



INGENIERIA CIVIL

COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE EDIFICIOS DE CINCO PISOS CON SÓTANO CON LA NSR -98 Y NSR-10 PARA LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE BOGOTÁ

José Alex González Muñoz

1100702

Director

Giovanni González

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá junio 2012

Índice

Introducción	7
Justificación	8
Capitulo 1	9
Objetivos	9
Capitulo 2.....	10
Antecedentes.....	10
Capitulo 3.....	11
Problema	11
Capitulo 4.....	12
Marco teórico.....	12
Capitulo 5.....	20
Metodología.....	20
Capitulo 6.....	23
Fases del proyecto	23
Fase 1-Pre- dimensionamiento de la placa	23
Fase 2-Pre- dimensionamiento de vigas y columnas	26
Fase 3-Carga vigas para SAP2000	27
Fase 4-Cálculos de espectros de aceleración	32
Fase 5-Modelacion de las edificaciones en SAP2000	39
Fase 6-Diseño de refuerzo DCCAD	50

Fase 7-Cuantía de materiales.....	53
Comparación de costos Acero de Refuerzo.....	63
Comparación de costos Concreto	64
Comparación volumen de muros en concreto	65
Comparación de pseudoaceleracion de cada zona	66
Inercia total de muros	67
Cortante sísmico.....	68
Comparación de Precios Costo Total de Obra primaria	69
Conclusiones	70
Bibliografía.....	74
Anexos	75

Índice de tablas

Tabla 1.	Espesores mínimos para la altura de placa (H)	23
Tabla 2.	Espesores de la placa	24
Tabla 3.	Valores de carga muerta y carga viva para el diseño de la placa	24
Tabla 4.	Diseño de placa	25
Tabla 5.	Pre- dimensionamiento de vigas y columnas	26
Tabla 6.	Carga vigas principales	29
Tabla 7.	Carga vigas secundarias y escalera	31
Tabla 8.	Valores para el cálculo del espectro de aceleración	33

Tabla 9.	Valores Zona1 del espectro de aceleración	34
Tabla 10.	Valores Zona2 del espectro de aceleración	35
Tabla 11.	Valores Zona3 del espectro de aceleración	36
Tabla 12.	Valores Zona4 del espectro de aceleración	37
Tabla 13.	Valores Zona5 del espectro de aceleración	38
Tabla 14.	Combinaciones de carga para desplazamientos	42
Tabla 15.	Combinaciones de carga para diseño	44
Tabla 16.	Valores para modificar la escala del espectro NSR98	47
Tabla 17.	Valores para modificar la escala del espectro NSR10	48
Tabla 18.	Costos de hierro de refuerzo, concreto, mano de obra y total de obra para la zona1	53
Tabla 19.	Costos de hierro de refuerzo, concreto, mano de obra y total de obra para la zona2	55
Tabla 20.	Costos de hierro de refuerzo, concreto, mano de obra y total de obra para la zona3	57
Tabla 21.	Costos de hierro de refuerzo, concreto, mano de obra y total de obra para la zona4	59
Tabla 22.	Costos de hierro de refuerzo, concreto, mano de obra y total de obra para la zona5.....	61
Tabla 23.	Costo total aceros de refuerzo.....	63
Tabla 24.	Costo total concreto.....	64
Tabla 25.	Volumen total muros de concreto.....	65
Tabla 26.	Seudoaceleración	66
Tabla 27.	Inercia total de muros	67
Tabla 28.	Cortantes sísmicos	68
Tabla 29.	Costo total de obra primaria.....	69

Índice de Figuras

Figura 1.	Sismo Popayán, 31 de Marzo de 1983	13
Figura 2.	Bogotá hoy día.....	15
Figura 3.	Microzonificación de Bogotá NSR98 y NSR10	16
Figura 4.	Microzonificación de Bogotá NSR98 ¹ y NSR10	20
Figura 5.	Carga muerta y carga viva para vigas principales	28
Figura 6.	Carga muerta y carga viva para vigas secundarias y escalera	30
Figura 7.	Gráfico de la tabla 9: Valores Zona 1 del espectro de aceleración	35
Figura 8.	Gráfico de la tabla 10: Valores Zona 2 del espectro de aceleración	36
Figura 9.	Gráfico de la tabla 11: Valores Zona 3 del espectro de aceleración	37
Figura 10.	Gráfico de la tabla 12: Valores Zona 4 del espectro de aceleración	38
Figura 11.	Gráfico de la tabla 13: Valores Zona 5 del espectro de aceleración	39
Figura 12.	Esquema de la edificación	40
Figura 13.	Sap 2000, Version15: Tipo de Cimentación	41
Figura 14.	Sap 2000, Version15: Combinaciones de Carga	46
Figura 15.	Sap 2000, Version15: Introducción Espectro de aceleración	50
Figura 16.	DCCAD 2010: Menú principal del Software	50
Figura 17.	DCCAD 2010: Ejes Arquitectónicos.....	51
Figura 18.	DCCAD 2010: Cálculo de acero de refuerzo.....	51
Figura 19.	DCCAD 2010: Área de esfuerzo y Área de refuerzo de un elemento	52
Figura 20.	DCCAD 2010: Corrección del acero de refuerzo manualmente	63

Figura 21. Gráfico de la tabla 23: Costo total acero de refuerzo.....	64
Figura 22. Gráfico de la tabla 24: Costo total concreto	65
Figura 23. Gráfico de la tabla 25: Volumen total muros de concreto	66
Figura 24. Gráfico de la tabla 26: Comparación Seudo aceleración para las cinco microzonificaciones en función de las Normas NSR- 98 y NSR 10.....	67
Figura 25. Grafico de la tabla 27: inercias de muros	68
Figura 26. Grafico de la tabla 28: Cortantes sísmicos	69
Figura 27. Grafico de la tabla 29: Costo total obra primaria.....	69

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Calculo de masas de la edificación

Anexo 2. Calculo de desplazamientos

Anexo 3. Pesos de acero de refuerzo totales por elementos (viguetas, vigas, columnas y muros)

INTRODUCCIÓN

El constante desarrollo urbano en conjunto con los fenómenos causados por la naturaleza, en especial los movimientos de acomodación de placas tectónicas y liberación de energía en la reacomodación de materiales, más conocidos como sismos, han obligado a la recopilación de información a través de la red sismológica nacional. La información obtenida de esta, junto con el estudio de microzonificación sísmica ha demostrado que se tienen que hacer ajustes para el diseño y construcción de edificaciones.

A raíz de estos eventos, se han creado y modificado códigos y normas enfocadas a la construcción, en donde el objetivo principal no solo es la consolidación de una edificación, sino que las obras civiles en general propendan por la preservación de la vida humana.

JUSTIFICACIÓN

La falta de información proveniente del comportamiento sísmico y de la tectónica en Colombia es uno de los factores que afecta la confiabilidad en las edificaciones.

A medida que poseemos información proveniente de la red sismológica nacional, la comunidad de ingenieros estructurales ha ajustado las normas y diseño de los elementos estructurales con el objeto que estos presenten un adecuado comportamiento bajo condiciones de seguridad aceptables en función del análisis estadístico de su vulnerabilidad, haciendo las estructuras sismo resistentes, de esta manera adecuándolas para un evento sísmico, evitando en lo posible daños considerables en las edificaciones hasta una posible catástrofe.

Por ello; este proyecto apunta a resaltar la importancia de determinar y evaluar las implicaciones económicas para conocer sus impactos en la solución de viviendas sismo resistente de nuestro país.

CAPITULO 1

OBJETIVOS

- Objetivo General
 - Comparar y evaluar las exigencias técnicas de la Norma 98 y la Norma 10 de sismo resistencia, a partir de los costos referidos a los títulos de diseño estructural para cinco zonas de microzonificación en Bogotá.

- Objetivos Específicos
 - Diseñar una estructura primaria conformada por pórticos con muros de cortante de una edificación, regida por la norma NSR-98 y otro por la NSR-10 para cinco zonas de microzonificación en Bogotá.
 - Elaborar un cuadro comparativo de costos donde se evidencie la diferencia porcentual del diseño de la estructura a partir de cada una de las Normas.

CAPITULO 2

ANTECEDENTES

A raíz de las diferentes actividades sísmicas en el país; entre ella los sismos del 23 de Noviembre de 1979 en el antiguo Caldas, del 12 de Diciembre de 1979 en Tumaco y del 31 de Marzo de 1983 en Popayán, se expidió el *Decreto 1400 de 1984*, en el cual la Sociedad Colombiana de Ingenieros AIS, junto a otras entidades expresan una reglamentación de construcción “antisísmica” y además lo facultaba para hacerla extensiva al resto del país, con respecto a los diseños estructurales del momento. Con base a este decreto se realizó la Norma Sismo Resistente (NSR) 98.

Desde comienzos del año 2008, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS fue encargada formalmente por la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, creada por la Ley 400 de 1997 y adscrita al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de coordinar y dirigir todos los estudios necesarios para llevar a cabo una actualización del Reglamento NSR-98, en donde se hicieron grupos guiados por especialistas en los diferentes títulos tratados en la Norma. Estos documentos ya modificados fueron pasados a votación, hasta que se encontrara una unanimidad entre los encargados de hacer las correcciones pertinentes; de esta manera no solamente se modificaron los títulos, sino que también, se agregaron capítulos para ser complementados, para llegar al producto final, la NSR10.

CAPITULO 3

PROBLEMA

Se realiza una comparación técnica y económica de las Normas Sismo- Resistentes (NSR 98 y NSR 10) en algunas zonas de Bogotá tomando como referente la microzonificación sísmica, con el fin de identificar las incidencias económicas del diseño estructural estableciendo la diferencia porcentual en los costos dados por cada Norma y de esta manera determinar la incidencia para la adquisición de vivienda.

CAPITULO 4

MARCO TEÓRICO

La corteza terrestre es la capa externa de la tierra, relativamente delgada, esta está compuesta por 25% de corteza continental y 75% oceánica.

Los movimientos de tierra en la corteza terrestre se deben a los flujos de lava y de distintos materiales que conforman la capa rocosa del planeta, con el fin de generar un equilibrio. Como consecuencia a estos movimientos, se acumula energía hasta un punto donde la roca falla y dicha energía es liberada manifestándose en ondas sísmicas, produciendo un reajuste brusco del material en la superficie terrestre.

En 1541 se tiene registro del primer evento sísmico del país, de ahí en adelante se tiene historial de los movimientos de la corteza terrestre en nuestro territorio, por lo cual en 1993 se dio inicio a la red sismológica nacional, la cual funciona bajo la subdirección nacional del Ingeominas. Esta red sismológica cuenta actualmente con 26 estaciones remotas cubriendo una parte extensa del país.

En 1984, el 7 de julio se expidió por medio del decreto 1400 de 1984 la primera normativa colombiana de construcciones Sismo-Resistentes llevado a cargo por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Este documento surgió a raíz de la tragedia ocurrida en Popayán el 31 de marzo de 1983, donde se registro un sismo de magnitud 5.5 en la escala de Richter, en donde el 70% de las edificaciones sufrieron desperfectos.



Figura 1. Sismo Popayán, 31 de Marzo de 1983 ²

En consecuencia, a partir de eventos sísmicos se han reproducido los mapas de amenaza de las Normas Sismo Resistentes NSR - 98 y NSR -10 las cuales se basaron en los eventos sísmicos más relevantes a lo largo de la historia del país² fueron creadas con el fin de convertirse en una herramienta fundamental para el cálculo y diseño estructural de una obra civil para garantizar infraestructuras sismo resistentes que preserven la vida humana.

Por ello en el artículo 1 del Decreto 1400 de 1984, se autorizaba al Gobierno Nacional para emitir una reglamentación de construcción “antisísmica” y además, lo facultaba para hacerla extensiva al resto del país³. Esta fue la base jurídica del primer Reglamento de sismo resistencia colombiano, para garantizar la vida de la edificación y un comportamiento de alta calidad durante situaciones que exijan la estructura.

En Colombia, de acuerdo con los estudios realizados para la determinación del grado de amenaza sísmica de las diferentes regiones *del* país, se pudo determinar que

² Diario la Opinión: “28 años después... Popayán sigue renaciendo de las cenizas”, Colprensa, Abril 04 del 2011

³ Decreto 1400 de 1984, junio 7. Artículo 1: Capítulo único:

“ Las construcciones que se adelanten en el territorio de la República deben sujetarse a las normas establecidas en el presente Código, quedando a cargo de las oficinas o dependencias distritales o municipales encargadas de conceder las licencias para tal fin, la exigencia y vigilancia de su cumplimiento”

11.330.702 colombianos de 475 municipios se encuentran en riesgo sísmico alto, es decir el 35% de la población; 16.766.465 habitantes de 435 municipios en riesgo sísmico intermedio y 4.744.873 de 151 municipios en riesgo sísmico bajo, es decir el 14% del total de la población según la última información suministrada por el DANE. En otras palabras, el 86% de los colombianos se encuentran bajo un nivel de riesgos sísmico importante, que no solamente depende del grado de amenaza sísmica sino también del grado de vulnerabilidad que en general tienen las edificaciones en cada sitio⁴.

Por otra parte, se ha encontrado que la sismicidad en el territorio Colombiano se desarrolla en los siguientes porcentajes según la profundidad del terreno. El 33% de la sismicidad corresponden a eventos superficiales (menor a 30km), el 7% de profundidad intermedia (entre 30 y 70km), y 60% de la sismicidad corresponde a eventos profundos (mayores a 70km)⁵.

SISMOS BOGOTA

El desarrollo de Bogotá, cada día se hace más notable, grandes obras de infraestructura surgen a las necesidades de crecimiento de esta ciudad, de esta manera es importante resaltar la necesidad de diseñar obras civiles con especificaciones y técnicas que como objetivo primordial mantengan la seguridad y continuidad de la vida humana.

“La sismicidad de Bogotá es alta, similar, incluso, a la de ciudades como Popayán y Manizales. Los sismos de los años 1743, 1785, 1827 y 1917 están documentados. Causaron enormes daños. El de 1785 lo publicó la Gaceta de Santa Fe en primera página con título evidente, Aviso del Terremoto. En la década de 1820 los movimientos telúricos que golpearon a Bogotá se atribuyeron a causas políticas. Se culpó a Simón Bolívar porque ocurrieron después de su llegada a la ciudad. El sismo de 1827 dio origen a predicciones. Es conocida y repetida la del padre Margallo: el 31 de agosto de un año que no diré/ sucesivos terremotos destruirán a Santa Fe. Durante el siglo XX por lo menos 10 sismos sentidos en la ciudad no fueron registrados. No aparecen en los

⁴ Suarez I., El Terremoto “un desastre natural muy cercano a Colombia”.

⁵Franco E., Rengifo F., y otros. *Agosto de 2002*. Estudio interno INGEOMINAS, Bogotá

catálogos sismológicos.

A Bogotá la amenazan dos tipos de sismos. Uno lejano, de epicentro distante, dará tiempo a reaccionar. Otro cercano con epicentro próximo, de gran poder destructor. Su energía vendrá muy concentrada, todas en ondas que llegarán casi al mismo tiempo. Su inmediatez dejará poco margen de reacción. Un evento cercano fue el que destruyó a Cúcuta en 1875 y mató la mitad de la población. En Bogotá la posibilidad de un sismo superficial es una realidad. Históricamente han ocurrido varios casos. Anuncia situaciones de evidente severidad.”⁶

Ese por esto que la ciudad de Bogotá cuenta con una microzonificación del suelo, de esta forma los análisis para el diseño de una estructura van a ser más exactos, con el fin de contrarrestar los fuerzas de la naturaleza en lo máximo posible, de esta manera día a día las normas se modifican para evitar catástrofes.



Figura 2. Bogotá hoy día⁷

⁶ <http://www.mineduacion.gov.co/cvn/1665/article-133132.html>

⁷ <http://www.fonisol.com/es/colombia/bogota/imagenes-bogota/bogota-de-noche.jpg>

Los estudios de microzonificación empezaron a realizarse por la unidad para prevención y atención de emergencias (UPES), en convenio con el Ingeominas y la universidad de los Andes, adelantados en el año de 1993.

“Los resultados de dicho estudio fueron posteriormente adoptados mediante el Decreto 74 de 2001 y el Decreto 193 de 2006, en el cual se consignaron los principales resultados del estudio de microzonificación. En ambos Decretos se reglamentó la microzonificación sísmica de la ciudad; es decir se establecen las zonas con comportamiento sísmico similar y se especifican en cada una de ellas los requisitos de diseño sísmo resistente que deben tenerse en cuenta para generar una confiabilidad uniforme en los diseños de cualquier tipo de edificación”⁸.

Por otra parte en el decreto 523 de 2010 se encuentran las características y especificaciones de cada zona que rige la NSR10 para la construcción de edificaciones

Figura 3. Descripción de las zonas de respuesta sísmica, decreto 523 de 2010⁹

Nombre	Geotecnia	Geología	Geomorfología	Composición principal	Comportamiento geotécnico general
Cerros A	Roca de arenisca	Formaciones de Areniscas	Cerros de alta pendiente	Areniscas duras	Rocas competentes y resistentes a la meteorización, eventuales problemas de estabilidad de taludes en excavaciones a cielo abierto, principalmente cuando estén fracturadas o con intercalaciones de arcillolitas blandas
Cerros B	Roca de arcillolita	Formaciones de Arcillolitas	Cerros de moderada a alta pendiente	Arcillolitas blandas	Rocas de moderada competencia y susceptibles a la meteorización, problemas de estabilidad de taludes en excavaciones a cielo abierto, principalmente cuando estén fracturadas
Piedemonte A	Suelo coluvial y aluvial norte	Coluviones y Complejo de Conos Aluviales	Piedemonte	Gravas arcillo arenosas compactas	Suelos de alta capacidad portante pero pueden presentar problemas de inestabilidad en excavaciones abiertas
Piedemonte B	Suelo coluvial y aluvial centro			Gravas areno arcillosas compactas	
Piedemonte C	Suelo coluvial y aluvial sur			Gravas areno arcillosas compactas	

8

<http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/sire/gestionRiesgo/Sismo/ZRS/docs/Informe%20final%20Zonificacion%20de%20la%20respuesta%20sismica%20de%20Bo.pdf>

⁹ <http://ebookbrowse.com/decreto-523-de-2010-microzonificacion-bogota-pdf-d64069806>

Continuación de la figura 3.

