
Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

Cu = 1.2 Cu = 1.75 - 1.2A_vF_v	Ta = C_t h^{\alpha} = 0.91 seg
C_t = 0.049 Pórticos de concreto - DMO	Cu * Ta = 1.09 seg
$\alpha = 0.75$ COMBINADO	

$$\begin{array}{ll} T_x = 1.40 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \\ T_y = 1.46 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} T_x = 1.09 & \text{seg (definitivo)} \\ T_y = 1.09 & \text{seg (definitivo)} \end{array}$$

Sa = 1.2 AvFv I / T	Sa = 2.5 Aa Fa I	Sa = 1.2 AvFv T_L I / T^2	Sax = 0.45 (Definitivo) Say = 0.45 (Definitivo)
Sax = 0.77 Say = 0.77	Sa = 0.45	Sax = 2.83 Say = 2.83	Vsx = 6993.8 Ton Vsy = 6993.8 Ton



Cortantes Dinámicos en la Base. (Vtj) :

$$\begin{array}{ll} V_{tx} = 4999.5 & \text{ton} \\ V_{ty} = 4989.8 & \text{ton} \end{array} \quad (\text{Ver página siguiente})$$

Regularidad de la Estructura: 1 (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 5595.0 & / & 4999.5 = 1.12 \\ F_y = 5595.0 & / & 4989.8 = 1.12 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} F_x = 1.12 & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.12 & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 15 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS.SISMICO
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UV	% MASS UZ	< % SUM> SumUX	< % SUM> SumUY	< % SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	< % SUM> SumRX	< % SUM> SumRY	< % SUM> SumRZ
1	1.46	0.00	69.10	0.00	0.00	69.10	0.00	99.0	0.0	0.0	99.0	0.0	0.0
2	1.40	69.24	0.00	0.00	69.24	69.10	0.00	0.0	99.0	0.0	99.0	99.0	0.0
3	1.18	0.01	0.00	0.00	69.25	69.10	0.00	0.0	0.0	68.0	99.0	99.0	68.0
4	0.36	0.00	15.87	0.00	69.25	84.97	0.00	0.6	0.0	0.0	99.6	99.0	68.0
5	0.34	15.86	0.00	0.00	85.10	84.97	0.00	0.0	0.6	0.0	99.6	99.6	68.0
6	0.27	0.00	0.00	0.00	85.11	84.97	0.00	0.0	0.0	16.9	99.6	99.6	84.9
7	0.15	0.00	6.36	0.00	85.11	91.33	0.00	0.3	0.0	0.0	99.9	99.6	84.9
8	0.15	6.40	0.00	0.00	91.50	91.33	0.00	0.0	0.3	0.0	99.9	99.9	84.9
9	0.12	0.00	0.00	0.00	91.50	91.33	0.00	0.0	0.0	6.6	99.9	99.9	91.6
10	0.09	0.00	3.30	0.00	91.50	94.63	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	99.9	91.6
11	0.09	3.30	0.00	0.00	94.81	94.63	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	91.6
12	0.07	0.00	0.00	0.00	94.81	94.63	0.00	0.0	0.0	3.4	100.0	100.0	95.0

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 15 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	0.3	-1240.1	0	43200	11	-24841
SX	2	U1	4842392.0	1489.8	0	-51464	168546208	-57791253
SX	3	U1	574.1	-247.5	0	8182	20227	-11814
SX	4	U1	0.0	-30.4	0	179	0	-609
SX	5	U1	1109063.8	31.3	0	-19	6382456	-13219165
SX	6	U1	49.1	-2.7	0	-78	275	-639
SX	7	U1	0.0	41.9	0	-259	0	838
SX	8	U1	447529.3	-44.4	0	271	2760893	-5350862
SX	9	U1	12.9	2.2	0	-15	83	-112
SX	10	U1	0.0	60.6	0	-209	0	1215
SX	11	U1	231129.5	-62.4	0	221	773762	-2753389
SX	12	U1	5.2	1.2	0	-7	18	-38
SX	All	All	4999469.6	759.2	0	26180	168722454	59684604
SY	1	U2	-1240.1	4832850.6	0	-168360546	-43132	9680873
SY	2	U2	1489.8	0.5	0	-16	51854	-1780
SY	3	U2	-247.5	106.7	0	-3528	-8721	5094
SY	4	U2	-30.4	1109689.3	0	-6526033	-163	22236970
SY	5	U2	31.3	0.0	0	0	180	-373
SY	6	U2	-2.7	0.1	0	4	-15	35
SY	7	U2	41.9	444758.5	0	2754027	256	8904436
SY	8	U2	-44.4	0.0	0	0	-274	531
SY	9	U2	2.2	0.4	0	-2	14	-19
SY	10	U2	60.6	230677.4	0	-793648	204	4623056
SY	11	U2	-62.4	0.0	0	0	-209	743
SY	12	U2	1.2	0.3	0	-2	4	-9
SY	All	All	759.2	4989825.1	0	168537998	26427	99940607

/-----D1-----/ /-----D2-----/
DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
CQC **4999469.6** **759.2** **759.2** **4989825.1**

Vtx= **4999.5 Ton**
Vty= **4989.8 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 15 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS.SISMICO
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC			Sa
					U1	U2	U3	
SX	1	1.460	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	2	1.402	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	3	1.182	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	4	0.356	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	5	0.344	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	6	0.274	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	7	0.152	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	8	0.148	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	9	0.116	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	10	0.087	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	11	0.086	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	12	0.066	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SY	1	1.460	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	2	1.402	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	3	1.182	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	4	0.356	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	5	0.344	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	6	0.274	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	7	0.152	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	8	0.148	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	9	0.116	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	10	0.087	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	11	0.086	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	12	0.066	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 15 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS,0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	/---CENTER OF MASS---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y						/---CENTER OF RIGIDITY---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y			
		MASS	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR	
P15	D1	73415.0	73415.0	20.00	12.00	73415.0	73415.0	20.00	12.00	20.07	12.02
P14	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	189635.5	189635.5	20.02	11.96	20.07	12.02
P13	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	305856.0	305856.0	20.02	11.95	20.07	12.01
P12	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	422076.5	422076.5	20.03	11.95	20.06	12.01
P11	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	538296.9	538296.9	20.03	11.94	20.06	12.01
P10	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	654517.4	654517.4	20.03	11.94	20.05	12.01
P9	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	770737.9	770737.9	20.03	11.94	20.05	12.01
P8	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	886958.4	886958.4	20.03	11.94	20.04	12.01
P7	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	1003178.9	1003178.9	20.03	11.94	20.04	12.01
P6	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	1119399.4	1119399.4	20.03	11.94	20.03	12.01
P5	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	1235619.9	1235619.9	20.03	11.94	20.03	12.01
P4	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	1351840.4	1351840.4	20.03	11.94	20.02	12.01
P3	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	1468060.9	1468060.9	20.03	11.94	20.01	12.00
P2	D1	116220.5	116220.5	20.03	11.93	1584281.4	1584281.4	20.03	11.94	20.00	12.00

DERRIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102		% 3
Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)		
P15	3.50	0.3577	0.0046	2.52	3.50	OK 0.72
P14	3.50	0.3325	0.0042	2.64	3.50	OK 0.75
P13	3.50	0.3061	0.0039	2.78	3.50	OK 0.79
P12	3.50	0.2783	0.0035	2.92	3.50	OK 0.83
P11	3.50	0.2491	0.0031	3.04	3.50	OK 0.87
P10	3.50	0.2187	0.0027	3.13	3.50	OK 0.89
P9	3.50	0.1874	0.0023	3.17	3.50	OK 0.91
P8	3.50	0.1557	0.0019	3.14	3.50	OK 0.90
P7	3.50	0.1243	0.0015	3.03	3.50	OK 0.87
P6	3.50	0.0940	0.0011	2.82	3.50	OK 0.81
P5	3.50	0.0658	0.0008	2.49	3.50	OK 0.71
P4	3.50	0.0409	0.0005	2.04	3.50	OK 0.58
P3	3.50	0.0205	0.0002	1.42	3.50	OK 0.41
P2	3.50	0.0063	0.0001	0.63	3.50	OK 0.18
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		102		% 5
Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)		
P15	3.50	0.0012	0.3896	2.79	3.50	OK 0.80
P14	3.50	0.0011	0.3617	2.90	3.50	OK 0.83
P13	3.50	0.0010	0.3327	3.05	3.50	OK 0.87
P12	3.50	0.0009	0.3022	3.20	3.50	OK 0.91
P11	3.50	0.0007	0.2702	3.32	3.50	OK 0.95
P10	3.50	0.0006	0.2370	3.41	3.50	OK 0.97
P9	3.50	0.0005	0.2029	3.45	3.50	OK 0.99
P8	3.50	0.0004	0.1684	3.41	3.50	OK 0.97
P7	3.50	0.0003	0.1343	3.29	3.50	OK 0.94
P6	3.50	0.0003	0.1014	3.05	3.50	OK 0.87
P5	3.50	0.0002	0.0709	2.70	3.50	OK 0.77
P4	3.50	0.0001	0.0439	2.19	3.50	OK 0.63
P3	3.50	0.0000	0.0220	1.54	3.50	OK 0.44
P2	3.50	0.0000	0.0066	0.66	3.50	OK 0.19
<u>SISMO EN X</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107		% 3
Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)		
P15	3.50	0.3577	0.0046	2.52	3.50	OK 0.72
P14	3.50	0.3325	0.0042	2.64	3.50	OK 0.75
P13	3.50	0.3061	0.0039	2.78	3.50	OK 0.79
P12	3.50	0.2783	0.0035	2.92	3.50	OK 0.83
P11	3.50	0.2491	0.0031	3.04	3.50	OK 0.87
P10	3.50	0.2187	0.0027	3.13	3.50	OK 0.89
P9	3.50	0.1874	0.0023	3.17	3.50	OK 0.91
P8	3.50	0.1557	0.0019	3.14	3.50	OK 0.90
P7	3.50	0.1243	0.0015	3.03	3.50	OK 0.87
P6	3.50	0.0940	0.0012	2.82	3.50	OK 0.81
P5	3.50	0.0658	0.0008	2.49	3.50	OK 0.71
P4	3.50	0.0409	0.0005	2.04	3.50	OK 0.58
P3	3.50	0.0205	0.0002	1.42	3.50	OK 0.41
P2	3.50	0.0063	0.0001	0.63	3.50	OK 0.18
<u>SISMO EN Y</u>		Columna Eje Vertical: Caso de Carga:		107		% 5
Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)		
P15	3.50	0.0012	0.3855	2.75	3.50	OK 0.79
P14	3.50	0.0011	0.3580	2.87	3.50	OK 0.82
P13	3.50	0.0010	0.3293	3.01	3.50	OK 0.86
P12	3.50	0.0009	0.2992	3.15	3.50	OK 0.90
P11	3.50	0.0007	0.2677	3.29	3.50	OK 0.94
P10	3.50	0.0006	0.2348	3.37	3.50	OK 0.96
P9	3.50	0.0005	0.2011	3.41	3.50	OK 0.97
P8	3.50	0.0004	0.1670	3.38	3.50	OK 0.97
P7	3.50	0.0003	0.1332	3.26	3.50	OK 0.93
P6	3.50	0.0003	0.1006	3.02	3.50	OK 0.86
P5	3.50	0.0002	0.0704	2.68	3.50	OK 0.77
P4	3.50	0.0001	0.0436	2.18	3.50	OK 0.62
P3	3.50	0.0000	0.0218	1.52	3.50	OK 0.43
P2	3.50	0.0000	0.0066	0.66	3.50	OK 0.19

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.