Depósitos	Suelo de ladera	Depósitos de Ladera	Cerros	Gravas areno arcillosas compactas	Suelos de mediana capacidad portante susceptibles a problemas de estabilidad de taludes
Residual	Suelo residual	Suelo Residual	Cerros	Arcillas gravo arenosas firmes	Suelos de mediana a alta capacidad portante con posibles problemas de estabilidad de taludes en sectores de alta pendiente
Basura	Relleno de basura	Rellenos de Basuras	Piedemonte y Planicie	Basuras	Materiales heterogéneos, que acuerdo con su disposición pueden ser compresibles y susceptibles a problemas de estabilidad en taludes
Relleno	Relleno de excavación	Rellenos de Excavación	Piedemonte y Planicie	Rellenos heterogéneos	Materiales heterogéneos, que acuerdo con su disposición pueden ser compresibles y susceptibles a problemas de estabilidad en taludes
Excavación	Excavación especial	Excavaciones Especiales	Piedemonte	Gravas arenosas sueltas a compactas	Zonas de explotación de agregados en el Río Tunjuelo, susceptibles a problemas de estabilidad de taludes
Lacustre A	Suelo lacustre muy blando	Terraza Alta - Lacustre	Planicie	Arcillas limosas muy blandas	Suelos de muy baja a media capacidad portante y muy compresibles
Lacustre B	Suelo lacustre blando			Arcillas limosas blandas	
Lacustre C	Suelo lacustre - aluvial			Arcillas arenosas firmes	
Aluvial	Suelo aluvial grueso a medio	Terraza Baja - Aluvial y Complejo de Conos Aluviales	Planicie	Arenas arcillosas sueltas a compactas	Suelos de mediana a alta capacidad portante poco compresibles, susceptibles a licuación e inestables en excavaciones a cielo abierto
Llanura A	Suelo de Llanura - lacustre	Llanura de Inundación	Llanura	Arenas sueltas y arcillas limosas blandas	Suelos de moderada capacidad portante y compresibles, susceptibles a licuación
Llanura B	Suelo de Llanura - aluvial			Arenas sueltas y arcillas arenosas duras	
Cauce	Cauce activo o antiguo	Cauces Activos	Piedemonte y Planicie	Gravas arenosas sueltas a compactas	Suelos de baja a mediana capacidad portante, susceptibles a licuación y problemas de estabilidad de taludes

ESTRUCTURAS SISMO RESISTENTES

Se entiende, aquella que posee una estructura capaz de resistir, sin daño importante, los efectos provocados por sismos, en cuyo proyecto y ejecución se han considerado, evaluado y calculado, las cargas permanentes y las sobrecargas de servicio, además de los acciones efectos provocadas por el sismo.

Los diferentes elementos primordiales como vigas, columnas, muros de carga, entre otros, que constituyen una edificación desde la cimentación hasta la cubierta, juegan un papel importante al ser sometidos a esfuerzos y ataques que son generados por diferentes estados de la naturaleza; sin embargo las demandas más fuertes son generadas por movimientos de tierras producidos por el choque de placas tectónicas, este fenómeno también es conocido como sismo o terremoto.

La función de cada elemento básicamente es la siguiente:

- Vigas

En general, son elementos estructurales lineales resistentes a la flexión, que no solamente son capaces de resistir fuerzas que actúan en la dirección de su directriz, sino que mediante esfuerzos internos pueden recibir fuerzas perpendiculares a su eje y transportarlas lateralmente por el mismo hasta sus extremos. Las cargas principales son perpendiculares al eje longitudinal del elemento.

- Columnas

Son elementos constructivos, en donde predomina su altura. Son los encargados de transmitir fuerzas axiales (esfuerzo transmitidos por las vigas) de compresión simple casi siempre. Las cargas principales van a lo largo de su eje principal.

- Cimentación

La función de una cimentación ante un sismo es brindar al edificio una base rígida, capaz de transmitir al suelo las acciones que se generan por la interacción entre los movimientos del suelo y de la estructura, sin que se produzcan fallas o deformaciones excesivas en el terreno.

A partir de la afectación de cada uno de los anteriores elementos que conforman estructura, se establecen los siguientes parámetros que permiten estudiar las características y efectos de dicho movimiento: el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, la energía liberada, etc., todos en función del tiempo (debido a que es un efecto dinámico). Estos datos se obtienen del procesamiento de la información registrada mediante instrumentos adecuados (sismógrafos), que permiten interpretar de manera casi acertada el comportamiento de innumerables variables que se presentan en el sismo.

Dadas las características sismográficas del territorio colombiano, las Construcciones Sismo-Resistente se encuentran regidas por un reglamento, en el último año por la Norma NSR-10, la cual se basa en datos históricos y contempla fórmulas y procedimientos para el cálculo estructural; sin embargo, esto no asegura que en el futuro pueda presentarse sismos más fuertes, para los cuales la estructura no está preparada, lo que quiere decir, “Una edificación diseñada siguiendo los requisitos de este Reglamento, debe ser capaz de resistir, además de las fuerzas que le impone su uso, temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño a los elementos no estructurales y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales pero sin colapso”.¹⁰

¹⁰ TÍTULO A. REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. NSR10, A.1.2.2.2-pag 146

CAPITULO 5

METODOLOGÍA

Como primera instancia fue necesario investigar a cerca del modelo de edificio más empleado para la construcción de vivienda, para ello es necesario ir a una curaduría en donde se revisan los diferentes proyectos realizados en la ciudad de Bogotá, escogiendo así el tipo de edificio que sea más frecuente en todas las zonas, se eligió un modelos de 4 apartamentos por piso, en un edificio de 5 pisos más un sótano.

Después, es necesario seleccionar las zonas de Bogotá en las cuales se realiza cada edificio para la comparación, para ello se escogen zonas de microzonificación basados en la norma NSR-98 y NSR-10 que concuerden a nivel espacial entre sí.

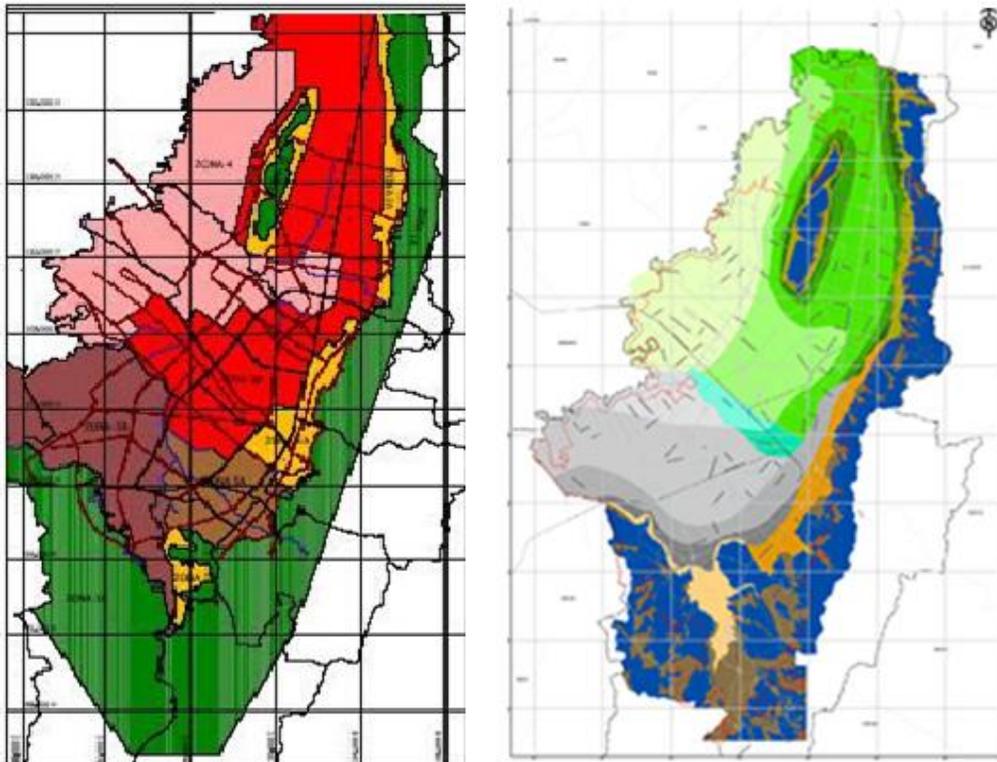


Figura 4. Microzonificación de Bogotá NSR98¹¹ y NSR10¹²

¹¹ http://images.bibliocad.com/biblioteca/image/00010000/8000/mapa-de-microzonificacion-sismica-bogota_18802.jpg

Se tendrán en cuenta las cinco zonas de la microzonificación con mayor auge de construcción en cuanto a vivienda y que tengan la mayor área desde cada una de las normas:

	<u>NSR 98</u>		<u>NSR 10</u>
zona1	Cerros.	Vs	Cerros.
zona2	Pie de monte.	Vs	Pie de monte B.
zona3	Lacustre A.	vs	Lacustre 200.
zona4	Lacustre B.	vs	Lacustre 500.
zona5	Terrazas.	vs	Pie de monte C.

Se modelan los edificios en SAP2000 para cada zona, cada modelo será analizado por el método dinámico, pues los modelos analizados por el método estático (fuerza horizontal equivalente), emplean formulas matemáticas empíricas para el cálculo del periodo fundamental del edificio, mientras que el modelo dinámico emplea un espectro de pseudo aceleración, en donde el porcentaje de masa involucrado en el modelo dinámico es mucho mayor al estático, por esto el modelo dinámico es más aproximado al comportamiento que sufre una estructura al ser sometida a las demandas de un sismo.

En los modelos, las dimensiones de las columnas y las vigas van a mantenerse para todos los modelos, de tal forma que para que cada edificio cumpla con los desplazamientos máximos permitidos en las normas, se les da mayor rigidez con muros de carga, variando sus dimensiones.

Posteriormente, se calculan las cuantías de materiales requeridos para realizar cada edificación, esto con ayuda del programa DC-CAD, con el fin de comparar y hacer un análisis de costos.

Alcance del proyecto

Como primera instancia se realiza los modelos respectivos de las cinco zonas de microzonificación basados en la norma NSR-98 y NSR-10 estableciendo sus respectivas comparaciones. Posteriormente, se calcula las cuantías de materiales requeridos en cada edificación, con el fin de comparar y hacer un análisis de costos.

Cabe resaltar que las edificaciones que se calculan para este proyecto, son edificaciones primarias, por tanto solo se tomara en cuenta los elementos estructurales como vigas, columnas, muros de carga y las placas de piso, sin cimentación.

CAPITULO 6

FASES DEL PROYECTO

En este capítulo se expondrá el desarrollo del proyecto en todas sus etapas, en donde se evidenciarán los métodos y herramientas utilizadas para llevar a cabo los objetivos planteados.

Fase 1

Pre - dimensionamiento de la placa

En un primer momento, se realiza el análisis de cargas con el propósito de efectuar el pre dimensionamiento para una placa. Estos valores dependen de los datos propuestos en la NSR98 y la NSR10, pues cada norma presenta diferentes valores para cada elemento soportado en la placa.

- Espesores mínimos para la altura de placa (H)

Tabla 1. Espesores mínimos para la altura de placa (H)

		ESPESORES MINIMOS DE h				
	elemento	simplemente apoyadas	un apoyo continuo	ambos apoyos continuos	voladizo	
NSR 98	vigas o losas con nervios, armadas en una dirección	L/11	L/12	L/14	L/5	Requisitos de resistencia de servicio. Capítulo C.9- tabla C.9-1(a)
	elemento	simplemente apoyadas	un apoyo continuo	ambos apoyos continuos	voladizo	
NSR 10	vigas o losas con nervios, armadas en una dirección	L/14	L/16	L/19	L/7	Requisitos de resistencia de servicio. Capítulo C.9- tabla C.9.5
	elemento	simplemente apoyadas	un apoyo continuo	ambos apoyos continuos	voladizo	

Tabla 2. Espesores de la placa

NSR 98	Espesores				
	Ejes	luz(m)	tipo de apoyo	coeficiente de división	espesor placa(m)
	mayor luz de la estructura	6.1	un apoyo continuo	14	0.435714
para facilidad de construcción el espesor de la placa					0.45
NSR 10	Espesores				
	Ejes	luz(m)	tipo de apoyo	coeficiente de división	espesor placa(m)
	mayor luz de la estructura	6.1	un apoyo continuo	19	0.321053
para facilidad de construcción el espesor de la placa					0.45

Para ambos diseños de NSR-98 como NSR-10, se tomo una altura de placa de 0.45 metros

- Cargas

Tabla 3. Valores de carga muerta y carga viva para el diseño de la placa

Ítem	Espec. NSR98	Apartado o Título	Espec. NSR10	Apartado o Título
Carga muerta				
Placa inferior y superior	24KN/m ³	título B, apartado B.3.2	24KN/m ³	Título B, tabla B.3.2-1
Viguetas	24KN/m ³	título B, apartado B.3.2	24KN/m ³	título B, tabla B.3.2-1
Casetón	0,3KN/m ²		0,3KN/m ²	
Acabados	1,5KN/m ²	título B, apartado B.3.6	1,1KN/m ²	título B, tabla B.3.4.1-3
Muros divisorios	3KN/m ²	título B, apartado B.3.4.2	2,5KN/m ²	título B, tabla B.3.4.2-4
Carga viva				
Vivienda	1,8KN/m ²	título B, apartado B.4.2	1,8KN/m ²	título B, apartado B.4.2.1-1

Tabla 4. Diseño de placa

Cargas					
carga muerta (CM)				NSR 98	NSR 10
elemento	ancho(m)	alto(m)	peso por norma en Kn/m3	peso por Kn/m2	peso por Kn/m2
placa inferior y superior		0.07	24	1.68	1.68
viguetas	0.12	0.38	24	1.52	1.52
casetón	0.6			0.3	0.3
acabados				1.5	1.1
muros divisorios				3	2.5
total carga muerta (CM)				8.00	7.1

carga viva (CV)		NSR 98	NSR 10
tipo de edificación	Vivienda	Kn/m2	Kn/m2
		1.8	1.8
tipo de edificación	Vivienda	Kn/m2	Kn/m2
		1.8	1.8

carga ultima (Qu)					
	CM	coeficiente de mayoración	CV	coeficiente de mayoración	total carga ultima en Kn/m2
NSR 98	8.00	1.4	1.8	1.7	14.26
NSR 10	7.1	1.2	1.8	1.6	11.4

Luego de obtener los valores respectivos para el pre dimensionamiento de la placa y calcular la carga última (la suma de las cargas vivas y muertas multiplicadas por su respectivo coeficiente de mayoración) se realiza el análisis de carga de las viguetas, finalmente se dimensionan las vigas.

Fase 2

Pre - dimensionamiento de vigas y columnas

- Vigas y columnas

Tabla 5. Pre dimensionamiento de vigas y columnas

cuantía máxima					
f'c	28.1	Mpa	Fy	420	Mpa
cuantía balanceada	$0.7225 \times (F'c/Fy) \times (600 / (600 + Fy))$				
f'c y fy se deben tomar en Mpa					

ρ balanceado	0.028434524
ρ max	0.75 ρ balanceado
ρ max	0.021325893
K2	0.0124

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS POR MOMENTO					
f'c	28.1	Mpa	Fy	420	Mpa
luz máxima(m)	ρ	Carga(kn/m)	K ₂	h placa(m)	d(m)
5.4125	0.02	66.02	0.0127	0.45	0.40
área aferente				3.05	1.58
Momento de empotramiento (Kn-m)				(W*L ²)/10	193.418
$d = K_2 \sqrt{M/b}$		$b = (M / (d / K_2)^2)$		b=	0.195x1.30(Por efectos sísmicos)

Dimensiones	
h(m)	b(m)
0.45	0.30

1-Nota: como las dimensiones son muy pequeñas, por norma se evalúa el mínimo y se deciden trabajar secciones de viga 30 X 45 cm principales y secundaria 25 X 45 cm

2-Nota: para el pre dimensionamiento se toma la cuantía máxima dependiendo del $f'c$ y f_y , también depende de las tablas de la norma trabajada

inercia viga	0.0010125		
1.5 inercia viga = inercia columna			
inercia columna	0.00151875		
Dimensiones columna			
Largo	0.6	Base	0.35
0.00151875	=		0.00214375

Nota: como las dimensiones son muy pequeñas, por norma se evalúa el mínimo y se deciden trabajar secciones de columna de 35 X60 cm

Fase 3

Carga de vigas para Sap2000

En los siguientes esquemas se ilustran las cargas muertas y vivas asignadas a cada elemento en la edificación, sin embargo son cargas sin mayorar, pues para esto se introducen unas combinaciones de carga en SAP2000.

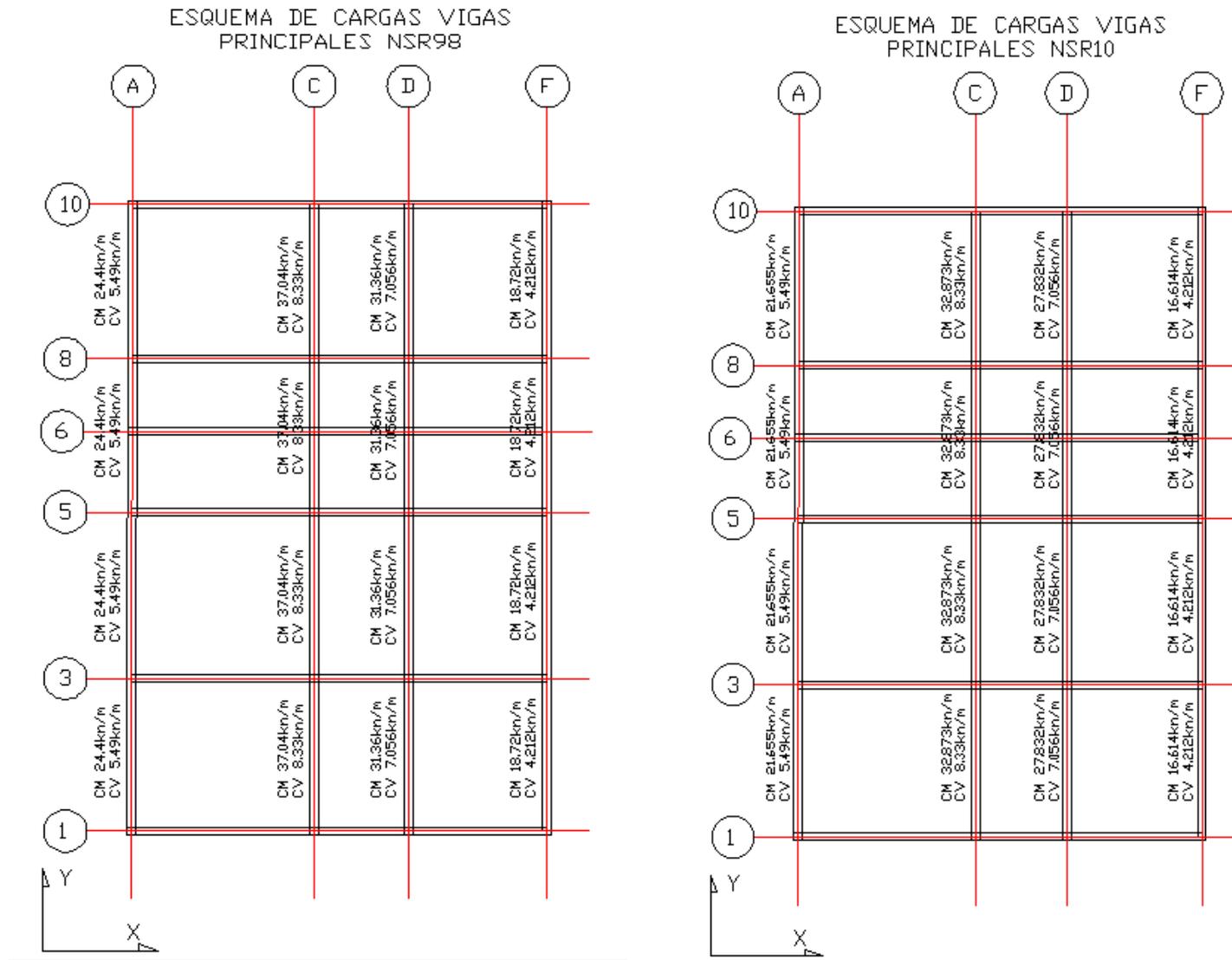


Figura 5. Carga muerta y cargar viva para vigas principales

- Carga para vigas

Tabla 6. Carga vigas principales

VIGAS PRINCIPALES(30X45)

A 6.1 **C** 3.16 **D** 4.68 **F**

NSR98					
EJE	AREA AFERENTE	CARGA(KN/M2)	CARGA VIGA(KN/M)	CM(KN/M)	CV(KN/M)
A	3.05	14.26	43.493	24.4	5.49
C	4.63	14.26	66.0238	37.04	8.334
D	3.92	14.26	55.8992	31.36	7.056
F	2.34	14.26	33.3684	18.72	4.212

CV SIN MAYORAR	1.8
CM SIN MAYORAR	8

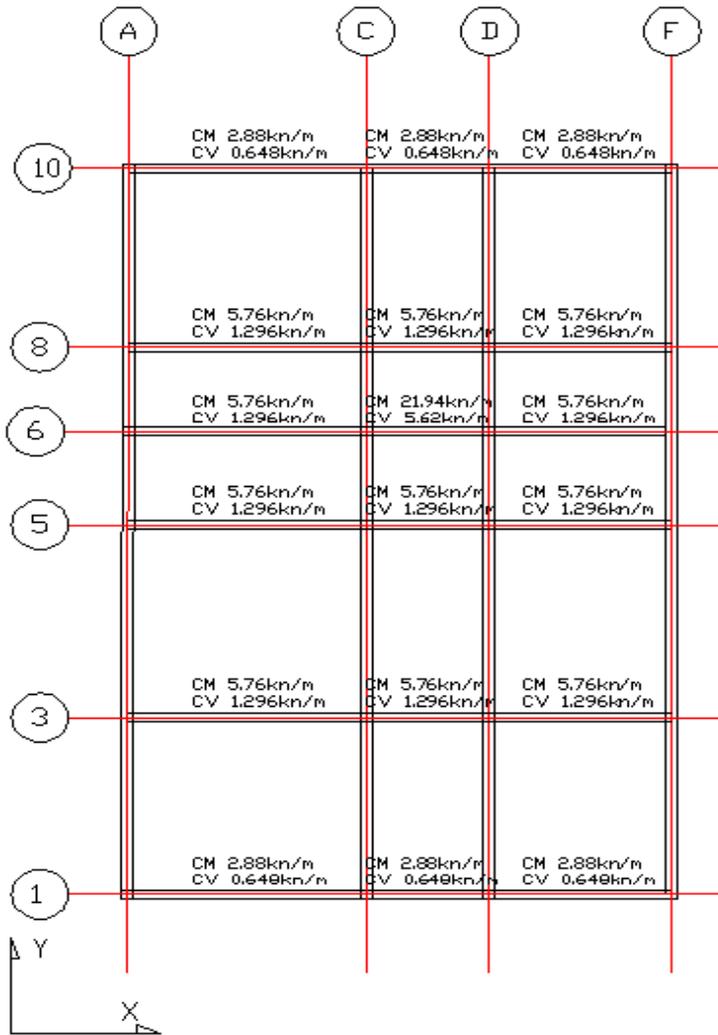
VIGAS PRINCIPALES(30X45)

A 6.1 **C** 3.16 **D** 4.68 **F**

NSR10					
EJE	ÁREA AFERENTE	CARGA(KN/M2)	CARGA VIGA(KN/M)	CM(KN/M)	CV(KN/M)
A	3.05	11.4	34.77	21.655	5.49
C	4.63	11.4	52.782	32.873	8.334
D	3.92	11.4	44.688	27.832	7.056
F	2.34	11.4	26.676	16.614	4.212

CV SIN MAYORAR	1.8
CM SIN MAYORAR	7.1

ESQUEMA DE CARGAS VIGAS
SECUNDARIAS Y VIGA DE
ESCALERA NSR98



ESQUEMA DE CARGAS VIGAS
SECUNDARIAS Y VIGA DE
ESCALERA NSR10

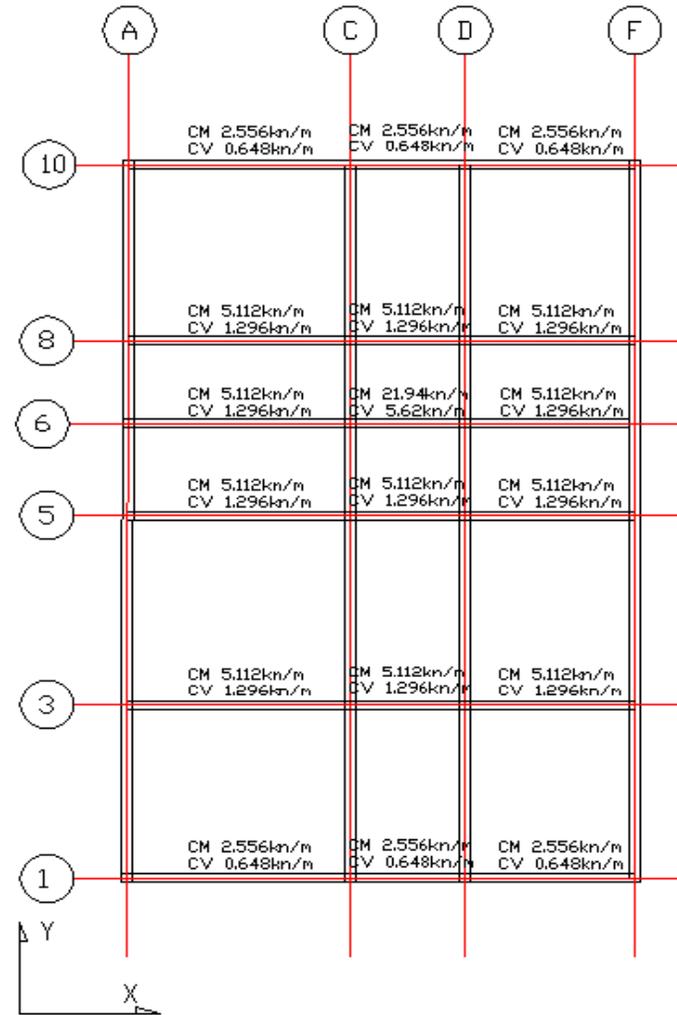
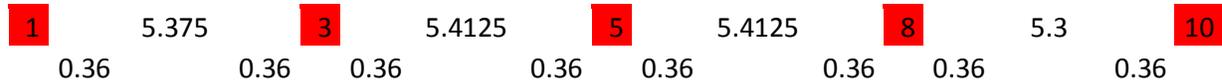


Figura 6. carga muerta y carga viva para vigas secundarias y escalera

Tabla 7. Carga vigas secundarias y escalera

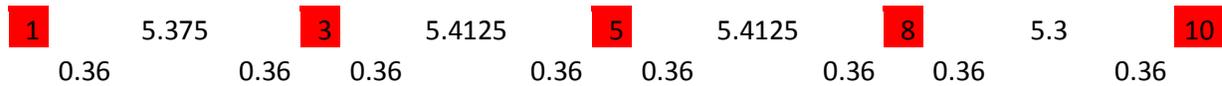
VIGAS SECUNDARIAS(25X45)



NSR98					
EJE	ÁREA AFERENTE	CARGA(KN/M2)	CARGA VIGA(KN/M)	CM(KN/M)	CV(KN/M)
1	0.36	14.26	5.1336	2.88	0.648
3	0.72	14.26	10.2672	5.76	1.296
5	0.72	14.26	10.2672	5.76	1.296
8	0.72	14.26	10.2672	5.76	1.296
10	0.36	14.26	5.1336	2.88	0.648

CV SIN MAYORAR	1.8
CM SIN MAYORAR	8

VIGAS SECUNDARIAS(25X45)



NSR10					
EJE	ÁREA AFERENTE	CARGA(KN/M2)	CARGA VIGA(KN/M)	CM(KN/M)	CV(KN/M)
1	0.36	11.4	4.104	2.556	0.648
3	0.72	11.4	8.208	5.112	1.296
5	0.72	11.4	8.208	5.112	1.296
8	0.72	11.4	8.208	5.112	1.296
10	0.36	11.4	4.104	2.556	0.648

CV SIN MAYORAR	1.8
CM SIN MAYORAR	7.1

viga escalera

C 3.16 **D**

EJE	ÁREA AFERENTE	CARGA(KN/M2)	CARGA VIGA(KN/M)	CM(KN/M)	CV(KN/M)
6	2.7625	12.76	35.2495	19.06125	4.9725
6	0.36	14.26	5.1336	2.88	0.648
			Total	21.94125	5.6205

CV SIN MAYORAR vig	1.8
CM SIN MAYORAR vig	8
CV SIN MAYORAR esc	1.8
CM SIN MAYORAR esc	6.9

Fase 4

En esta fase del procedimiento se calcularan los espectros respectivos a cada zona con los cuales se obtendrá con el periodo la pseudo aceleración (Sa).

	<u>NSR 98</u>	<u>Sa</u>		<u>NSR 10</u>	<u>Sa</u>
zona1	Cerros.	0.6	Vs	Cerros.	0.51
zona2	Pie de monte.	0.75	Vs	Pie de monte B.	0.73
zona3	Lacustre A.	0.625	vs	Lacustre 200.	0.45
zona4	Lacustre B.	0.4	vs	Lacustre 500.	0.36
zona5	Terrazas.	0.5	vs	Pie de monte C.	0.65

Cálculo de espectros e aceleración

Para la realización del modelo dinámico en SAP2000 es necesario realizar por cada Zona 2 espectros, uno para tener en cuenta los desplazamientos que sufre la estructura y el otro para realizar el diseño del refuerzo.

Tabla 8. Valores para el cálculo del espectro de aceleración

NSR 98							
	zona 1 cerros	zona 2 piedemonte	zona 3A y 3B lacustre A	zona 4 lacustres B	zonas 5A y 5B terrazas	Grupo de uso de edificación	coeficiente de importancia
To	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	IV	1.5
Tc	1	1.2	3	3	3	III	1.25
Tl	5	6	5.71	5.71	5.71	II	1.1
Am	0.24	0.3	0.25	0.16	0.2	I	1
An	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	como son edificios para vivienda, el grupo de uso es 1 y su coeficiente de importancia, I=1	
Fa	1	1	1	1	1		
Fv	2	2.25	32.48	31.18	25.98		

NSR 10							
	Cerros	Pie de monte B	Lacustre 200	Lacustre 500	Pie de monte C	Grupo de uso de edificación	coeficiente de importancia
Fa	1.35	1.95	1.2	0.95	1.8	IV	1.5
Fv	1.3	1.7	3.5	2.7	1.7	III	1.25
Tc	0.62	0.56	1.87	1.82	0.6	II	1.1
Tl	3	3	4	5	3	I	1
Ao	0.18	0.26	0.18	0.14	0.24	como son edificios para vivienda, el grupo de uso es 1 y su coeficiente de importancia, I=1	
Aa	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		
Av	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		

Tabla 9. Valores Zona1 del espectro de aceleración

ZONA 1								
NSR 98				NSR 10				
CERROS				CERROS				
DESPLAZAMIENTOS		DISEÑO		DESPLAZAMIENTOS		DISEÑO		
T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa	
0.000	0.240	0.000	0.240	0.000	0.203	0.000	0.203	
0.029	0.291	0.029	0.204	0.018	0.246	0.018	0.172	
0.057	0.343	0.057	0.185	0.037	0.289	0.037	0.156	
0.086	0.394	0.086	0.173	0.055	0.333	0.055	0.146	
0.114	0.446	0.114	0.164	0.073	0.376	0.073	0.139	
0.143	0.497	0.143	0.158	0.092	0.419	0.092	0.133	
0.171	0.549	0.171	0.154	0.110	0.463	0.110	0.130	
To	0.200	0.600	0.200	0.150	0.128	0.506	0.128	0.127
Tc	1.000	0.600	1.000	0.150	0.616	0.506	0.616	0.127
	1.364	0.440	1.364	0.110	0.844	0.370	0.844	0.092
	1.727	0.347	1.727	0.087	1.072	0.291	1.072	0.073
	2.091	0.287	2.091	0.072	1.299	0.240	1.299	0.060
	2.455	0.244	2.455	0.061	1.527	0.204	1.527	0.051
	2.818	0.213	2.818	0.053	1.754	0.178	1.754	0.044
	3.182	0.189	3.182	0.047	1.982	0.157	1.982	0.039
	3.545	0.169	3.545	0.042	2.210	0.141	2.210	0.035
	3.909	0.153	3.909	0.038	2.437	0.128	2.437	0.032
	4.273	0.140	4.273	0.035	2.665	0.117	2.665	0.029
	4.636	0.129	4.636	0.032	2.892	0.108	2.892	0.027
Tl	5.000	0.120	5.000	0.030	3.120	0.100	3.120	0.025
	5.200	0.120	5.200	0.030	3.320	0.028	3.320	0.007
	5.400	0.120	5.400	0.030	3.520	0.025	3.520	0.006
	5.600	0.120	5.600	0.030	3.720	0.023	3.720	0.006