(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

110
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	0.3628	0.0046	2.56	3.50	OK 0.73
P14	3.50	0.3372	0.0042	2.68	3.50	OK 0.77
P13	3.50	0.3104	0.0039	2.82	3.50	OK 0.81
P12	3.50	0.2822	0.0035	2.96	3.50	OK 0.85
P11	3.50	0.2526	0.0031	3.09	3.50	OK 0.88
P10	3.50	0.2217	0.0027	3.17	3.50	OK 0.91
P9	3.50	0.1900	0.0023	3.22	3.50	OK 0.92
P8	3.50	0.1578	0.0019	3.18	3.50	OK 0.91
P7	3.50	0.1260	0.0015	3.07	3.50	OK 0.88
P6	3.50	0.0953	0.0011	2.86	3.50	OK 0.82
P5	3.50	0.0667	0.0008	2.53	3.50	OK 0.72
P4	3.50	0.0414	0.0005	2.06	3.50	OK 0.59
P3	3.50	0.0208	0.0002	1.45	3.50	OK 0.41
P2	3.50	0.0063	0.0001	0.63	3.50	OK 0.18

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

110
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	0.0012	0.3896	2.79	3.50	OK 0.80
P14	3.50	0.0011	0.3617	2.90	3.50	OK 0.83
P13	3.50	0.0010	0.3327	3.05	3.50	OK 0.87
P12	3.50	0.0008	0.3022	3.20	3.50	OK 0.91
P11	3.50	0.0007	0.2702	3.32	3.50	OK 0.95
P10	3.50	0.0006	0.2370	3.41	3.50	OK 0.97
P9	3.50	0.0005	0.2029	3.45	3.50	OK 0.99
P8	3.50	0.0004	0.1684	3.41	3.50	OK 0.97
P7	3.50	0.0003	0.1343	3.29	3.50	OK 0.94
P6	3.50	0.0003	0.1014	3.05	3.50	OK 0.87
P5	3.50	0.0002	0.0709	2.70	3.50	OK 0.77
P4	3.50	0.0001	0.0439	2.19	3.50	OK 0.63
P3	3.50	0.0000	0.0220	1.54	3.50	OK 0.44
P2	3.50	0.0000	0.0066	0.66	3.50	OK 0.19

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

125
3

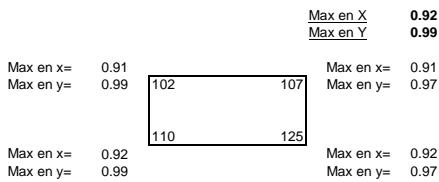
	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	0.3628	0.0046	2.56	3.50	OK 0.73
P14	3.50	0.3372	0.0042	2.68	3.50	OK 0.77
P13	3.50	0.3104	0.0039	2.82	3.50	OK 0.81
P12	3.50	0.2822	0.0035	2.96	3.50	OK 0.85
P11	3.50	0.2526	0.0031	3.09	3.50	OK 0.88
P10	3.50	0.2217	0.0027	3.17	3.50	OK 0.91
P9	3.50	0.1900	0.0023	3.22	3.50	OK 0.92
P8	3.50	0.1578	0.0019	3.18	3.50	OK 0.91
P7	3.50	0.1260	0.0015	3.07	3.50	OK 0.88
P6	3.50	0.0953	0.0012	2.86	3.50	OK 0.82
P5	3.50	0.0667	0.0008	2.53	3.50	OK 0.72
P4	3.50	0.0414	0.0005	2.06	3.50	OK 0.59
P3	3.50	0.0208	0.0002	1.45	3.50	OK 0.41
P2	3.50	0.0063	0.0001	0.63	3.50	OK 0.18

SISMO EN Y Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

125
5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	0.0012	0.3855	2.75	3.50	OK 0.79
P14	3.50	0.0011	0.3580	2.87	3.50	OK 0.82
P13	3.50	0.0010	0.3293	3.01	3.50	OK 0.86
P12	3.50	0.0008	0.2992	3.15	3.50	OK 0.90
P11	3.50	0.0007	0.2677	3.29	3.50	OK 0.94
P10	3.50	0.0006	0.2348	3.37	3.50	OK 0.96
P9	3.50	0.0005	0.2011	3.41	3.50	OK 0.97
P8	3.50	0.0004	0.1670	3.38	3.50	OK 0.97
P7	3.50	0.0003	0.1332	3.26	3.50	OK 0.93
P6	3.50	0.0003	0.1006	3.02	3.50	OK 0.86
P5	3.50	0.0002	0.0704	2.68	3.50	OK 0.77
P4	3.50	0.0001	0.0436	2.18	3.50	OK 0.62
P3	3.50	0.0000	0.0218	1.52	3.50	OK 0.43
P2	3.50	0.0000	0.0066	0.66	3.50	OK 0.19

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$



PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA LAC200 15 PISOS NORMAL

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **LACUSTRE-200**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.20
Fv = 3.50

Tc = 1.87
Tl = 4.00

A0 = 0.18
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo: **10LAC200**

Zona de Amenaza Sísmica :

Intermedia

Sistema Estructural:

Pórticos de concreto - DMO
COMBINADO

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P15	1232	3.50	49.00	891.5	0.72	90877
P14	1149	3.50	45.50	1315.8	1.15	134124
P13	1149	3.50	42.00	1315.8	1.15	134124
P12	1149	3.50	38.50	1315.8	1.15	134124
P11	1149	3.50	35.00	1315.8	1.15	134124
P10	1149	3.50	31.50	1315.8	1.15	134124
P9	1149	3.50	28.00	1315.8	1.15	134124
P8	1149	3.50	24.50	1315.8	1.15	134124
P7	1149	3.50	21.00	1315.8	1.15	134124
P6	1149	3.50	17.50	1315.8	1.15	134124
P5	1149	3.50	14.00	1315.8	1.15	134124
P4	1149	3.50	10.50	1315.8	1.15	134124
P3	1149	3.50	7.00	1315.8	1.15	134124
P2	1149	3.50	3.50	1315.8	1.15	134124
	Σ 16166			Σ 17996.4		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.20 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 3.50 & \end{array}$$

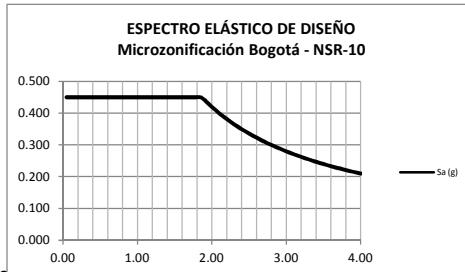
Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

Cu = 1.2	Cu = $1.75 - 1.2A_vF_v$	
C _t = 0.049	Pórticos de concreto - DMO	Ta = C _t h ^α = 0.91 seg
α = 0.75	COMBINADO	Cu * Ta = 1.09 seg

$$\begin{array}{lll} T_x = 1.44 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \\ T_y = 1.47 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} T_x = 1.09 & \text{seg (definitivo)} \\ T_y = 1.09 & \text{seg (definitivo)} \end{array}$$

Sa = 1.2 AvFv I / T	Sa = 2.5 Aa Fa I	Sa = $1.2 AvFvT_L I / T^2$	Sax = 0.45 (Definitivo) Say = 0.45 (Definitivo)
Sax = 0.77 Say = 0.77	Sa = 0.45	Sax = 2.83 Say = 2.83	Vsx = 8098.4 Ton Vsy = 8098.4 Ton



Cortantes Dinámicos en la Base

$$\begin{array}{lll} V_{tx} = 5768.7 \text{ ton} & & (\text{Ver página siguiente}) \\ V_{ty} = 5783.6 \text{ ton} & & \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: 1 (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 6478.7 / 5768.7 = 1.12 \\ F_y = 6478.7 / 5783.6 = 1.12 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} F_x = 1.12 & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.12 & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 15 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS.SISMICO
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UV	% MASS UZ	<% SUM> SumUX	<% SUM> SumUY	<% SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	<% SUM> SumRX	<% SUM> SumRY	<% SUM> SumRZ
1	1.47	0.00	69.16	0.00	0.00	69.16	0.00	99.0	0.0	0.0	99.0	0.0	0.0
2	1.44	68.87	0.00	0.00	68.87	69.16	0.00	0.0	98.9	0.0	99.0	98.9	0.0
3	1.19	0.01	0.00	0.00	68.87	69.16	0.00	0.0	0.0	67.7	99.0	98.9	67.7
4	0.36	0.00	15.92	0.00	68.87	85.08	0.00	0.6	0.0	0.0	99.6	98.9	67.7
5	0.35	16.27	0.00	0.00	85.15	85.08	0.00	0.0	0.7	0.0	99.6	99.6	67.7
6	0.27	0.00	0.00	0.00	85.15	85.08	0.00	0.0	0.0	17.3	99.6	99.6	84.9
7	0.16	0.00	6.39	0.00	85.15	91.47	0.00	0.3	0.0	0.0	99.9	99.6	84.9
8	0.15	6.53	0.00	0.00	91.68	91.47	0.00	0.0	0.3	0.0	99.9	99.9	84.9
9	0.11	0.00	0.00	0.00	91.68	91.47	0.00	0.0	0.0	6.7	99.9	99.9	91.7
10	0.09	0.00	3.29	0.00	91.68	94.76	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	99.9	91.7
11	0.09	3.35	0.00	0.00	95.03	94.76	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	91.7
12	0.07	0.00	0.00	0.00	95.03	94.76	0.00	0.0	0.0	3.4	100.0	100.0	95.1

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 15 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	0.6	-1871.1	0	65361	22	-37481
SX	2	U1	5577176.7	2050.5	0	-71237	195154308	-66564814
SX	3	U1	500.2	-177.4	0	5799	17753	-9527
SX	4	U1	0.0	2.2	0	-13	0	45
SX	5	U1	1317710.3	-4.6	0	169	8075896	-15708942
SX	6	U1	43.0	0.6	0	-79	255	-500
SX	7	U1	0.0	32.9	0	-203	0	659
SX	8	U1	528809.7	-35.2	0	214	3218351	-6323273
SX	9	U1	11.1	1.9	0	-14	71	-95
SX	10	U1	0.0	29.8	0	-101	0	597
SX	11	U1	271499.1	-30.9	0	110	905698	-3233963
SX	12	U1	3.6	0.4	0	-4	13	-35
SX	All	All	5768736.7	608.9	0	21073	195385573	68882995
SY	1	U2	-1871.1	5600575.6	0	-195640494	-65454	112188070
SY	2	U2	2050.5	0.8	0	-26	71752	-24474
SY	3	U2	-177.4	62.9	0	-2056	-6295	3378
SY	4	U2	2.2	1289568.8	0	-7558687	24	25840527
SY	5	U2	-4.6	0.0	0	0	-28	55
SY	6	U2	0.6	0.0	0	-1	4	-7
SY	7	U2	32.9	517312.2	0	-3188764	198	10356817
SY	8	U2	-35.2	0.0	0	0	-214	421
SY	9	U2	1.9	0.3	0	-2	12	-16
SY	10	U2	29.8	266765.8	0	-903547	101	5346626
SY	11	U2	-30.9	0.0	0	0	-103	368
SY	12	U2	0.4	0.0	0	0	1	-4
SY	All	All	608.9	5783563.9	0	195845376	21308	115832912

/-----D1-----/ /-----D2-----/
DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
CQC **5768736.7** **608.9** **608.9** **5783563.9**

Vtx= **5768.7 Ton**
Vty= **5783.6 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 15 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS.SISMICO
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC			Sa
					U1	U2	U3	
SX	1	1.473	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	2	1.441	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	3	1.194	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	4	0.361	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	5	0.349	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	6	0.273	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	7	0.155	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	8	0.150	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	9	0.114	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	10	0.089	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	11	0.087	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SX	12	0.066	0.05	1	4.41	0.00	0.0	0.450
SY	1	1.473	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	2	1.441	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	3	1.194	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	4	0.361	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	5	0.349	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	6	0.273	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	7	0.155	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	8	0.150	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	9	0.114	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	10	0.089	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	11	0.087	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450
SY	12	0.066	0.05	1	0.00	4.41	0.0	0.450

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA LAC200 15 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS,0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	/---CENTER OF MASS---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y						/---CENTER OF RIGIDITY---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y			
		MASSX	MASSY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
P15	D1	90876.7	90876.7	20.00	12.00	90876.7	90876.7	20.00	12.00	20.06	12.02
P14	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	225001.2	225001.2	20.02	11.96	20.06	12.02
P13	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	359125.6	359125.6	20.02	11.95	20.05	12.02
P12	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	493250.0	493250.0	20.03	11.95	20.05	12.02
P11	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	627374.4	627374.4	20.03	11.95	20.05	12.02
P10	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	761498.9	761498.9	20.03	11.94	20.04	12.01
P9	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	895623.3	895623.3	20.03	11.94	20.04	12.01
P8	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	1029747.7	1029747.7	20.03	11.94	20.04	12.01
P7	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	1163872.2	1163872.2	20.03	11.94	20.03	12.01
P6	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	1297996.6	1297996.6	20.03	11.94	20.03	12.01
P5	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	1432121.0	1432121.0	20.03	11.94	20.02	12.01
P4	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	1566245.5	1566245.5	20.03	11.94	20.01	12.01
P3	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	1700369.9	1700369.9	20.03	11.94	20.01	12.00
P2	D1	134124.4	134124.4	20.03	11.94	1834494.3	1834494.3	20.03	11.94	20.00	12.00

DERRIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X	Columna Eje Vertical: Caso de Carga:	102 3	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	0.3792	0.0042	2.76	3.50	OK	0.79	
P14	3.50	0.3516	0.0038	2.88	3.50	OK	0.82	
P13	3.50	0.3228	0.0035	3.01	3.50	OK	0.86	
P12	3.50	0.2927	0.0032	3.14	3.50	OK	0.90	
P11	3.50	0.2613	0.0028	3.25	3.50	OK	0.93	
P10	3.50	0.2288	0.0024	3.33	3.50	OK	0.95	
P9	3.50	0.1955	0.0021	3.35	3.50	OK	0.96	
P8	3.50	0.1620	0.0017	3.30	3.50	OK	0.94	
P7	3.50	0.1290	0.0014	3.17	3.50	OK	0.91	
P6	3.50	0.0973	0.0010	2.93	3.50	OK	0.84	
P5	3.50	0.0680	0.0007	2.59	3.50	OK	0.74	
P4	3.50	0.0421	0.0004	2.10	3.50	OK	0.60	
P3	3.50	0.0211	0.0002	1.46	3.50	OK	0.42	
P2	3.50	0.0065	0.0001	0.65	3.50	OK	0.19	
SISMO EN Y	Columna Eje Vertical: Caso de Carga:	102 5	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	0.0007	0.3947	2.82	3.50	OK	0.81	
P14	3.50	0.0006	0.3665	2.95	3.50	OK	0.84	
P13	3.50	0.0006	0.3370	3.09	3.50	OK	0.88	
P12	3.50	0.0005	0.3061	3.23	3.50	OK	0.92	
P11	3.50	0.0005	0.2738	3.37	3.50	OK	0.96	
P10	3.50	0.0004	0.2401	3.45	3.50	OK	0.99	
P9	3.50	0.0003	0.2056	3.49	3.50	OK	1.00	
P8	3.50	0.0003	0.1707	3.46	3.50	OK	0.99	
P7	3.50	0.0002	0.1361	3.32	3.50	OK	0.95	
P6	3.50	0.0001	0.1029	3.09	3.50	OK	0.88	
P5	3.50	0.0001	0.0720	2.73	3.50	OK	0.78	
P4	3.50	0.0001	0.0447	2.23	3.50	OK	0.64	
P3	3.50	0.0000	0.0224	1.56	3.50	OK	0.45	
P2	3.50	0.0000	0.0068	0.68	3.50	OK	0.19	
SISMO EN X	Columna Eje Vertical: Caso de Carga:	107 3	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	0.3792	0.0042	2.76	3.50	OK	0.79	
P14	3.50	0.3516	0.0038	2.88	3.50	OK	0.82	
P13	3.50	0.3228	0.0035	3.01	3.50	OK	0.86	
P12	3.50	0.2927	0.0032	3.14	3.50	OK	0.90	
P11	3.50	0.2613	0.0028	3.25	3.50	OK	0.93	
P10	3.50	0.2288	0.0024	3.33	3.50	OK	0.95	
P9	3.50	0.1955	0.0021	3.35	3.50	OK	0.96	
P8	3.50	0.1620	0.0017	3.30	3.50	OK	0.94	
P7	3.50	0.1290	0.0014	3.17	3.50	OK	0.91	
P6	3.50	0.0973	0.0010	2.93	3.50	OK	0.84	
P5	3.50	0.0680	0.0007	2.59	3.50	OK	0.74	
P4	3.50	0.0421	0.0004	2.10	3.50	OK	0.60	
P3	3.50	0.0211	0.0002	1.46	3.50	OK	0.42	
P2	3.50	0.0065	0.0001	0.65	3.50	OK	0.19	

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**107**
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P15	3.50	0.0007	0.3917	2.79	3.50	OK 0.80
P14	3.50	0.0006	0.3638	2.91	3.50	OK 0.83
P13	3.50	0.0006	0.3347	3.06	3.50	OK 0.87
P12	3.50	0.0005	0.3041	3.21	3.50	OK 0.92
P11	3.50	0.0005	0.2720	3.34	3.50	OK 0.95
P10	3.50	0.0004	0.2386	3.43	3.50	OK 0.98
P9	3.50	0.0003	0.2043	3.46	3.50	OK 0.99
P8	3.50	0.0003	0.1697	3.43	3.50	OK 0.98
P7	3.50	0.0002	0.1354	3.31	3.50	OK 0.95
P6	3.50	0.0001	0.1023	3.07	3.50	OK 0.88
P5	3.50	0.0001	0.0716	2.71	3.50	OK 0.77
P4	3.50	0.0001	0.0445	2.22	3.50	OK 0.63
P3	3.50	0.0000	0.0223	1.55	3.50	OK 0.44
P2	3.50	0.0000	0.0068	0.68	3.50	OK 0.19

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta\rho$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

 $\Delta\alpha$ = Deriva del análisis. $\Delta\rho$ = Deriva permitida.
(0.01 h)SISMO EN XColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**110**
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P15	3.50	0.3841	0.0042	2.80	3.50	OK 0.80
P14	3.50	0.3561	0.0038	2.92	3.50	OK 0.83
P13	3.50	0.3269	0.0035	3.05	3.50	OK 0.87
P12	3.50	0.2964	0.0032	3.19	3.50	OK 0.91
P11	3.50	0.2645	0.0028	3.29	3.50	OK 0.94
P10	3.50	0.2316	0.0024	3.37	3.50	OK 0.96
P9	3.50	0.1979	0.0021	3.40	3.50	OK 0.97
P8	3.50	0.1639	0.0017	3.34	3.50	OK 0.95
P7	3.50	0.1305	0.0014	3.20	3.50	OK 0.91
P6	3.50	0.0985	0.0010	2.97	3.50	OK 0.85
P5	3.50	0.0688	0.0007	2.62	3.50	OK 0.75
P4	3.50	0.0426	0.0004	2.12	3.50	OK 0.61
P3	3.50	0.0214	0.0002	1.49	3.50	OK 0.43
P2	3.50	0.0065	0.0001	0.65	3.50	OK 0.19

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**110**
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P15	3.50	0.0007	0.3947	2.82	3.50	OK 0.81
P14	3.50	0.0006	0.3665	2.95	3.50	OK 0.84
P13	3.50	0.0006	0.3370	3.09	3.50	OK 0.88
P12	3.50	0.0005	0.3061	3.23	3.50	OK 0.92
P11	3.50	0.0004	0.2738	3.37	3.50	OK 0.96
P10	3.50	0.0004	0.2401	3.45	3.50	OK 0.99
P9	3.50	0.0003	0.2056	3.49	3.50	OK 1.00
P8	3.50	0.0003	0.1707	3.46	3.50	OK 0.99
P7	3.50	0.0002	0.1361	3.32	3.50	OK 0.95
P6	3.50	0.0001	0.1029	3.09	3.50	OK 0.88
P5	3.50	0.0001	0.0720	2.73	3.50	OK 0.78
P4	3.50	0.0001	0.0447	2.23	3.50	OK 0.64
P3	3.50	0.0000	0.0224	1.56	3.50	OK 0.45
P2	3.50	0.0000	0.0068	0.68	3.50	OK 0.19

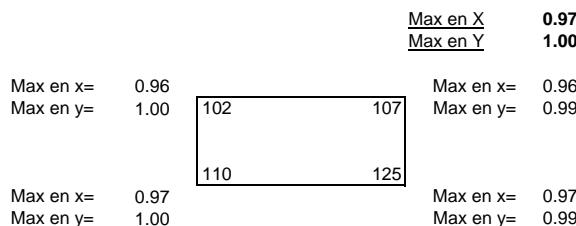
SISMO EN XColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**125**
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P15	3.50	0.3841	0.0042	2.80	3.50	OK 0.80
P14	3.50	0.3561	0.0038	2.92	3.50	OK 0.83
P13	3.50	0.3269	0.0035	3.05	3.50	OK 0.87
P12	3.50	0.2964	0.0032	3.19	3.50	OK 0.91
P11	3.50	0.2645	0.0028	3.29	3.50	OK 0.94
P10	3.50	0.2316	0.0024	3.37	3.50	OK 0.96
P9	3.50	0.1979	0.0021	3.40	3.50	OK 0.97
P8	3.50	0.1639	0.0017	3.34	3.50	OK 0.95
P7	3.50	0.1305	0.0014	3.20	3.50	OK 0.91
P6	3.50	0.0985	0.0010	2.97	3.50	OK 0.85
P5	3.50	0.0688	0.0007	2.62	3.50	OK 0.75
P4	3.50	0.0426	0.0004	2.12	3.50	OK 0.61
P3	3.50	0.0214	0.0002	1.49	3.50	OK 0.43
P2	3.50	0.0065	0.0001	0.65	3.50	OK 0.19

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**125**
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\rho$ (cm)	%
P15	3.50	0.0007	0.3917	2.79	3.50	OK 0.80
P14	3.50	0.0006	0.3638	2.91	3.50	OK 0.83
P13	3.50	0.0006	0.3347	3.06	3.50	OK 0.87
P12	3.50	0.0005	0.3041	3.21	3.50	OK 0.92
P11	3.50	0.0004	0.2720	3.34	3.50	OK 0.95
P10	3.50	0.0004	0.2386	3.43	3.50	OK 0.98
P9	3.50	0.0003	0.2043	3.46	3.50	OK 0.99
P8	3.50	0.0003	0.1697	3.43	3.50	OK 0.98
P7	3.50	0.0002	0.1354	3.31	3.50	OK 0.95
P6	3.50	0.0001	0.1023	3.07	3.50	OK 0.88
P5	3.50	0.0001	0.0716	2.71	3.50	OK 0.77
P4	3.50	0.0001	0.0445	2.22	3.50	OK 0.63
P3	3.50	0.0000	0.0223	1.55	3.50	OK 0.44
P2	3.50	0.0000	0.0068	0.68	3.50	OK 0.19

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta\rho$



PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA PIEMB 15 PISOS LIVIANO

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTE B**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.95
Fv = 1.70

Tc = 0.56
Tl = 3.00

A0 = 0.26
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo: **10PIEMB**

Zona de Amenaza Sísmica :

Intermedia

Sistema Estructural:

Pórticos de concreto - DMO

COMBINADO

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W (KN)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P15	1232	3.50	49.00	662.1	0.54		67496
P14	1149	3.50	45.50	1012.0	0.88		103157
P13	1149	3.50	42.00	1012.0	0.88		103157
P12	1149	3.50	38.50	1012.0	0.88		103157
P11	1149	3.50	35.00	1012.0	0.88		103157
P10	1149	3.50	31.50	1012.0	0.88		103157
P9	1149	3.50	28.00	1012.0	0.88		103157
P8	1149	3.50	24.50	1012.0	0.88		103157
P7	1149	3.50	21.00	1012.0	0.88		103157
P6	1149	3.50	17.50	1012.0	0.88		103157
P5	1149	3.50	14.00	1012.0	0.88		103157
P4	1149	3.50	10.50	1012.0	0.88		103157
P3	1149	3.50	7.00	1012.0	0.88		103157
P2	1149	3.50	3.50	1012.0	0.88		103157
	Σ 16166			Σ 13817.7			

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.95 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 1.70 & \end{array}$$

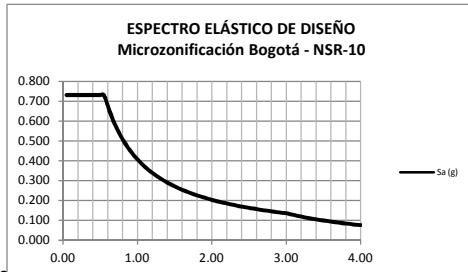
Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

Cu = 1.342	Cu = $1.75 - 1.2A_vF_v$	
C _t = 0.047	Pórticos de concreto - DMO	Ta = C _t h ^α = 1.56 seg
α = 0.90	COMBINADO	Cu * Ta = 2.09 seg

$$\begin{array}{lll} T_x = 1.53 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \\ T_y = 1.83 & \text{seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} T_x = 1.53 & \text{seg (definitivo)} \\ T_y = 1.83 & \text{seg (definitivo)} \end{array}$$

Sa = 1.2 AvFv I / T	Sa = 2.5 Aa Fa I	Sa = $1.2 AvFv T_L I / T^2$	Sax = 0.27 (Definitivo) Say = 0.22 (Definitivo)
Sax = 0.27 Say = 0.22	Sa = 0.73	Sax = 0.52 Say = 0.37	Vsx = 3679.7 Ton Vsy = 3086.9 Ton



Cortantes Dinámicos en la Base

$$\begin{array}{lll} V_{tx} = 3133.2 & \text{ton} & (\text{Ver página siguiente}) \\ V_{ty} = 2781.2 & \text{ton} & \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: 1 (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 2943.8 & / & 3133.2 = 0.94 \\ F_y = 2469.6 & / & 2781.2 = 0.89 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} F_x = 1.00 & (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.00 & (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 15 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
		% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	< % SUM> SumUX	< % SUM> SumUY	< % SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	< % SUM> SumRX	< % SUM> SumRY	< % SUM> SumRZ
1	1.83	0.00	70.35	0.00	0.00	70.35	0.00	99.2	0.0	0.0	99.2	0.0	0.0
2	1.53	68.45	0.00	0.00	68.45	70.35	0.00	0.0	98.8	0.0	99.2	98.8	0.0
3	1.36	0.02	0.00	0.00	68.47	70.35	0.00	0.0	0.0	68.2	99.2	98.8	68.2
4	0.47	0.00	15.22	0.00	68.47	85.57	0.00	0.4	0.0	0.0	99.7	98.8	68.2
5	0.36	16.66	0.00	0.00	85.13	85.57	0.00	0.0	0.8	0.0	99.7	99.6	68.2
6	0.32	0.00	0.00	0.00	85.13	85.57	0.00	0.0	0.0	16.9	99.7	99.6	85.1
7	0.21	0.00	6.31	0.00	85.13	91.89	0.00	0.3	0.0	0.0	99.9	99.6	85.1
8	0.16	6.63	0.00	0.00	91.77	91.89	0.00	0.0	0.3	0.0	99.9	99.9	85.1
9	0.14	0.00	0.00	0.00	91.77	91.89	0.00	0.0	0.0	6.7	99.9	99.9	91.8
10	0.12	0.00	3.29	0.00	91.77	95.18	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	99.9	91.8
11	0.09	3.41	0.00	0.00	95.17	95.18	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	91.8
12	0.09	0.00	1.87	0.00	95.17	97.05	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	91.8

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 15 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001/ANALISIS.SISMICO
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	0.0	-30.4	0	1054	0	-610
SX	2	U1	2518052.4	80.8	0	-2490	88185497	-30047699
SX	3	U1	881.7	-49.2	0	1358	31203	-11510
SX	4	U1	0.0	7.3	0	-35	0	146
SX	5	U1	1682607.8	-15.8	0	282	10907092	-20040185
SX	6	U1	333.6	5.9	0	-169	2152	-3854
SX	7	U1	0.0	7.2	0	-44	0	143
SX	8	U1	670169.4	-9.4	0	68	4026142	-8007960
SX	9	U1	115.0	-2.6	0	-16	699	-1427
SX	10	U1	0.0	9.2	0	-28	0	184
SX	11	U1	343936.1	1.0	0	6	1150079	-4091511
SX	12	U1	0.0	-15.6	0	46	0	-312
SX	All	All	3133187.6	79.0	0	2317	89015297	37368714
SY	1	U2	-30.4	2176096.8	0	-75346125	-1074	43591755
SY	2	U2	80.8	0.0	0	0	2830	-964
SY	3	U2	-49.2	2.8	0	-76	-1741	642
SY	4	U2	7.3	1537306.2	0	-7286302	59	30813101
SY	5	U2	-15.8	0.0	0	0	-102	188
SY	6	U2	5.9	0.1	0	-3	38	-68
SY	7	U2	7.2	637632.3	0	3937479	40	12768143
SY	8	U2	-9.4	0.0	0	0	-56	112
SY	9	U2	-2.6	0.1	0	0	-15	32
SY	10	U2	9.2	332343.4	0	-1018933	47	6663345
SY	11	U2	1.0	0.0	0	0	3	-12
SY	12	U2	-15.6	188718.1	0	-553272	-54	3777914
SY	All	All	79.0	2781243.1	0	75847876	2630	55723235

/-----D1-----/ /-----D2-----/
DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
CQC **3133187.6** **79.0** **79.0** **2781243.1**

Vtx= **3133.2 Ton**
Vty= **2781.2 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 15 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC U1	SPEC-ACC U2	SPEC-ACC U3	Sa
SX	1	1.826	0.05	1	2.20	0.00	0.0	0.224
SX	2	1.532	0.05	1	2.61	0.00	0.0	0.266
SX	3	1.365	0.05	1	2.93	0.00	0.0	0.299
SX	4	0.469	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	5	0.364	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	6	0.320	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	7	0.210	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	8	0.156	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	9	0.136	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	10	0.124	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	11	0.091	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SX	12	0.085	0.05	1	7.17	0.00	0.0	0.731
SY	1	1.826	0.05	1	0.00	2.20	0.0	0.224
SY	2	1.532	0.05	1	0.00	2.61	0.0	0.266
SY	3	1.365	0.05	1	0.00	2.93	0.0	0.299
SY	4	0.469	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	5	0.364	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	6	0.320	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	7	0.210	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	8	0.156	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	9	0.136	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	10	0.124	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	11	0.091	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731
SY	12	0.085	0.05	1	0.00	7.17	0.0	0.731

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIEMB 15 PISOS LIVIANO
ARCHIVO:ETABS,0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	/---CENTER OF MASS---/ MASS ORDINATE-X ORDINATE-Y						/---CENTER OF RIGIDITY---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y			
		Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM
P15	D1	67495.7	67495.7	20.00	12.00	67495.7	67495.7	20.00	12.00	20.05	12.01
P14	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	170652.7	170652.7	20.02	11.96	20.04	12.01
P13	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	273809.7	273809.7	20.03	11.94	20.04	12.01
P12	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	376966.7	376966.7	20.03	11.94	20.04	12.01
P11	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	480123.6	480123.6	20.03	11.94	20.04	12.01
P10	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	583280.6	583280.6	20.03	11.94	20.03	12.01
P9	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	686437.6	686437.6	20.03	11.93	20.03	12.01
P8	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	789594.6	789594.6	20.03	11.93	20.03	12.01
P7	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	892751.6	892751.6	20.03	11.93	20.03	12.01
P6	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	995908.6	995908.6	20.03	11.93	20.02	12.01
P5	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	1099065.6	1099065.6	20.03	11.93	20.02	12.01
P4	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	1202222.6	1202222.6	20.03	11.93	20.01	12.00
P3	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	1305379.6	1305379.6	20.03	11.93	20.01	12.00
P2	D1	103157.0	103157.0	20.04	11.93	1408536.6	1408536.6	20.03	11.93	20.00	12.00

DERIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

102
3

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P15	3.50	0.2275	0.0037	1.73	3.50	OK	0.49
P14	3.50	0.2102	0.0034	1.79	3.50	OK	0.51
P13	3.50	0.1923	0.0032	1.84	3.50	OK	0.53
P12	3.50	0.1739	0.0029	1.90	3.50	OK	0.54
P11	3.50	0.1549	0.0026	1.94	3.50	OK	0.55
P10	3.50	0.1355	0.0022	1.97	3.50	OK	0.56
P9	3.50	0.1158	0.0019	1.97	3.50	OK	0.56
P8	3.50	0.0961	0.0016	1.94	3.50	OK	0.55
P7	3.50	0.0767	0.0013	1.86	3.50	OK	0.53
P6	3.50	0.0581	0.0010	1.73	3.50	OK	0.49
P5	3.50	0.0408	0.0007	1.53	3.50	OK	0.44
P4	3.50	0.0255	0.0004	1.26	3.50	OK	0.36
P3	3.50	0.0129	0.0002	0.89	3.50	OK	0.25
P2	3.50	0.0040	0.0001	0.40	3.50	OK	0.11

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

102
5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P15	3.50	-0.0003	0.2687	1.80	3.50	OK	0.51
P14	3.50	-0.0002	0.2507	1.89	3.50	OK	0.54
P13	3.50	-0.0002	0.2318	1.99	3.50	OK	0.57
P12	3.50	-0.0002	0.2119	2.09	3.50	OK	0.60
P11	3.50	-0.0002	0.1910	2.19	3.50	OK	0.63
P10	3.50	-0.0001	0.1691	2.26	3.50	OK	0.65
P9	3.50	-0.0001	0.1465	2.31	3.50	OK	0.66
P8	3.50	-0.0001	0.1234	2.32	3.50	OK	0.66
P7	3.50	-0.0001	0.1002	2.30	3.50	OK	0.66
P6	3.50	0.0000	0.0772	2.19	3.50	OK	0.63
P5	3.50	0.0000	0.0553	2.00	3.50	OK	0.57
P4	3.50	0.0000	0.0353	1.70	3.50	OK	0.49
P3	3.50	0.0000	0.0183	1.24	3.50	OK	0.35
P2	3.50	0.0000	0.0059	0.59	3.50	OK	0.17

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

107
3

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P15	3.50	0.2275	0.0037	1.73	3.50	OK	0.49
P14	3.50	0.2102	0.0034	1.79	3.50	OK	0.51
P13	3.50	0.1923	0.0032	1.84	3.50	OK	0.53
P12	3.50	0.1739	0.0029	1.90	3.50	OK	0.54
P11	3.50	0.1549	0.0026	1.94	3.50	OK	0.55
P10	3.50	0.1355	0.0022	1.97	3.50	OK	0.56
P9	3.50	0.1158	0.0019	1.97	3.50	OK	0.56
P8	3.50	0.0961	0.0016	1.94	3.50	OK	0.55
P7	3.50	0.0767	0.0013	1.86	3.50	OK	0.53
P6	3.50	0.0581	0.0010	1.73	3.50	OK	0.49
P5	3.50	0.0408	0.0007	1.53	3.50	OK	0.44
P4	3.50	0.0255	0.0004	1.26	3.50	OK	0.36
P3	3.50	0.0129	0.0002	0.89	3.50	OK	0.25
P2	3.50	0.0040	0.0001	0.40	3.50	OK	0.11

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

107
5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	-0.0003	0.2681	1.79	3.50	OK 0.51
P14	3.50	-0.0002	0.2502	1.89	3.50	OK 0.54
P13	3.50	-0.0002	0.2313	1.98	3.50	OK 0.57
P12	3.50	-0.0002	0.2115	2.08	3.50	OK 0.59
P11	3.50	-0.0002	0.1907	2.18	3.50	OK 0.62
P10	3.50	-0.0001	0.1689	2.25	3.50	OK 0.64
P9	3.50	-0.0001	0.1464	2.31	3.50	OK 0.66
P8	3.50	-0.0001	0.1233	2.32	3.50	OK 0.66
P7	3.50	-0.0001	0.1001	2.29	3.50	OK 0.65
P6	3.50	0.0000	0.0772	2.19	3.50	OK 0.63
P5	3.50	0.0000	0.0553	2.00	3.50	OK 0.57
P4	3.50	0.0000	0.0353	1.70	3.50	OK 0.49
P3	3.50	0.0000	0.0183	1.24	3.50	OK 0.35
P2	3.50	0.0000	0.0059	0.59	3.50	OK 0.17

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

110
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P15	3.50	0.2314	0.0037	1.76	3.50	OK	0.50
P14	3.50	0.2138	0.0034	1.82	3.50	OK	0.52
P13	3.50	0.1956	0.0032	1.88	3.50	OK	0.54
P12	3.50	0.1768	0.0029	1.93	3.50	OK	0.55
P11	3.50	0.1575	0.0026	1.98	3.50	OK	0.57
P10	3.50	0.1377	0.0022	2.00	3.50	OK	0.57
P9	3.50	0.1177	0.0019	2.00	3.50	OK	0.57
P8	3.50	0.0977	0.0016	1.97	3.50	OK	0.56
P7	3.50	0.0780	0.0013	1.89	3.50	OK	0.54
P6	3.50	0.0591	0.0010	1.76	3.50	OK	0.50
P5	3.50	0.0415	0.0007	1.56	3.50	OK	0.45
P4	3.50	0.0259	0.0004	1.28	3.50	OK	0.37
P3	3.50	0.0131	0.0002	0.90	3.50	OK	0.26
P2	3.50	0.0041	0.0001	0.41	3.50	OK	0.12