Figura 7. Grafico de la tabla 9. Valores Zona1 del espectro de aceleración

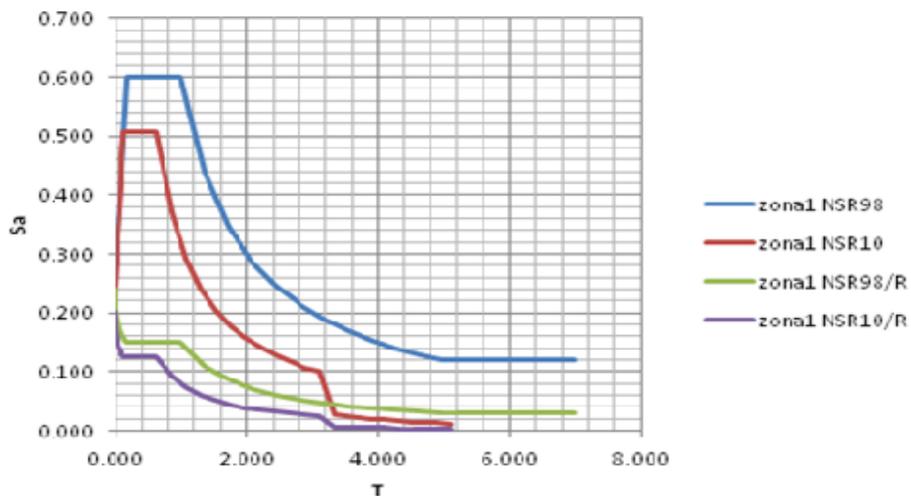


Tabla 10. Valores Zona2 del espectro de aceleración

ZONA 2								
NSR 98				NSR 10				
PIE DE MONTE				PIE DE MONTE B				
DESPLAZAMIENTOS		DISEÑO		DESPLAZAMIENTOS		DISEÑO		
T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa	
0.000	0.300	0.000	0.300	0.000	0.293	0.000	0.293	
0.029	0.364	0.029	0.255	0.017	0.355	0.017	0.249	
0.057	0.429	0.057	0.231	0.033	0.418	0.033	0.225	
0.086	0.493	0.086	0.216	0.050	0.481	0.050	0.210	
0.114	0.557	0.114	0.205	0.066	0.543	0.066	0.200	
0.143	0.621	0.143	0.198	0.083	0.606	0.083	0.193	
0.171	0.686	0.171	0.192	0.100	0.669	0.100	0.187	
To	0.200	0.750	0.200	0.188	0.116	0.731	0.116	0.183
Tc	1.200	0.750	1.200	0.188	0.558	0.731	0.558	0.183
1.636	0.550	1.636	0.138	0.878	0.465	0.878	0.116	
2.073	0.434	2.073	0.109	1.198	0.340	1.198	0.085	
2.509	0.359	2.509	0.090	1.519	0.269	1.519	0.067	
2.945	0.306	2.945	0.076	1.839	0.222	1.839	0.055	
3.382	0.266	3.382	0.067	2.159	0.189	2.159	0.047	
3.818	0.236	3.818	0.059	2.479	0.165	2.479	0.041	
4.255	0.212	4.255	0.053	2.799	0.146	2.799	0.036	
4.691	0.192	4.691	0.048	3.119	0.131	3.119	0.033	
5.127	0.176	5.127	0.044	3.440	0.119	3.440	0.030	
5.564	0.162	5.564	0.040	3.760	0.109	3.760	0.027	
TI	6.000	0.150	6.000	0.038	4.080	0.100	4.080	0.025
6.200	0.150	6.200	0.038	4.280	0.022	4.280	0.006	
6.400	0.150	6.400	0.038	4.480	0.020	4.480	0.005	
6.600	0.150	6.600	0.038	4.680	0.019	4.680	0.005	

Figura 8. Grafico de la tabla 10. Valores Zona2 del espectro de aceleración

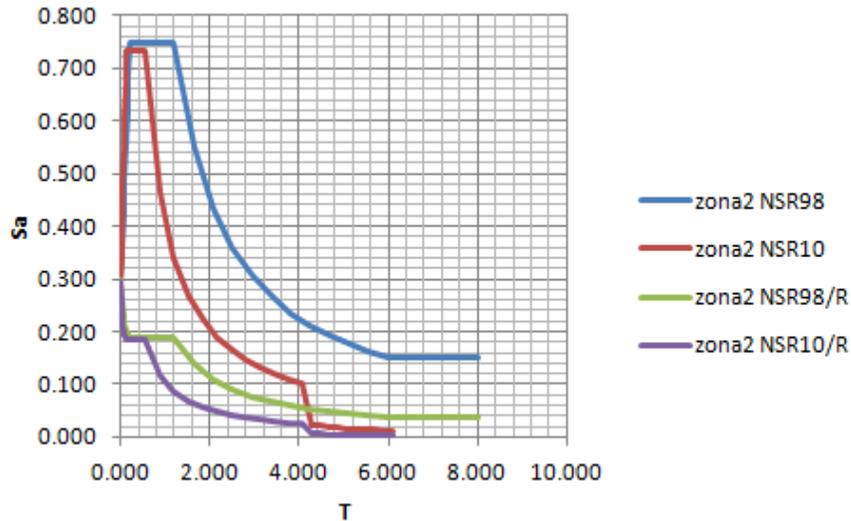


Tabla 11. Valores Zona3 del espectro de aceleración

ZONA 3								
NSR 98				NSR 10				
3A Y 3B LACUSTRE A				LACUSTRE 200				
DESPLAZAMIENTOS		DISEÑO		DESPLAZAMIENTOS		DISEÑO		
T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa	
0.000	0.250	0.000	0.250	0.000	0.180	0.000	0.180	
0.071	0.304	0.071	0.213	0.056	0.219	0.056	0.153	
0.143	0.357	0.143	0.192	0.111	0.257	0.111	0.138	
0.214	0.411	0.214	0.180	0.167	0.296	0.167	0.129	
0.286	0.464	0.286	0.171	0.222	0.334	0.222	0.123	
0.357	0.518	0.357	0.165	0.278	0.373	0.278	0.119	
0.429	0.571	0.429	0.160	0.333	0.411	0.333	0.115	
To	0.500	0.625	0.500	0.156	0.389	0.450	0.389	0.113
Tc	3.000	0.625	3.000	0.156	1.867	0.450	1.867	0.113
	3.246	0.513	3.246	0.128	2.461	0.341	2.461	0.085
	3.493	0.427	3.493	0.107	3.055	0.275	3.055	0.069
	3.739	0.360	3.739	0.090	3.648	0.230	3.648	0.058
	3.985	0.307	3.985	0.077	4.242	0.198	4.242	0.050
	4.232	0.264	4.232	0.066	4.836	0.174	4.836	0.043
	4.478	0.230	4.478	0.057	5.430	0.155	5.430	0.039
	4.725	0.201	4.725	0.050	6.024	0.139	6.024	0.035
	4.971	0.177	4.971	0.044	6.618	0.127	6.618	0.032
	5.217	0.157	5.217	0.039	7.212	0.116	7.212	0.029
	5.464	0.140	5.464	0.035	7.806	0.108	7.806	0.027
TI	5.710	0.125	5.710	0.031	8.400	0.100	8.400	0.025
	5.910	0.125	5.910	0.031	8.600	0.012	8.600	0.003
	6.110	0.125	6.110	0.031	8.800	0.012	8.800	0.003
	6.310	0.125	6.310	0.031	9.000	0.011	9.000	0.003

Figura 9. Grafico de la tabla 11. Valores Zona3 del espectro de acel

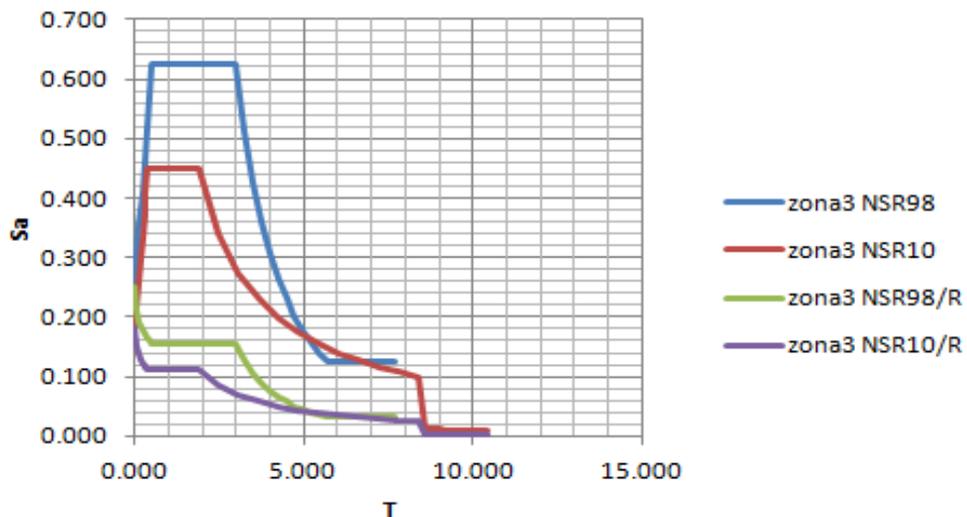


Tabla 12. Valores Zona4 del espectro de aceleración

ZONA 4								
NSR 98				NSR 10				
LACUSTRE B				LACUSTRE 500				
DESPLAZAMIENTOS		DISEÑO		DESPLAZAMIENTOS		DISEÑO		
T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa	
0.000	0.160	0.000	0.160	0.000	0.143	0.000	0.143	
0.071	0.194	0.071	0.136	0.054	0.173	0.054	0.121	
0.143	0.229	0.143	0.123	0.108	0.204	0.108	0.110	
0.214	0.263	0.214	0.115	0.162	0.234	0.162	0.102	
0.286	0.297	0.286	0.109	0.217	0.265	0.217	0.098	
0.357	0.331	0.357	0.105	0.271	0.295	0.271	0.094	
0.429	0.366	0.429	0.102	0.325	0.326	0.325	0.091	
To	0.500	0.400	0.500	0.100	0.379	0.356	0.379	0.089
Tc	3.000	0.400	3.000	0.100	1.819	0.356	1.819	0.089
3.246	0.328	3.246	0.082	2.243	0.289	2.243	0.072	
3.493	0.274	3.493	0.068	2.666	0.243	2.666	0.061	
3.739	0.231	3.739	0.058	3.090	0.210	3.090	0.052	
3.985	0.197	3.985	0.049	3.514	0.184	3.514	0.046	
4.232	0.169	4.232	0.042	3.938	0.165	3.938	0.041	
4.478	0.147	4.478	0.037	4.361	0.149	4.361	0.037	
4.725	0.129	4.725	0.032	4.785	0.135	4.785	0.034	
4.971	0.113	4.971	0.028	5.209	0.124	5.209	0.031	
5.217	0.100	5.217	0.025	5.633	0.115	5.633	0.029	
5.464	0.089	5.464	0.022	6.056	0.107	6.056	0.027	
TI	5.710	0.080	5.710	0.020	6.480	0.100	6.480	0.025
5.910	0.080	5.910	0.020	6.680	0.015	6.680	0.004	
6.110	0.080	6.110	0.020	6.880	0.014	6.880	0.003	
6.310	0.080	6.310	0.020	7.080	0.013	7.080	0.003	

Figura 10. Grafico de la tabla 12. Valores Zona4 del espectro de aceleración

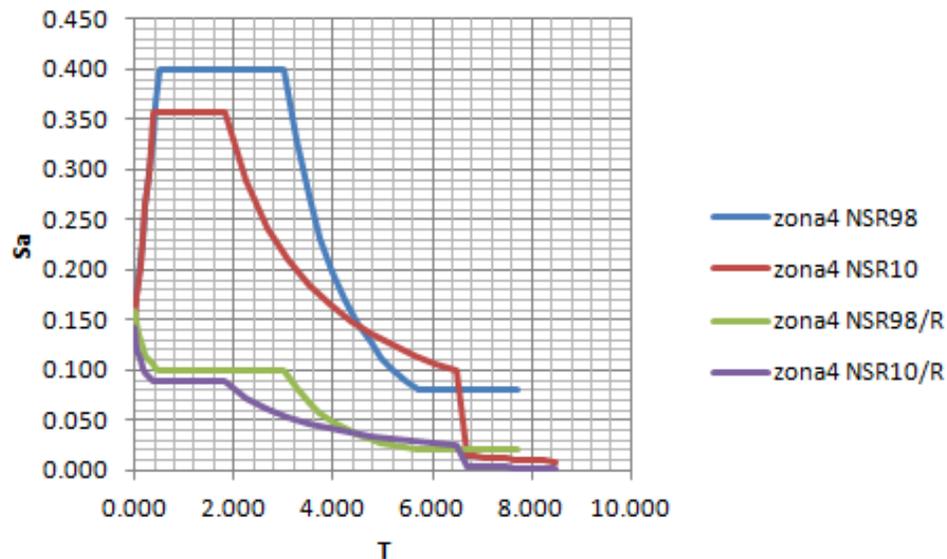
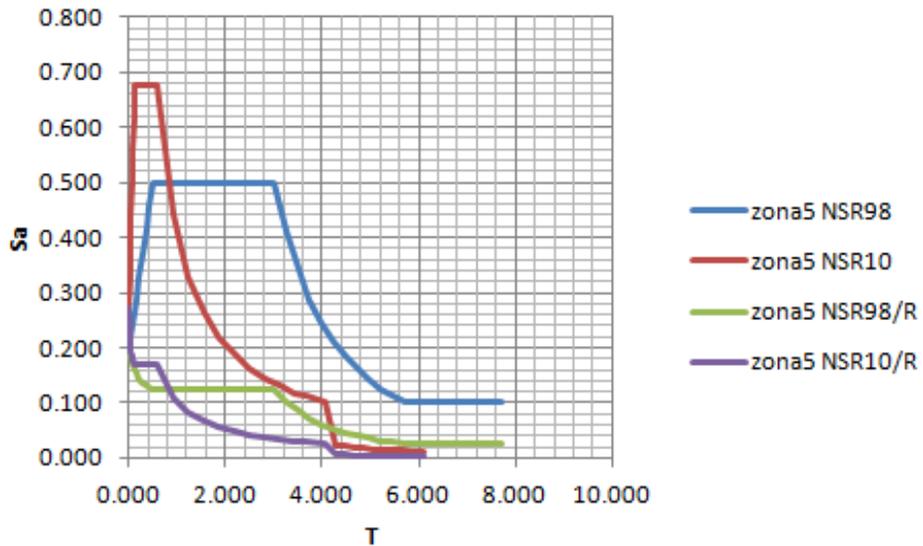


Tabla 13. Valores Zona5 del espectro de aceleración

ZONA 5							
NSR 98				NSR 10			
5A Y 5B TERRAZAS				PIE DE MONTE C			
DESPLAZAMIENTOS		DISEÑO		DESPLAZAMIENTOS		DISEÑO	
T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa
0.000	0.200	0.000	0.200	0.000	0.270	0.000	0.270
0.071	0.243	0.071	0.170	0.018	0.328	0.018	0.230
0.143	0.286	0.143	0.154	0.036	0.386	0.036	0.208
0.214	0.329	0.214	0.144	0.054	0.444	0.054	0.194
0.286	0.371	0.286	0.137	0.072	0.501	0.072	0.185
0.357	0.414	0.357	0.132	0.090	0.559	0.090	0.178
0.429	0.457	0.429	0.128	0.108	0.617	0.108	0.173
To	0.500	0.500	0.125	0.126	0.675	0.126	0.169
Tc	3.000	0.500	3.000	0.125	0.604	0.675	0.169
	3.246	0.410	3.246	0.103	0.920	0.443	0.920
	3.493	0.342	3.493	0.085	1.236	0.330	1.236
	3.739	0.288	3.739	0.072	1.552	0.263	1.552
	3.985	0.246	3.985	0.061	1.868	0.218	1.868
	4.232	0.212	4.232	0.053	2.184	0.187	2.184
	4.478	0.184	4.478	0.046	2.500	0.163	2.500
	4.725	0.161	4.725	0.040	2.816	0.145	2.816
	4.971	0.141	4.971	0.035	3.132	0.130	3.132
	5.217	0.125	5.217	0.031	3.448	0.118	3.448
	5.464	0.112	5.464	0.028	3.676	0.111	3.676
Tl	5.710	0.100	5.710	0.025	4.080	0.100	4.080
	5.910	0.100	5.910	0.025	4.280	0.022	4.280
	6.110	0.100	6.110	0.025	4.480	0.020	4.480
	6.310	0.100	6.310	0.025	4.680	0.019	4.680

Figura 11. Grafico de la tabla 13. Valores Zona5 del espectro de acel



Fase 5

Modelación de las edificaciones en SAP2000

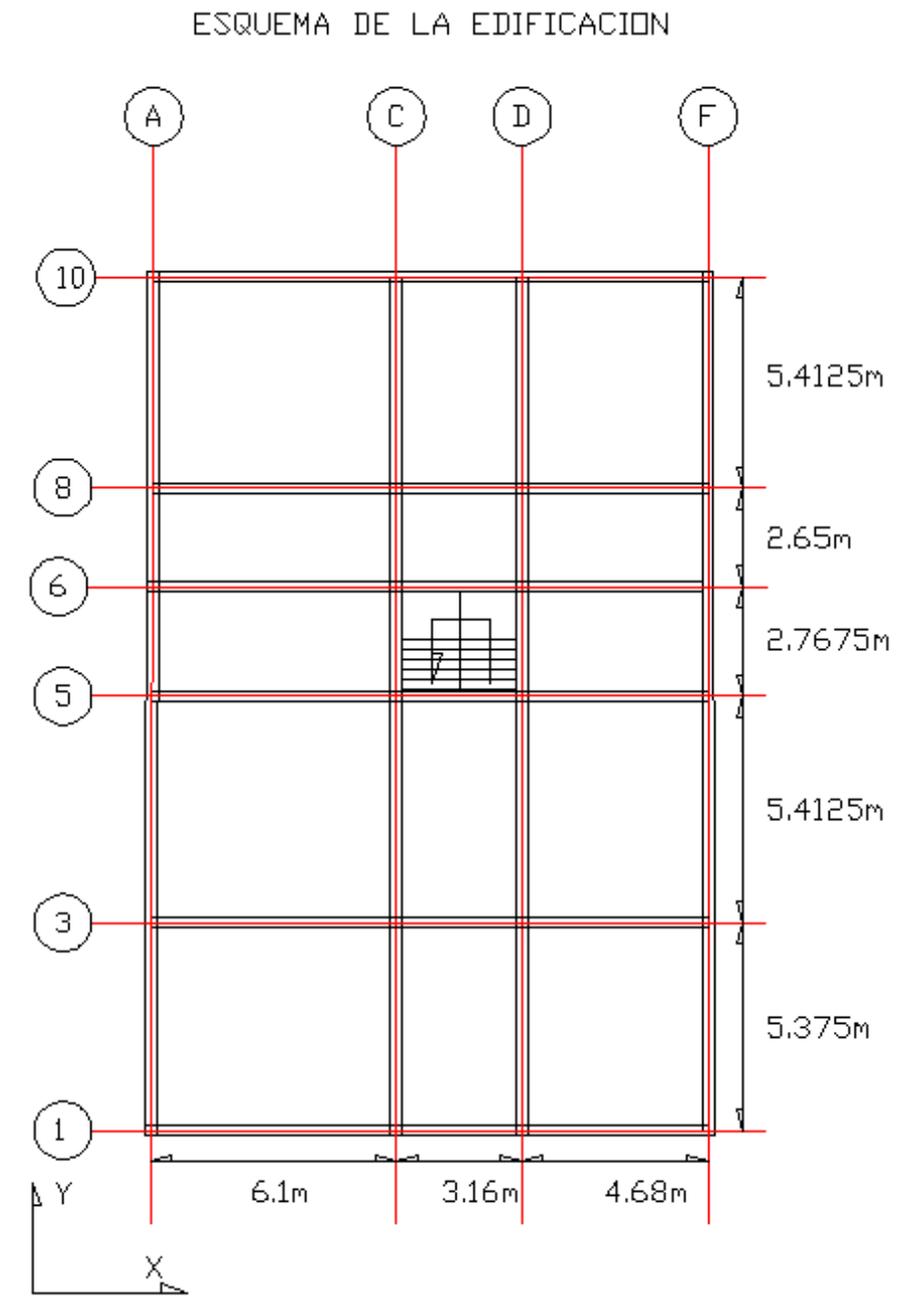


Figura 12. esquema de la edificación

Modelo SAP

Para la modelación en SAP 2000, se ubican los ejes por donde van a establecerse los elementos de la edificación, posteriormente se definen los materiales, características físico-mecánicas que poseen y sus dimensiones.