SISMO EN Y Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

110
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P15	3.50	-0.0003	0.2687	1.80	3.50	OK	0.51
P14	3.50	-0.0002	0.2507	1.89	3.50	OK	0.54
P13	3.50	-0.0002	0.2318	1.99	3.50	OK	0.57
P12	3.50	-0.0002	0.2119	2.09	3.50	OK	0.60
P11	3.50	-0.0002	0.1910	2.19	3.50	OK	0.63
P10	3.50	-0.0001	0.1691	2.26	3.50	OK	0.65
P9	3.50	-0.0001	0.1465	2.31	3.50	OK	0.66
P8	3.50	-0.0001	0.1234	2.32	3.50	OK	0.66
P7	3.50	-0.0001	0.1002	2.30	3.50	OK	0.66
P6	3.50	0.0000	0.0772	2.19	3.50	OK	0.63
P5	3.50	0.0000	0.0553	2.00	3.50	OK	0.57
P4	3.50	0.0000	0.0353	1.70	3.50	OK	0.49
P3	3.50	0.0000	0.0183	1.24	3.50	OK	0.35
P2	3.50	0.0000	0.0059	0.59	3.50	OK	0.17

SISMO EN X Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

125
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P15	3.50	0.2314	0.0037	1.76	3.50	OK	0.50
P14	3.50	0.2138	0.0034	1.82	3.50	OK	0.52
P13	3.50	0.1956	0.0032	1.88	3.50	OK	0.54
P12	3.50	0.1768	0.0029	1.93	3.50	OK	0.55
P11	3.50	0.1575	0.0026	1.98	3.50	OK	0.57
P10	3.50	0.1377	0.0022	2.00	3.50	OK	0.57
P9	3.50	0.1177	0.0019	2.00	3.50	OK	0.57
P8	3.50	0.0977	0.0016	1.97	3.50	OK	0.56
P7	3.50	0.0780	0.0013	1.89	3.50	OK	0.54
P6	3.50	0.0591	0.0010	1.76	3.50	OK	0.50
P5	3.50	0.0415	0.0007	1.56	3.50	OK	0.45
P4	3.50	0.0259	0.0004	1.28	3.50	OK	0.37
P3	3.50	0.0131	0.0002	0.90	3.50	OK	0.26
P2	3.50	0.0041	0.0001	0.41	3.50	OK	0.12

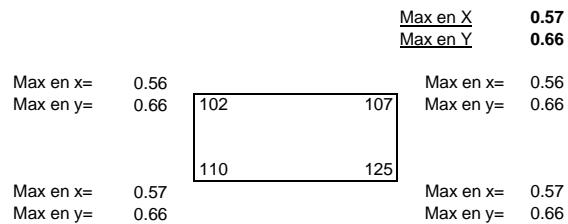
SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

125
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\theta$ (cm)	%
P15	3.50	-0.0003	0.2681	1.79	3.50	OK 0.51
P14	3.50	-0.0002	0.2502	1.89	3.50	OK 0.54
P13	3.50	-0.0002	0.2313	1.98	3.50	OK 0.57
P12	3.50	-0.0002	0.2115	2.08	3.50	OK 0.59
P11	3.50	-0.0002	0.1907	2.18	3.50	OK 0.62
P10	3.50	-0.0001	0.1689	2.25	3.50	OK 0.64
P9	3.50	-0.0001	0.1464	2.31	3.50	OK 0.66
P8	3.50	-0.0001	0.1233	2.32	3.50	OK 0.66
P7	3.50	-0.0001	0.1001	2.29	3.50	OK 0.65
P6	3.50	0.0000	0.0772	2.19	3.50	OK 0.63
P5	3.50	0.0000	0.0553	2.00	3.50	OK 0.57
P4	3.50	0.0000	0.0353	1.70	3.50	OK 0.49
P3	3.50	0.0000	0.0183	1.24	3.50	OK 0.35
P2	3.50	0.0000	0.0059	0.59	3.50	OK 0.17

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta\theta$



PROYECTO : 0001 - ED.BOGOTA PIED 15 PISOS NORMAL

El Análisis Sísmico se realizará por el método del Análisis Dinámico.

El programa de análisis estructural ETABS realiza directamente el análisis dinámico utilizando el Espectro Elástico de Diseño (según la microzonificación sísmica de Bogotá D.C.) construido con los siguientes parámetros:

ZONA : **PIEDEMONTE B**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0.15
Av = 0.20

Fa = 1.95
Fv = 1.70

Tc = 0.56
Tl = 3.00

A0 = 0.26
I = 1.00

El espectro se encuentra en el archivo:

10PIEMB

Zona de Amenaza Sísmica :

Intermedia

Sistema Estructural:

Pórticos de concreto - DMO

COMBINADO

Datos para el Análisis Sísmico:	Area (m ²)	Alt. Piso (m)	Elevación (h) h(m)	W (ton)	W / A ton/m ²	Masa (kg-s/m)
P15	1232	3.50	49.00	842.2	0.68	85855
P14	1149	3.50	45.50	1208.6	1.05	123206
P13	1149	3.50	42.00	1208.6	1.05	123206
P12	1149	3.50	38.50	1208.6	1.05	123206
P11	1149	3.50	35.00	1208.6	1.05	123206
P10	1149	3.50	31.50	1208.6	1.05	123206
P9	1149	3.50	28.00	1208.6	1.05	123206
P8	1149	3.50	24.50	1208.6	1.05	123206
P7	1149	3.50	21.00	1208.6	1.05	123206
P6	1149	3.50	17.50	1208.6	1.05	123206
P5	1149	3.50	14.00	1208.6	1.05	123206
P4	1149	3.50	10.50	1208.6	1.05	123206
P3	1149	3.50	7.00	1208.6	1.05	123206
P2	1149	3.50	3.50	1208.6	1.05	123206
	Σ 16166			Σ 16554.6		

Análisis Sísmico por Fuerza Horizontal Equivalente:

Análisis por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente para ajustar el valor del cortante dinámico en la base (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

$$\begin{array}{lll} A_a = 0.15 & F_a = 1.95 & I = 1.00 \\ A_v = 0.20 & F_v = 1.70 & \end{array}$$

Periodo fundamental aproximado (según A.4.2.2 -- NSR - 10)

Cu = 1.342	Cu = 1.75 - 1.2A_vF_v	
C_t = 0.049	Pórticos de concreto - DMO	Ta = C_t h^\alpha = 0.91 seg
$\alpha = 0.75$	COMBINADO	Cu * Ta = 1.22 seg

Tx = 1.46 seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)
 Ty = 1.73 seg (obtenido del análisis dinámico de la estructura)

Tx = 1.22 seg (definitivo)
Ty = 1.22 seg (definitivo)

Sa = 1.2 AvFv I/T Sax = 0.34 Say = 0.34	Sa = 2.5 Aa Fa I Sa = 0.73	Sa = 1.2 AvFv T_L I / T^2 Sax = 0.83 Say = 0.83	Sax = 0.34 (Definitivo) Say = 0.34 (Definitivo) Vsx = 5546.1 Ton Vsy = 5546.1 Ton
ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO Microzonificación Bogotá - NSR-10			

Cortantes Dinámicos en la Base. (Vtj) :

$$\begin{array}{lll} V_{tx} = 3879.6 \text{ ton} & & \text{(Ver página siguiente)} \\ V_{ty} = 3436.5 \text{ ton} & & \end{array}$$

Regularidad de la Estructura: **1** (1: Regular, 2: Irregular)

- Si la estructura es regular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 80 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

- Si la estructura es irregular, el cortante dinámico en la base no puede ser menor que el 90 % del cortante calculado por Fuerza Horizontal Equivalente (Vs) - (según A.5.4.5 -- NSR - 10)

Factores de Ajuste :

$$\begin{array}{lll} F_x = 4436.8 / 3879.6 = 1.14 \\ F_y = 4436.8 / 3436.5 = 1.29 \\ \\ F_x = 1.14 \quad (\text{Definitivo}) \\ F_y = 1.29 \quad (\text{Definitivo}) \end{array}$$

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
 0001 - ED.BOGOTA PIED 15 PISOS NORMAL
 ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
 ANALISIS SISMICO

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	Mode	Period	TRASLATION						ROTATION					
			% MASS UX	% MASS UY	% MASS UZ	< % SUM> SumUX	< % SUM> SumUY	< % SUM> SumUZ	% MASS RX	% MASS RY	% MASS RZ	< % SUM> SumRX	< % SUM> SumRY	< % SUM> SumRZ
1	1.73	0.00	70.34	0.00	0.00	70.34	0.00	99.2	0.0	0.0	99.2	0.0	0.0	0.0
2	1.46	68.44	0.00	0.00	68.44	70.34	0.00	0.0	98.8	0.0	99.2	98.8	0.0	0.0
3	1.30	0.02	0.00	0.00	68.46	70.34	0.00	0.0	0.0	0.0	68.2	99.2	98.8	68.2
4	0.45	0.00	15.22	0.00	68.46	85.56	0.00	0.4	0.0	0.0	99.7	98.8	68.2	68.2
5	0.35	16.66	0.00	0.00	85.12	85.56	0.00	0.0	0.8	0.0	99.7	99.6	68.2	68.2
6	0.31	0.00	0.00	0.00	85.13	85.56	0.00	0.0	0.0	16.9	99.7	99.6	85.1	85.1
7	0.20	0.00	6.31	0.00	85.13	91.88	0.00	0.3	0.0	0.0	99.9	99.6	85.1	85.1
8	0.15	6.64	0.00	0.00	91.76	91.88	0.00	0.0	0.3	0.0	99.9	99.9	85.1	85.1
9	0.13	0.00	0.00	0.00	91.76	91.88	0.00	0.0	0.0	6.7	99.9	99.9	91.8	91.8
10	0.12	0.00	3.29	0.00	91.76	95.17	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	99.9	91.8	91.8
11	0.09	3.41	0.00	0.00	95.17	95.17	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	91.8	91.8
12	0.08	0.00	1.87	0.00	95.17	97.04	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	91.8	91.8

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIED 15 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM BASE SHEARS REACTIONS

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SX	1	U1	0.0	-43.5	0	1512	0	-872
SX	2	U1	3171563.8	115.1	0	-3624	111392569	-37859219
SX	3	U1	1023.4	-70.0	COMBINADO	2011	36330	-13621
SX	4	U1	0.0	6.1	0	-29	0	122
SX	5	U1	2015931.5	-13.3	0	302	13128694	-24018939
SX	6	U1	364.4	4.3	0	-183	2361	-4254
SX	7	U1	0.0	7.5	0	-46	0	150
SX	8	U1	802975.9	-9.5	0	69	4829660	-9597923
SX	9	U1	125.9	-3.0	0	-16	766	-1566
SX	10	U1	0.0	9.7	0	-30	0	194
SX	11	U1	412180.5	1.3	0	6	1384313	-4905428
SX	12	U1	0.0	-17.4	0	51	0	-349
SX	All	All	3879588.4	108.8		3340	112346761	46288882
SY	1	U2	-43.5	2738697.4	0	-95100603	-1535	54856510
SY	2	U2	115.1	0.0	0	0	4044	-1374
SY	3	U2	-70.0	4.8	0	-138	-2485	932
SY	4	U2	6.1	1841882.9	0	-8783078	52	36914302
SY	5	U2	-13.3	0.0	0	0	-87	159
SY	6	U2	4.3	0.1	0	-2	28	-50
SY	7	U2	7.5	764076.5	0	-4719672	42	15298793
SY	8	U2	-9.5	0.0	0	0	-57	113
SY	9	U2	-3.0	0.1	0	0	-18	38
SY	10	U2	9.7	398321.6	0	-1227957	50	7985279
SY	11	U2	1.3	0.0	0	0	4	-15
SY	12	U2	-17.4	226272.5	0	-663318	-60	4529379
SY	All	All	108.8	3436454.7	0	95678729	3729	68843281

/-----D1-----/ /-----D2-----/
 DIRECTION-X DIRECTION-Y DIRECTION-X DIRECTION-Y
 CQC **3879588.4** **108.8** **108.8** **3436454.7**

Vtx= **3879.6 Ton**
 Vty= **3436.5 Ton**

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
 0001 - ED.BOGOTA PIED 15 PISOS NORMAL
 ARCHIVO:ETABS/0001MODELO.OUT
 ANALISIS SISMICO

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS & TOTAL MODAL DAMPING

Spec	Mode	Period	DampRatio	SpecFactor	SPEC-ACC		Sa
					U1	U2	
SX	1	1.734	0.05	1	2.31	0.00	0.0
SX	2	1.456	0.05	1	2.75	0.00	0.0
SX	3	1.300	0.05	1	3.08	0.00	0.0
SX	4	0.446	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	5	0.346	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	6	0.305	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	7	0.200	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	8	0.148	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	9	0.130	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	10	0.118	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	11	0.086	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SX	12	0.081	0.05	1	7.17	0.00	0.0
SY	1	1.734	0.05	1	0.00	2.31	0.0
SY	2	1.456	0.05	1	0.00	2.75	0.0
SY	3	1.300	0.05	1	0.00	3.08	0.0
SY	4	0.446	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	5	0.346	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	6	0.305	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	7	0.200	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	8	0.148	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	9	0.130	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	10	0.118	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	11	0.086	0.05	1	0.00	7.17	0.0
SY	12	0.081	0.05	1	0.00	7.17	0.0

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS
0001 - ED.BOGOTA PIED 15 PISOS NORMAL
ARCHIVO:ETABS,0001MODELO.OUT
ANALISIS SISMICO

COORDINATES OF CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NUMBER	MASS	/---CENTER OF MASS---/ ORDINATE-X ORDINATE-Y				/---CENTER OF RIGIDITY--/ ORDINATE-X ORDINATE-Y				
			XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR	
P15	D1	85854.7	85854.7	20.00	12.00	85854.7	85854.7	20.00	12.00	20.05	12.01
P14	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	209060.4	209060.4	20.02	11.96	20.04	12.01
P13	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	332266.0	332266.0	20.03	11.95	20.04	12.01
P12	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	455471.6	455471.6	20.03	11.94	20.04	12.01
P11	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	578677.2	578677.2	20.03	11.94	20.04	12.01
P10	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	701882.9	701882.9	20.03	11.94	20.03	12.01
P9	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	825088.5	825088.5	20.03	11.94	20.03	12.01
P8	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	948294.1	948294.1	20.03	11.94	20.03	12.01
P7	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	1071499.8	1071499.8	20.03	11.94	20.03	12.01
P6	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	1194705.4	1194705.4	20.03	11.94	20.02	12.01
P5	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	1317911.0	1317911.0	20.03	11.94	20.02	12.01
P4	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	1441116.7	1441116.7	20.03	11.93	20.01	12.00
P3	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	1564322.3	1564322.3	20.03	11.93	20.01	12.00
P2	D1	123205.6	123205.6	20.03	11.93	1687527.9	1687527.9	20.03	11.93	20.00	12.00

DERRIVA PÓRTICOS

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

$\Delta\alpha$ = Deriva del análisis.

Δp = Deriva permitida.
(0.01 h)

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

102

3

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P15	3.50	0.2458	0.0040	1.87	3.50	OK	0.53
P14	3.50	0.2271	0.0037	1.94	3.50	OK	0.55
P13	3.50	0.2077	0.0034	1.99	3.50	OK	0.57
P12	3.50	0.1878	0.0031	2.06	3.50	OK	0.59
P11	3.50	0.1672	0.0028	2.10	3.50	OK	0.60
P10	3.50	0.1462	0.0024	2.13	3.50	OK	0.61
P9	3.50	0.1249	0.0021	2.14	3.50	OK	0.61
P8	3.50	0.1035	0.0017	2.09	3.50	OK	0.60
P7	3.50	0.0826	0.0014	2.01	3.50	OK	0.57
P6	3.50	0.0625	0.0010	1.86	3.50	OK	0.53
P5	3.50	0.0439	0.0007	1.65	3.50	OK	0.47
P4	3.50	0.0274	0.0005	1.35	3.50	OK	0.39
P3	3.50	0.0139	0.0002	0.96	3.50	OK	0.27
P2	3.50	0.0043	0.0001	0.43	3.50	OK	0.12

SISMO EN Y

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

102

5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P15	3.50	-0.0001	0.3280	2.19	3.50	OK	0.63
P14	3.50	coml -0.0001	0.3061	2.32	3.50	OK	0.66
P13	3.50	-0.0001	0.2829	2.43	3.50	OK	0.69
P12	3.50	-0.0001	0.2586	2.56	3.50	OK	0.73
P11	3.50	0.0000	0.2330	2.67	3.50	OK	0.76
P10	3.50	0.0000	0.2063	2.77	3.50	OK	0.79
P9	3.50	0.0000	0.1786	2.83	3.50	OK	0.81
P8	3.50	0.0000	0.1503	2.85	3.50	OK	0.81
P7	3.50	0.0000	0.1218	2.80	3.50	OK	0.80
P6	3.50	0.0000	0.0938	2.67	3.50	OK	0.76
P5	3.50	0.0000	0.0671	2.44	3.50	OK	0.70
P4	3.50	0.0000	0.0427	2.05	3.50	OK	0.59
P3	3.50	0.0000	0.0222	1.50	3.50	OK	0.43
P2	3.50	0.0000	0.0072	0.72	3.50	OK	0.21

SISMO EN X

Columna Eje Vertical:
Caso de Carga:

107

3

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%	
P15	3.50	0.2458	0.0040	1.87	3.50	OK	0.53
P14	3.50	0.2271	0.0037	1.94	3.50	OK	0.55
P13	3.50	0.2077	0.0034	1.99	3.50	OK	0.57
P12	3.50	0.1878	0.0031	2.06	3.50	OK	0.59
P11	3.50	0.1672	0.0028	2.10	3.50	OK	0.60
P10	3.50	0.1462	0.0024	2.13	3.50	OK	0.61
P9	3.50	0.1249	0.0021	2.14	3.50	OK	0.61
P8	3.50	0.1035	0.0017	2.09	3.50	OK	0.60
P7	3.50	0.0826	0.0014	2.01	3.50	OK	0.57
P6	3.50	0.0625	0.0010	1.86	3.50	OK	0.53
P5	3.50	0.0439	0.0007	1.65	3.50	OK	0.47
P4	3.50	0.0274	0.0005	1.35	3.50	OK	0.39
P3	3.50	0.0139	0.0002	0.96	3.50	OK	0.27
P2	3.50	0.0043	0.0001	0.43	3.50	OK	0.12

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**107**
5

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\beta$ (cm)	%
P15	3.50	-0.0001	0.3272	2.18	3.50	OK 0.62
P14	3.50	-0.0001	0.3054	2.31	3.50	OK 0.66
P13	3.50	-0.0001	0.2823	2.43	3.50	OK 0.69
P12	3.50	-0.0001	0.2580	2.55	3.50	OK 0.73
P11	3.50	0.0000	0.2325	2.66	3.50	OK 0.76
P10	3.50	0.0000	0.2059	2.76	3.50	OK 0.79
P9	3.50	0.0000	0.1783	2.82	3.50	OK 0.81
P8	3.50	0.0000	0.1501	2.85	3.50	OK 0.81
P7	3.50	0.0000	0.1216	2.79	3.50	OK 0.80
P6	3.50	0.0000	0.0937	2.67	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.0000	0.0670	2.43	3.50	OK 0.69
P4	3.50	0.0000	0.0427	2.05	3.50	OK 0.59
P3	3.50	0.0000	0.0222	1.50	3.50	OK 0.43
P2	3.50	0.0000	0.0072	0.72	3.50	OK 0.21

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.

% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta\beta$

$$\Delta_a = \sqrt{(\delta_{x1} - \delta_{x2})^2 + (\delta_{y1} - \delta_{y2})^2}$$

 $\Delta\alpha$ = Deriva del análisis. $\Delta\beta$ = Deriva permitida.
(0.01 h)SISMO EN XColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**110**
3

	Alt. piso	δ_x (m)	δ_y (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	$\Delta\beta$ (cm)	%
P15	3.50	0.2498	0.0040	1.91	3.50	OK 0.55
P14	3.50	0.2307	0.0037	1.96	3.50	OK 0.56
P13	3.50	0.2111	0.0034	2.03	3.50	OK 0.58
P12	3.50	0.1908	0.0031	2.09	3.50	OK 0.60
P11	3.50	0.1699	0.0028	2.14	3.50	OK 0.61
P10	3.50	0.1485	0.0024	2.17	3.50	OK 0.62
P9	3.50	0.1268	0.0021	2.16	3.50	OK 0.62
P8	3.50	0.1052	0.0017	2.13	3.50	OK 0.61
P7	3.50	0.0839	0.0014	2.04	3.50	OK 0.58
P6	3.50	0.0635	0.0010	1.89	3.50	OK 0.54
P5	3.50	0.0446	0.0007	1.68	3.50	OK 0.48
P4	3.50	0.0278	0.0005	1.37	3.50	OK 0.39
P3	3.50	0.0141	0.0002	0.97	3.50	OK 0.28
P2	3.50	0.0044	0.0001	0.44	3.50	OK 0.13

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**110**
5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	-0.0001	0.3280	2.19	3.50	OK 0.63
P14	3.50	-0.0001	0.3061	2.32	3.50	OK 0.66
P13	3.50	-0.0001	0.2829	2.43	3.50	OK 0.69
P12	3.50	0.0000	0.2586	2.56	3.50	OK 0.73
P11	3.50	0.0000	0.2330	2.67	3.50	OK 0.76
P10	3.50	0.0000	0.2063	2.77	3.50	OK 0.79
P9	3.50	0.0000	0.1786	2.83	3.50	OK 0.81
P8	3.50	0.0000	0.1503	2.85	3.50	OK 0.81
P7	3.50	0.0000	0.1218	2.80	3.50	OK 0.80
P6	3.50	0.0000	0.0938	2.67	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.0000	0.0671	2.44	3.50	OK 0.70
P4	3.50	0.0000	0.0427	2.05	3.50	OK 0.59
P3	3.50	0.0000	0.0222	1.50	3.50	OK 0.43
P2	3.50	0.0000	0.0072	0.72	3.50	OK 0.21

SISMO EN XColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**125**
3

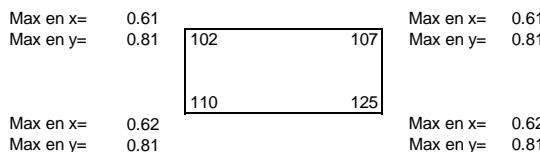
	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	0.2498	0.0040	1.91	3.50	OK 0.55
P14	3.50	0.2307	0.0037	1.96	3.50	OK 0.56
P13	3.50	0.2111	0.0034	2.03	3.50	OK 0.58
P12	3.50	0.1908	0.0031	2.09	3.50	OK 0.60
P11	3.50	0.1699	0.0028	2.14	3.50	OK 0.61
P10	3.50	0.1485	0.0024	2.17	3.50	OK 0.62
P9	3.50	0.1268	0.0021	2.16	3.50	OK 0.62
P8	3.50	0.1052	0.0017	2.13	3.50	OK 0.61
P7	3.50	0.0839	0.0014	2.04	3.50	OK 0.58
P6	3.50	0.0635	0.0010	1.89	3.50	OK 0.54
P5	3.50	0.0446	0.0007	1.68	3.50	OK 0.48
P4	3.50	0.0278	0.0005	1.37	3.50	OK 0.39
P3	3.50	0.0141	0.0002	0.97	3.50	OK 0.28
P2	3.50	0.0044	0.0001	0.44	3.50	OK 0.13

SISMO EN YColumna Eje Vertical:
Caso de Carga:**125**
5

	Alt. piso	δx (m)	δy (m)	$\Delta\alpha$ (cm)	Δp (cm)	%
P15	3.50	-0.0001	0.3272	2.18	3.50	OK 0.62
P14	3.50	-0.0001	0.3054	2.31	3.50	OK 0.66
P13	3.50	-0.0001	0.2823	2.43	3.50	OK 0.69
P12	3.50	0.0000	0.2580	2.55	3.50	OK 0.73
P11	3.50	0.0000	0.2325	2.66	3.50	OK 0.76
P10	3.50	0.0000	0.2059	2.76	3.50	OK 0.79
P9	3.50	0.0000	0.1783	2.82	3.50	OK 0.81
P8	3.50	0.0000	0.1501	2.85	3.50	OK 0.81
P7	3.50	0.0000	0.1216	2.79	3.50	OK 0.80
P6	3.50	0.0000	0.0937	2.67	3.50	OK 0.76
P5	3.50	0.0000	0.0670	2.43	3.50	OK 0.69
P4	3.50	0.0000	0.0427	2.05	3.50	OK 0.59
P3	3.50	0.0000	0.0222	1.50	3.50	OK 0.43
P2	3.50	0.0000	0.0072	0.72	3.50	OK 0.21

1. El análisis se realizó con la inercia de las vigas y las columnas completa.
% Indica INDICE DE FLEXIBILIDAD = $\Delta\alpha/\Delta p$

Max en X
Max en Y



ANEXO 4. FICHAS TECNICAS DE CONCRETOS LIVIANOS

Latermix

Béton 1400

HORMIGÓN ESTRUCTURAL LIGERO
25 MPa

LATERMIX BÉTON 1400

HORMIGÓN LIGERO ESTRUCTURAL PREMEZCLADO IDÓNEO PARA CAPAS DE COMPRESIÓN Y FORJADOS COLABORANTES.