El siguiente es generar las restricciones en la base de la estructura, en los modelos realizados se empotraran las columnas.

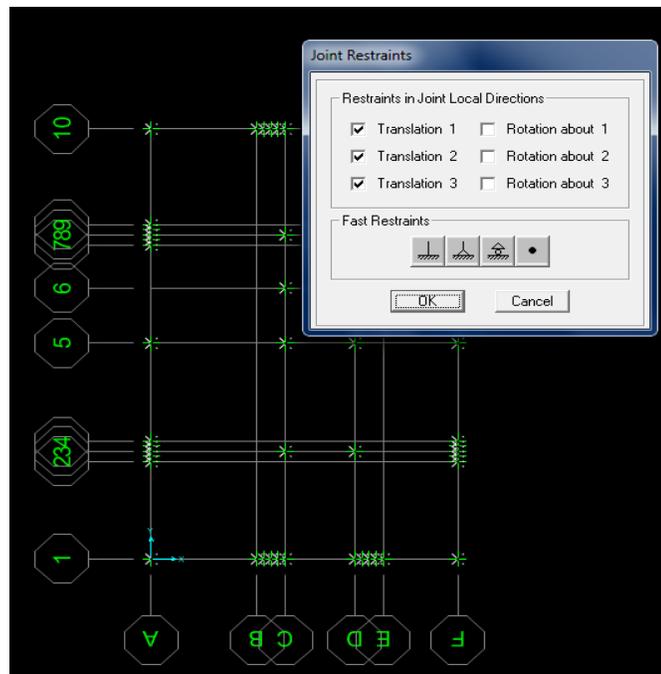


Figura 13. Sap 2000, Versión15. Tipo de cimentación

Las bases en la estructura son empotradas en estos modelos, se determino hacerlo debido a que las características del suelo que conforma a la ciudad de Bogotá. “La sabana de Bogotá corresponde a una gran cuenca sedimentaria de origen fluvial y lacustre que fuere llenada por depósitos de suelos a lo largo del último millón de años. Los depósitos presentan una transición desde los bordes donde se encuentran suelos aluviales y coluviales predominantemente granulares formando abanicos y conos, hacia la parte central del antiguo lago donde

predominan arcillas y limos arcillosos muy blandos. El espesor máximo de los depósitos alcanza cerca de 500 m. La amenaza sísmica en la ciudad es intermedia”¹³. Es por esto que la capacidad portante del suelo no es buena y para encontrar suelo lo suficientemente resistente es necesario llegar a grandes profundidades.

Por otra parte, para el análisis de la estructura es necesario introducir unas combinaciones de carga, unas para el análisis de desplazamientos y otras para determinar los esfuerzos a los cuales se somete cada elemento de la estructura para realizar el cálculo de refuerzo (hierro).

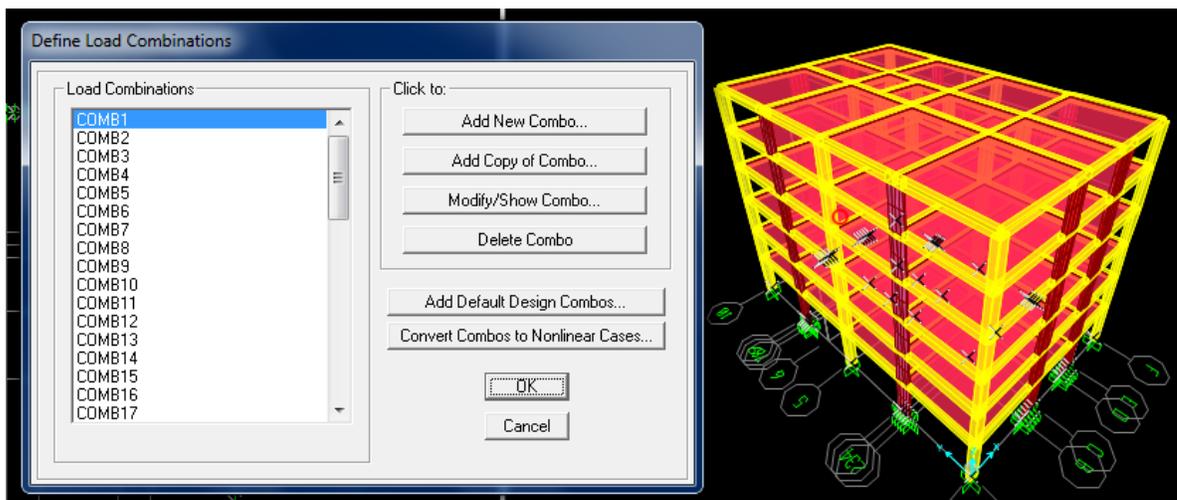


Figura 14. SAP 2000, Versión15. Combinaciones de carga

Procedemos a introducir las combinaciones de carga de la siguiente manera:

- Combinaciones de carga para desplazamientos

¹³ J.A. Rodríguez. RESPUESTA DINÁMICA DE SUELOS BLANDOS DE BOGOTÁ. Departamento de Ingeniería Civil Pontificia Universidad Javeriana.

Tabla 14. Combinaciones de carga para desplazamientos

análisis dinámico espectral(NSR-98)				
Combo	CM	CV	Ex	Ey
1	1.400	1.700	0.000	0.000
2	1.050	1.280	1.000	0.000
3	1.050	1.280	-1.000	0.000
4	1.050	1.280	0.000	1.000
5	1.050	1.280	0.000	-1.000
6	1.050	1.280	1.000	0.300
7	1.050	1.280	0.300	1.000
8	1.050	1.280	-0.300	1.000
9	1.050	1.280	-1.000	0.300
10	1.050	1.280	-1.000	-0.300
11	1.050	1.280	-0.300	-1.000
12	1.050	1.280	0.300	-1.000
13	1.050	1.280	1.000	-0.300
14	0.900	0.000	1.000	0.000
15	0.900	0.000	-1.000	0.000
16	0.900	0.000	0.000	1.000
17	0.900	0.000	0.000	-1.000
18	0.900	0.000	1.000	0.300
19	0.900	0.000	0.300	1.000
20	0.900	0.000	-0.300	1.000
21	0.900	0.000	-1.000	0.300
22	0.900	0.000	-1.000	-0.300
23	0.900	0.000	-0.300	-1.000
24	0.900	0.000	0.300	-1.000
25	0.900	0.000	1.000	-0.300

análisis dinámico espectral(NSR-10)				
Combo	CM	CV	Ex	Ey
1	1.200	1.600	0.000	0.000
2	1.200	1.000	1.000	0.000
3	1.200	1.000	-1.000	0.000
4	1.200	1.000	0.000	1.000
5	1.200	1.000	0.000	-1.000
6	1.200	1.000	1.000	0.300
7	1.200	1.000	0.300	1.000
8	1.200	1.000	-0.300	1.000
9	1.200	1.000	-1.000	0.300
10	1.200	1.000	-1.000	-0.300
11	1.200	1.000	-0.300	-1.000
12	1.200	1.000	0.300	-1.000
13	1.200	1.000	1.000	-0.300
14	0.900	0.000	1.000	0.000
15	0.900	0.000	-1.000	0.000
16	0.900	0.000	0.000	1.000
17	0.900	0.000	0.000	-1.000
18	0.900	0.000	1.000	0.300
19	0.900	0.000	0.300	1.000
20	0.900	0.000	-0.300	1.000
21	0.900	0.000	-1.000	0.300
22	0.900	0.000	-1.000	-0.300
23	0.900	0.000	-0.300	-1.000
24	0.900	0.000	0.300	-1.000
25	0.900	0.000	1.000	-0.300

Y por otro lado, también introducimos las mismas combinaciones de carga, solo que para los factores Ex y Ey, se divide por R (en este caso R=4)

El factor R (factor de disipación de energía) se calculo para capacidad de disipación moderada, con pórticos de concreto.

- Combinaciones de carga para diseño

Tabla 15. Combinaciones de carga para diseño

combinaciones de carga para diseño(NSR-98)				
Combo	CM	CV	Ex	Ey
1	1.400	1.700	0.000	0.000
2	1.050	1.280	0.250	0.000
3	1.050	1.280	-0.250	0.000
4	1.050	1.280	0.000	0.250
5	1.050	1.280	0.000	-0.250
6	1.050	1.280	0.250	0.075
7	1.050	1.280	0.075	0.250
8	1.050	1.280	-0.075	0.250
9	1.050	1.280	-0.250	0.075
10	1.050	1.280	-0.250	-0.075
11	1.050	1.280	-0.075	-0.250
12	1.050	1.280	0.075	-0.250
13	1.050	1.280	0.250	-0.075
14	0.900	0.000	0.250	0.000
15	0.900	0.000	-0.250	0.000
16	0.900	0.000	0.000	0.250
17	0.900	0.000	0.000	-0.250
18	0.900	0.000	0.250	0.075
19	0.900	0.000	0.075	0.250
20	0.900	0.000	-0.075	0.250
21	0.900	0.000	-0.250	0.075
22	0.900	0.000	-0.250	-0.075
23	0.900	0.000	-0.075	-0.250
24	0.900	0.000	0.075	-0.250
25	0.900	0.000	0.250	-0.075

combinaciones de carga para diseño(NSR-10)				
Combo	CM	CV	Ex	Ey
1	1.200	1.600	0.000	0.000
2	1.200	1.000	0.250	0.000
3	1.200	1.000	-0.250	0.000
4	1.200	1.000	0.000	0.250
5	1.200	1.000	0.000	-0.250
6	1.200	1.000	0.250	0.075
7	1.200	1.000	0.075	0.250
8	1.200	1.000	-0.075	0.250
9	1.200	1.000	-0.250	0.075
10	1.200	1.000	-0.250	-0.075
11	1.200	1.000	-0.075	-0.250
12	1.200	1.000	0.075	-0.250
13	1.200	1.000	0.250	-0.075
14	0.900	0.000	0.250	0.000
15	0.900	0.000	-0.250	0.000
16	0.900	0.000	0.000	0.250
17	0.900	0.000	0.000	-0.250
18	0.900	0.000	0.250	0.075
19	0.900	0.000	0.075	0.250
20	0.900	0.000	-0.075	0.250
21	0.900	0.000	-0.250	0.075
22	0.900	0.000	-0.250	-0.075
23	0.900	0.000	-0.075	-0.250
24	0.900	0.000	0.075	-0.250
25	0.900	0.000	0.250	-0.075

Adicional a estas, es necesario crear una combinación que tenga el sismo en X y sismo en Y, y también otras que sean sismo en X/R y sismo en Y/R

El espectro, es siguiente parámetro a introducir, si el espectro es realizado en una tabla de cálculo en Excel, la columna de periodo(T), seguida de la columna de

seudo aceleración(Sa), se guardan como archivo texto para poder ser introducidas a SAP. Teniendo nuestro archivo de texto

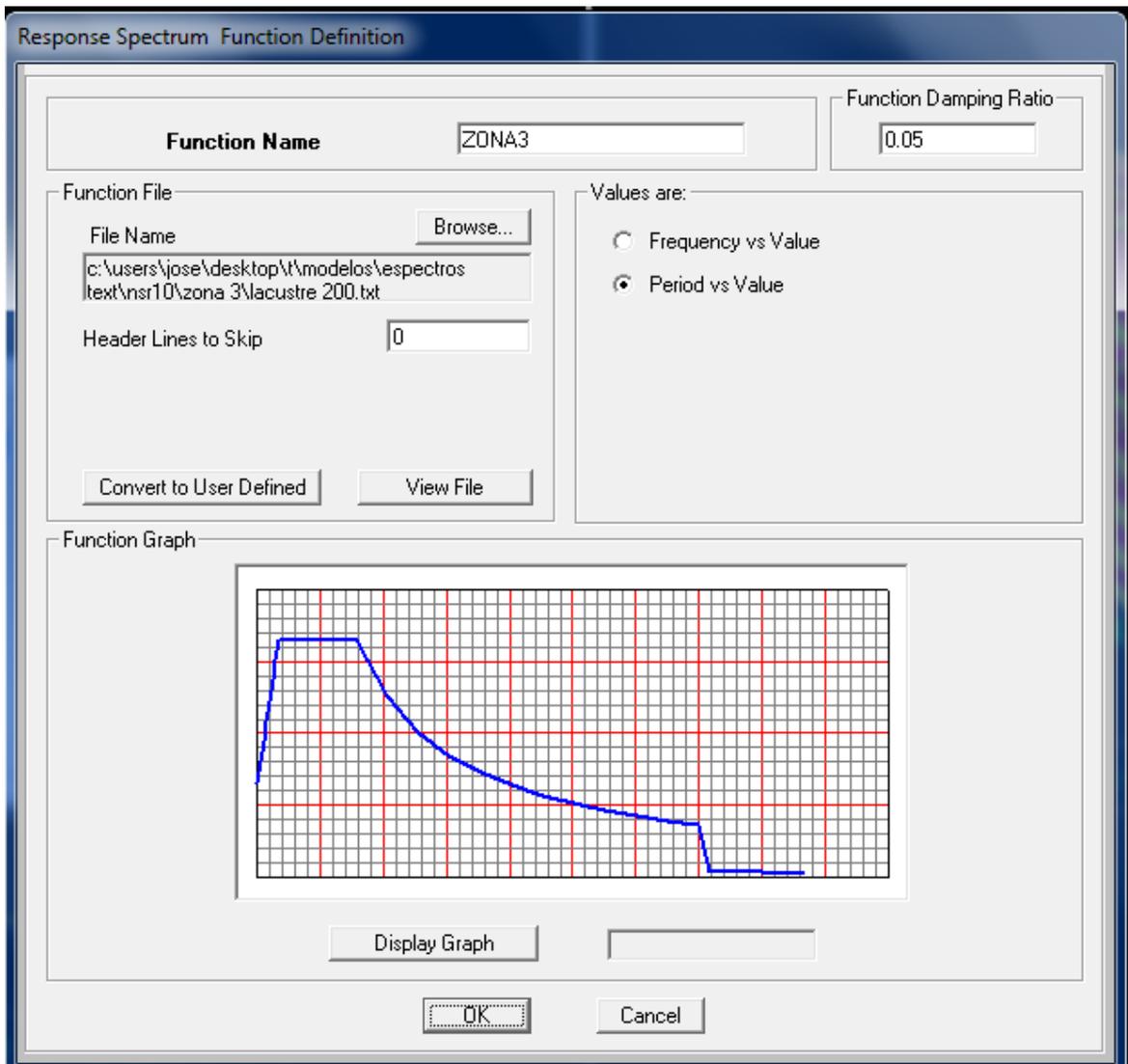


Figura 15. Sap 2000, Versión15. Introducción del espectro de aceleracion

De igual forma, se introduce un espectro para desplazamientos, y otro espectro para diseño(los valores del periodo son iguales al de desplazamiento, mientras que los de pseudo aceleración se dividen por R)

Cuando el modelo realizado cumple con las derivas permitidas por la norma, se hace una comparación de los cortantes basales del método dinámico con los cortantes basales del método de la fuerza horizontal equivalente.

“Cuando el valor del cortante dinámico total en la base, V_{tj} , obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, j , sea menor que el 80 por ciento para estructuras regulares, o que el 90 por ciento para estructura irregulares, del cortante sísmico en la base, V_s , calculado como se indicó en (a), todos los parámetros de la respuesta dinámica, tales como deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos de la correspondiente dirección j deben multiplicarse por el siguiente factor de modificación:

$0.80 \frac{V_s}{V_{tj}}$ para estructuras regulares

$0.90 \frac{V_s}{V_{tj}}$ para estructuras irregulares”¹⁴

Como la estructura trabajada es regular, entonces el 80% del cortante basal estático debe ser igual al 100% del cortante basal dinámico, una vez hecha la igualdad se cambian las escalas de los espectros en SAP2000 para hacer el diseño del refuerzo.

NSR98 – Coeficientes de Periodo para Modelo dinámico

Tabla 16. Valores para modificar la escala del espectro NSR98

ZONA	Dirección	Sa (g)	Peso	Vs(est) (tf)	0.8 Vs(est)(Kn)	Vs(din) (tf)	0.8(Vs(est)/Vs(din))	g	SAP
1	X	0.6	18691.72	11215	8972.00	8734.794	1.03	9.81	10.0764
	Y	0.6	18691.72	11215	8972.00	8846.484	1.01	9.81	9.9492
								factor*g	

¹⁴ TÍTULO A. REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. NSR10, A.5.4.5-pag 214

ZONA 2	Dirección	Sa (g)	Peso	Vs(est) (tf)	0.8 Vs(est)(Kn)	Vs(din) (tf)	0.8(Vs(est)/Vs(din))	g	SAP
	X	0.75	18883.11	14162.3	11329.84	10808.047	1.05	9.81	10.2836
	Y	0.75	18883.11	14162.3	11329.84	10927.596	1.04	9.81	10.1711
factor*g									

ZONA 3	Dirección	Sa (g)	Peso	Vs(est) (tf)	0.8 Vs(est)(Kn)	Vs(din) (tf)	0.8(Vs(est)/Vs(din))	g	SAP
	X	0.625	18663.99	11665	9332.00	9066.583	1.03	9.81	10.0972
	Y	0.625	18663.99	11665	9332.00	9155.934	1.02	9.81	9.9986
factor*g									

ZONA 4	Dirección	Sa (g)	Peso	Vs(est) (tf)	0.8 Vs(est)(Kn)	Vs(din) (tf)	0.8(Vs(est)/Vs(din))	g	SAP
	X	0.4	18578.71	7431.5	5945.20	5965.988	1.00	9.81	9.7758
	Y	0.4	18578.71	7431.5	5945.20	5714.621	1.04	9.81	10.2058
factor*g									

ZONA 5	Dirección	Sa (g)	Peso	Vs(est) (tf)	0.8 Vs(est)(Kn)	Vs(din) (tf)	0.8(Vs(est)/Vs(din))	g	SAP
	X	0.5	18625.8	9312.9	7450.32	7347.166	1.01	9.81	9.9477
	Y	0.5	18625.8	9312.9	7450.32	7279.777	1.02	9.81	10.0398
factor*g									

NSR10 – Coeficientes de Periodo para Modelo dinámico

Tabla 17. Valores para modificar la escala del espectro NSR10

ZONA 1	Dirección	Sa (g)	Peso	Vs(est) (tf)	0.8 Vs(est)(Kn)	Vs(din) (tf)	0.8(Vs(est)/Vs(din))	g	SAP
	X	0.91	16782.56	9479.5	7583.60	4695.52	1.62	9.81	15.8439
	Y	0.91	16782.56	9479.5	7583.60	5034.774	1.51	9.81	14.7763
factor*g									

ZONA 2	Dirección	Sa (g)	Peso	Vs(est) (tf)	0.8 Vs(est)(Kn)	Vs(din) (tf)	0.8(Vs(est)/Vs(din))	g	SAP
	X	0.91	17007.14	13605.7	10884.56	7285.023	1.49	9.81	14.6571
	Y	0.91	17007.14	13605.7	10884.56	8177.327	1.33	9.81	13.0578
factor*g									

ZONA 3	Dirección	Sa (g)	Peso	Vs(est) (tf)	0.8 Vs(est)(Kn)	Vs(din) (tf)	0.8(Vs(est)/Vs(din))	g	SAP
	X	0.91	16980.56	8405.4	6724.32	6145.527	1.09	9.81	10.7339
	Y	0.91	16980.56	8405.4	6724.32	6122.56	1.10	9.81	10.7742
factor*g									

ZONA	Dirección	Sa (g)	Peso	Vs(est) (tf)	0.8 Vs(est)(Kn)	Vs(din) (tf)	0.8(Vs(est)/Vs(din))	g	SAP
4	X	0.91	16808.96	6752.1	5401.68	4877.289	1.11	9.81	10.8647
	Y	0.91	16808.96	6752.1	5401.68	4656.833	1.16	9.81	11.3791
factor*g									

ZONA	Dirección	Sa (g)	Peso	Vs(est) (tf)	0.8 Vs(est)(Kn)	Vs(din) (tf)	0.8(Vs(est)/Vs(din))	g	SAP
5	X	0.91	17007.144	12585.3	10068.24	7285.661	1.38	9.81	13.5567
	Y	0.91	17007.144	12614.5	10091.60	8063.269	1.25	9.81	12.2777
factor*g									

Procedemos a guardar 2 archivos para usarlos en el programa DC-CAD el cual nos ayudara con el diseño de los refuerzos de cada elemento en la estructuras, la geometría del edificio y otras los esfuerzos de cada elemento para poder diseñar el refuerzo.

Fase 6

Diseño de refuerzo DC-CAD

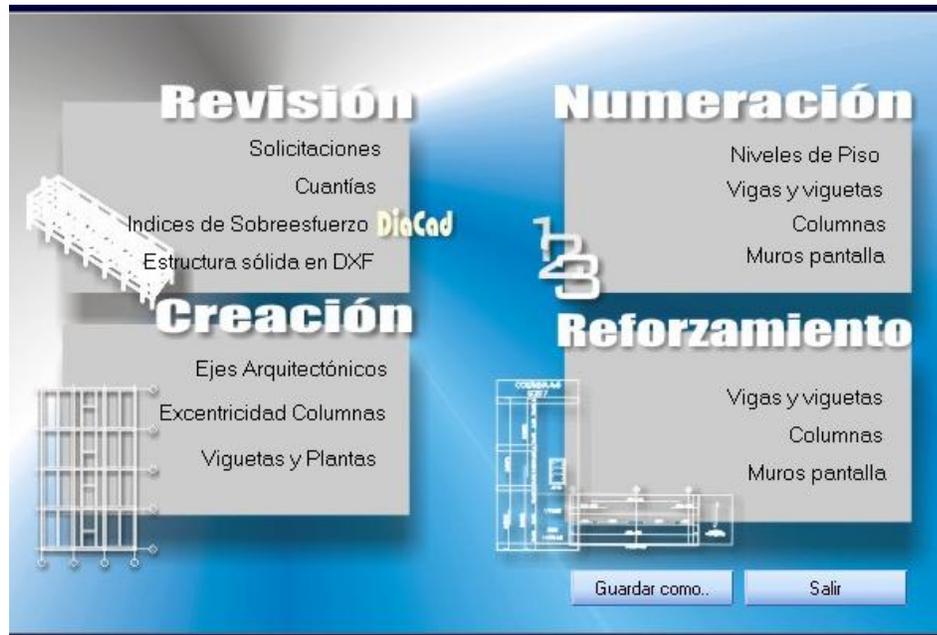


Figura 16. DCCAD 2010. Menú principal del software

Luego de introducir los datos de geometría y solicitudes (datos de esfuerzos de cada elemento), damos los prefijos de las vigas de cada piso, trazamos los ejes arquitectónicos, numeramos posteriormente cada viga, columna y muro de carga.

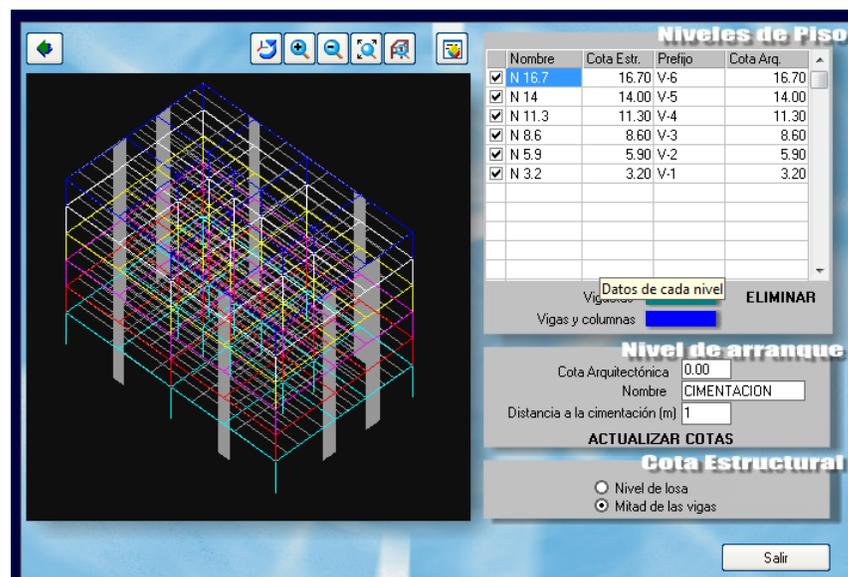


Figura 17. DCCAD 2010. Ejes arquitectónicos

Luego de tener todos los elementos identificamos, procedemos a diseñar el refuerzo de todo el proyecto.

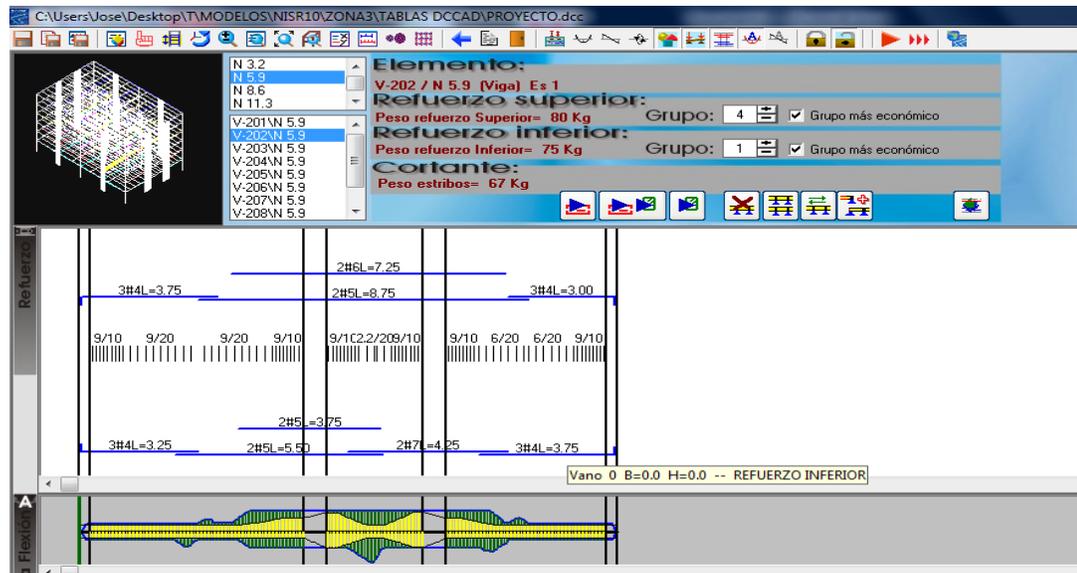


Figura 18. DCCAD 2010. Cálculo de acero de refuerzo

Se diseña el refuerzo de vigas, columnas y muros de carga todos por aparte, se selecciona cada uno, se diseña el refuerzo para cada elemento, el refuerzo que da el programa en algunos casos no es suficiente, es necesario modificarlo manualmente hasta que cumpla, en este caso el esfuerzo máximo se representa con zonas de color amarillo y la resistencia que brinda el acero colocado se visualiza como las zonas verdes.

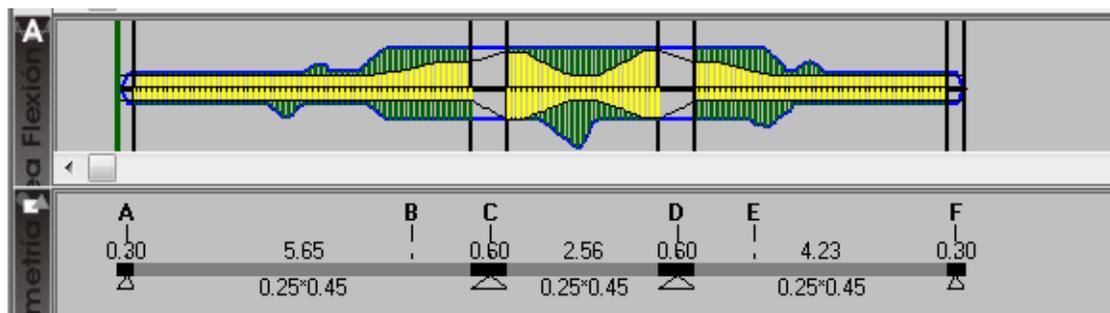


Figura 19. DCCAD 2010. Área de esfuerzo y área de refuerzo de un elemento

Por el contrario si las áreas del refuerzo presentan color rojo, indica no es suficiente como se muestra en la figura 18, es necesario ajustarlo manualmente.

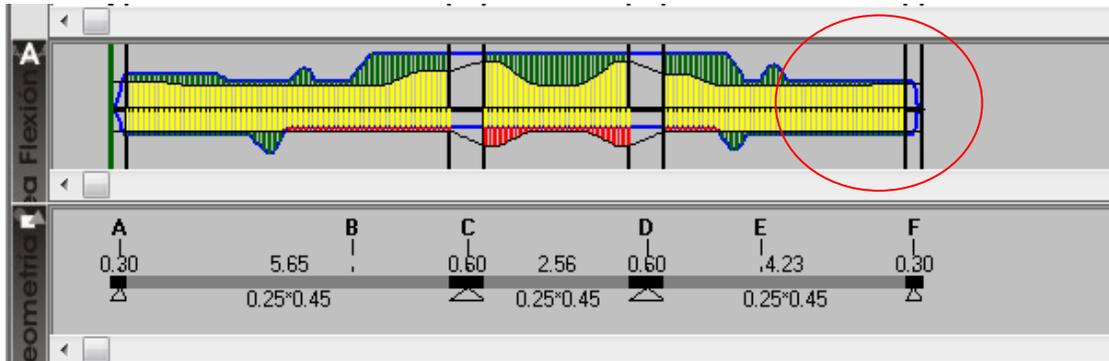


Figura 20. DCCAD 2010. Corrección del acero de refuerzo manualmente

En el procedimiento se trato de dejar las áreas de refuerzo lo más aproximado a las áreas de los esfuerzos (como se muestra en el círculo rojo en la figura 18), esto con el fin de reducir costos al máximo para que la comparación sea más exacta, sin embargo, esto se hace siempre teniendo en cuenta la seguridad ante la economía, es decir que el refuerzo siempre será capaz de soportar el 100% de los esfuerzos a los que son sometidos todos los elementos.

Finalmente podemos visualizar las cantidades de acero utilizado por elemento o en términos generales de todas las vigas, columnas y muros de carga, por otra parte también se toman las cantidades volumétricas del concreto utilizado para cada elemento.