USOS

- Realización de capas de compresión en rehabilitación de forjados de madera, de mampostería o viguetas y ladrillo.
- Pese a ser un hormigón ligero, tiene una resistencia similar al hormigón normal y su amasado y colocación es rapidísimo.

El hormigón Latermix Béton 1400 responde plenamente a la Norma técnica de Construcción (D.M. 14/01/08) y "la circular del 2 de febrero 2009" (instrucciones a la Norma técnica de la construcción)

CONDICIONES DE USO

PREPARACIÓN DEL SOPORTE

El sustrato debe de estar limpio, sin piezas inconsistentes, polvo u otros residuos; debe de estar preparado para recibir el hormigón. Por lo tanto, deben de estar colocadas ya las armaduras, los espaciadores y conectores.

PREPARACIÓN DE LA MASA

Latermix Béton 1400, no requiere la adición de otros materiales o aditivos. La mezcla es fácilmente preparada con hormigoneras o mezcladores "de gusano" habituales.

- Poner en la hormigonera uno o más sacos (no más del 60% de su capacidad);
- Agregar 4-4,5 litros de agua por cada saco (sacos de 25 litros);
- Mezclar durante 3 minutos hasta consistencia "semi-fluida";
- La dosis de agua que indicamos es por nuestra experiencia. El operario deberá evaluar cuidadosamente sobre la consistencia de la masa y también las condiciones de trabajo: por ejemplo, en el verano puede ser conveniente aumentar el agua. No alargar el tiempo de mezcla.

APLICACIÓN Y ACABADO

Latermix Béton 1400 se instala como un hormigón tradicional.

Prestar atención al tiempo de vibrado: no vibrar mucho para evitar que el lecapiú vaya a la superficie.

APLICACIÓN COMO CAPA DE COMPRESIÓN

PREPARACIÓN DEL SOPORTE

El sustrato debe de estar limpio, sin piezas inconsistentes, polvo u otros residuos; debe de estar preparado para recibir el hormigón. Por lo tanto, deben de estar colocadas ya las armaduras, los espaciadores y conectores.

ACABADO

Una losa de hormigón no es un mortero de acabado y no debe de ser interrumpido por la inserción de equipos (tubos hidráulicos, drenajes, electricidad etc...) ya que produciríamos una pérdida de resistencia en esa solera. Por lo tanto, necesitamos un mortero de acabado, recomendando el uso de productos ligeros (Latermix). Si no necesitásemos la inserción de las instalaciones, el revestimiento final puede ir colocado directamente sobre el hormigón Latermix Béton 1400, como lo haríamos en un hormigón tradicional. En este caso debe poner mucha atención a la ejecución de la superficie (lisura y planeidad) y el uso de materiales y técnicas adecuadas para pegar el revestimiento (cemento cola adecuado, formatos, juntas....). También debe considerar las consecuencias de las imperfecciones en la superficie del hormigón ligero así como el contenido de humedad residual antes de pegar. A fin de no afectar la resistencia final debe de controlarse estrictamente la cantidad de agua de amasado (no colocarlo con consistencia a "tierra húmeda").

Latermix

Béton 1400

**HORMIGÓN ESTRUCTURAL LIGERO
25 MPa**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	Latermix Béton 1400	Latermix Béton 1400 Ri
Densidad de amasado	1150 Kg/m ³	1150 Kg/m ³
Densidad (UNI EN 206-1)	1400 Kg/m ³	1400 Kg/m ³
Tiempo de aplicación (a 20°C)	45 minutos	
Temperatura de aplicación	de + 5 °C a + 35 °C	
Pisable	12 horas de la colocación	8 horas de la colocación
Conductividad Térmica declarada(UNI 10351)	0,42 W/mK	0,42 W/mK
Conducibilità termica de cálculo (UNI EN ISO 10456)	0,46 W/mK	0,46 W/mK
Rendimiento de obra (con asentamiento)	0,33 sacos/m ² y cm (sacos de 35 litros) 0,47 sacos/m ² y cm (sacos de 25 litros)	
Resistencia característica a la compresión cúbica certificada (laboratorio) a 28 días.	Rck = 25 N/mm ² (cubica) fck = 22,5 N/mm ² (cilíndrica)	Rck = 25 N/mm ² (cubica) fck = 22,5 N/mm ² (cilíndrica)
Resistencia media a la compresión cúbica a 28 días.	Rcm = 25 N/mm ²	Rcm = 15 N/mm ² a 24 horas Rcm = 20 N/mm ² a 3 días. Rcm = 25 N/mm ² a 7 días
Resistencia característica a compresión cúbica (considerada para el cálculo) a 28 días.	Rck = 20 N/mm ²	
Modulo elástico certificado	E = 15.000 N/mm ²	
Factor de resistencia al vapor de agua (UNI EN 12524)	$\mu=100$ (campo seco)	
Permeabilidad al vapor de agua (UNI 10351)	$\delta=1,9 \cdot 10^{-12}$ kg/msPa	
Capacidad térmica específica Cp [J/(kgK)]	1000	
Reacción al fuego (D.M. 10/03/2005)	Euroclasse A1 (Incombustible)	
Presentación	Palet de madera con 56 sacos de 25 litros, total 1,4 m ³ /palet	
Condiciones de conservación (D.M. 10 Mayo 2004)	Conservar en envases originales, a cubierto y lugares frescos	
Caducidad (D.M. 10 Mayo 2004)	Máximo 6 meses (6) desde la fecha de fabricación.	
Ficha de seguridad	en el sitio www.laterlite.es	
Conformidad	D.M. 14/01/2008 (norma Técnica de la edificación). Circular 02/02/2009 (Instrucción de la NTC). Norma UNI EN 206-1.	

ADVERTENCIAS

- Recuerde que más agua es sinónimo de menor resistencia: el producto, en la aplicación, no debe convertirse en "Autoniveladoras": instalación debe hacerse vibrando poco tiempo en diferentes puntos.
- Para premezclados de Latermix Béton no se aconseja amasados manuales. No añadir cemento, cal, yeso, agregados, aditivos, etc..

Latermix

Béton 1400

**HORMIGÓN ESTRUCTURAL LIGERO
25 MPa**

- Proteger en verano el hormigón ligero si preveemos un secado excesivamente rápido. Proteger también si colocamos el hormigón ligero sobre materiales muy absorbentes (tipo mampostería de ladrillo).
- Rendimiento como un hormigón tradicional.
- Se aconseja la colocación del mallazo para facilitar el reparto de cargas y evitar fisuraciones.
- Usar Latermix Béton con temperaturas entre + 5 ° C y hasta + 35 ° C.
- Tiempo de aplicación (20 ° C): aprox. 45 minutos.
- Compatible con aditivos anticongelantes.
- Las intervenciones de losas armadas con hormigones ligeros estructurales deben de realizarse bajo la supervisión de un técnico cualificado como marcan las leyes y reglamentos en vigor.
- No adecuado para introducir el material en silos.
- No es adecuado para aplicaciones de caravista.
- La consistencia del amasado no debe de ser “tierra-húmeda”
- Solicitar una hoja de datos de seguridad
- Todos los valores de resistencia a compresión se han realizado cogiendo muestras de amasado a pie de obra, con la cantidad de agua indicada en la ficha técnica, realizado, curado y probado según la ley vigente de la norma UNE.

ESPECIFICACIONES

Hormigón ligero estructural Latermix Béton 1400 premezclado en sacos a base de arcilla expandida Laterlite Più (absorción de humedad sobre el 1% a los 30 minutos, según la norma UNE EN 13055-1), agregados naturales, cemento Portland y aditivos.

Densidad indicada en el hormigón (UNI EN 206-1) es alrededor de 1400 kg/m³. Resistencia media a compresión, a 28 días, determinado mediante probetas a pie de obra, 25 N/mm².

La confección de la masa se ha hecho de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

ESPECIFICACIONES

Estructurales de hormigón ligero Latermix Béton 1400 bolsas premezcladas sobre la base de arcilla expandida Laterlite Più (el coeficiente de absorción después de 30 minutos de absorción en agua el menor a 1%), los agregados naturales, cemento Portland y aditivos.

Indicativa de la densidad de hormigón (EN 206-1) de 1400 kg/m³. Resistencia media a compresión a 28 días (7 días de Leca 1400Ri CLS), determinado cubos hechos al lugar de trabajo 25 N/mm².

Concretas de embalaje e in situ según lo indicado por el fabricante.

Para más información, se aconseja leer el catálogo general de productos, manual de hormigón ligero o visitar nuestra página web www.laterlite.es



Calle Aragón 290 1ºB - 08009 Barcelona - España
zona Cataluña (Delegado comercial) 619 006 864
zona Levante (Delegado comercial) 685 495 638
zona Norte (Delegado comercial) 639 429 679
clientes nacionales y otras zonas 649 758 314

info@laterlite.es - www.laterlite.es

Las especificaciones y requisitos que hemos establecido por nuestra experiencia son meramente indicativos. Es responsabilidad del usuario el establecer si el producto es apto o no para el uso previsto. LATERLITE SpA se reserva el derecho de cambiar la fabricación y el embalaje sin previo aviso. Verificar que esta ficha técnica es la actual en vigor. Los productos Laterlite son destinados sólo para uso profesional.

Latermix

Béton 1600

**HORMIGÓN ESTRUCTURAL LIGERO
35 MPa**

LATERMIX BÉTON 1600

HORMIGÓN LIGERO ESTRUCTURAL PREMEZCLADO DE ALTA RESISTENCIA, Y FÁCIL APLICACIÓN

USOS

- Para soleras estructurales o elementos prefabricados.
- En cualquier sitio que necesitemos un hormigón estructural y de alta resistencia.
- El hormigón Latermix Béton 1600 responde plenamente a la Norma.
- Técnica de Construcción (D.M. 14/01/08) y "la circular del 2 de febrero 2009" (instrucciones a la Norma técnica de la construcción).

CONDICIONES DE USO

PREPARACIÓN DEL SOPORTE

El sustrato debe de estar limpio, sin piezas inconsistentes, polvo u otros residuos; debe de estar preparado para recibir el hormigón. Por lo tanto, deben de estar colocadas ya las armaduras, los espaciadores y conectores.

PREPARACIÓN DE LA MASA

Latermix Béton 1600, no requiere la adición de otros materiales o aditivos. La mezcla es fácilmente preparada con hormigoneras o mezcladores "de gusano" habituales.

- Poner en la hormigonera uno o más sacos (no más del 60% de su capacidad);
- Agregar unos 4 litros de agua por cada saco de 25 litros de Latermix Béton 1600.
- Mezclar durante 3 minutos hasta consistencia "semi-fluida".

La dosis de agua que indicamos es por nuestra experiencia. El operario deberá evaluar cuidadosamente sobre la consistencia de la masa y también las condiciones de trabajo: por ejemplo, en el verano puede ser conveniente aumentar el agua. No alargar el tiempo de mezcla. El uso de bombas tradicionales para preparación requiere una mayor cantidad de agua a la mezcla.