			NSR 98		NSR10	
concreto	elementos	\$ unidad	m3	\$	m3	\$
volumen vigas	vigas sin nudos	400000	108.96	43,584,000.00	108.96	43,584,000.00
volumen columnas	columna con nudos	400000	49.1	19,640,000.00	49.1	19,640,000.00
volumen muros	muro sin nudos	400000	27.39	10,956,000.00	10.62	4,248,000.00
volumen escalera	placa	400000	14.1	5,640,000.00	14.1	5,640,000.00
volumen viguetas	total viguetas	400000	101.45	40,580,000.00	101.45	40,580,000.00
volumen de torta superior Y inferior	superior	400000	87.73	35,092,000.00	87.73	35,092,000.00
	inferior	400000	35.1	14,040,000.00	35.1	14,040,000.00

Total				169,532,000.00	vs	162,824,000.00
--------------	--	--	--	-----------------------	----	-----------------------

			NSR 98		NSR10	
M.O y suministros	elemento	unidad(\$)	m3	\$	m3	\$
vigas	vigas principales y secundarias	117659	108.96	12,820,124.64	108.96	12,820,124.64
columnas	columnas	261108	49.1	12,820,402.80	49.1	12,820,402.80
placa	placa	42000	1754.64	73,694,880.00	1754.64	73,694,880.00
escalera	escalera	356274	14.1	5,023,463.40	14.1	5,023,463.40
muros de concreto	muros	261108	27.39	7,151,748.12	10.62	2,772,966.96

Total				111,510,618.96	vs	107,131,837.80
--------------	--	--	--	-----------------------	----	-----------------------

costo total de obra				411,547,663.58	vs	390,902,827.72
----------------------------	--	--	--	-----------------------	----	-----------------------

			NSR 98		NSR10	
concreto	elementos	\$ unidad	m3	\$	m3	\$
volumen vigas	vigas sin nudos	400000	108.96	43,584,000.00	108.96	43,584,000.00
volumen columnas	columna con nudos	400000	49.1	19,640,000.00	49.1	19,640,000.00
volumen muros	muro sin nudos	400000	44.82	17,928,000.00	21.91	8,764,000.00
volumen escalera	placa	400000	14.1	5,640,000.00	14.1	5,640,000.00
volumen viguetas	total viguetas	400000	101.45	40,580,000.00	101.45	40,580,000.00
volumen de torta superior Y inferior	superior	400000	87.73	35,092,000.00	87.73	35,092,000.00
	inferior	400000	35.1	14,040,000.00	35.1	14,040,000.00

Total				176,504,000.00	vs	167,340,000.00
--------------	--	--	--	-----------------------	----	-----------------------

			NSR 98		NSR10	
M.O y suministros	elemento	unidad(\$)	m3	\$	m3	\$
vigas	vigas principales y secundarias	117659	108.96	12,820,124.64	108.96	12,820,124.64
columnas	columnas	261108	49.1	12,820,402.80	49.1	12,820,402.80
placa	placa	42000	1754.64	73,694,880.00	1754.64	73,694,880.00
escalera	escalera	356274	14.1	5,023,463.40	14.1	5,023,463.40
muros de concreto	muros	261108	44.82	11,702,860.56	21.91	5,720,876.28

Total				116,061,731.40	vs	110,079,747.12
--------------	--	--	--	-----------------------	----	-----------------------

costo total de obra				424,918,275.62	vs	403,244,725.14
---------------------	--	--	--	----------------	----	----------------

concreto	elementos	\$ unidad	NSR 98		NSR10	
			m3	\$	m3	\$
volumen vigas	vigas sin nudos	400000	108.96	43,584,000.00	108.96	43,584,000.00
volumen columnas	columna con nudos	400000	49.1	19,640,000.00	49.1	19,640,000.00
volumen muros	muro sin nudos	400000	25.23	10,092,000.00	20.58	8,232,000.00
volumen escalera	placa	400000	14.1	5,640,000.00	14.1	5,640,000.00
volumen viguetas	total viguetas	400000	101.45	40,580,000.00	101.45	40,580,000.00
volumen de torta superior Y inferior	superior	400000	87.73	35,092,000.00	87.73	35,092,000.00
	inferior	400000	35.1	14,040,000.00	35.1	14,040,000.00

Total			168,668,000.00	vs	166,808,000.00
--------------	--	--	-----------------------	----	-----------------------

M.O y suministros	elemento	unidad(\$)	NSR 98		NSR10	
			m3	\$	m3	\$
vigas	vigas principales y secundarias	117659	108.96	12,820,124.64	108.96	12,820,124.64
columnas	columnas	261108	49.1	12,820,402.80	49.1	12,820,402.80
placa	placa	42000	1754.64	73,694,880.00	1754.64	73,694,880.00
escalera	escalera	356274	14.1	5,023,463.40	14.1	5,023,463.40
muros de concreto	muros	261108	25.23	6,587,754.84	20.58	5,373,602.64

Total			110,946,625.68	vs	109,732,473.48
--------------	--	--	-----------------------	----	-----------------------

costo total de obra			410,418,042.80	vs	393,422,473.50
---------------------	--	--	----------------	----	----------------

concreto	elementos	\$ unidad	NSR 98		NSR10	
			m3	\$	m3	\$
volumen vigas	vigas sin nudos	400000	108.96	43,584,000.00	108.96	43,584,000.00
volumen columnas	columna con nudos	400000	49.1	19,640,000.00	49.1	19,640,000.00
volumen muros	muro sin nudos	400000	21.91	8,764,000.00	11.95	4,780,000.00
volumen escalera	placa	400000	14.1	5,640,000.00	14.1	5,640,000.00
volumen viguetas	total viguetas	400000	101.45	40,580,000.00	101.45	40,580,000.00
volumen de torta superior Y inferior	superior	400000	87.73	35,092,000.00	87.73	35,092,000.00
	inferior	400000	35.1	14,040,000.00	35.1	14,040,000.00

Total				167,340,000.00	vs	163,356,000.00
--------------	--	--	--	-----------------------	----	-----------------------

M.O y suministros	elemento	unidad(\$)	NSR 98		NSR10	
			m3	\$	m3	\$
vigas	vigas principales y secundarias	117659	108.96	12,820,124.64	108.96	12,820,124.64
columnas	columnas	261108	49.1	12,820,402.80	49.1	12,820,402.80
placa	placa	42000	1754.64	73,694,880.00	1754.64	73,694,880.00
escalera	escalera	356274	14.1	5,023,463.40	14.1	5,023,463.40
muros de concreto	muros	261108	21.91	5,720,876.28	11.95	3,120,240.60

Total				110,079,747.12	vs	107,479,111.44
--------------	--	--	--	-----------------------	----	-----------------------

costo total de obra				401,551,494.04	vs	385,687,959.86
---------------------	--	--	--	----------------	----	----------------

zona5 **NSR 98** vs **NSR 10**
Terrazas. Pie de monte C.

Tabla 22. Costos de hierro de refuerzo, concreto, mano de obra y total de obra para la zona5

Hierros de refuerzo	Barra	\$(kg)	• NSR 98		NSR10	
			kg	• \$	kg	\$
Refuerzo de vigas	#3	1930	4848.95	• 9,358,473.50	4963.25	9,579,072.50
	#4	1930	2774.4	5,354,592.00	2122.64	4,096,695.20
	#5	1930	3461.43	6,680,559.90	3118.05	6,017,836.50
	#6	1930	3749.66	7,236,843.80	3908.23	7,542,883.90
	#7	1930	2075.4	4,005,522.00	3538.61	6,829,517.30
	#8	1930	301.95	582,763.50	1873.27	3,615,411.10
Refuerzo de coluMnas	#3	1930	4616.98	8,910,771.40	4616.98	8,910,771.40
	#6	1930	7509.6	14,493,528.00	7509.6	14,493,528.00
	#7	1930	0	0.00	0	0.00
Refuerzo de muros	#3	2600	1262.23	3,281,798.00	1140.94	2,966,444.00
Refuerzo de escalera	#3	1930	346.2	668,166.00	346.2	668,166.00
Refuerzo de viguetas	#3	1930	9188.7	17,734,191.00	8965.15	17,302,739.50
	#4	1930	6180.69	11,928,731.70	7704.99	14,870,630.70
	#5	1930	3131.77	6,044,316.10	3225.44	6,225,099.20
	#6	1930	5323.1	10,273,583.00	209.53	404,392.90
malla torta sup. e infe.	#3	2600	7860.7872	20,438,046.72	7860.7872	20,438,046.72
Total				126,991,886.62	vs	123,961,234.92

concreto	elementos	\$ unidad	NSR 98		NSR10	
			m3	\$	m3	\$
volumen vigas	vigas sin nudos	400000	108.96	43,584,000.00	109.07	43,628,000.00
volumen columnas	columna con nudos	400000	49.1	19,640,000.00	49.1	19,640,000.00
volumen muros	muro sin nudos	400000	23.9	9,560,000.00	21.91	8,764,000.00
volumen escalera	placa	400000	14.1	5,640,000.00	14.1	5,640,000.00
volumen viguetas	total viguetas	400000	101.45	40,580,000.00	101.45	40,580,000.00
volumen de torta superior Y inferior	superior	400000	87.73	35,092,000.00	87.73	35,092,000.00
	inferior	400000	35.1	14,040,000.00	35.1	14,040,000.00

Total			168,136,000.00	vs	167,384,000.00
--------------	--	--	-----------------------	----	-----------------------

M.O y suministros	elemento	unidad(\$)	NSR 98		NSR10	
			m3	\$	m3	\$
vigas	vigas principales y secundarias	117659	108.96	12,820,124.64	109.07	12,833,067.13
columnas	columnas	261108	49.1	12,820,402.80	49.1	12,820,402.80
placa	placa	42000	1754.64	73,694,880.00	1754.64	73,694,880.00
escalera	escalera	356274	14.1	5,023,463.40	14.1	5,023,463.40
muros de concreto	muros	261108	23.9	6,240,481.20	21.91	5,720,876.28

Total			110,599,352.04	vs	110,092,689.61
--------------	--	--	-----------------------	----	-----------------------

costo total de obra			405,727,238.66	vs	401,437,924.53
---------------------	--	--	----------------	----	----------------

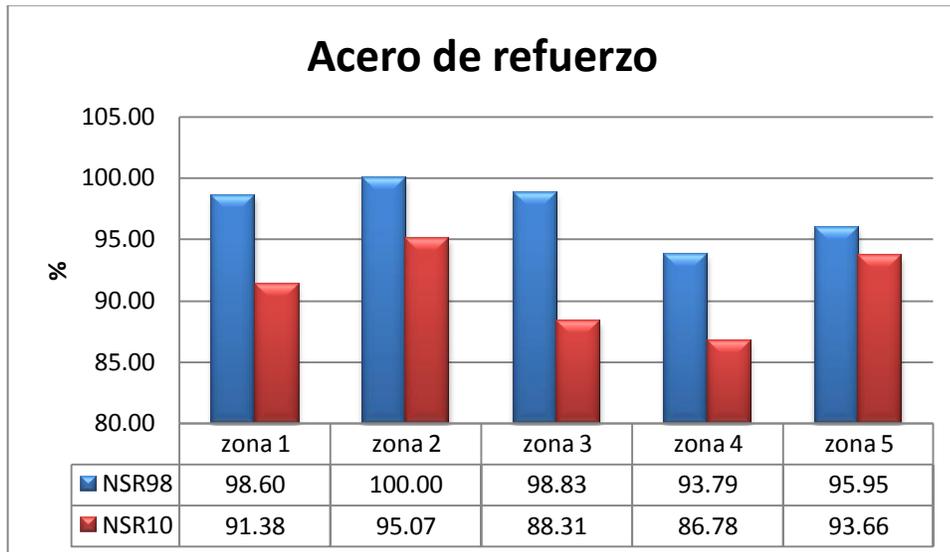
Comparación de costos en acero de refuerzo

El acero de refuerzo es uno de los materiales que más se afecta por los cambios de las normas, pues los esfuerzos son mayores para cada elemento de la estructura diseñado con la NSR98

Tabla 23. Costo total Acero de refuerzo

	NSR 98	NSR 10	incremento %
zona 1 cerros-cerros	130,505,044.62	120,946,989.92	7.22
zona 2 pie de monte-pie de monte B	132,352,544.22	125,824,978.02	4.93
zona 3 lacustre A-lacustre 200	130,803,417.12	116,882,000.02	10.52
zona 4 lacustre B-lacustre 500	124,131,746.92	114,852,848.42	7.01
zona 5 terrazas-pie de monte C	126,991,886.62	123,961,234.92	2.29

Figura 21. Grafico de la tabla 23. Costo total Acero de refuerzo



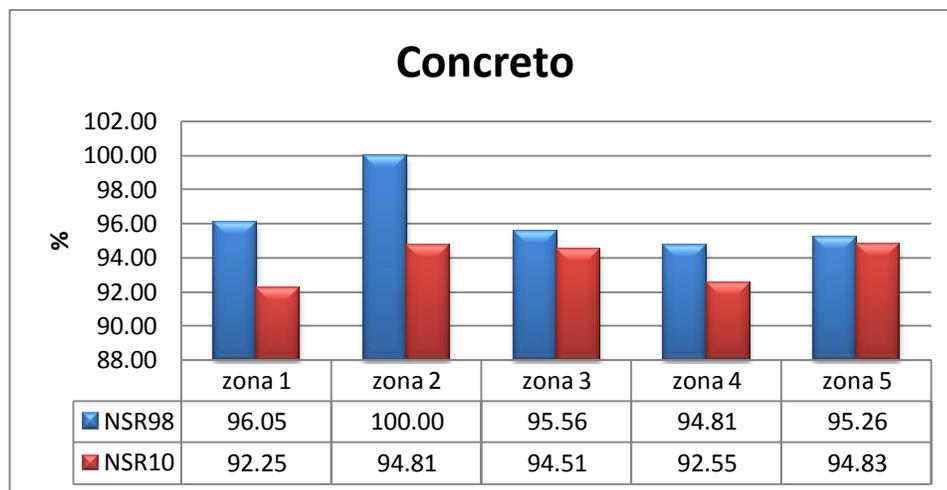
Comparación de costos en Concreto

Los costos del concreto para todos los elementos no son muy relevantes, pues las columnas, las vigas y la placa mantuvieron las mismas dimensiones para ambas normas, sin embargo la diferencia se debe a los muros de concreto

Tabla 24. Costo total concreto

	NSR 98	NSR 10	incremento %
zona 1 cerros-cerros	169,532,000.00	162,824,000.00	3.80
zona 2 pie de monte-pie de monte B	176,504,000.00	167,340,000.00	5.19
zona 3 lacustre A-lacustre 200	168,668,000.00	166,808,000.00	1.05
zona 4 lacustre B-lacustre 500	167,340,000.00	163,356,000.00	2.26
zona 5 terrazas-pie de monte C	168,136,000.00	167,384,000.00	0.43

Figura 22. Grafico de la tabla 24. Costo total concreto



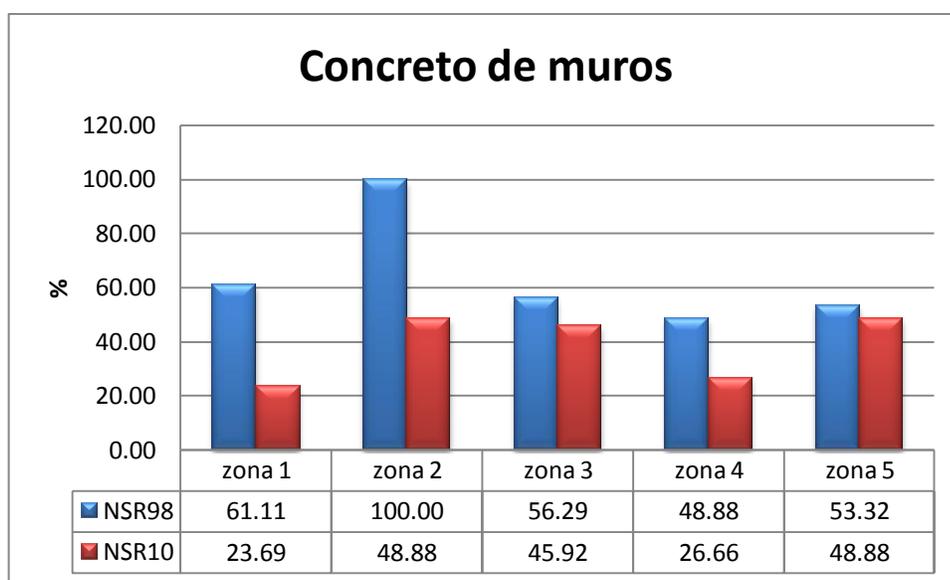
Comparación volumen de muros en Concreto

Los únicos elementos modificados para cumplir los desplazamientos exigidos por la norma fueron los muros, a continuación se compara el volumen utilizado para cada zona con respecto a la NSR98 y la NSR10

Tabla 25. Volumen total muros de concreto

	NSR 98	NSR 10	incremento %
zona 1 cerros-cerros	27.39	10.62	37.42
zona 2 pie de monte-pie de monte B	44.82	21.91	51.12
zona 3 lacustre A-lacustre 200	25.23	20.58	10.37
zona 4 lacustre B-lacustre 500	21.91	11.95	22.22
zona 5 terrazas-pie de monte C	23.90	21.91	4.44

Figura 23. Grafico de la tabla 25. Volumen total muros de concreto



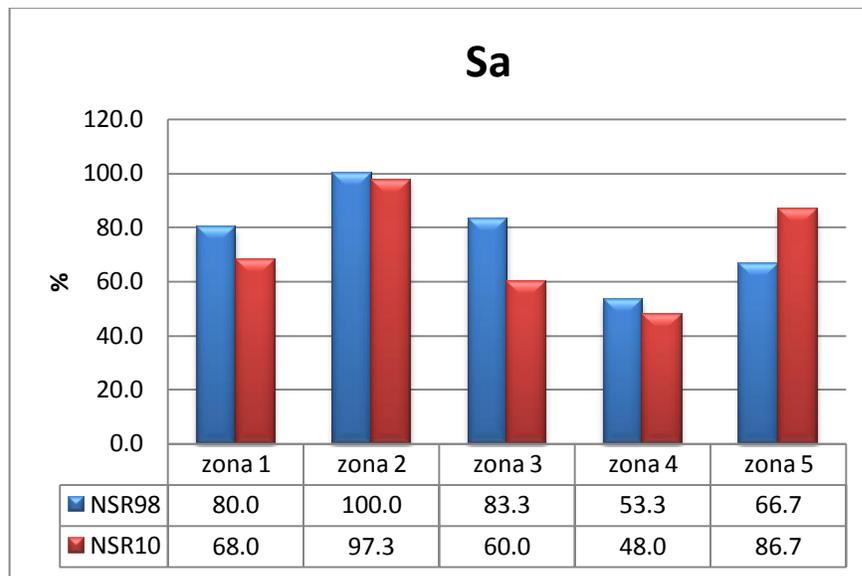
Comparación de Seudo aceleración para cada zona

La aceleración que sufre cada edificio es indispensable para tener en cuenta cual zona puede sufrir más desplazamientos y esfuerzos, de manera que las dimensiones de los elementos pueden ser directamente proporcionales a las dimensiones de los muros

Tabla 26. Seudo aceleración

	NSR 98	Sa		NSR 10	Sa	incremento %
zona1	Cerros.	0.6	Vs	Cerros.	0.51	12.0
zona2	Pie de monte.	0.75	Vs	Pie de monte B.	0.73	2.7
zona3	Lacustre A.	0.625	vs	Lacustre 200.	0.45	23.3
zona4	Lacustre B.	0.4	vs	Lacustre 500.	0.36	5.3
zona5	Terrazas.	0.5	vs	Pie de monte C.	0.65	-20.0

Figura 24. Grafico de la tabla 26. Seudo aceleración



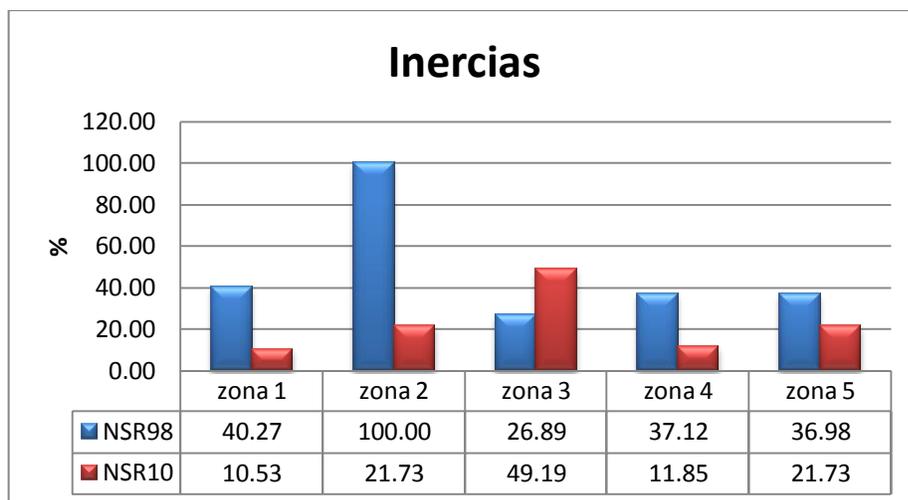
Inercia total de muros

La inercia de todos los muros en la edificación se debe a las dimensiones de los mismos y al sentido donde es aplicada una fuerza,

Tabla 27. Inercias

	Inercia total de muros				incremento
	NSR98		NSR10		
	m ⁴	Sa	m ⁴	Sa	
zona 1 cerros-cerros	0.0020	0.6	0.0005	0.51	29.73
zona 2 pie de monte-pie de monte B	0.0051	0.75	0.0011	0.73	78.27
zona 3 lacustre A-lacustre 200	0.0014	0.625	0.0025	0.45	-22.30
zona 4 lacustre B-lacustre 500	0.0019	0.4	0.0006	0.36	25.26
zona 5 terrazas-pie de monte C	0.0019	0.5	0.0011	0.65	15.25

Figura 25. Grafico de la tabla 27. Inercias



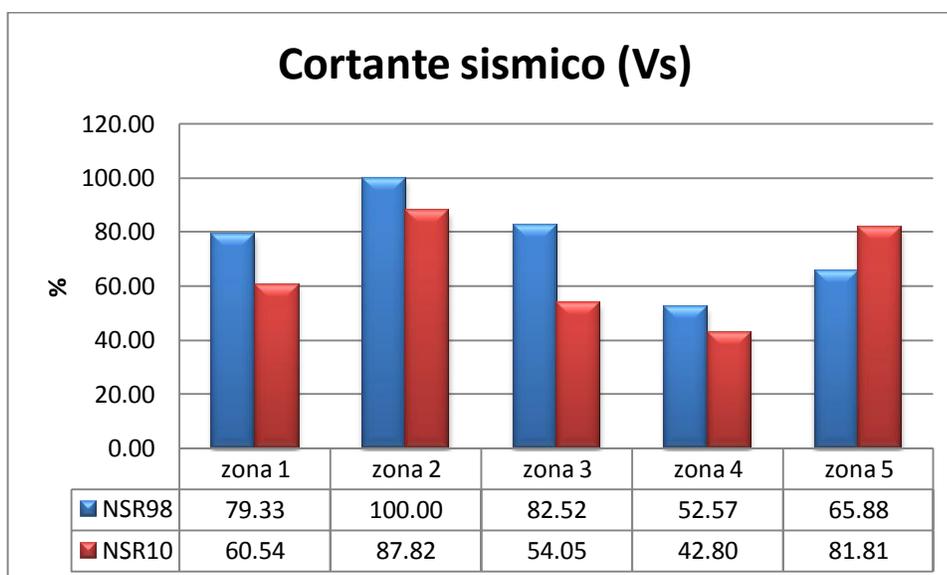
Cortantes Sísmicos

Una gran diferencia en los esfuerzos y desplazamientos sufridos en toda la edificación, tanto general como elemento por elemento, radica en los cortantes basales.

Tabla 28. Costo total obra primaria

	NSR98	NSR10	incremento %
	KN	KN	
zona 1 cerros-cerros	11215	8559.1	18.79
zona 2 pie de monte-pie de monte B	14136.8	12415.2	12.18
zona 3 lacustre A-lacustre 200	11665	7641.3	28.46
zona 4 lacustre B-lacustre 500	7431.5	6051.2	9.76
zona 5 terrazas-pie de monte C	9312.9	11565	-15.93

Figura 26. Grafico de la tabla 28



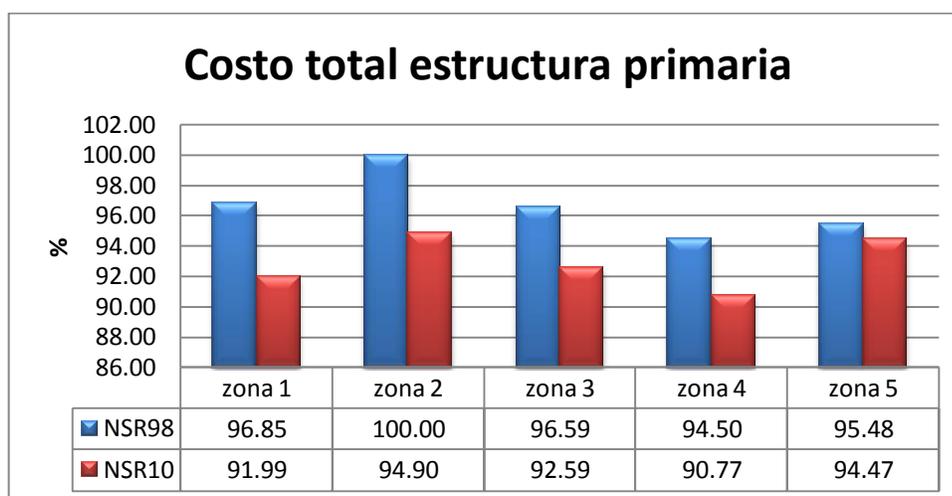
Comparación de costos en Total de obra

De esta tabla recogemos todas las diferencias del costo de cada obra primaria para cada zona.

Tabla 29. Costo total obra primaria

	NSR 98	NSR 10	incremento %
zona 1 cerros-cerros	411,547,663.58	390,902,827.72	4.86
zona 2 pie de monte-pie de monte B	424,918,275.62	403,244,725.14	5.10
zona 3 lacustre A-lacustre 200	410,418,042.80	393,422,473.50	4.00
zona 4 lacustre B-lacustre 500	401,551,494.04	385,687,959.86	3.73
zona 5 terrazas-pie de monte C	405,727,238.66	401,437,924.53	1.01

Figura 27. Grafico de la tabla 29. Costo total obra primaria



CONCLUSIONES

Comparando el método dinámico con el método de la fuerza horizontal para el cálculo estructural, el método dinámico es más aproximado a la realidad, pues se utiliza un espectro de aceleración para el cálculo del periodo fundamental, mientras que el método de la fuerza horizontal equivalente utiliza ecuaciones empíricas aproximadas.

El modelo dinámico es más económico que el modelo de fuerza horizontal equivalente, pues cuando se hace iguala el dinámico al el diseño de fuerza horizontal, los esfuerzos del modelo dinámico van a ser solo el 80% de los esfuerzo que se presentan para cada elemento en el modelo de la fuerza horizontal equivalente.

En la zona 1 hay una diferencia del 7.22% de acero de refuerzo siendo más costoso el diseño con la NSR98, en el concreto utilizado hay una diferencia del 3.8% siendo más costoso el diseño con NSR98, finalmente la diferencia para el costo total de la obra es de 4.86 % siendo más costoso el diseño con NSR98.

La zona 2 siendo la más costosa para construir tanto como con la NSR98 como la NSR10, el acero de refuerzo varia en un 4.93% en donde la NSR98 requiere más refuerzo, también es la zona que requiere más acero de refuerzo de todos los diseños con la NSR10, un 5.19% para el concreto en donde el diseño de la NSR98 requiere más concreto, cabe resaltar que es la zona que más concreto requiere en los diseños con ambas normas, esto se debe a que las aceleraciones que se obtuvieron de los periodos para esta zona son las más altas lo cual requiere mayor rigidez en sus elementos para controlar los desplazamientos, la diferencia para el costo total de la obra es de 5.1 % con un costo superior del diseño regido por la NSR98.

Para la zona 3 hay una diferencia del 10.52% de acero de refuerzo siendo una de las zonas que mas refuerzo requiere con los diseños basados en la NSR98, también por encima del diseño con la NSR10, el concreto que se utilizo fue de 1.05% más costoso

con el diseño de la NSR10, 4.0% es la diferencia en el costo total de la obra en donde es más costoso el diseño con NSR98.

La zona más económica para construir es la zona 4 tanto NSR98 como NSR10. Para el acero de refuerzo hay una diferencia de 7.01% siendo más económico el diseño con la NSR10, además también es la que necesita menos refuerzo de los diseños con la NSR98, el 2,26% es la diferencia para el concreto utilizado en donde el diseño con la NSR98 requiere más, sin embargo ambos diseños son los que menos concreto necesitan en el diseño, para el costo total de la obra, el diseño de la NSR98 es más costoso por un 3.73% que el diseño con la NSR10.

La zona 5 es la zona en donde la diferencia entre las Normas no es muy notoria, hay una diferencia del 2.29% en acero de refuerzo siendo más costoso el diseño con la NSR98, en el concreto utilizado hay una diferencia del 0.43% siendo más económico el diseño con NSR10, por último el costo total de la obra es de 1.01 % más económico con el diseño con NSR10.

Los cortantes sísmicos en las bases de las estructuras son superiores en los diseños con la NSR98, esto se ve reflejado en las pseudoaceleraciones a las que se somete el modelo y el peso total de la estructura, sin embargo, en gran parte también se diferencian en el decrecimiento en los valores de las combinaciones de carga para los diseños con la NSR10. En la NSR98 exigen coeficientes de 1.4 para carga viva y para carga muerta de 1.7, mientras que en la NSR10 proponen coeficientes para carga viva de 1.2 y para carga muerta 1.6. El incremento para los coeficientes de carga viva es de 14.29% y para carga muerta es de 5.88%. Ahora, debido a lo anteriormente dicho, las diferencias porcentuales en los cortantes sísmicos de cada zona evaluada para cada diseño son:

- Zona 1: con 18.79% de incremento en el cortante sísmico para el diseño con la NSR98

- Zona 2: 12.18% mas bajo el valor del cortante sísmico con el diseño de la NSR10
- Zona 3: con un 28.46% de diferencia en los cortantes, siendo mayor en el diseño con la NSR98, es la zona donde más se evidencia la diferencia entre las pseudo aceleraciones y los pesos de las estructuras
- Zona 4: de todas las zonas evaluadas, es la que menor diferencia presenta en los cortantes sísmicos, siendo un 9.76% mas alto el cortante del diseño con la NSR98
- Zona 5: un 15.93% de incremento en el cortante sísmico con la NSR98

En general las inercias de los muros trabajadas para el control de los desplazamientos, comprenden un valor mayor para los diseños de la NSR98, con esto todos los elementos trabajan en un rango elástico, sin embargo, en la zona 3 la inercia de de los muros de la NSR10 es mayor debido al ancho de los mismos, no obstante el volumen de los muros diseñados con la NSR98 es mucho mayor en todas las zonas para las que se realizo la comparación,

La microzonificación de Bogotá con respecto a la NSR10 es mas especifica que la exhibida en la NSR 98, lo cual permite un análisis más detallado y exacto cuando se están realizando los espectros de aceleración en diferentes zonas de Bogotá; en consecuencia las exigencias cambian afectando directamente los insumos y cantidades para la construcción lo que se ve reflejado en los costos de la obra.

Para facilidad de los cálculos los únicos elementos modificados fueron los muros de carga, sin embargo la diferencia de volumen de concreto utilizado para los diseños con la NSR98 y la NSR10 son muy notorios, esto se debe a las aceleraciones que experimenta cada modelo, el modelos que posee el volumen más grande por cada muro

es el diseño para la zona 2 de la NSR98 esto se debe a que la aceleración que presenta esta zona tanto en la microzonificación para la NSR98 como para la NSR10 es la mayor, por el contrario, la zona 4 es la que menos requiere muros de grandes dimensiones, pues la aceleración que experimentan los modelos bajo la NSR98 y a NSR10 es la más baja.

Las zonas 1 y 2 de la microzonificación correspondiente a la NSR98 afectan a los edificios de baja y mediana altura debido a que la meseta que representa los valores más altos de aceleración se encuentra relacionada con valores de periodos cortos tanto para NSR 98 como para NSR10, por el contrario en las zonas 3 y 4 la meseta que representa los valores de aceleración más elevados comprenden valores de periodos altos, lo que indica que afecta a los edificios de gran altura, en la zona 5 la microzonificación correspondiente a la NSR10 afecta edificaciones de baja y mediana altura, al contrario de la microzonificación correspondiente de la NSR98, la cual afecta edificaciones de mediana y gran altura.

La posibilidad de adquirir una vivienda relacionada con el costo de la realización de una estructura, se ve afectada por la norma con la que se realiza el proyecto, en este sentido la NSR10 en vigencia, amplía la posibilidad de adquirir vivienda en relación al costo de la edificación con respecto a la NSR98, pues las exigencias técnicas de la NSR98 son más altas con respecto a las de la NSR10.

En conclusión general se puede apreciar en todos los campos y elementos comparados un incremento porcentual con respecto a la NSR98, lo cual indica que los diseños realizados con esta norma van a ser más costosos debido a los ítems evaluados durante todo el trabajo, podría decirse que la NSR98 es un poco más conservadora frente a la NSR10, además los estudios de microzonificación para la ciudad de Bogotá arrojan nuevos valores en la NSR10, lo que también afecta directamente los modelos diseñados con esta norma. Las diferencias que hay en cada uno de los campos evaluados en este trabajo se tomaron de forma porcentual, en donde

el incremento se refleja en los diseños de la NSR98 y se presentan de la siguiente manera:

	incremento					
	acero	concreto	costo total obra	inercias	Vs	Sa
zona 1 cerros-cerros	7.22	3.80	4.86	29.73	18.79	12
zona 2 pie de monte-pie de monte B	4.93	5.19	5.10	78.27	12.18	2.7
zona 3 lacustre A-lacustre 200	10.52	1.05	4.00	22.3 (incremento NSR10)	28.46	23.3
zona 4 lacustre B-lacustre 500	7.01	2.26	3.73	25.26	9.76	5.3
zona 5 terrazas-pie de monte C	2.29	0.43	1.01	15.25	15.93(incremento NSR10)	20(incremento NSR10)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía mayor de Bogotá D.C., 2000 *Terremotos, Amenaza sísmica en Bogotá*, Dirección de prevención y atención de emergencias.
- Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica, 1999-2001 *NSR-98, Normas Colombianas de Diseño Sismo Resistente*, 3D ediciones, Bogotá. Colombia.
- Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010 *NSR-10, Normas Colombianas de Diseño Sismo Resistente*, Bogotá. Colombia.
- Decreto 1400 de 1984, junio 7. Por el cual se adopta el código Colombiano de construcciones Sismo-Resistentes. DIARIO OFICIAL. AÑO CXXI N. 36704. 25, JULIO, 1984. PAG. 457
- Espinoza A., Geólogo, M.Sc., Ph.D. Universidad del Quindío, HISTORIA SISMICA DE BOGOTA
- Franco E., Rengifo F., y otros .Subdirección de amenazas geoambientales, 2002 *Sismicidad registrada por la red sismológica nacional de Colombia durante el tiempo para operación: Junio de 1993 hasta Agosto de 2002*. Estudio interno INGEOMINAS, Bogotá
- García L.E., 1998. *Dinámica Estructural aplicada al diseño sísmico*, Ediciones Uniandes, Bogotá Colombia.
- Ojeda A., Martínez S., Bermúdez M., Pachón S. 2002 *Implicaciones de la red de acelerógrafos de Bogotá en el estudio de microzonificación*, INGEOMINAS, Bogotá Colombia.
- Salcedo E.J., Gómez A.A., 1998. *Estudio macrosísmicos. Sismicidad histórica y reciente*. Estudio interno INGEOMINAS, Bogotá Colombia.
- Suarez I., El Terremoto "un desastre natural muy cercano a Colombia". Universidad de Los Andes. Facultad de ingeniería. revistaing.uniandes.edu.co

WEBGRAFIA

- <http://www.mineduacion.gov.co/cvn/1665/article-133132.html>
- <http://www.fonisol.com/es/colombia/bogota/imagenes-bogota/bogota-de-noche.jpg>
- http://images.bibliocad.com/biblioteca/image/00010000/8000/mapa-de-microzonificacion-sismica-bogota_18802.jpg
- http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/FOPAE_V2/Notas%20Noti/Microzonificacion/img/minirestasismica.png
- <http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/sire/gestionRiesgo/Sismo/ZRS/docs/Informe%20final%20Zonificacion%20de%20la%20respuesta%20sismica%20de%20Bo.pdf>
- <http://ebookbrowse.com/decreto-523-de-2010-microzonificacion-bogota-pdf-d64069806>