APLICACIÓN Y ACABADO

Latermix Béton 1600 se instala como un hormigón tradicional.

APLICACIÓN COMO CAPA DE COMPRESIÓN

PREPARACIÓN DEL SOPORTE

El sustrato debe de estar limpio, sin piezas inconsistentes, polvo u otros residuos; debe de estar preparado para recibir el hormigón. Por lo tanto, deben de estar colocadas ya las armaduras, los espaciadores y conectores.

ACABADO

Una losa de hormigón no es un mortero de acabado y no debe de ser interrumpido por la inserción de equipos (tubos hidráulicos, drenajes, electricidad etc...) ya que produciríamos una pérdida de resistencia en esa solera. Por lo tanto, necesitamos un mortero de acabado, recomendando el uso de productos ligeros (familia Latermix).

Si no necesitásemos la inserción de las instalaciones, el revestimiento final puede ir colocado directamente sobre el hormigón Latermix Béton 1600, como lo haríamos en un hormigón tradicional. En este caso debe poner mucha atención a la ejecución de la superficie (lisura y planeidad) y el uso de materiales y técnicas adecuadas para pegar el revestimiento (cemento cola adecuado, formatos , juntas....). También debe considerar las consecuencias de las imperfecciones en la superficie del hormigón ligero así como el contenido de humedad residual antes de pegar. A fin de no afectar la resistencia final debe de controlarse estrictamente la cantidad de agua de amasado (no colocarlo con consistencia a "tierra húmeda").

Latermix

Béton 1600

**HORMIGÓN EXTRUCTURAL LIGERO
35 MPa**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Densidad de amasado	1300 Kg/m ³ aprox.
Densidad (UNI EN 206-1)	1600 Kg/m ³ aprox.
Tiempo de aplicación (a 20°C)	45 minutos
Temperatura de aplicación	entre + 5 °C y + 35 °C
Peatonabilidad	12 h de la colocación
Resistencia característica a la compresión certificada (laboratorio) a 28 días.	$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$ (cubica) $f_{ck} = 31,5 \text{ N/mm}^2$ (cilindrica)
Resistencia media a la compresión cúbica a 28 días. (en obra).	$R_{cm} = 35 \text{ N/mm}^2$
Resistencia característica a compresión cúbica (considerada para el cálculo) a 28 días.	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico certificado	$E = 20.000 \text{ N/mm}^2$
Conductividad térmica declarada (UNI 10351)	$\lambda=0,54 \text{ W/mK}$
Conductividad térmica de cálculo (UNI EN ISO 10456)	$\lambda=0,59 \text{ W/mK}$
Rendimiento en obra (incluido asentamiento)	Sobre 0,47 sacos/m ² por m ² y. 1 cm
Factor de resistencia al vapor de agua (UNI EN 12524)	$\mu=100$ (campo secco)
Permeabilidad al vapor (UNI 10351)	$\delta=1,9 \cdot 10^{-12} \text{ kg/msPa}$
Capacidad térmica específica Cp [J/(kgK)]	1000
Reacción al fuego (D.M. 10/03/2005)	Euroclasse A1 (Incombustible)
Presentación	Palet de madera con 48 sacos de 25 litros, total 1,2 m ³ /palet
Condiciones de conservación (D.M. 10 Mayo 2004)	Conservar en envases originales, a cubierto y lugares frescos
caducidad (D.M. 10 Mayo 2004)	Máximo 6 meses (6) desde la fecha de fabricación
Ficha de seguridad	en el sitio www.laterlite.es
Conformidad	D.M. 14/01/2008 (norma Técnica de la edificación). Circular 02/02/2009 (Instrucción de la NTC). Norma UNI EN 206-1.

ADVERTENCIAS

- Recuerde que más agua es sinónimo de menor resistencia: el producto, en la aplicación, no debe convertirse en "Autoniveladoras": instalación debe hacerse vibrando poco tiempo en diferentes puntos.
- Para premezclados de Latermix Béton no se aconseja amasados manuales. No añadir cemento, cal, yeso, agregados, aditivos, etc..
- Proteger en verano el hormigón ligero si preveemos un secado excesivamente rápido o con fuerte ventilación. Proteger también si colocamos el hormigón ligero sobre materiales muy absorbentes (tipo mampostería de ladrillo).
- Rendimiento como un hormigón tradicional.
- Se aconseja la colocación del mallazo para facilitar el reparto de cargas y evitar fisuraciones.
- Usar Latermix Béton con temperaturas entre + 5 °C y hasta + 35 °C.
- Tiempo de aplicación (20 °C): aprox. 45 minutos.
- Compatible con aditivos anticongelantes.

Latermix

Béton 1600

**HORMIGÓN EXTRUCTURAL LIGERO
35 MPa**

- Las intervenciones de losas armadas con hormigones ligeros estructurales deben de realizarse bajo la supervisión de un técnico cualificado como marcan las leyes y reglamentos en vigor.
- No adecuado para introducir el material en silos.
- No es adecuado para aplicaciones de caravista.
- La consistencia del amasado no debe de ser “tierra-húmeda”
- Solicitar una hoja de datos de seguridad
- Todos los valores de resistencia a compresión se han realizado cogiendo muestras de amasado a pie de obra, con la cantidad de agua indicada en la ficha técnica, realizado, curado y probado según la ley vigente de la norma UNE.
- El Latermix Béton 1600 no resulta fácilmente bombeable en obra mediante bombas neumáticas. Necesitaremos un compresor mínimo de 5000 l/min, y una manguera de diámetro interno de 90 mm. Para más datos contactar con la asistencia técnica de Laterlite.

ESPECIFICACIONES

Hormigón ligero estructural Latermix Béton 1600 premezclado en sacos a base de arcilla expandida Laterlite Estructural, agregados naturales, cemento Portland y aditivos.

Densidad indicada en el hormigón (UNI EN 206-1) es alrededor de 1600 kg/m³.

Resistencia media a compresión, a 28 días, determinado mediante probetas a pie de obra, 35 N/mm².

La confección de la masa se ha hecho de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

Para más información, se aconseja leer el catálogo general de productos, manual de hormigón ligero o visitar nuestra página web www.laterlite.es



Calle Aragón 290 1ºB - 08009 Barcelona - España
zona Cataluña (Delegado comercial) 619 006 864
zona Levante (Delegado comercial) 685 495 638
zona Norte (Delegado comercial) 639 429 679
clientes nacionales y otras zonas 649 758 314

info@laterlite.es - www.laterlite.es

Las especificaciones y requisitos que hemos establecido por nuestra experiencia son meramente indicativos. Es responsabilidad del usuario el establecer si el producto es apto o no para el uso previsto. LATERLITE SpA se reserva el derecho de cambiar la fabricación y el embalaje sin previo aviso. Verificar que esta ficha técnica es la actual en vigor. Los productos Laterlite son destinados sólo para uso profesional.

Edición 03/2013- Revisión 01





LOW DENSITY

CELLULAR / FOAM CONCRETE

FILL (LDCCF)

SPECIFICATIONS

 952-960-9588

 952-960-9588

 www.CellularConcreteInc.com

25385 Highway 169 Zimmerman
MN 55398



SPECIFICATIONS FOR LOW DENSITY CELLULAR / FOAM CONCRETE FILL (LDCCF)

1. General

- 1.1 Description
1.1.1. Work Included

This work shall consist of batching, mixing and placing Cellular / Foam (LDCCF) of the appropriate type as indicated on the plans or as directed by the engineer.

- 1.1.2 Work not included but related to the LDCCF:
(A) Excavation and preparation of the site for the LDCCF
(B) Installation of any utilities or services within the LDCCF.
(C) Final surface waterproofing (optional) over the LDCCF and any subsequent structural concrete slab or pavement.

1.2 Quality Assurance

- 1.2.1 Use skilled workmen who are thoroughly trained, experienced and familiar with the specified requirements and the methods for proper performance of this work.
1.2.2 The approved subcontractor, supplier and producer of the LDCCF shall be experienced in the production and placing of LDCCF.
1.2.3 The specialized batching, mixing and placing equipment shall be approved for the purpose of mixing and placing LDCCF.

1.3 Submittals

- 1.3.1 The prime contractor shall list the product and qualified producer of the LDCCF and shall not employ any product or producer without the prior approval of the engineer.
1.3.2 Product data: within 30 (option 15) calendar days after award of the contract, the prime contractor shall submit for approval by the engineer:
(A) Manufacturer's specifications, catalog cut and other engineering data needed to demonstrate to the issuing authority compliance with the specified requirements.
(B) Written approval of the approved subcontractor and the approved equipment.

2. Products

- 2.1 Materials
2.1.1 Provide the Pre-formed foam concentrate for LDCCF as specified.
2.1.2 Cement: the portland cement shall comply with ASTM C150 Type I, II, or III.



CELLULAR CONCRETE INC

Foam Concrete Services

Pozzolons and other cementitious materials may be used when specifically approved by the engineer.

- 2.1.3 Admixtures: admixtures for accelerating, water reducing, and other specific properties may be used when specifically approved by the engineer.
- 2.1.4 Water: use water which is potable and free from deleterious amounts of alkali, acid and organic materials which would adversely affect the setting or strength of the LDCCF.
- 2.1.5 Expansion Material: Meeting ASTM C869, "Standard Specification For Foaming Agents Used In Making Preformed Foam For Cellular / Foam Concrete".
- 2.2 Properties
 - 2.2.1 The LDCCF shall meet the following properties:

	CATEGORY		
	II	III	IV
Maximum Cast Density, pcf	30	36	42
Minimum Compressive Strength, psi	40	80	120
Freeze-Thaw Resistance, Cycles Relative E not less than 70% per ASTM C666, modified	330	-	330
Shear Modulus, G, psi per ASTM D4015 at confining stress of 3 psi	27,670	41,800	-
Young's Modulus, E, psi based on Poisson's Ratio $u=0.22$ and $E=2G(1+u)$	67,500	101,900	-
% Water Absorption, after 120 days, maximum	20	16	14
Coefficient of Permeability, k cm/sec., per ASTM D2434 Confining stress, 2.5 psi Confining stress, 18 psi		4.7x10-5 1.9x10-5	1.5x10-6 5.4x10-7

3. Execution

3.1 Subgrade Condition:

- 3.1.1 Examine the areas and conditions under which work of this section will be preformed. Correct conditions detrimental to timely and proper completion of the work. Do not proceed until satisfactory conditions are established.



- 3.2.2 The area to be filled shall not have any standing water in it prior to placement of LDCCF.
- 3.2.3 Any items to be encased in the LDCCF shall be properly set and stable prior to the installation of LDCCF.
- 3.2.4 Weather Conditions:
 - (A) Avoid freezing before initial set of LDCCF.
 - (B) Do not place at temperatures lower than 32 degrees Fahrenheit or when freezing conditions are expected in less than 24 hours.
 - (C) If these conditions cannot be met, consult the contractor and determine precautions necessary to assure installation on an acceptable LDCCF.
- 3.2.5 Mixing and Conveying
 - (A) Using only the approved job site proportioning, mixing and placing equipment that is industry approved by, mix the materials according to the mix design and convey promptly to the location of final placement.
 - (B) Avoid excessive handling of the LDCCF.
 - (C) Place LDCCF in lifts not to exceed 3 feet 0 inches in depth, unless otherwise recommended by the approved contractor.
 - (D) The final surface finish shall be within ± 0.1 feet of the plan elevation.
 - (E) Backfill or other unusual loadings on the LDCCF shall not be permitted until the LDCCF has attained a compressive strength of at least 20 psi.

4. Testing

4.1 Wet Density

- 1. During placement of the initial batches, check the density and adjust the mix as required to obtain the specified cast density at the point of placement.
- 2. At hourly intervals during placing, monitor the density and adjust as necessary to maintain the specified cast density

5. Measurement and Payment

5.1 Measurement

- 1. Lightweight Low Density Cellular Concrete shall be measured on a cubic yard basis.

5.2 Payment

- 1. Payment for LDCCF shall be made at contract unit prices for quantities determined as specified above.

<u>ITEM NO.</u>	<u>PAYMENT ITEM</u>	<u>UNIT</u>
	LDCCF	C.Y.